UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

INFLUENCIA DE LOS NIVELES LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES DEL FUSTE EN ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA DE *Protium puncticulatum J*.F. Macbr. (COPAL) y *Clarisia racemosa* Ruiz & Pav. (MASHONASTE)

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO FORESTAL

DALI ZAVALETA MUÑOZ

Pucallpa, Perú

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS Nº 470

En la ciudad de Pucallpa, siendo las 11:06 horas del día 11 de octubre del 2024, de acuerdo a lo dispuesto por el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del jurado evaluador en los ambientes del auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, que fueron designados con memo múltiple Nº 046-2024-UNU-FCFyA-CGT conformado por los siguientes docentes los mismos que estuvo conformado por:

Mg. Desiderio Vásquez Placido	Presidente
Dr. David León Moreno	Miembro
Mg. Moisés Torres Velasco	Miembro

Para proceder la evaluación de la sustentación de tesis denominado **"INFLUENCIA DE LOS NIVELES LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES DEL FUSTE EN ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA DE *Protium puncticulatum* J.F. Macbr. (COPAL) Y *Clarisia racemosa* Ruiz & Pav. (MASHONASTE)"** presentado por el **Bach. DALI ZAVALETA MUÑOZ,** asesorado por la **Dra. MARÍA ANGÉLICA FLORES ROMAYNA.**

Finalizando la sustentación se procedió a la formulación de preguntas por parte del jurado Evaluador, las que fueron absueltas por el sustentante; en consecuencia, la tesis fue **APROBADA** por **UNANIMIDAD,** quedando expedido para el otorgamiento del título profesional de **INGENIERO FORESTAL,** después de las correcciones respectivas.

Siendo las 12:46 horas del mismo día se dio por finalizado el acto académico y firmando también los miembros en señal de conformidad.

Mg. Desiderio Vásquez Placido
Presidente

Dr. David León Moreno
Miembro

Mg. Moisés Torres Velasco
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito parcial para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

Mg. Desiderio Vásquez Placido

Presidente

Dr. David León Moreno

Miembro

Mg. Moisés Torres Velasco

Miembro

Dr. María Angélica Flores Romayna

Asesor

Bach. Dali Zavaleta Muñoz

Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº **V/0089-2024**.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"**INFLUENCIA DE LOS NIVELES LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES DEL FUSTE EN ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA DE Protium puncticulatum J.F. Macbr. (COPAL) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (MASHONASTE).**"

Autor(es)	:	**ZAVALETA MUÑOZ, DALI**
Facultad	:	**CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**
Escuela	:	**ING. FORESTAL**
Asesor(a)	:	**Dra. FLORES ROMAYNA, MARÍA ANGÉLICA**

Presenta un **porcentaje de similitud de 6%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 19/02/2024

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Dali Zavaleta Muñoz

Autor de la tesis titulada : Influencia de los niveles longitudinales y transversales del fuste en algunas Propiedades físicas de la madera de Protium puncticulatum J.F. Macbr. (COPAL) y clarisia racemosa Ruiz & Pav. (MASHONASTE).

Sustentada el año 2024

Asesor(a): Dra. María Angélica Flores Romayna.

Facultad: Ciencias Forestales y Ambientales

Escuela Profesional: Ingeniería Forestal

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 11 / 10 / 2024.

Email: zamudali123@gmail.com Firma:

Teléfono: 976776292 DNI: 74526638

www.repositorio.unu.edu.pe
repositorio@unu.edu.pe

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida y bendecirme en el largo camino de mi formación profesional.

A mis Padres: Andrea Nuvita Muñoz Fatama y John Henry Zavaleta Cardenas, personas que siempre estuvieron apoyándome incondicionalmente para poder lograr todos mis objetivos.

A mis abuelos paternos: Juan Pablo Zavaleta que en paz descanse, Rosa Cardenas Laurel y abuelos maternos: Arquímedes Muñoz Orsi y Guillermina Fatama Pizango, por sus motivaciones a estudiar para poder formarme profesionalmente.

A mis Hermanos: John Smith Zavaleta Muñoz, Axel Johann Zavaleta Muñoz, Leonel Karim Zavaleta Muñoz y Andrea celeste Zavaleta Muñoz, por sus alientos y ánimo a seguir desarrollándome profesionalmente.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Ucayali, por ser mi alma mater y haber dado la oportunidad de formarme profesionalmente, con todo su plantel de profesionales desarrollados.

A los docentes de la facultad de ciencias forestales y ambientales, por su orientación académica y brindarme conocimientos y experiencia para desarrollar una profesión altamente competitiva.

A mi asesor, Dra. María Angélica Flores Romayna, por su amistad, apoyo y dedicación para poder desarrollar y culminar la tesis satisfactoriamente.

Al encargado de laboratorio el Sr. Haroldo Ríos Tangoa.

A la industria y concesión Ucayali Wood S.A.C, por la noble colaboración desinteresada de poder obtener el material de investigación, representada por la familia Arbe.

A mi compañera de vida la Srta. María Rosario Dávila Castillo, por su apoyo incondicional, por su colaboración desinteresada de apoyar con la recolección de datos en el laboratorio.

A mis familiares, por su motivación a seguir desarrollándome como profesional competitivo.

A mis amigos(as), por el apoyo durante el proceso de la carrera profesional.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA……vi

AGRADECIMIENTO vii

ÍNDICE GENERAL viii

ÍNDICE DE TABLAS xi

ÍNDICE DE FIGURAS xiv

RESUMEN xvii

ABSTRACT xviii

INTRODUCCIÓN xix

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 1

1.1. Planteamiento del problema 1

1.2. Formulación del problema 5

1.3. Justificación e importancia 6

1.4. Objetivos de la investigación 7

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO 8

2.1. Antecedentes de la investigación 8

2.1.1. Antecedentes internacionales 8

2.1.2. Antecedentes nacionales 13

2.1.3. Antecedentes locales 16

2.2. Bases teóricas 19

2.2.1. Propiedades físicas de la madera……19

2.2.2. Descripción de las especies forestales……..……26

2.3. Definición de términos básicos 31

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 33

3.1. Método de investigación 33
3.2. Población y muestra 33
3.2.1. Población 33
3.2.2. Muestra 33
3.3. Procedimiento de recolección de datos. 34
3.3.1. Proceso para la preparación del material de investigación 34
3.3.2. Evaluación de algunas de las propiedades físicas……37
3.4. Técnica e instrumentos para la recolección de datos. 41
3.4.1. Técnicas 41
3.4.2. Instrumentos 41
3.5. Procesamiento para la recolección de datos 41
3.6. Tratamiento de datos 42
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 43
4.1. Determinación de algunas propiedades físicas de las especies *Protium puncticulatum* J.F. Macbr. (Copal) y *Clarisia racemosa* Ruiz & Pav. (Mashonaste) 43
4.1.1. Contenido de humedad de la madera de las especies *Protium puncticulatum* J.F. Macbr. (copal) y *Clarisia racemosa* Ruiz & Pav. (Mashonaste) y su variabilidad en los niveles longitudinales y transversales del fuste……45
4.1.2. Densidad de la madera de las especies *Protium puncticulatum* J.F. Macbr.(copal) y *Clarisia racemosa* Ruiz & Pav.(Mashonaste) y su variabilidad en los niveles longitudinales y transversales del fuste. 51

4.1.3. Contracción de la madera de las especies *Protium puncticulatum* J.F. Macbr.(copal) y *Clarisia racemosa* Ruiz & Pav.(Mashonaste) y su variabilidad en los niveles longitudinales y transversales del fuste. 59
4.1.4. Relación T/R de las especies forestales Protium puncticulatum J.F. Macbr.(copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav.(Mashonaste) en los niveles longitudinales y transversales del fuste. 65
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 68
5.1. Conclusiones 68
5.2. Recomendaciones 70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 71
ANEXOS 76

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Resumen de algunas de las propiedades físicas de las especies Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste)……. 43

Tabla 2. Contenido de humedad en condición verde de las dos especies forestales maderables Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste), en todos los niveles longitudinales y transversales……. 45

Tabla 3. Análisis de varianza de contenido de humedad de la madera de las dos especies forestales Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste)…….. 48

Tabla 4. Prueba de Tukey del contenido de humedad de la madera de las dos especies forestales maderables en los niveles longitudinales…… 49

Tabla 5. Resumen de media Tukey del contenido de humedad de los niveles transversales de las dos especies forestales Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste)…… 49

Tabla 6. Densidades de la madera de las especies forestales Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste)…… 51

Tabla 7. Resumen de análisis de varianza 3-factores de las densidades de la madera de las especies forestales Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste) en los niveles longitudinales y transversales del fuste……. 55

Tabla 8. Prueba de Tukey de los promedios de las densidades básica y saturada de la madera de las dos especies forestales Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste) en los niveles longitudinales y transversales del fuste……. 56

Tabla 9. Prueba de Tukey en los promedios de la densidad anhidra de los niveles longitudinales de las dos especies forestales Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste)…… 57

Tabla 10. Prueba de Tukey en los promedios de la densidad anhidra de los niveles transversales de las dos especies forestales Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste)…… 57

Tabla 11. Resumen de las contracciones de las dos especies forestales Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste) en los niveles longitudinales y transversales del fuste…… 59

Tabla 12. Resumen del análisis de varianza trifactorial de las contracciones de la madera de las especies forestales

Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste)…… 63

Tabla 13. Prueba de Tukey de los promedios de las contracciones de las especies forestales Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste) en los niveles longitudinales y transversales del fuste…… 64

Tabla 14. Promedios de la relación volumétrica T/R de las especies forestales en sus niveles longitudinales y transversales…… 65

Tabla 15. Resumen del análisis de varianza con la relación T/R de las especies forestales en sus niveles longitudinales y transversales del fuste…… 66

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Método de corte de Rodajas y codificación de orientación de cada sección longitudinal…….. 36

Figura 2. Orientaciones de cada sección (base, medio y Ápice)…….. 36

Figura 3. Preparación de las Probetas para los ensayos de propiedades físicas…….. 37

Figura 4. Esquema de factores y niveles de estudio para los ensayos de algunas propiedades físicas……. 42

Figura 5. Contenido de humedad en condición verde en los niveles longitudinales y transversales de la especie forestal maderable Protium puncticulatum J.F. Macbr. (Copal)…….. 47

Figura 6. Contenido de humedad en condición verde en los niveles longitudinales y transversales de la especie forestal maderable Clarisia racemosa Ruiz & Pav (Mashonaste)….. 48

Figura 7. Densidades (g/cm^3) en los diferentes niveles de la especie forestal Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal)…… 52

Figura 8. Densidades (g/cm^3) en los diferentes niveles de la especie forestal Clarisia racemosa Ruiz & Pav (Mashonaste)……. 52

Figura 9. Contracción (%) en los diferentes niveles de la especie forestal Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal)…… 60

Figura 10. Contracción (%) en los diferentes niveles de la especie forestal Clarisia racemosa Ruiz & Pav (Mashonaste)……. 60

Figura 11. Identificación de especies forestales……. 77

Figura 12. Marcado de la orientación antes del talado de los árboles… 77

Figura 13. Seccionado de los niveles longitudinales……. 78

Figura 14. Codificación de los niveles longitudinales y transversales de Protium puncticulatum……. 78

Figura 15. Codificación de los niveles de Clarisia racemosa…….. 79

Figura 16. Preparación de la prensa botánica…… 79

Figura 17. Recolección de muestras botánicas y preparación……. 80

Figura 18. Preparación para el transporte de Bolognesi-Pucallpa de las rodajas codificadas de las dos especies…….. 80

Figura 19. Preparación de las muestras secas, para la identificación del nombre científico de la especie……. 81

Figura 20. Codificación de los niveles longitudinales y transversales por especie en la carpintería de la Universidad Nacional de Ucayali…… 81

Figura 21. Preparación de las probetas dimensionadas para los ensayos de algunas de las propiedades físicas…….. 82

Figura 22. Codificación de las probetas de la especie Clarisia racemosa…….. 82

Figura 23. Codificación de las probetas de la especie Protium puncticulatum…… 83

Figura 24. Inicio para los ensayos de las propiedades físicas, en el laboratorio de anatomía de la madera de la Universidad Nacional de Ucayali…….. 83

Figura 25. Pesado de las probetas……... 84

Figura 26. Medición de las dimensiones: tangencial radial y longitudinal……. 84

Figura 27. Secado al horno de las probetas…… 85

Figura 28. Finalización de los ensayos de algunas de las propiedades físicas…….. 85

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar la influencia de los niveles longitudinales y transversales del fuste de dos especies forestales, *Protium puncticulatum (*J.F. Macbr) y *Clarisia racemosa* (Ruiz & Pav), relacionada a las propiedades físicas de la madera (contenido de humedad, densidad y contracción) a través del método de tipo experimental y analítico, para analizar de su variación se elaboraron 180 probetas por especie; en relación al contenido de humedad saturado de la especie *Protium puncticulatum* presenta un promedio de 82,68%, siendo mayor a la especie *Clarisia racemosa* con 70,01%, los niveles longitudinales de las dos especies tienen mayor contenido de humedad en el nivel medio y en el nivel externo; *Protiium puncticulatum* y *Clarisia racemosa* en relación a la densidad básica no presentan significancia teniendo valores de 0,51g/cm^3 y 0,53 g/cm^3, así mismo en las densidades saturadas 0.91 g/cm^3 y 0,90 g/cm^3 respectivamente, teniendo que en la especie *Protium puncticulatum* en el nivel longitudinal medio y nivel transversal centro mayores valores. La densidad anhidra con mayor valor se presenta en la especie *Clarisia racemosa* con 0.59 g/cm^3 y con menor valor la especie *Protium puncticulatum* 0.53 g/cm^3 considerando que en los niveles longitudinal base y nivel transversal centro se encuentran los mayores valores; en cuanto a la contracción tangencial en *clarisa racemosa* 6,81% y en *Protium puncticulatum* con 5,66% son valores mayores a las contracciones radiales que tienen valor de 3,3% y 3,7% respectivamente.

Palabras clave: Niveles longitudinales, niveles transversales, propiedades físicas de la madera, *Protium puncticulatum*, *Clarisia racemosa*.

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the influence of the longitudinal and transverse levels of the stem of two forest species, Protium puncticulatum (J.F. Macbr) and Clarisia racemosa (Ruiz & Pav), related to the physical properties of the wood (moisture content, density and contraction) through the experimental and analytical method, to analyze its variation, 180 test tubes were made per species; In relation to the saturated moisture content of the Protium puncticulatum species, it presents an average of 82.68%, being higher than the Clarisia racemosa species with 70.01%, the longitudinal levels of the two species have a higher moisture content at the middle level. and on the external level; Protiium puncticulatum and Clarisia racemosa in relation to the basic density do not present significance, having values of 0.51g/cm^3 and 0.53g/cm^3, likewise in the saturated densities 0.91g/cm^3 and 0.90 g/cm^3 respectively having higher values in the species Protium puncticulatum at the middle longitudinal level and central transverse level. The anhydrous density with the highest value is presented in the species Clarisia racemosa with 0.59 g/cm^3 and with the lowest value the species Protium puncticulatum 0.53 g/cm^3considering that at the base longitudinal levels and central transverse level find the greatest values; As for the tangential contraction in Clarisa racemosa 6.81% and in Protium puncticulatum with 5.66%, they are values greater than the radial contractions that have a value of 3.3% and 3.7% respectively.

Keywords: Longitudinal levels, transverse levels, physical properties of wood, *Protium puncticulatum, Clarisia racemosa,*

INTRODUCCIÓN

El análisis de las propiedades físicas de la madera de las especies Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste), es una alternativa para la sostenibilidad forestal, debido a que estas especies forestales maderables son de uso comercial frecuentemente en la actualidad, con gran manejo de trabajabilidad y de potencial económico, con el estudio que se realizó se abordara un enfoque profundo a la investigación para su uso correcto en el campo de la madera y su trabajabilidad.

La importancia radica en el conocimiento de algunas de las propiedades físicas de la madera de Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste), estas especies existen en cantidades altas de la amazonia norte y sur del Perú, por ello se desarrolló a lo largo de los niveles longitudinales y transversales conocer el comportamiento según a la zona a la que pertenece, para así generar un adecuado uso a estas especies en las industrias.

En el Capítulo I, se plantea el problema, tanto en su aspecto general como específico, delimitando las áreas de análisis y discusión. Se identifican los problemas particulares que guiarán la investigación hacia una comprensión más profunda de las propiedades físicas de la madera.

El Capítulo II, dedicado al marco teórico, explora las propiedades físicas de la madera y su relevancia en diversas aplicaciones. Se aborda un análisis detallado del marco conceptual para sentar las bases sobre las cuales se fundamentará la investigación.

En el Capítulo III, se describe minuciosamente la metodología empleada en la investigación. Se explica el método de investigación, se determina la

población y el tamaño de la muestra, y se detallan las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección y procesamiento de datos.

El Capítulo IV, por su parte, presenta los resultados de la investigación. Se analiza el contenido de humedad, densidad y contracción de la madera, considerando los diferentes niveles longitudinales y transversales del fuste. Además, se comprueban las hipótesis planteadas en la investigación.

En el Capítulo V, se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas de los hallazgos obtenidos en la investigación. Se resumen las principales observaciones y se brindan sugerencias para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas basadas en los resultados obtenidos.

En síntesis, esta investigación representa un estudio integral sobre algunas propiedades físicas de la madera de especies específicas, contribuyendo a una comprensión más profunda de su comportamiento en distintos niveles y orientaciones en el fuste.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El desarrollo de la industria maderera no puede continuar sobre la base de una reducción del número de especies, ya que esto aumenta considerablemente el coste de producción (Romero, 2008). Es por ello, se requiere investigar a las especies *Protium puncticulatum* J. F. Macbr. y *Clarisia racemosa* Ruiz & Pav**.** Esta pauta de aprovechamiento selectivo y la disminución del número de especies utilizadas en la industria se debe principalmente a la falta de conocimiento de las propiedades tecnológicas y los usos de las maderas más ricas y menos conocidas.

Una de las características de la madera es su heterogeneidad, el conocimiento detallado de sus propiedades físicas y su distribución es importante, ya que es la única manera de predecir el comportamiento de la madera, micro de los productos procesados (Díaz et al., 2019). La madera muestra una amplia variación en sus propiedades físicas, que es notable en la forma en que difieren en los árboles de la misma especie, debido a los diferentes lugares donde crecen, incluso dentro del mismo árbol. Por diversos factores como la edad, el diámetro, la altura, la humedad, la diferenciación filamentosa y el anillo de crecimiento.

La madera tiene propiedades mecánicas bastante diferentes según los tipos de esfuerzos debidos a la flexión, la compresión, la tracción o el cizallamiento, y a lo largo de las direcciones de carga, como la longitudinal, la tangencial y la radial, porque la madera es anisótropa (Jauregui y

Ramos, 2019). En sentido vertical, el módulo elástico tiende a aumentar con el incremento de la densidad, no sólo dentro de la misma especie sino también entre diferentes especies de madera. Se ha observado una relación lineal entre el módulo elástico y la densidad.

La madera es uno de los mejores productos de biomasa. Su uso ha estado asociado desde los primeros tiempos de la humanidad y con diversas formas de trabajo. Las más destacadas son la generación de energía, la carpintería, la pasta de papel y la fabricación de tableros y, por tanto, en diversos segmentos industriales. La Amazonía, con sus regiones de África Central, Sudeste Asiático y Asia Boreal, representa la última de las pocas zonas boscosas que han sido alteradas por el impacto humano.

La densidad básica de la madera es reconocida como uno de los parámetros más importantes para evaluar su calidad, ya que es fácil de determinar y está relacionada con sus otras propiedades. La densidad de la madera es una propiedad que está más influenciada por la herencia que por el ambiente, como se ha dicho (Quispe, 2018).

En la caracterización de la madera, la determinación de su densidad y, en particular, su variación en el árbol, tanto en la dirección radial, desde el duramen hasta la corteza, como en la base, es esencial para ayudar a comprender su calidad. Algunas especies poco investigadas tecnológicamente son Protium puncticulatum y Clarisia racemosa, debido a que el conocimiento de las propiedades físicas está influenciado por la misma especie, las condiciones edáficas y climáticas, el lugar de origen, e incluso en el mismo árbol, en el sentido longitudinal y transversal del tronco, debido a la composición anatómica de los elementos leñosos.

La especie *Clarisia racemosa* Ruiz & Pav**.** es una de las especies más comercializada actualidad, debido a que es una madera semipesado de buena calidad, presenta una resistencia en el límite de la categoría media con la categoría alta (Wang et al., 2021). Es por ello que se requiere esta especie para la utilidad de las industrias que lo transforman en bloques y Dekin (tablillas) para exportación, este producto es muy requerido para el mercado nacional e internacional.

La especie *Protium puncticulatum* J.F. Macbr**.** de madera color marrón rosado claro, con un tono grisáceo pálido generalmente con vetas procumbentes, es una de las especies de valor económico fiable en el mercado, se utiliza para construcción de vivienda y para la fabricación de muebles en carpintería, esta especie se desconoce muy poco el sentido de las propiedades físicas; contenido de humedad, contracción T/R, y la densidad misma que varía según la zona en la que se encuentra.

Actualmente en la Amazonía del Perú, especialmente en Ucayali, existe una alta demanda de especies forestales, debido a que la industria forestal está más desarrollada tecnológicamente, por lo que la demanda de productos terminados en las industrias también es alta. La industria forestal y la concesión de Ucayali Wood S.A.C utiliza y produce madera aserrada de diferentes especies forestales, algunas más que otras, porque no todas han sido investigadas tecnológicamente.

Se desea la investigación de algunas propiedades físicas de las especies *Protium puncticulatum J*.F.Macbr. y *Clarisia racemosa* Ruiz & Pav. por su valor comercial en el mercado y la comercialización que se da a diario en todas las industrias que exportan este producto maderable. La

comprensión de las propiedades físicas de la madera es fundamental para la gestión sostenible de los recursos forestales y la optimización de su uso en diversas aplicaciones.

En este contexto, se investiga la influencia de los niveles longitudinales y transversales del fuste en las propiedades físicas de dos especies de árboles de interés: *Protium puncticulatum* J.F.Macbr. (copal) y *Clarisia racemosa Ruiz &* Pav. (Mashonaste). Estas especies son relevantes en el contexto forestal debido a sus características específicas y su potencial para su utilización en la industria maderera y otros sectores.

La madera de *Protium puncticulatum*, conocida como copal, es reconocida por sus propiedades únicas, incluyendo su resistencia y durabilidad. Por otro lado, la madera de Clarisia racemosa, denominada Mashonaste, también presenta propiedades destacadas que la hacen atractiva para diferentes aplicaciones. El análisis de las propiedades físicas de la madera en relación con los niveles longitudinales y transversales del fuste permite comprender cómo varían estas propiedades a lo largo de la estructura del árbol, desde la base hasta la punta y de la médula hacia la corteza.

En esta investigación, se exploran aspectos como la densidad, la contracción, la flexión, la compresión, y otras propiedades físicas relevantes que influyen en la calidad y el uso de la madera. El estudio busca proporcionar información valiosa que contribuya a la toma de decisiones informada en la gestión forestal, la planificación de la tala, la selección de la mejor madera para diferentes aplicaciones y el diseño de

estructuras que utilicen estos materiales de manera óptima y sostenible. La investigación pretende resolver la siguiente interrogante general:

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál es la influencia de los niveles longitudinales y transversales del fuste en algunas propiedades físicas de la madera de Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste)?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el contenido de humedad de la madera de las especies *Protium puncticulatum* J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa; Ruiz & Pav. (Mashonaste) y su variabilidad en los niveles longitudinales y transversales del fuste?
- ¿Cuál es la densidad de la madera de las especies Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa; Ruiz & Pav. (Mashonaste) y su variabilidad en los niveles longitudinales y transversales del fuste?
- ¿Cuál es la contracción de la madera de las especies Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa; Ruiz & Pav. (Mashonaste) y su variabilidad en los niveles longitudinales y transversales del fuste?

1.3. Justificación e importancia

La importancia de este trabajo radica en el conocimiento del comportamiento de las propiedades físicas de la madera de ***Protium puncticulatum*** J.F. Macbr. (copal) y ***Clarisia racemosa***; Ruiz & Pav. (Mashonaste), estas especies existen en cantidades altas en el Amazonía norte y en cantidades medias en Amazonía sur del Perú.

Por lo que es importante conocer su variación a lo largo de los niveles verticales del tronco según zona a la que pertenece; para darle un uso adecuado y la extracción más diversa del bosque, lo que conducirá a un uso sostenible del recurso. Cabe destacar que no existen antecedentes de estudio de las propiedades de la madera de copal y Mashonaste, pero sin embargo a lo largo del tiempo la población e industrias viene utilizando estas especies para la utilidad de exportación y construcción local de viviendas.

Los resultados que se obtengan de las propiedades físicas, será una contribución al conocimiento industrial sobre estas especies; *Protium puncticulatum* J.F. Macbr. (copal) y *Clarisia racemosa* Ruiz & Pav, que aún no han sido estudiadas. Por tanto, la investigación sobre el marco industrial de la madera beneficiará directamente a las personas que se dedican al aprovechamiento y transformación de la madera; a los investigadores regionales, nacionales e internacionales sobre el marco de la industria de la madera, entre otras relacionadas a la actividad forestal maderable.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

- Analizar la influencia de los niveles longitudinales y transversales del fuste en algunas propiedades físicas de la madera de *Protium puncticulatum* J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste).

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el contenido de humedad de la madera de las especies *Protium puncticulatum* J.F. Macbr. (copal) y *Clarisia racemosa* Ruiz & Pav. (Mashonaste) y su variabilidad en los niveles longitudinales y transversales del fuste.
- Determinar la densidad de la madera de las especies *Protium puncticulatum* J.F.Macbr. (copal) y *Clarisia racemosa* Ruiz & Pav. (Mashonaste) y su variabilidad en los niveles longitudinales y transversales del fuste.
- Determinar la contracción de la madera de las especies *Protium puncticulatum* J.F.Macbr. (copal) y *Clarisia racemosa* Ruiz & Pav. (Mashonaste) y su variabilidad en los niveles longitudinales y transversales del fuste.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Villegas (2014) en su investigación de propiedades físicos-mecánicas de especies forestales con la finalidad de determinar el uso actual y potencias de estas especies, para la metodología se realizó un muestreo y posteriormente la obtención de parámetros biométricos entre otras características, del mismo modo, se determinó sus propiedades físico-mecánicas (densidad básica, contenido de humedad, contracción volumétrica, relación T/R, flexión estática, compresión paralela y dureza), además se tomaron datos de uso y potencial de las especies. Para los resultados en *Protium montanum* (Copal) se obtuvo una densidad básica de 0,45 gr/cc donde se clasifica como mediana, para la densidad anhidra con 0,51 gr/cc donde se clasifica como mediana, para la contracción volumétrica con 10,7 gr/cc donde se clasifica como baja, para la relación T/R con 1,62 donde se clasificó como estable.

Romero (2008) en su investigación “Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de la madera de Fernán Sánchez (Triplaris cumingiana Fish. Mey.) De Quevedo y Balzar”. La metodología utilizada para estudiar las propiedades mecánicas se basa en la norma ASTM D 143-94 (American Society for Testing and Materials). Los resultados mostraron que no había diferencias significativas entre las especies de

madera de las dos regiones. La madera de Fernán Sánchez de Quevedo y Balzar es de densidad media, lo que le confiere mejores usos en la fabricación de muebles y armarios, carpintería de construcción, molduras, carpintería en general, revestimientos, puertas y ventanas, entre los principales.

Armijos y Medina (2010) en la investigación “Propiedades Físico-mecánicas de las maderas tipo A: Guayacán Pechiche, Colorado, Sande y Mascarey: aplicación al diseño del paradero en el IASA II”. Se han analizado las propiedades físicas y mecánicas de cada madera a través de ensayos de laboratorio de acuerdo con las normas internacionales COPANT y ASTM, determinando así los esfuerzos admisibles para el diseño de la madera. el diseño estructural de la estación de buses ubicada en IASA II, provincia de Santo Domingo de los Tsóilas, se realizó utilizando como material estructural el Guayacán Pechiche. El diseño en madera se basa en el Manual de Diseño en Madera Andina (PADT REFORT), el Manual de Diseño en Concreto para Cimentaciones ACI-99 y el Manual para el Diseño de Elementos de Acero AISC.

Serrano (2019) en su investigación “Influencia del contenido de humedad sobre las propiedades físicas, densidad y contracción de tres especies forestales”. La especie con mayor contenido de humedad fue Tectona grandis con un 78,05% en la sección transversal y en la sección longitudinal fue Tectona grandis con un 94,52%. La contracción total en la sección transversal fue la especie Centrlobium ochroxylum con la tasa más alta con 14%, en la sección longitudinal fue la especie Prosopis pallida con

24.4%. La densidad basal obtenida de Prosopis pallida fue de 0,98 gr/cm^3, de Tectona grandis 0,54 gr/cm^3 y de Centrlobium ochroxylum 0,52 gr/cm^3.

Miyoshi et al. (2018) “Efectos de la densidad y las características anatómicas sobre las propiedades mecánicas de varias especies de madera en tensión lateral”. Se verificó la relación proporcional entre el módulo elástico y la resistencia en la dirección longitudinal, que no se observó en la tensión lateral, excepto en las muestras con una inclinación anual del anillo de 90°. A partir de los resultados obtenidos se demuestra que las propiedades mecánicas de la madera en la dirección lateral se ven afectadas significativamente no sólo por la densidad, sino también por características estructurales como la deformación de la forma de la célula, la disposición de los radios o las vetas y el grado de transición de la madera temprana a la tardía.

Benin et al., (2017) en la investigación “Propiedades físicas y mecánicas de la madera de Eucaliptus benthamii bajo el efecto del espaciamiento de plantación”. En la evaluación de las propiedades mecánicas, se tomó madera transformada para fabricar las muestras utilizadas en los ensayos mecánicos, de acuerdo con las normas COPANT. Las propiedades mecánicas se analizaron estadísticamente en función de la distancia y de las propiedades físicas, así como en función del lugar de muestreo. La densidad del tallo no se ve afectada por la distancia de plantación, pero hay un cambio decreciente en los valores de esta propiedad a medida que aumenta la altura de muestreo. Estas últimas distancias afectan negativamente a la contracción en la dirección radial (RR) pero no en la dirección tangencial (RT). Se concluye que las

diferentes distancias no afectan directamente a las propiedades físicas y mecánicas del Eucaliptus benthamii.

Cartuche (2022) anuncia que, al caracterizar la madera de 95 especies forestales del sur de Ecuador, determinó que la especie maderable *Clarisia racemosa* (Mashonaste) encontró un contenido de humedad 94.16%.

Cruz et al., (2019) en la investigación "Variación longitudinal y transversal de las propiedades físicas de la madera Red Tauari". El objetivo de este trabajo fue estudiar la variación de la longitud de la fibra, la retractilidad y la densidad básica, en la dirección núcleo-corteza y a lo largo del tallo de la madera de tahuari rojo (Cariniana micrantha Ducke). El tronco fue evaluado en los discos, desde el núcleo hasta la corteza, correspondientes a 0%, 25%, 50%, 75% y 100%. En la altura comercial del árbol la evaluación se realizó en la Base, DAP, 50%, 75% y 100%. Se recolectaron tres árboles y se tomaron 5 discos de 12 cm de espesor de cada árbol las alturas: Base, DAP, 50%, 75% y 100%. Los resultados indicaron que la longitud de la fibra aumenta en la dirección radial núcleo-corteza y disminuye en la dirección longitudinal, desde la base hasta la copa. El análisis de la densidad basal varió con la dirección de la corteza, con una tendencia a aumentar a partir de la posición del 50% (duramen) y luego a disminuir en la albura. El volumen total y la contractilidad lineal disminuyen en la dirección de la corteza.

Omonte (2020) en su investigación "Variación de algunas propiedades físicas y mecánicas de la madera de Eucaliptus nitens con dimensiones aserrables". Los cambios radiales (en CHv y DB) son

menores en la parte superior del tronco, y los cambios axiales son menores en la parte leñosa cercana a la corteza. No hubo una correlación significativa entre la velocidad de las ondas sonoras obtenida en el árbol en pie (TREE) y las diferentes características investigadas en la madera (CHv, Dv, DB, GSI, Et y σL). La velocidad de las ondas sonoras en el registro (VTROZA), está correlacionada negativa y significativamente con CHv y con Dv, y es también positiva y significativa con Et, y con σL. Los cambios en la excentricidad axial (PE) y en la irregularidad (OOR), con la posición de altura en la varilla, fueron insignificantes. La excentricidad del vástago se correlacionó positiva y significativamente con la aciclicidad del vástago. No hubo correlación significativa entre PE y OOR, con los valores GSI y σL, como rango, media, máximo y mínimo. PE y OOR se correlacionaron negativa y significativamente con el Et medio y el Et mínimo de los registros.

Báder y Németh (2018) en la investigación “El efecto del tiempo de relajación sobre las propiedades mecánicas de la madera comprimida longitudinalmente”. La compresión vertical facilita la flexión de la madera natural. La relajación tras la compresión da lugar a una mejora de las propiedades de flexión. Durante el ensayo de flexión, la deflexión máxima aumenta con el tiempo de relajación, mientras que la fuerza necesaria para conseguir la misma deflexión disminuye, al igual que el módulo de elasticidad (MoE). El módulo de fractura (MoR) de la madera comprimida no cambió significativamente en comparación con la madera no tratada, excepto en el caso de las muestras que se dejaron sueltas durante largos periodos de tiempo. El tiempo de relajación ideal es de 1 minuto. Después

de eso, el cambio de las propiedades importantes se ralentizará. Por supuesto, con peticiones especiales, el periodo de reposo también puede ser muy largo. En este caso, el proceso da como resultado una muestra de madera con propiedades marcadamente flexibles. Las muestras se dejaron reposar en condiciones normales durante 1 día, pero este periodo de reposo no tuvo ningún efecto apreciable en sus propiedades mecánicas.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Pimentel (2021) en su investigación “variabilidad de las propiedades físicas de la madera de “shalluche” (Miconia minutiflora (Blonpl.) DC, Melastomataceae) provenientes del caserío de Macora, Chinchao-Huánuco”, tuvo el objetivo de evaluar sus propiedades físicas (contenido de humedad, densidad y contracción), los resultados obtenidos para el contenido de humedad fueron de 100,24% de saturación y 16,12% de sequedad en el aire. En cuanto a la densidad en diferentes estados, encontramos: saturados a 1,14 g/cm^3; densidad media basal 0,57 g/cm^3; densidad anhidra 0,65 g/cm^3. Las contracciones medias fueron: longitudinal 0,41%; radial 4,11%; tangente 10,18%; volumen 12,11%; relación tangente radial 2,51. Debido a las propiedades presentadas, la especie M. minutiflora es adecuada para su uso en la construcción, columnas, encofrados, puntales de mina, carpintería, etc.

Díaz et al. (2019) en la investigación “Anatomía y propiedades físicas de la madera de dos especies del departamento de Puno”. El presente estudio describe las características anatómicas y físicas de dos especies de madera de San Gabán, departamento de Puno. Los caracteres

macro y micro se describen según la lista estándar de IAWA, y las características físicas según la especificación peruana. Los resultados mostraron que las dos especies tienen porosidad difusa, Miconia amazónica con porosidad media, longitud del vaso 365 µm, placa perforada simple, bandas de parénquima, rayos heterogéneos, 120 µm de altura. Erithrina ulei con grano recto, textura y brillo medios, arco acanalado superpuesto, albura susceptible al ataque de hongos, diámetro de poro 246,2 µm y longitud de vena 253. 5 µm, 2-4 agujeros/mm^2, lámina perforada simple, parénquima tubular confluente, estratificado, heterogéneo y radios uniformes, ambos con fibras libriformes, 1747 µm, 770 µm de longitud y 3 de espesor de pared, respectivamente, 3 µm, 3 µm. Miconia amazónica, densidad básica y media (0,57 g/cm3 y 12,73%), respectivamente, mientras que Erythrina ulei, densidad muy baja (0,29 g/cm^3), volumen bajo (8) ,12%) y ambas especies tienen una madera muy estable.

Tacuche (2020) en su investigación “Variabilidad longitudinal y transversal de las propiedades físicas de Bixa Platycarpa Ruiz & Pav. Ex G Don. (Achotillo), en codo de Pozuzo, Huánuco”. Este estudio se realizó en el Laboratorio de Anatomía de la Madera de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Departamento de Recursos Naturales Renovables - Escuela de Ingeniería Forestal Profesional. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DCA) con arreglo factorial. Los resultados obtenidos para el estado húmedo es un contenido de humedad promedio de 108,91% y el estado seco al aire de 14,94%, luego para la densidad saturada es de 0,69 g/cm^3, anhidra 0,37 g/cm^3 y base 0. Las contracciones medias fueron:

radial 5,20%, tangencial 8,46%, longitudinal 0,29%, volumétrica 9,52% y relación T/R 2,1%. Las especies estudiadas son de baja densidad y especies de madera estables con respecto a la variación de tamaño.

Quispe (2018) en su investigación “Comparación de las Propiedades Físicas del Clarisia Biflora Ruiz & Pav de dos Tipos de Bosque, Procedentes de Camanti - Cusco y Tambopata – Madre de Dios”. La contracción radial, la contracción volumétrica, la contracción longitudinal y el índice de estabilidad de la madera de la especie Clarisia biflora en el bosque de alta colina y en el bosque de baja plataforma son estadísticamente similares. La humedad, la densidad del sustrato y la contracción tangencial de la madera de C. biflora en el bosque de alta colina y en el bosque de baja plataforma son estadísticamente diferentes. La madera de C. biflora, tanto dura como pesada, puede utilizarse en: Industria de la construcción, molduras, marquesinas, puertas de madera contrachapada, ventanas utilitarias, encofrados, tabiques, clavados y marcos atornillados.

Paredes (2017) en su investigación “Influencia de los niveles longitudinales del fuste del árbol en las propiedades físicas de la madera de Oxandra xylopioides Diels (espintana negra), procedente del bosque de Macuya - Región Huánuco”. Los resultados muestran que los grados verticales del fuste afectan a los valores de las propiedades físicas de la madera Oxandra xylopioides Diels (café negro), tales como: CH máximo, CH secado al aire, densidad: secado en horno, densidad base, contracción tangencial, radial, longitudinal y volumétrica, coeficiente de contracción volumétrica y punto de saturación del hilo. Por otro lado, los grados

longitudinales del eje no afectan a las siguientes propiedades físicas: Densidad, saturación, densidad de secado al aire e índice de estabilidad dimensional de la madera.

Quispe (2016) en su investigación “Evaluación de las propiedades físicas de Zanthoxylum riedelianum Engl (Hualaja) a tres niveles, tres secciones transversales y dos orientaciones del fuste, provenientes de la zona de Tournavista – Huánuco”. Los resultados obtenidos para el contenido medio de humedad saturada son de 80,46%, para los niveles superiores del bin valores más altos (82,4%); En comparación con las secciones transversales, la superficie interior tiene un mayor contenido de humedad (88,1%), también se observa una mayor dirección hacia el oeste. Para la densidad es saturada 0,85g/cm^3, anhidra y básica 0,47g/cm clasifica la especie como de densidad media. En cuanto a las orientaciones básicas, no se observaron diferencias significativas. Las contracciones medias fueron: radial 4,48%; tangencial es 7,91%, vertical 0,29%, volumen 11,12% y relación T/R 1,79%. Por lo tanto, se puede afirmar que la especie estudiada, Zanthoxylum riedelianum Engl, es una madera de densidad media y estable con variaciones dimensionales, lo que facilitaría la trabajabilidad de la especie.

2.1.3. Antecedentes locales

Jauregui y Ramos (2019) en la investigación “Anatomía y propiedades físico – mecánicas de tres especies forestales, Concesión Forestal Mendoza – Pucallpa”. Anacardium giganteum: Textura gruesa, parénquima del tubo traqueal, poro solitario, rayo medio, hermafrodita,

presencia de encía, foramen intervertebral poligonal intersticial y placa perforada simple, circuito medio (542,53 µm), fibra media (994,66 µm). Humedad 105,22%, densidad básica 0,44 g/cm³, contracción volumétrica 11,19% y relación T/R de 1,56 (baja estabilidad). Flexión estática 509,30 kg/cm² (MOR), compresión paralela 263,55 kg/cm² (MOR), compresión perpendicular 31,09 kg/cm² (ELP), cizallamiento 61,61 kg/cm² (MOR) y rigidez lateral de grado 258,85 kg/cm². Parkia colgante: Poros solitarios, textura gruesa, parénquima traqueal vascular, haz medio, multifocal, presencia gingival, poros poligonales intersticiales entrelazados y placa perforada única, circuito medio (506,46 µm), fibra media (1145,40 µm). Humedad 86,16%, densidad básica 0,41 g/cm³, contracción de volumen 10,71% y relación T/R 1,93 (baja estabilidad). Flexión estática 585,26 kg/cm² (MOR), compresión paralela 235,84 kg/cm² (MOR), compresión perpendicular 24,75 kg/cm² (ELP), cizallamiento 54,22 kg/cm² (MOR) y grado de rigidez lateral 293,82 kg/cm². Mezilaurus itauba: Textura lisa, poros solitarios y numerosos, parénquima traqueal escaso, rayos medianos, hermafrodita, presencia de tilosa, placa perforada simple y fos intervertebrales circulares alternados, cadena media (149,35 µm), fibra larga (1714,29 µm). Humedad 46,11%, densidad básica 0,71 g/cm³, contracción volumétrica 10,99% y relación T/R de 1,89 (baja estabilidad). Flexión estática 1071,84 kg/cm² (MOR), compresión paralela 495,53 kg/cm² (MOR), compresión perpendicular 64,62 kg/cm² (ELP), cizallamiento 41,94 kg/cm² (MOR) y grado de rigidez lateral 649,28 kg/cm².

Gómez (2019) en su investigación “Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de tableros contrachapados de Ceiba

Pentandra l. gaertn (Lupuna blanca), de tres empresas triplayeras de Pucallpa". Los resultados de este estudio indican que existe una diferencia significativa en las propiedades físico-mecánicas del contrachapado de Ceiba pentandra L. Gaertn (lupuna blanca) de las tres empresas de contrachapado de Pucallpa. La densidad media en equilibrio es de 0,45 g/cm^3; la mayor densidad fue de 0,48 g/cm^3 en Industrias GINA S.A.C. El módulo medio de fractura longitudinal es de 667,82 daN/cm^2; Industrias GINA S.A.C tiene un módulo de falla más alto de 744,01 daN/cm^2 y un módulo de corte medio de 167,03 daN/cm^2; Industrias GINA S.A.C tiene un módulo de ruptura más alto. La dureza media es de 208,45 Kgf/cm^2; Industrias GINA S.A.C tiene una dureza superior a 218,09 Kgf/cm^2.

Huaynalaya (2018) en su investigación "Evaluación de las propiedades físicas de la madera de tres especies forestales y su variación por niveles longitudinales del fuste, provenientes de la cuenca del río Utuquinia - Provincia Coronel Portillo - Región Ucayali". Los resultados indicaron que todas las propiedades físicas de la madera de las tres especies forestales difieren significativamente. La madera de Diplotropis racemosa (Hoehne) Amshoff (Chontaquiro) presenta grados de variación longitudinal en las características de humedad máxima y en las densidades basal, saturada, en equilibrio higroscópico y anhidra, con tendencia a que los valores de las diferentes densidades disminuyan con el aumento de la altura. En cuanto a la madera de Caryocar glabrum Aubl.) Pers (Almendra) y Brosimum rubescens Taub (Palisangre), no hubo diferencias significativas, sugiriendo que las propiedades físicas de la madera eran similares a lo largo del tallo.

Burga (2017) en su investigación “Influencia de los niveles longitudinales del fuste en los coeficientes de contracción y en el punto de saturación de las fibras de la madera de dos especies forestales del bosque de Macuya-UNU, región Ucayali”. Los resultados muestran que existe una diferencia significativa entre los valores de los coeficientes de contracción radial, tangencial y longitudinal, la madera de Tachigali setifera Ducke (ucshaquiro colorado), tiene un coeficiente de contracción lineal menor que el de la madera de Hymenolobium aff pulcherrimum (Pashaco negro), el coeficiente de contracción lineal con respecto al grado longitudinal del árbol, se encontró que hay una diferencia significativa en la contracción radial, para el coeficiente de contracción lineal y vertical, no hay diferencia entre los valores del nivel del árbol.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Propiedades físicas de la madera

García et al., (2003) afirma que, la variación de las propiedades físicas es debida a diferencias en la estructura de la madera y a la presencia de constituyentes extraños, como el espesor de las paredes celulares y la longitud de los elementos estructurales. También sugiere que en la madera se dan diferencias muy notables de sus propiedades presentándose muy diversas aun en el mismo árbol, según pertenezca la madera al tronco, a las ramas, a la parte inferior o superior del mismo tronco; a la raíz principal

o a las secundarias, etc.

Las propiedades físicas se definen como "las propiedades que se determinan sin ningún cambio en el tamaño, la forma y la composición química de la madera" (O'neill et al., 2013).

Contenido de humedad (%)

Al respecto, Acuña y Casado (2005) manifiesta que la madera es un material higroscópico, entendiendo por tal aquel que tiene la capacidad de absorber agua de la atmósfera. Según indican, esta capacidad es presentada debido a dos razones fundamentales: La atracción que ejercen los grupos polares existentes en la pared celular de la madera sobre aquellas moléculas, de naturaleza polar o polarizables, que entran en su órbita de acción, en particular el agua. Debido al efecto de los fenómenos físicos de capilaridad. El contenido de humedad en una pieza de madera está relacionado al entorno del lugar donde se utilizará la madera, el equilibrio higroscópico sufre modificaciones por el cambio en la (humedad del aire y temperatura) (Silva, 2008). Por otra parte, al hablar del contenido de humedad en equilibrio, esto se da cuando este porcentaje se encuentra debajo del punto de saturación de la fibra es una función de la humedad relativa y la temperatura del aire circundante (Acuña y Casado, 2005).

Relación de humedad de la madera

La relación de humedad de la madera es una propiedad importante que se utiliza para clasificar la madera en diferentes grupos. Según Syafiqah (s.f.), la madera se puede clasificar en cuatro grupos en función de su contenido de humedad:

- Greenwood que tiene un contenido de humedad del 25-50%.
- Horno seco: Madera que se ha secado en un horno a una temperatura controlada para reducir su contenido de humedad.
- Secado al horno: Madera que se ha secado en un horno a una temperatura más alta que en el caso del horno seco.
- Secar al aire: Madera que se ha secado al aire libre sin ningún tipo de tratamiento adicional.

Determinación del contenido de humedad: La madera recién talada contiene una gran cantidad de humedad. En algún momento, la proporción de humedad es incluso mayor que el material sólido de la composición de la madera. El agua tiene un efecto profundo en las propiedades de la madera. Y también en una determinada unidad de contenido de humedad, los hongos o los insectos pueden atacar la madera con mucha facilidad (Omonte, 2020). Por lo tanto, la determinación de la humedad es muy importante.

Densidad

La densidad de la madera es una propiedad importante que se relaciona con la cantidad de material sólido presente en un volumen dado, el contenido de humedad y la cantidad de extractivos presentes. La densidad de la madera se puede definir como "masa por unidad de volumen" y se expresa en gm/cm cúbico. La densidad de la madera varía según la especie y la parte del árbol de donde se tome la muestra.

Según Silva (2008), una madera de baja densidad se caracteriza por tener fibras de paredes delgadas y una alta proporción de espacios vacíos,

es decir, células con lumen amplio. Para determinar la densidad de la madera, se puede utilizar el método de peso y volumen. El volumen se puede calcular multiplicando el largo, ancho y alto de la pieza de madera. El peso se determina con una balanza y la densidad se obtiene dividiendo el peso por el volumen. El tamaño estándar recomendado de la pieza de madera debe ser de 5-6 cm × 2 cm × 2 cm.

La densidad de la madera varía entre especies y puede ser un indicador de su resistencia diferencial al estrés. Se presentan algunas de las relaciones que se han encontrado en la literatura:

- **Resistencia mecánica:** La densidad de la madera está relacionada con su resistencia mecánica. En general, una madera más densa es más resistente a la compresión, flexión y tracción que una madera menos densa. Esto se debe a que una madera más densa tiene una mayor cantidad de material sólido y, por lo tanto, puede soportar mayores cargas sin deformarse o romperse.

- **Durabilidad:** La densidad de la madera también está relacionada con su durabilidad. En general, una madera más densa es más resistente a la degradación biológica y a la acción de los agentes atmosféricos que una madera menos densa. Esto se debe a que una madera más densa tiene una menor cantidad de espacios vacíos que pueden ser colonizados por hongos y otros organismos que degradan la madera.

- **Calidad de la madera aserrada:** La densidad de la madera también está relacionada con la calidad de la madera aserrada. En general,

una madera más densa produce una madera aserrada de mayor calidad, con menos defectos como nudos, deformaciones y grietas. Esto se debe a que una madera más densa es más uniforme en su estructura y, por lo tanto, es más fácil de trabajar y menos propensa a deformarse durante el proceso de aserrado.

En resumen, la densidad de la madera es una propiedad importante que se relaciona con su resistencia mecánica, durabilidad y calidad de la madera aserrada. Por lo tanto, es importante tener en cuenta la densidad de la madera al seleccionar la especie y la parte del árbol de donde se tomará la muestra para su uso en diferentes aplicaciones.

Clasificación de la Densidad

La densidad de la madera puede ser utilizada para clasificarla en diferentes categorías según su resistencia y calidad. En un estudio realizado en Sri Lanka, se desarrolló un sistema de clasificación de madera basado en sus propiedades mecánicas, específicamente en su índice de resistencia. Se utilizaron 32 especies de madera comúnmente utilizadas y se agruparon en cinco clases de resistencia: muy baja, baja, media, alta y muy alta.

Se observó una correlación significativa entre el índice de resistencia y la densidad de la madera ($P = 0.000$). Otra forma de clasificar la densidad de la madera es mediante la utilización de la densidad básica, que se define como la masa de la madera seca al aire dividida por su volumen verde. La densidad básica se utiliza comúnmente para clasificar la madera en diferentes categorías según su calidad y resistencia.

Por ejemplo, la madera de alta densidad se utiliza comúnmente en aplicaciones estructurales, mientras que la madera de baja densidad se utiliza en aplicaciones no estructurales como la fabricación de papel y cartón.

- Cuando la densidad o gravedad específica es de 0.36 gr/cm3, se dice que es muy ligera.
- Cuando la densidad o la gravedad específica es de 0,36 a 0,05, la madera es moderadamente pesada.
- Cuando la densidad o la gravedad específica es > 0,05, la madera es pesada.
- Cuando la densidad o peso específico es = 0,36 la madera se llama ligera.

Contracción

La contracción de la madera se refiere a la disminución o pérdida de volumen de la madera bajo el punto de saturación de fibras (PSF) y se expresa como porcentaje de la disminución de madera en estado verde. La contracción se produce bajo el PSF, donde comienza a disminuir de volumen como consecuencia del adelgazamiento de las paredes celulares al perder masa la celulosa se amorfa y aproximarse unas a otras las microfibrillas. La contracción es proporcional al contenido de humedad bajo el PSF.

La contracción se produce en tres direcciones: longitudinal, radial y tangencial. La contracción en dirección longitudinal es del 0,1%, mientras que la contracción en dirección radial es del 5% y la contracción en

dirección tangencial es del 10% (Cuevas, 2003; citado por Gamez, 2009). La contracción de la madera es importante en la industria de la madera, ya que puede afectar la calidad y la estabilidad dimensional de los productos de madera.

La contracción de la madera puede ser minimizada mediante el secado adecuado de la madera y el control del contenido de humedad. Además, la contracción de la madera puede ser utilizada para clasificarla en diferentes categorías según su resistencia y calidad. Por lo tanto, es importante tener en cuenta la contracción de la madera al seleccionar la especie y la parte del árbol de donde se tomará la muestra para su uso en diferentes aplicaciones.

- Punto de saturación de fibra: Se denota por FSP, que se define como "etapa teórica en la que se elimina toda la humedad de todas las cavidades y aún se retiene en la pared celular". El contenido de humedad de una madera en 25-30% también se denomina condición verde de la madera o punto de saturación de la fibra.
- Contenido de humedad de equilibrio: Se denota por EMC. La condición de secado al aire o la madera sazonada son otros nombres. EMC se define como, “Valor del contenido de humedad correspondiente a la combinación dada de temperatura y humedad relativa de la atmósfera. Siempre que el contenido de humedad sea del 12% se denomina EMC”.
- % de humedad = (moléculas de madera seca / moléculas totalmente saturadas) × 100= (vapor de aire seco / vapor de aire saturado) × 100.

- Contracción e hinchazón: que las maderas blandas se sequen desde el punto de saturación de fibra hasta la condición de secado al horno.
- Contracción en dirección longitudinal = 00,1%
- Contracción en dirección radial = 5%
- Contracción en dirección tangencial = 10%

La contracción para spp de madera dura común es de FSP (25 - 30%) a EMC (12% de contenido de humedad). Debido a la pérdida del contenido de humedad, el tamaño de la madera cambia. La diferencia es el valor de contracción entre tres direcciones debido a las siguientes razones (Kovács et al., 2014).

- Efecto de restricción del rayo en el plano radial.
- Diferencia en el valor de lignificaciones.

2.2.2. Descripción de las especies forestales

Clarisia racemosa; Ruiz & Pav. (Mashonaste)

Se dice que estos árboles son altos, de hasta 40 m de altura, con un diámetro de tronco de 50 a 120 cm. Los topos son rectos y cilíndricos, con una longitud comercial de unos 15 a 18 m. Perú quiere promover esta especie (Wang et al., 2021). Magnanini y Magnanini (2022) señala que en se halló el árbol de Mashonaste con altura de 40m, y un diámetro de altura al pecho de 1,10 m, copa grande y racemosa.

Fuste recto, con base reforzada. Corteza externa de color marrón con superficie escamosa, látex blanco abundante, corteza roja debajo del

ritidoma. Hojas alternas, simples, enteras dísticas; lamina elíptica a lanceolada, acuminado, cuspidado o subagado. Inflorescencia masculina en espigas penduladas, inflorescencia femenina con flores reunidas en haces de dos flores, o en racimos, frutos bayos, semilla elipsoide con cubierta seminal delgada, presencia de exudación de látex blanco.

Se distribuye naturalmente en Bolivia. Se distribuyen naturalmente forma dispersa o en pequeños grupos en los bosques tropicales húmedos, al sur de América; Brasil, Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Nicaragua, Panamá, Surinam, Venezuela y Perú (Amazonas, Cuzco, Loreto, Madre de Dios, Pasco, San Martín y Ucayali) (Ken, 2022).

Madera esponjosa y difusa. Se presenta sola y en múltiplos radiales cortos. A veces el diámetro tangencial del lumen es de 200 micras o más. Depósito blanco en las venas del duramen. Vasos por mm^2 inferiores a 6 (raro). Placas de perforación simples. Parénquima axial aparente a simple vista. Parénquima axial en bandas marginales o en bandas aparentemente marginales. Parénquima axial en líneas tangenciales discontinuas. Parénquima axial en bandas gruesas. 3 a 4 células por fibra de parénquima. Bandas de parénquima axial con más de 4 a 10 rayos por mm (promedio).

A veces el radio es superior a 4 filas. Rayos inhomogéneos y/o rayos heterogéneos poliploides. Las células de los radios del cuerpo se encuentran en su lado con la mayoría de las 2-4 filas de células verticales y/o cuadradas de la franja (Kribs-II). La fibra tiene fosetas de uno a otro borde liso (Sharapov et al., 2021).

- Brillo: superficie de madera pulida.

- Color: albura blanca, distinta del duramen. El duramen es amarillo brillante, cuando se seca se vuelve marrón oscuro.
- Contenido de sílice: se ha informado de que esta especie contiene cristales de sílice. Tiene un efecto de moderado a severo al cortar. Índice de sílice: 1.02.
- Contracción tangencial total (saturado hasta anhidro) (%): 6.1
- Densidad básica (peso anhidro / vol. Saturado) (g / cm^3): 0.59
- Densidad seca al aire (peso y volumen ch12%) (g / cm^3): 0.66
- Durabilidad natural: se clasifica como moderadamente durable.
- El duramen es bastante resistente a las termitas.
- El duramen es difícil de tratar.
- La albura puede ser tratada si se corta.
- Estabilidad dimensional (contracción total tangencial% / contracción total radial%) 2.0
- Grano: sólido entrelazado recto a la veta.
- Indicador de color (1 = negro, violeta; 7 = amarillo claro, blanco) 4
- Indicador de estabilidad natural (1 = muy alta, 7 = muy baja): 3
- Olor: madera gruesa sin olor ni sabor característicos.
- Secado lento, pero no difícil.
- Veta: la textura varía de gruesa a media.

Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal)

El copal es un árbol de tamaño medio a grande con un tallo grueso; puede crecer hasta 30 metros, pero lo más habitual es que alcance los 20 metros. El árbol se suele recolectar en la naturaleza, especialmente en

Guatemala, por su resina, que se utiliza mucho como incienso (Miyoshi et al., 2018). La especie es una fuente de natural de resina y madera, se encuentra en los países de América del sur; Brasil, Bolivia, Perú, ecuador y Colombia (Ken, 2022).

Esta especie en el Perú predomina en las regiones de Cusco, Huánuco Loreto, Madre de Dios, San Martín y Ucayali. Está planta se considera la principal fuente de copal o pom que se utiliza en grandes cantidades en Guatemala en las ceremonias religiosas, especialmente en los indios de las tierras altas. Es probable que aparezca en los rituales religiosos mayas desde hace siglos (Zerbst et al., 2020).

El duramen es de color marrón o marrón rojizo, a veces irregularmente veteado con líneas más uniformes de color marrón oscuro; no siempre está claramente delimitado de la albura de color marrón claro a rosado (Benin et al., 2017). La textura varía de bastante suave a bastante gruesa; el grano es recto a muy irregular y entrelazado; el brillo es bastante alto; las muestras secas no tienen un olor o sabor peculiar.

En general la especie en la región de Ucayali podemos encontrar esta especie en los distritos; atalaya- Tahuani-Inahuaya, Masisea- Alto Abujao, se informa de que la madera tiene una baja resistencia al ataque de hongos de descomposición y es susceptible a las termitas de la madera seca; no tiene una resistencia significativa a los barrenadores marinos. Los informes sobre las especias van desde bastante fácil de secar al aire hasta moderadamente dura (Cruz et al., 2019).

Los troncos deben pelarse antes de aserrarlos para evitar la acumulación de resina en los cuchillos y el equipo. La madera curada se

trabaja con facilidad y se clasifica de regular a buena en todas las actividades; se corta fácilmente en tablas finas, pero tiende a alabearse cuando se seca; algunas especies son abrasivas debido al contenido de sílice. La madera se utiliza para fines tales como muebles, contrachapado, chapa y madera contrachapada, construcción en general, tableros de partículas; puede sustituir al abedul.

- Área de distribución: América Central - Honduras, Belice, Guatemala y México.
- Detalles del cultivo: Especie de planta que se encuentra principalmente en las tierras bajas de los trópicos, comúnmente en altitudes inferiores a 600 metros, pero especialmente en altitudes de 2000 metros. La mayoría, si no todas, las especies de este género son heterótrofas, tanto las formas masculinas como las femeninas deben ser cultivadas si el fruto y las semillas se necesitan para ungüentos
- Hábitat: Bosque húmedo, principalmente en elevaciones de 350 metros o menos. Se encuentra principalmente en los bosques tropicales húmedos y en los bosques de hoja perenne; menos frecuentemente en los bosques tropicales secos y en los bosques nublados. Su hábitat preferido es el bosque primario.
- Madera utilizada como combustible: No tenemos más información sobre la madera de esta especie.
- Otros usos: Resina obtenida del tallo. Se utiliza como incienso, barniz y medicina. Desprende un aroma fragante cuando se quema
- Peligros conocidos: Desconocidos

- Reproducción: Semillas.

2.3. Definición de términos básicos

- **Análisis dimensional:** “Método que se ocupa del análisis de las dimensiones de las magnitudes físicas”. (Gonzales, 2000)

- **Calibrador:** “Conocido como vernier, instrumento de medida lineal con alta precisión (diámetros y espesores)”. (Revista Española de Electrónica, 2021)

- **Clarisia racemosa:** “Especie arbórea conocida comúnmente como Mashonaste”. (Magnanini y Magnanini, 2022)

- **Contenido de humedad:** “Es la cantidad de agua en la madera por lo que es un material higroscópico, tiene la capacidad de absorber agua de la atmósfera”. (Acuña y Casado, 2005)

- **Contracción:** “Se refiere a la disminución o pérdida de volumen de la madera bajo la perdida de agua”. (Gamez, 2009)

- **Densidad:** “Se relaciona con la cantidad de material sólido presente en un volumen dado”. (Silva, 2008)

- **Dimensiones:** “Medidas de longitud, ancho y grosor de la madera”. (Omonte, 2020)

- **Fuste:** “Tronco de un árbol, desde la base hasta las ramas principales”. (Magnanini y Magnanini, 2022)

- **Influencia:** “Efecto o cambio producido por factor o variable en otro”. (Burga, 2017)

- **Longitudinal:** “Referido a la dirección a lo largo de la fibra de la madera”. (Burga, 2017)

- **Madera:** “Xilema, compuesto por celulosa, hemicelulosa y lignina”. (Huaynalaya, 2018)

- **Propiedades físicas:** “Características de la madera que se pueden medir, como densidad, humedad y contracción”. (O’neill et al., 2013)

- **Protium puncticulatum:** Especie arbórea conocida comúnmente como "copal". (Miyoshi et al., 2018)

- **Transversal:** “Referido a la dirección perpendicular a la fibra de la madera”. (Burga, 2017)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método de investigación

En el marco de este estudio, se empleó el método de tipo experimental y correlacional por que se utilizaron los factores de especies y niveles longitudinales y transversales del fuste. Para determinar las propiedades físicas se utilizó el método analítico porque se observó la variación y su análisis de los 5 individuos de cada especie maderable Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste).

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población finita estuvo conformada de 195 árboles de la especie Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y 158 árboles de Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste). Estos árboles fueron seleccionados de la parcela de corta (PC19) de la Concesión Forestal Ucayali Wood S.A.C, ubicada en el distrito de Tahuania, provincia de Atalaya, región Ucayali. Las coordenadas geográficas de esta parcela son N 638879 y S 8885798, y abarca un área de 375.0457 hectáreas.

3.2.2. Muestra

La muestra fue no probabilística, conformada por 5 árboles por especie, tomando en cuenta lo establecido por la norma COPAN 458, que

establece, que el tamaño de la muestra debe ajustarse según el grado de precisión que se busca alcanzar en los diversos ensayos. Considerando la escasa comercialización y el conocimiento limitado de las especies forestales en estudio, se siguió la recomendación de utilizar un tamaño de muestra de cinco (5) árboles por especie.

Este enfoque en el tamaño de muestra es consistente con la particularidad de las especies Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste) en el contexto comercial, lo que respalda la elección de una muestra de tamaño limitado pero significativo. Los cinco árboles por especie seleccionados representan una muestra representativa de la población finita, permitiendo un análisis detallado y confiable de las propiedades físicas de la madera de cada especie.

El proceso de selección de los árboles de muestra fue riguroso y consideró aspectos como la variabilidad en la estructura del fuste y la representatividad de diferentes áreas de la concesión forestal. Este enfoque de muestra no probabilística, en combinación con un tamaño de muestra adecuado.

3.3. Procedimiento de recolección de datos

3.3.1. Proceso para la preparación del material de investigación

- **Obtención de las Especies forestales:** Se seleccionaron los árboles siguiendo los criterios establecidos por la norma NTP 251.008:1980. Cada árbol seleccionado teniendo en cuenta los puntos de coordenadas con el GPS fueron marcado con pintura para

ser identificados y se tomó datos de circunferencia del tronco con una cinta métrica.

- **Orientación de los árboles (este, oeste, norte y sur):** Se tomaron la orientación de cada árbol por individuo de cada especie, con ayuda del equipo de soporte “brújula”, se tuvo en consideración los capos planteados en la investigación para evitar pérdidas referenciales.

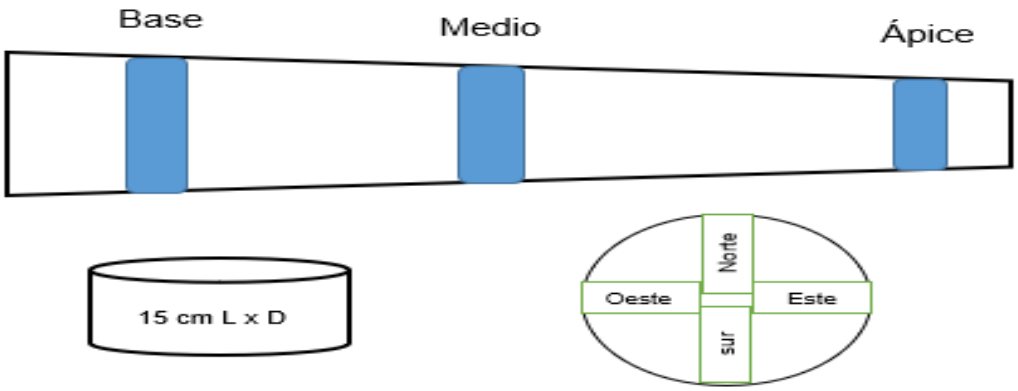
- **Tala de los árboles:** La tala de los árboles fue realizada por un motosierrista con la mayor habilidad para reducir el impacto al bosque.

- **Colección de muestras botánicas:** Se recolectaron muestras botánicas de cada especie (hojas, frutos, inflorescencia), las muestras colectadas se colocaron en bolsas herméticas con codificación, estas fueron llevadas a una prensa botánica, para su secado, y posterior a ello se llevó al laboratorio de dendrología de la Universidad Nacional de Ucayali, donde fue identificado el nombre científico.

- **Obtención de rodajas del fuste longitudinal y codificación de orientación transversal:** Las rodajas se obtuvieron cortando las secciones del fuste, Base, Medio y Ápice, teniendo en consideración la medida de la longitud total, para llevar a cabo el corte respectivamente. las rojas se cortaron de 15 cm de largo, teniendo en consideración la orientación de cada sección longitudinal.

Figura 1

Método de corte de Rodajas y codificación de orientación de cada sección longitudinal

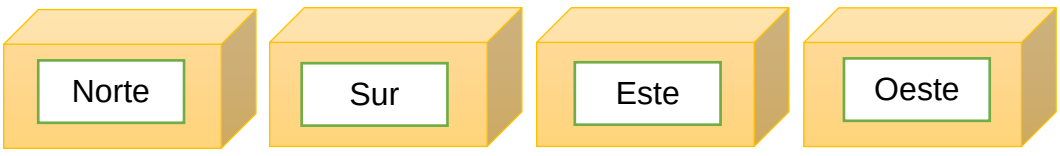


La codificación de cada rodaja se colocó en base al N° DE ÁRBOL-ESPECIE- SECCIÓN. Ejemplo: CPL-01-Base

- **Corte de cada orientación de las rodajas:** Las secciones de los niveles longitudinales (Base, Medio, Ápice) de cada individuo de las 2 especies, se cortaron con una máquina de sierra cinta, para obtener las orientaciones de los planos transversales (este, oeste, norte y sur) manteniendo su respectiva codificación (COPAL-01-BASE-NORTE).

Figura 2

Orientaciones de cada sección (base, medio y Ápice)

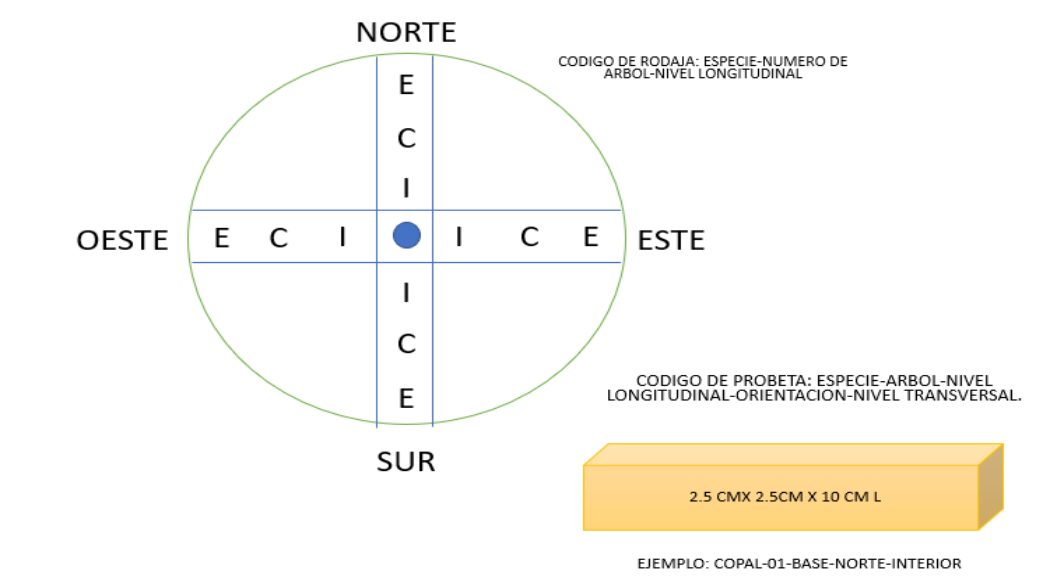


- **Preparación y codificación de Probetas:** Se prepararon probetas de medidas de 2.5 cm x 2.5cm x 10cm, de acuerdo con la norma ASTM D143-94 (2000), obteniendo un total de 180 probetas por

especie. Las probetas fueron codificadas por nivel, sentido longitudinal (Base, Medio y Ápice), sentido transversal (Interior, Centro y Exterior) y la orientación (Este, Oeste, Norte, Sur), así mismo por especie (Copal y Mashonaste) y numero de árbol.

Figura 3

Preparación de las Probetas para los ensayos de propiedades físicas



3.3.2. Evaluación de algunas de las propiedades físicas

La evaluación de algunas de las propiedades físicas se llevó a cabo en la Universidad Nacional de Ucayali, específicamente en el laboratorio de anatomía de la madera, las medidas de las probetas fueron de 2.5 cm x 2.5 cm x 10 cm. Se realizaron medición de los lados, pesado y secado de cada probeta utilizando equipos que pertenecía en el laboratorio. Para el cálculo de algunas de las propiedades físicas se utilizaron las normas técnicas peruanas.

- **Contenido de humedad:** Para determinar el cálculo de contenido de humedad de las probetas se utilizó la norma NTP 251.010; siendo la fórmula aplicada:

$$\mathrm{CH}(\%) = \frac{ph - Po}{Po} x100$$

Donde:

C.H. = Contenido de humedad de la madera (%).

Ph = Peso de la madera húmeda o inicial (gr).

Po = Peso de la madera anhidra (gr).

- **Densidad:** Las densidades de las dos especies maderables copal y Mashonaste, se determinó según la norma establecida NTP 251.011, siendo las fórmulas aplicadas.

Densidad básica $= \frac{PSH}{Vv}\ g/cm3$

Dónde:

PSH = peso seco al horno (g)

Vv = volumen verde (cm^3)

Densidad saturada $= \frac{PH}{VH}\ g/cm3$

PH : Peso húmedo (g).

VH : Volumen húmedo (cm^3).

Densidad anhidra $= \frac{PSH}{VSH}\ g/cm3$

PSH : Peso seco al horno (g).

VSH : Volumen seco al horno (cm^3)

- **Contracción:** Las contracciones de transversales y longitudinales de las especies de copal y Mashonaste fueron evaluadas con la norma establecida NTP 251.012, se utilizó las siguientes fórmulas:

Contracción Tangencial

$$CTt = \frac{dth - dtsh}{dth} x100$$

Dónde:

CTt: Contracción tangencial total (%).

Dth: Dimensión tangencial humedad (cm).

Dtsh: Dimensión tangencial seca al horno (cm).

Contracción Radial

$$CRt = \frac{drh - drsh}{drh} x100$$

Dónde:

CRt: Contracción radial total (%).

Drh: Dimensión radial humedad (cm).

Drsh: Dimensión radial soca al horno (cm).

Contracción longitudinal

$$CLt = \frac{dlh - dlsh}{dlh} x100$$

Dónde:

CLt: Contracción longitudinal total (%).

Dlh: Dimensión longitudinal humedad (cm).

Dlsh: Dimensión longitudinal soca al horno (cm).

Contracción volumétrica

$$CVt = \frac{vh - vsh}{vh} x100$$

Dónde:

CVt: Contracción volumétrica total (%)

Vh: Volumen húmedo (cm^3).

Vsh: Volumen seca al horno (cm^3).

Relación tangencial/radial

$$Relación = \frac{CTt}{CRt}$$

Dónde:

CTt: Contracción tangencial total (%).

CRt: Contracción radial total (%).

3.4. Técnica e instrumentos para la recolección de datos

3.4.1. Técnicas

Los datos se obtuvieron mediante la observación directa en campo y laboratorio, considerando diversos puntos de medición y análisis, que fueron emitidos por los equipos de soporte, fuentes de otros documentos, libros e informes que fueron indispensables para enriquecer como fuente a esta investigación.

3.4.2. Instrumentos

Se utilizaron formatos de recopilación de datos para la obtención de las propiedades físicas, así mismo para las mediciones de las probetas se utilizaron instrumentos del laboratorio, tales como calibradores y balanzas analíticas digitales.

3.5. Procesamiento para la recolección de datos

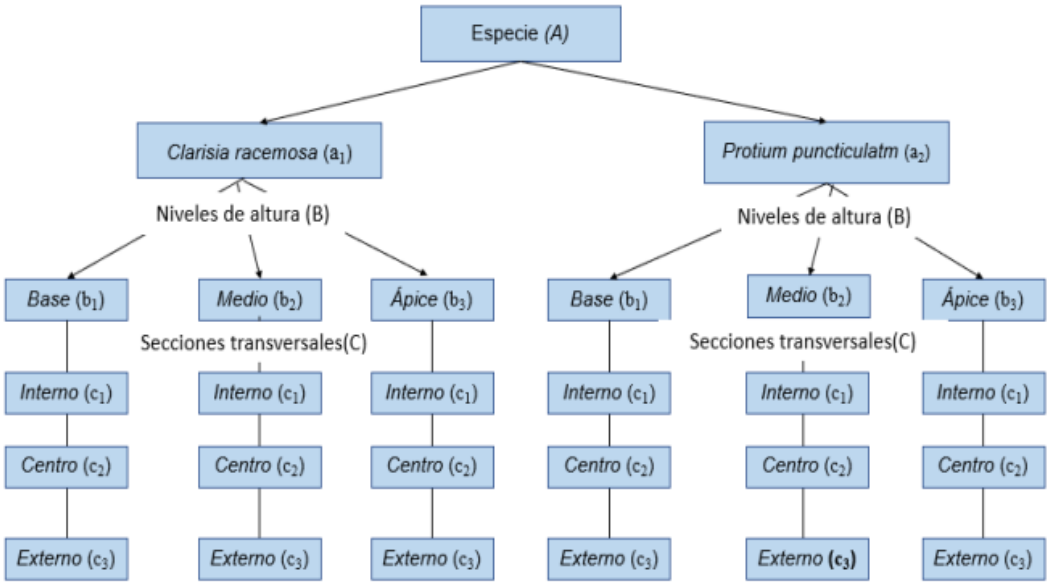
Después de recopilar los datos cuantitativos, para procesar estos datos así mismo, se tuvo que transformar en las unidades requeridas por las fórmulas y realizando ello poder tener los datos de la desviación estándar, y el coeficiente de variación. Toda la evaluación estuvo a base de promedios, donde también se obtuvieron figuras enfocadas el análisis de la influencia de algunas de las propiedades físicas de las dos especies (Copal y Mashonaste).

3.6. Tratamiento de datos

Para la verificación de existencia significativa entre las propiedades físicas del copal y Mashonaste entre los niveles longitudinales y transversales, se realizó pruebas de comparación de medias de Tukey al 95% de nivel de confianza en las variables de las propiedades físicas de la madera proveniente de los niveles del fuste (Base, Medio, Ápice) y secciones transversales (interior, centró y exterior), se realizaron el análisis de varianza trifactorial con (05) repeticiones.

Figura 4

Esquema de factores y niveles de estudio para los ensayos de algunas propiedades físicas



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la obtención de los resultados de las propiedades físicas de contenido de humedad, densidades y contracciones, de las dos especies forestales maderables *Protium puncticulatum* J.F. Macbr. (Copal) y *Clarisia racemosa* Ruiz & Pav. (Mashonaste) se realizó ensayo de tipo de experimental y analítico, de acuerdo a ello se analiza según su variación.

4.1. Determinación de algunas propiedades físicas de las especies *Protium puncticulatum* J.F. Macbr. (Copal) y *Clarisia racemosa* Ruiz & Pav. (Mashonaste)

Tabla 1

Resumen de algunas propiedades físicas de las especies Protium puncticulatum J.F. Macbr. (Copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste)

Propiedades Físicas	ESPECIES FORESTALES			
	Protium puncticulatum J.F. Macbr.		*Clarisia racemosa Ruiz & Pav.*	
	PROMEDIO	CV (%)	PROMEDIO	CV (%)
Contenido de humedad %	82.68	11.63	70.01	10.42
Densidad anhidra g/cm^3	0.53	5.64	0.59	5.00
Densidad básica g/cm^3	0.51	11.93	0.53	4.22
Densidad saturada g/cm^3	0.91	10.39	0.90	2.95
Contracción tangencial %	5.66	20.47	6.81	17.19
Contracción Radial %	3.70	19.14	3.30	16.66
Contracción Longitudinal%	0.42	24.06	0.44	29.37
Contracción volumétrica %	9.53	17.28	13.00	11.83
Relación T/R	1.64	14.26	2.28	20.92

La tabla 1 muestra los valores promedios de las propiedades físicas analizadas de las dos especies forestales maderables, teniendo al *Protium puncticulatum* con un contenido de humedad de 82,68% y *Clarisia racemosa* con un contenido de humedad de 70,1%. En el ensayo sobre las densidades se obtuvo que la densidad anhidra del *Protium puncticulatum* se nuestra con 0,53 g/cm^3, la especie *Clarisia racemosa* presenta un resultado de 0,59 g/cm^3. En la densidad básica Protium *puncticulatum* presento 0,51 g/cm^3, mientras que la especie de *Clarisia racemosa* presenta un resultado de 0,53 g/cm^3. En la densidad saturada la especie que presenta mayor resultado es *Protium puncticulatum* con un valor de 0,91 g/cm^3y *Clarisia racemosa* un valor de 0.90 g/cm^3. En el ensayo de la contracción tangencial se observa que el resultado mayor presenta la especie *Clarisia racemosa* con un valor de 6,81%, mientras que Protium *puncticulatum* con menos contracción tangencial 5,66%. En la contracción radial el valor mayor es de Protium *puncticulatum* con 3,70%, así mismo se asemeja al resultado de la especie *Clarisia racemosa* con un valor de contracción radial de 3,30%. En la contracción longitudinal la especie *Clarisia racemosa* presento una contracción en sus niveles un promedio de 0,44%, mientras que *Protium puncticulatum* un promedio en sus niveles de 0,42%. La contracción volumétrica con mayor valor presento la especie de *Clarisia racemosa* en promedio de sus niveles un 13,00%, pasando a la especie de *Protium puncticulatum* que resulto un valor de 9,58%. La relación T/R de la especie *Clarisia racemosa* de sus individuos y niveles en promedio se obtuvo un resultado con valor de 2,28, mientras que la especie *Protium puncticulatum* un valor menor de 1,64.

4.1.1. Contenido de humedad de la madera de las especies *Protium puncticulatum* J.F. Macbr. (copal) y *Clarisia racemosa* Ruiz & Pav. (Mashonaste) y su variabilidad en los niveles longitudinales y transversales del fuste

Tabla 2

Contenido de humedad en condición verde de las dos especies forestales maderables Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste), en todos los niveles longitudinales y transversales

ESPECIES	Niveles longitudinales	Niveles transversales	Contenido de humedad	
			verde %	promedio
Protium	Ápice	Centro	72.70	
puncticulatum		Externo	101.67	82.00
J.F. Macbr.		Interno	71.64	
	Base	Centro	72.46	
		Externo	103.53	82.22
		Interno	70.68	
	Medio	Centro	75.27	
		Externo	107.32	83.83
		Interno	68.89	
Clarisia	Ápice	Centro	59.08	
racemosa Ruiz		Externo	94.73	69.72
& Pav.		Interno	55.36	
	Base	Centro	56.77	
		Externo	83.50	65.88
		Interno	57.38	
	Medio	Centro	58.41	
		Externo	106.45	74.43
		Interno	58.43	

En la tabla 2, se muestra los resultados concernientes al contenido de humedad en la madera de las especies *Protium puncticulatum* J.F. Macbr. (copal) y *Clarisia racemosa Ruiz &* Pav. (Mashonaste), enfocándose en la variabilidad observada en los distintos niveles longitudinales y transversales del fuste. Correspondientemente se determinó que el contenido de humedad más alto de la especie *Protium puncticulatum* presenta en el nivel longitudinal medio con un valor de 83.83%, con el nivel transversal externo de mayor contenido de humedad con 107.32%, seguido del centro con 75.27% y el interno con 68.89%. La base presenta un valor de 82.22% de contenido de humedad, teniendo como nivel transversal de mayor valor al externo con 103.53%, seguido del centro con 72.46% y el interno con 70.68%. El ápice toma el valor menor de contenido de humedad con 82.00%, teniendo como nivel transversal con mayor contenido de humedad al nivel externo con 101.67%, seguido de centro con 72.70% y el interior con menor valor de 71.64%.La especie *Clarisia racemosa* presenta en el nivel longitudinal medio mayor contenido de humedad con un valor correspondiente de 74.43%, teniendo al externo como nivel transversal con mayor contenido de humedad de 106.45%, seguido del interno con 58.43% y centro con 58.41%. Ápice presenta un resultado de 69.72%, con mayor contenido de humedad al nivel transversal externo con 94.73%, el centro 59.08% y el interno con 55.36%. la base toma el contenido de humedad menor de la especie *Clarisia racemosa* con un valor de 65.88%, teniendo en su nivel transversal con valor mayor al externo con 83.50%, el interno con 57.38% y el centro con 59.08%. En la figura 5, se observa que los datos de *protium puncticulatum* presentan

coeficiente de (R^2) de 11.63% donde que determina que la variable dependiente es predicha por la variable independiente, no pueden ajustarse a la curva específica que siguen estos datos de los niveles longitudinales y transversales, así mismo se muestra en la figura 6 a los datos de *clarisia racemosa* con (R^2) de 10.42%, donde difiere esta especie con los niveles longitudinales y transversales, tanto el valor de la significancia de estas dos especies *protium puncticulatum y clarisia racemosa* se determina con el análisis de varianza tal como se muestra en la tabla 3 y demostrar si esta relación es estadísticamente significativa.

Figura 5

Contenido de humedad en condición verde en los niveles longitudinales y transversales de la especie forestal maderable Protium puncticulatum J.F. Macbr. (Copal)

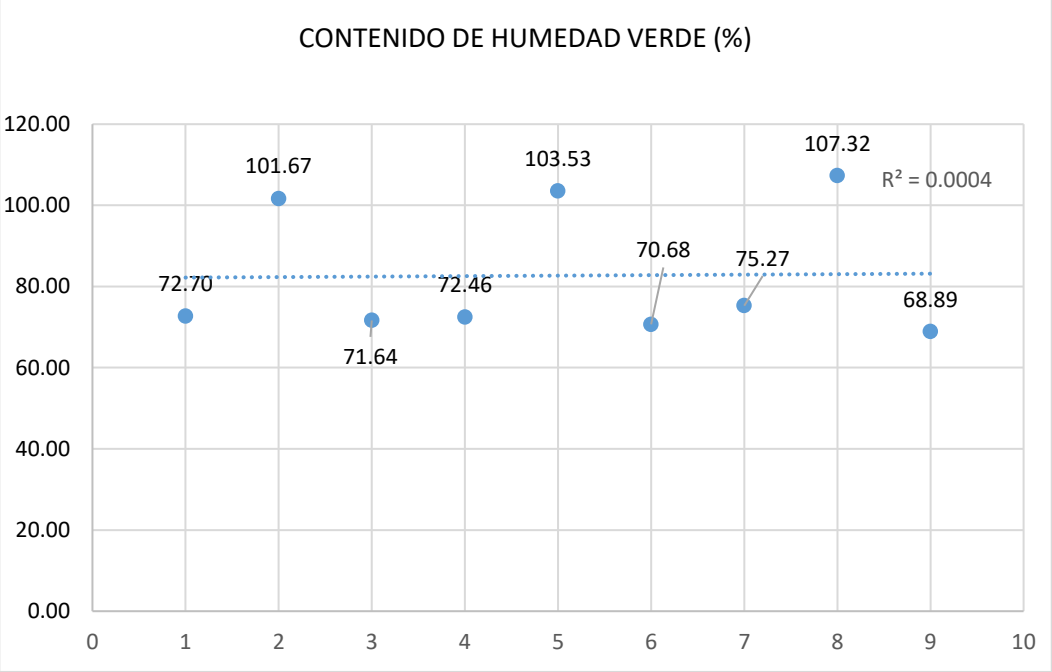


Figura 6

Contenido de humedad en condición verde en los niveles longitudinales y transversales de la especie forestal maderable Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste)

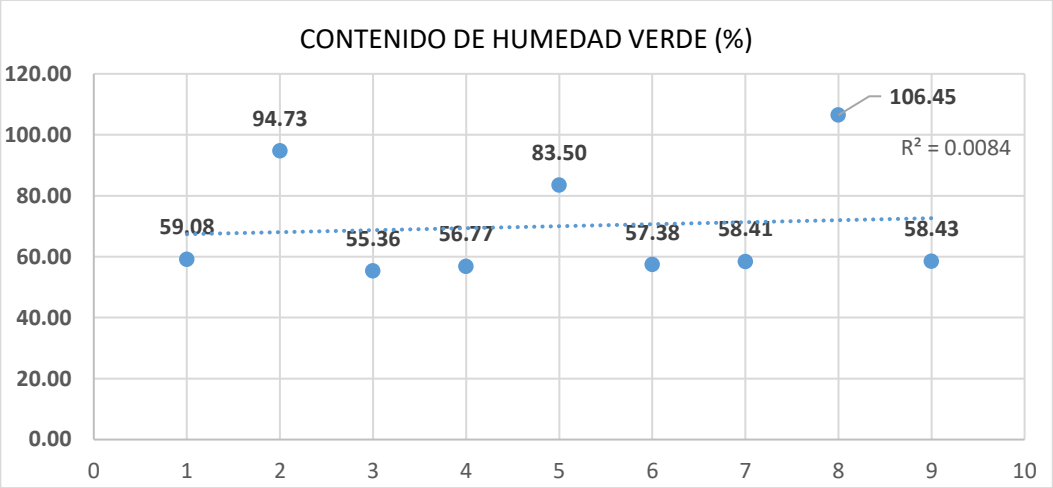


Tabla 3

Análisis de varianza de contenido de humedad de la madera de las dos especies forestales Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste)

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	p- valor
Especie	1	3612.91	3612.91	33.81	0.0001*
Niveles	2	397	198.5	1.86	0.164ns
Secciones	2	24251.66	12125.83	113.46	0.0001*
Especie/Niveles	2	182.5	91.25	0.85	0.4301ns
Especie/Secciones	2	144.92	72.46	0.68	0.511ns
Niveles/Secciones	4	550.56	137.64	1.29	0.283ns
Especie/Niveles/Secciones	4	352.74	88.18	0.83	0.513ns

ns: no significancia

*: significancia

Para la determinación del contenido de humedad entre las dos especies forestales maderables, los niveles longitudinales y los niveles transversales o secciones se realizó un análisis de varianza trifactorial

ANVA 3, se observa que existe diferencia significativa entre el contenido de humedad de las dos especies longitudinales de *Protium puncticulatum* J.F. Macbr. (copal) y *Clarisia racemosa* Ruiz & Pav. (Mashonaste) con un valor de (P) 0.001, existe diferencia significativa en las secciones transversales que se representa con valor de (P) 0.001, mas no existe diferencia en los niveles longitudinales que se muestra con un valor de (P) 0.134.

Tabla 4

Prueba de Tukey del contenido de humedad de la madera de las dos especies forestales maderables en los niveles longitudinales

Especies	**Niveles Longitudinales**			
	Base	Medio	ápice	Promedio
Clarisia racemosa	65.88 B	74.43 A	69.72 B	70.01 a
Protium puncticulatum	82.22 A	83.33 A	82.00 A	82.68 b
Promedio	74.05	79.13	75.86	

Letras mayúsculas iguales en las líneas y minúsculas en las columnas no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Tabla 5

Resumen de media Tukey del contenido de humedad de los niveles transversales de las dos especies forestales Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste)

Especies	**Niveles transversales**			
	Interno	**Centro**	**Externo**	**Promedio**
Clarisia racemosa	57.06 B	58.06 B	94.89 A	70.01
Protium puncticulatum	70.4 B	73.48 B	104.17 A	82.68
Promedio	63.73	65.785	99.53	

Letras mayúsculas iguales en las líneas y minúsculas en las columnas no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

En la tabla 5 se muestra el contenido de humedad con la prueba de Tukey, en las dos especies forestales maderables el nivel o sección externo difieren de los niveles transversales interno y centro, significativamente, los resultados de los comportamientos de contenido de humedad de las especies estudiadas, el contenido de humedad se observa que la parte media del fuste longitudinal enfoca el valor mayor en la dos especies, Protium puncticulatum con 83.33% y *Clarisia racemosa* con 74.43%, mientras que en los niveles transversales o secciones se observa que los valores mayores de contenido de humedad se encuentra en la sección externa, Protium puncticulatum presenta un valor de 104.17%, el contenido de humedad de las especies forestales según (Cruz et al., 2019), indica que la longitud de la fibra aumenta en la dirección radial núcleo-corteza y disminuye en la dirección longitudinal, desde la base hasta la copa. Mientras que Cartuche (2022) anunció que, al caracterizar la madera de 95 especies forestales del sur de Ecuador, determino que la especie maderable *Clarisia racemosa* (Mashonaste) encontró un contenido de humedad 94.16%.

4.1.2. Densidad de la madera de las especies *Protium puncticulatum* J.F. Macbr. (copal) y *Clarisia racemosa* Ruiz & Pav. (Mashonaste) y su variabilidad en los niveles longitudinales y transversales del fuste

Tabla 6

Densidades de la madera de las especies forestales Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste)

ESPECIES	Niveles longitudinales	Niveles transversales	Densidades g/cm^3 Anhidra	Básica	Saturada
Protium puncticulatum J.F. Macbr.	Ápice	Centro	0.56	0.51	0.87
		Externo	0.51	0.46	0.93
		Interno	0.55	0.49	0.82
		promedio	0.54	0.49	0.87
	Base	Centro	0.55	0.5	0.86
		Externo	0.53	0.48	0.96
		Interno	0.53	0.47	0.80
		promedio	0.54	0.48	0.87
	Medio	Centro	0.55	0.72	1.22
		Externo	0.51	0.47	0.96
		Interno	0.52	0.46	0.78
		promedio	0.53	0.55	0.99
Clarisia racemosa Ruiz & Pav.	Ápice	Centro	0.60	0.55	0.87
		Externo	0.54	0.48	0.93
		Interno	0.62	0.57	0.88
		promedio	0.59	0.53	0.89
	Base	Centro	0.61	0.57	0.90
		Externo	0.60	0.53	0.96
		Interno	0.59	0.54	0.84
		promedio	0.60	0.55	0.90
	Medio	Centro	0.61	0.55	0.87
		Externo	0.53	0.47	0.96
		Interno	0.60	0.54	0.86
		promedio	0.58	0.52	0.90

La tabla 6 muestra los resultados de las densidades de la madera de las especies *Protium puncticulatum* J.F. Macbr. (copal) y *Clarisia racemosa Ruiz* & Pav. (Mashonaste), enfocándose en la variabilidad

observada en los distintos niveles longitudinales y transversales del fuste tal como se muestran en la figura 7 y 8.

Figura 7

Densidad g/cm^3 en los diferentes niveles de la especie forestal Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal)

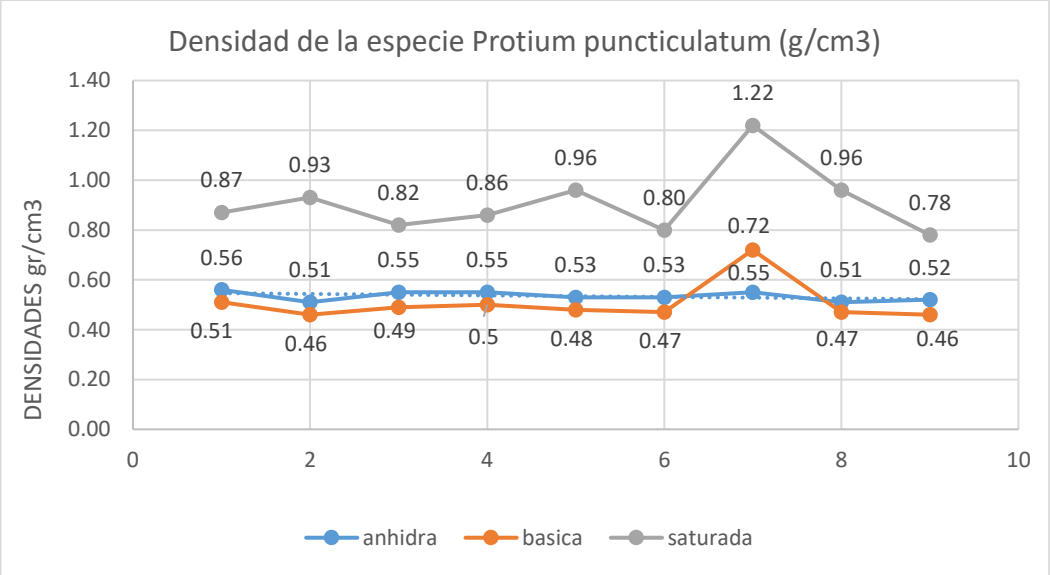
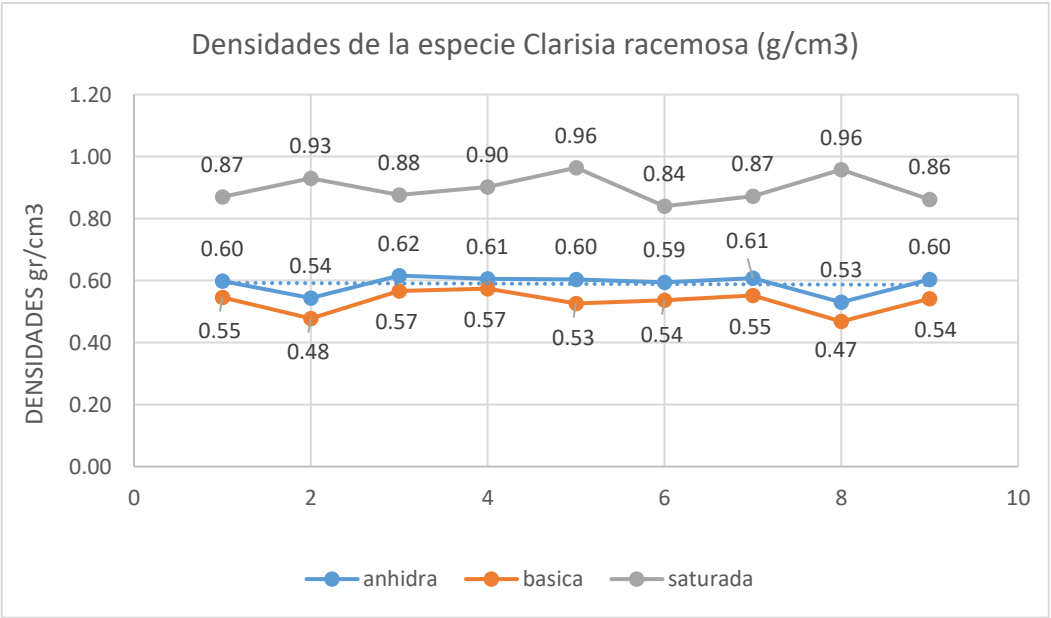


Figura 8

Densidad g/cm^3 en los diferentes niveles de la especie Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste)



Correspondientemente se determinó que la densidad anhidra más alto de la especie *Protium puncticulatum* presenta en el nivel medio base y ápice de 0.54 g/cm^3, dentro de la base, la sección con mayor densidad anhidra es la sección centro con 0.55 g/cm^3, mientras que el externo y el interno con nel mismo valor de 0.53 g/cm^3. En el ápice se muestra que en la sección centro posee 0.56 g/cm^3, así mismo el externo y el interno 0.51 g/cm^3 y 0.55 g/cm^3 consecutivamente. En nivel medio de la especie *Protium puncticulatum* presenta un menor valor de densidad anhidra de 0.53 g/cm^3, teniendo en la sección centro un valor mayor de 0.55 g/cm^3, seguido de interno y el externo con valores de 0.52 y 0.51 g/cm^3. La especie *Clarisia racemosa* tiene el mayor valor de densidad anhidra en el nivel base con 0.60 g/cm^3, teniendo en ella a la sección transversal centro con mayor densidad anhidra 0.60 g/cm^3, seguido de las secciones externo e interno con valores consecutivos de 0.60 g/cm^3 y 0.59 g/cm^3. El nivel ápice de la especie *Clarisia racemosa* presenta una densidad anhidra 0.59 g/cm3, dentro del nivel se encuentra sobresaliente la sección interna con 0.62 g/cm^3, el centro con 0.60 g/cm^3y el externo con 0.54 g/cm^3, en nivel medio correspondiente a Clarisia racemosa posee un valor de densidad anhidra de 0.58 g/cm^3, teniendo en las secciones de centro e interno datos consecutivos de g/cm^3 y 0.61 g/cm^3 diferentes al externo que tiene un valor mínimo de 0.53 g/cm^3. La densidad básica mayor presenta las especies, *Protium puncticulatum* en el nivel medio con 0.55 g/cm^3 y *Clarisia racemosa* en la base con 0.55 g/cm^3, siendo el nivel base de *Protium puncticulatum* con menor densidad básica con un valor a 0. g/cm^3. Dentro los niveles longitudinales de cada especie, se observa que el centro

posee la mayor densidad de la especie *Protium puncticulatum* en sus tres niveles longitudinales con valores ápice/centro 0.51 g/cm^3, base/centro 0.50 g/cm^3y medio/centro 0.72 g/cm^3. En cuanto a la especie de *Clarisia racemosa*, los niveles transversales los mayores datos se presenta en el centro e interno, teniendo ápice/interno 0.57 g/cm^3, base/centro 0.57 g/cm^3 y medio/centro 0.55 g/cm^3, siendo estos datos superiores a los demás niveles longitudinales y transversales en la densidad básica. La densidad saturada tuvo resultados mayores en la especie *Protium puncticulatum* en el nivel longitudinal medio con un promedio de 0.99 g/cm^3, mientras que la especie *Clarisia racemosa* su mayor densidad saturada observada es en el nivel longitudinal base con un promedio de 0.90 g/cm^3, de acuerdo a lo observado en los niveles transversales de cada especie se resuelve que los mayores valores de *Protium puncticulatum* se presentan en el ápice/externo con 0.93 g/cm^3, base/externo con 0.96 g/cm^3 y el medio/centro con mayor valor de 1.22 g/cm^3. En la especie *Clarisia racemosa* la densidad saturada en cuanto a sus niveles transversales se observa con mayores valores al ápice/externo con 0.93 g/cm^3, base/externo 0.96 g/cm^3y medio /externo 0.96 g/cm^3, teniendo a los demás niveles longitudinales y transversales con menores densidades saturadas que dieren en las dos especies forestales.

Tabla 7

Resumen de análisis de varianza 3-factores de las densidades de la madera de las especies forestales Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste) en los niveles longitudinales y transversales del fuste

Densidades g/cm³	Fuente de variación	F-cal	P-valor.	Signific.
Básica	Entre Especies	0.97	0.33	Ns
	Entre Niveles longitudinales	0.42	0.66	Ns
	Entre niveles transversales	3.85	0.03	*
Saturada	Entre Especies	0.15	0.7	Ns
	Entre Niveles longitudinales	0.84	0.43	Ns
	Entre niveles transversales	3.4	0.04	*
Anhidra	Entre Especies	60.67	0.0001	**
	Entre Niveles longitudinales	1.54	0.221	Ns
	entre niveles transversales	13.13	0.0001	**

En la tabla 7 de acuerdo al análisis de varianza realizado (p>0.05), se observa que no existe diferencia significativa en la densidad básica entre las especies que se muestra con una probabilidad de (P) 0.33 así como también no existe diferencia entre los niveles longitudinales con una probabilidad de (P) 0.66, sin embargo, en los niveles transversales se observa una diferencia significativa en las dos especies (P) 0.03, las densidades saturadas de las especies forestales *Protium puncticulatum* y *Clarisia racemosa* no existe diferencia significativa con probabilidad de (P) 0.70, en los niveles longitudinales de las dos especies forestales no existe diferencia significativa en cuanto a las densidades saturadas (P) 0.43, mientras que en los niveles transversales se muestra que si existe significancia de las dos especies forestales (P) 0.04. la densidad anhidra entre las especies presenta una alta significancia (P) 0.001, así como

también entre los niveles transversales (P) 0.001, entre los niveles longitudinales se no se encuentra diferencia significativa entre las dos especies forestales.

Tabla 8

Prueba de Tukey de los promedios de las densidades básica y saturada de la madera de las dos especies forestales Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste) en los niveles longitudinales y transversales del fuste

Especies	Densidad básica g/cm^3	Densidad saturada g/cm^3
Protium puncticulatum	0.51A	0.91^a
Clarisia racemosa	0.53A	0.90^a
promedio	0.52	0.91

Letras iguales en las columnas no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey a 5% de la probabilidad.

La tabla 8 muestra el resumen de la prueba de Tukey de los niveles longitudinales y transversales del fuste de cada especie forestal, en el cual se observa que en la densidad básica y la densidad saturada de las especies forestales *Protium puncticulatum y Clarisia racemosa.* Para determinar si existe diferencia significativa entre la densidad anhidra de cada especie se realizó un análisis de varianza entre todos los factores ($P<0.05$), el cual se observa en la tabla 6, según el análisis de ANVA3, la densidad anhidra existe una diferencia altamente significativa con una probabilidad (P) 0.0001 entre las especies y los niveles transversales, más no existe diferencia entre los niveles longitudinales (P) 0.221.

Tabla 9

Prueba de Tukey en los promedios de la densidad anhidra de los niveles longitudinales de las dos especies forestales Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste)

Especie	Nivel longitudinal			
	Base	Medio	Ápice	Promedio
Protium puncticulatum	0.54 A	0.53A	0.54A	0.53 a
Clarisia racemosa	0.60 A	0.58A	0.59A	0.59 b
Promedio	0.57	0.56	0.59	

Las letras mayus. Iguales en las líneas y minus. En las columnas no difieren estadísticamente según la prueba Tukey 5% de probabilidad

En la tabla 9, se muestra que la densidad anhidra (densidad seca al horno) en el factor especies Protium *puncticulatum* y *Clarisia racemosa* no difieren entre sí, en el factor nivel de las dos especies forestales, no difieren, demostrando los promedios de los niveles longitudinales base medio y ápice con 0.53 g/cm^3 y 0.59 g/cm^3.

Tabla 10

Prueba de Tukey en los promedios de la densidad anhidra de los niveles transversales de las dos especies forestales Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste)

Especie	Nivel transversal			
	Interno	Centro	Externo	Promedio
Protium Puncticulatum	0.53 AB	0.56 A	0.61 B	0.53
Clarisia racemosa	0.60 A	0.60 A	0.56 B	0.59
promedio	0.57	0.58	0.535	

En la tabla 10, se muestra los promedios de las densidades a hidra de cada nivel transversal de las dos especies forestales, en la especie *Protium puncticulatum* se muestra que en nivel externo difiere de los

niveles centro e interno, el nivel interno difiere de los niveles centro y externo. En la especie Clarisia racemosa se resuelve que los niveles internos y centros no difieren entre sí, pero sin embargo difieren del nivel externo. Los resultados de la densidad básica saturada y anhidra de las dos especies mostrados en la tabla 6 muestran que mayor densidad se encuentra en el nivel longitudinal medio y nivel transversal centro, a diferencia de Huaynalaya (2018) que afirma que los valores de las diferentes densidades disminuye con el aumento de la altura, mientras que Cruz et al., (2019) indica que la longitud de la fibra aumenta en la dirección radial núcleo-corteza y disminuye en la dirección longitudinal, desde la base hasta la copa. Lo que hace que las densidades varié con la dirección de la corteza, con una tendencia a aumentar a partir de la posición del 50% (duramen) y luego a disminuir en la albura. En cuando a la densidad básica y anhidra de la especie *Protium puncticulatum* que muestran en la tabla 8 y 9 con un resultado de 0.51 g/cm^3 y 0.53 g/cm^3 respectivamente, se diferencia de Villegas (2014) que asume que la densidad básica y anhidra de *Protium montanum* (copal) es de 0.45 g/cm^3 y 0.51 g/cm^3, no siendo una diferencia altamente significativa, donde se clasifican como media.

4.1.3. Contracción de la madera de las especies *Protium puncticulatum* J.F. Macbr. (copal) y *Clarisia racemosa* Ruiz & Pav. (Mashonaste) y su variabilidad en los niveles longitudinales y transversales del fuste

Tabla 11

Resumen de las contracciones de las dos especies forestales Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste) en los niveles longitudinales y transversales del fuste

ESPECIES	Niveles longitu-dinales	Niveles transver-sales	Contracción (%) Tangencia	Radial	Longitu-dinal	Volumétrica
Protium puncticulatum J.F. Macbr.	Ápice	Centro	5.84	3.79	0.35	9.79
		Externo	4.70	3.05	0.51	8.09
		Interno	6.01	4.12	0.38	10.22
		Promedio	**5.52**	**3.65**	**0.41**	**9.37**
	Base	Centro	6.19	3.72	0.39	10.03
		Externo	4.62	3.44	0.43	8.31
		Interno	6.82	4.14	0.40	11.03
		Promedio	**5.88**	**3.77**	**0.41**	**9.79**
	Medio	Centro	5.78	3.77	0.37	9.66
		Externo	4.88	3.17	0.44	8.30
		Interno	6.08	4.11	0.47	10.36
		Promedio	**5.58**	**3.68**	**0.43**	**9.44**
Clarisia racemosa Ruiz & Pav.	Ápice	Centro	6.19	2.98	0.45	11.83
		Externo	5.97	2.85	0.28	11.49
		Interno	7.02	2.65	0.36	12.63
		Promedio	**6.40**	**2.82**	**0.36**	**11.99**
	Base	Centro	6.82	3.57	0.53	13.62
		Externo	7.94	4.00	0.56	14.58
		Interno	6.23	3.50	0.45	12.78
		Promedio	**7.00**	**3.69**	**0.51**	**13.66**
	Medio	Centro	6.83	3.50	0.49	13.22
		Externo	7.42	3.46	0.39	13.46
		Interno	6.89	3.18	0.47	13.36
		Promedio	**7.05**	**3.38**	**0.45**	**13.34**

La tabla 11 muestra las contracciones promediadas de las dos especies forestales Protium puncticulatum y Clarisia racemosa, los cuales se determinó con resultados positivos, que a medida que la madera de estas dos especies pierde humedad la madera se contrae con gran

porcentaje en el plano de corte tangencial, teniendo en cuenta cada uno de los resultados, su variación por cada nivel del fuste tal como se muestra en la figura 9 y 10.

Figura 9

Contracción (%) en los diferentes niveles de la especie forestal Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal).

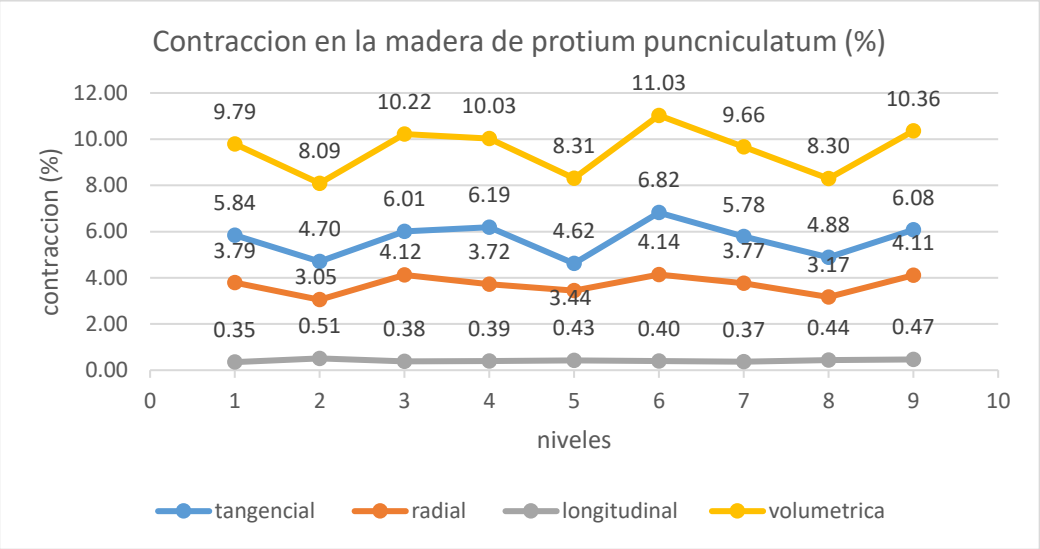
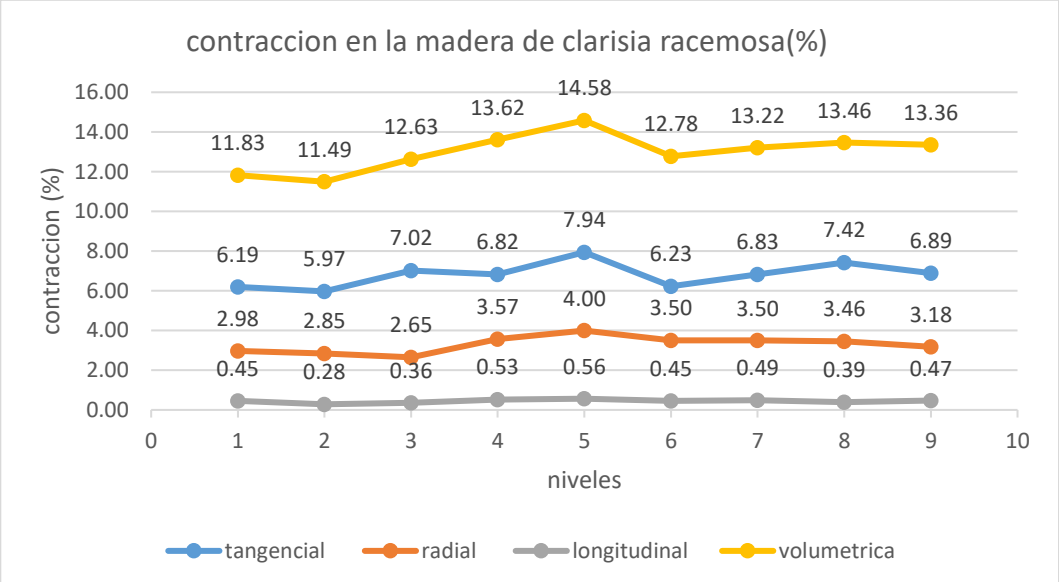


Figura 10

Contracción (%) en los diferentes niveles de la especie forestal Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste).



Respecto a la contracción tangencial, se observa que la mayor contracción tangencial presenta la especie *Clarisia racemosa* en el nivel longitudinal base con un promedio de 7.05%, siendo en ella el nivel transversal medio con mayor contracción con 7.02%, seguido del interno con 6.89 y el centro con 6.83%, el nivel longitudinal base presenta una contracción tangencial de 7.00%, teniendo al externo con 7.94%, el centro con 6.82% y el interno con 6.23%, mientras que el nivel longitudinal ápice muestra un valor mínimo en la especie de 6.40%, en ella el nivel transversal interno con 7.02%, el centro con 6.19 y el externo con valor de 5.97%. en las especies forestal Protium puncticulatum se observa que su mayor contracción tangencial se presenta en el nivel base con un promedio de 5.88%, dentro de ella en los niveles transversales se observa que el nivel interno tiene un valor mayor de 6.82% seguido del centro con 6.19% y el externo con 4.88%, el nivel longitudinal medio obtuvo una contracción tangencial de 5.58%, teniendo el ella al interno con 6.08, centro con 5.76% y externo con 4.88%. en el ápice un valor promedio de 5.52%, donde el interno tiene 6.01%, el centro con 5.84 y el interno 4.70%.

Protium puncticulatum en relación con la contracción radial posee en su nivel longitudinal base un mayor valor promedio de 3.77% donde tiene al centro con 3.72%, el interno con 4.14% y el externo con 3.44%, en su nivel longitudinal medio se observa que tiene un valor de contracción R. de 3.68%, donde el interno tiene 4.11%, el centro 3.77% y el externo 3.17%, en el ápice se observa un promedio de valor 3.65%, teniendo en ella al nivel interno con valor de 4.12, seguido del centro 3.79 y el externo 3.05%. *Clarisia racemosa* presenta en el nivel base una contracción de

3.69%, donde el externo tiene 4%, el centro 3.57% y el interno 3.50%, mientras que su nivel medio tiene 3.38%, donde los niveles transversales centro 3.50%, externo 3.46% e interno 3.18%.

Dentro de la contracción longitudinal se tiene que la especie *Clarisia racemosa* presenta un valor mayor en su nivel longitudinal base con promedio 0.51%, teniendo en ella al externo con 0.56%, el centro con 0.53% y el interno con 0.45%, mientras que los niveles medio y ápice presentan valores inferiores a la base con 0.45% y 0.36% consecutivamente. La especie *Protium puncticulatum* en sus niveles base y ápice presenta un valor promedio de similitud de 0.41% de contracción longitudinal a diferencia del nivel centro que presenta un valor mayor de 0.43%, se observa que los datos mayores se encuentran en el nivel transversal interno en todos los niveles longitudinales.

En la tabla 11 se observa determinadamente un mayor valor de contracción volumétrica en la especie forestal *Clarisia racemosa* con un valor considerado de 13.66%, mientras que sus demás niveles longitudinales en promedio de los niveles transversales, se observa que la parte media del fuste esta con un valor de 13.34%, y el ápice con 11.99%, a diferencia de la especie *Protium puncticulatum* que presentan valores mínimos al 10%, teniendo en su nivel base un promedio de contracción volumétrica de 9.79%, el nivel medio con 9.44% y al nivel ápice con 9.37% de contracción volumétrica.

Tabla 12

Resumen del análisis de varianza trifactorial de las contracciones de la madera de las especies forestales Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste)

Contracción %	Fuente de variación	F cal.	Probabilid.	sig.
Tangencial	Entre Especies forestales	19.87	0.000	**
	Entre Niveles longitudinales	1.24	0.29	ns
	Entre Niveles transversales	1.72	0.19	ns
Radial	Entre Especies forestales	8.93	0.000	**
	Entre Niveles longitudinales	4.39	0.020	*
	Entre Niveles transversales	1.7	0.190	ns
Longitudinal	Entre Especies forestales	1.19	0.28	ns
	Entre Niveles longitudinales	2.8	0.07	ns
	Entre Niveles transversales	0.15	0.86	ns
Volumétrica	Entre Especies forestales	100.97	0.000	**
	Entre Niveles longitudinales	3.24	0.045	*
	Entre Niveles transversales	3.02	0.055	ns

Ns: no existe diferencia significativa. *: presenta diferencia significativa. **: presenta diferencia altamente significativa.

Para la determinación de la existencia significativa entre las contracciones de las dos especies forestales de realizo el análisis de varianza (P<0.05) de tres factores especies, niveles longitudinales y niveles transversales, el cual se observa en la tabla 12. Según el análisis existe diferencia altamente significativa entre las dos especies forestales *Protium puncticulatum* y *Clarisia racemosa* en las contracciones tangencial, radial en la volumétrica general, mas no existe diferencia significativa de las especies en la contracción longitudinal (P) 0.28, no existe diferencia significativa entre los niveles longitudinales y

transversales de fuste en la contracción tangencial, pero si existe diferencia significativa en la contracción radial en los niveles longitudinales (P) 0.02, mas no existe diferencia entre los niveles transversales, en la contracción longitudinal se observa que no existe diferencia significativa entre los niveles longitudinales y transversales (P) 0.07 y (P) 0.86, en relación con la contracción volumétrica, existe diferencia entre los niveles longitudinales, mas no en los niveles transversales (P) 0.055.

Tabla 13

Prueba de Tukey de los promedios de las contracciones de las especies forestales Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste) en los niveles longitudinales y transversales del fuste

Especies	Contracción tangencial	Contracción radial	Contracción longitudinal	Contracción volumetría
Protium puncticulatum	5.66 A	3.7 A	0.42 A	9.53 A
Clarisia racemosa	6.81 B	3.3 B	0.44 A	13 B

Letras iguales en las columnas no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey a 5%de probabilidad.

La tabla 13 muestra el resumen de los promedios de las especies forestales en los niveles longitudinales y transversales, donde se puede observar que la contracción tangencial en las especies difiere entre sí, al igual que la contracción radial siendo menor que la contracción tangencial, también difieren sus valores, mientras que la contracción longitudinal no difiere en las dos especies teniendo valores similares de 0.42 % y 0.44% respectivamente., se puede utilizar en construcciones por ser tanto susceptible a los defectos. La contracción volumétrica se ve con un valor

amplio en la especie *Clarisia racemosa* de 13%, a diferencia de *Protium puncticulatum* 9.53%. resultados que se diferencian de Villegas (2014) que demuestra que la contracción volumétrica del género *Protium* es de 10.7, en los resultados se demuestra que la contracción tangencial es mayor a la radial, pero sin embargo, Cruz et al. (2019) asume que el volumen total y la contractilidad lineal disminuyen en la dirección de la corteza tal como se muestra en la tabla 11. Quispe (2018) afirma que el género *Clarisia* por su singularidad de sus propiedades físicas.

4.1.4. Relación T/R de las especies forestales Protium puncticulatum J.F. Macbr. (copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav. (Mashonaste) en los niveles longitudinales y transversales del fuste.

Tabla 14

Promedios de la relación volumétrica T/R de las especies forestales en sus niveles longitudinales y transversales

ESPECIES	Niveles longitudinales	Niveles transversales	T/R
Protium puncticulatum J.F. Macbr.	Ápice	Centro	1.57
		Externo	1.69
		Interno	1.48
		Promedio	1.58
	Base		1.7
		Externo	1.81
		Interno	1.68
			1.73
	Medio	Centro	1.6
		Externo	1.7
		Interno	1.35
			1.62
Clarisia racemosa Ruiz & Pav.	Ápice		2.22
		Externo	2.19
		Interno	3.66
			2.69
	Base		1.92
		Externo	2.04
		Interno	1.81
			1.92
	Medio		1.98
		Externo	2.16
		Interno	2.51
			2.22

La tabla 14 muestra los promedios de las relaciones T/R de las maderas de las especies *Protium puncticulatum* y *Clarisia racemosa* en sus niveles longitudinales y transversales, demostrando que los valores mayores muestra la especie Clarisia racemosa.

Realizando el análisis de varianza donde se muestra que existe una diferencia altamente significativa entre las dos especies, en los niveles longitudinales y los niveles transversales no existe diferencia significativa, tal como se muestra en la tabla 15.

Tabla 15

Resumen del análisis de varianza con la relación T/R de las especies forestales en sus niveles longitudinales y transversales del fuste

Fuente de variación	F. cal	Probabilidad
Entre especies forestales	17.86	0.000 **
Entre Niveles longitudinales	1.5	0.231 ns
Entre niveles transversales	1.09	0.342 ns

En la tabla 15 se puede observar la significancia de las especies y sus niveles del fuste, obtenido que la especies Protium puncticulatum tiene una relación T/R de 1.58 a 1.73 , mientras que la especie Clarisia racemosa está en promedio de 1.92 a 2.69, es por ello que entre las especies forestales existe diferencias altamente significativa, mas no existe diferencia entre sus niveles de cada especie, en la tabla 14 muestra que el mayor valor de relación T/R se encuentra en la especie *Clarisia racemosa* en el nivel longitudinal ápice con 2.69, mientras que en la especie *Protium puncticulatum* se encuentra en el nivel base con 1.73. a comparación de Villegas (2014) obtuvo en *Protium montanum* una relación T/R de 1.62,

donde se clasifico como estable, mientras que Jauregui y Ramos (2019) resuelve que un valor de 1.93 en el rango de relación T/R tiene baja estabilidad.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

De acuerdo a los objetivos planteados en la presente investigación se concluye que:

- La especie *Protium puncticulatum* y *Clarisia racemosa* presentan diferencias significativas en relación al contenido de humedad, densidad y contracción, asimismo, influyen tanto en los niveles longitudinales y transversales del fuste, ya que estas dos especies están sujetos a cambios según la zona donde se encuentren.

- La especie Protium puncticulatum presenta un mayor contenido de humedad saturado de 82.68%, mientras que la especie Clarisia racemosa un 70.01%, se demuestra que en los niveles longitudinales de las dos especies tienen mayor contenido de humedad en el nivel medio, y en los niveles transversales en nivel externo, por lo que la relación entre estas dos especies forestales influye en el contenido de humedad según la posición en la que se encuentra.

- La densidad básica en las dos especies no presenta diferencia significativa teniendo a Protium puncticulatum con 0.51 g/cm^3 y Clarisia racemosa con 0.53 g/cm^3, así mismo, no presentan diferencia en las densidades saturadas teniendo Protium puncticulatum 0.91 g/cm^3 y Clarisia racemosa 0.90 g/cm^3. Según la prueba de Tukey se presenta con mayores densidades el nivel

longitudinal medio y nivel transversal centro de la especie Protium puncticulatum. La densidad anhidra con mayor valor promedio presenta la especie Clarisia racemosa con 0.59 g/cm^3, y con menor valor promedio la especie Protium puncticulatum 0.53 g/cm^3, considerando que en los niveles longitudinal base y nivel transversal centro se encuentran los mayores valores según la prueba de Tukey.

- En relación a las contracciones a medida que la madera de estas dos especies pierde humedad se contrae con gran porcentaje en el plano de corte tangencial. Se presenta que la contracción tangencial en clarisa racemosa es de 6.81% y en Protium puncticulatum con 5.66%, a diferencia de la contracción radial de 3.3% y 3.7% respectivamente. No existe diferencias significativas en la contracción longitudinal entre las especies, teniendo a Protium puncticulatum 0.42% y a Clarisia racemosa 0.44%. Existe diferencia entre los niveles transversales teniendo valores mayores en el nivel externo e interno en Protium puncticulatum. La contracción volumétrica de las dos especies difiere significativamente, teniendo a Clarisia racemosa con mayor contracción de 13% y Protium puncticulatum con 9.53%. mientras que en la relación T/R de Protium puncticulatum se encuentra con 1.64, mientras que Clarisia racemosa con 2.28.

5.2. Recomendaciones

De acuerdo a los resultados obtenidos se recomienda:

- Realizar los análisis de las propiedades físicas en el menor tiempo, debido a que las especies maderables tienen comportamientos diferentes.

- Desarrollar nuevas investigaciones que se relacionen con las propiedades mecánicas de la madera de las especies forestales *Protium puncticulatum* y *clarisa racemosa, ya que* son especies que se encuentran dentro del ámbito comercial.

- Desarrollar estudios anatómicos, de comportamiento al secado y preservado de las especies *Protium puncticulatum* y *Clarisia racemosa*.

- Las industrias deben tener un buen manejo y trabajabilidad de la madera de las especies *Protium puncticulatum* y *Clarisia racemosa,* considerando el contenido de humedad, densidad y la contracción en proporción de cada nivel longitudinal y transversal.

- Verificar el buen funcionamiento de los equipos e instrumentos a utilizar para una buena obtención de resultados favorables y verídicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acuña, L. & Casado, M. (2005). Material de apoyo del curso Tecnología de la madera (en línea). Universidad de Valladolid. España.

American Society for Testing and materials-ASTM D143 - 94. (2000). "Standard Practice for Sampling Forest Trees for Determination of Clear wood properties".

Armijos Moya, S. V., & Medina Gavilanes, J. D. (2010). *Propiedades Físico-mecánicas de las maderas tipo A: Guayacán Pechiche, Colorado, Sande y Mascarey: aplicación al diseño del paradero en el IASA II*.

Báder, M. & Németh, R. (2018). The effect of the relaxation time on the mechanical properties of longitudinally compressed wood. *Wood Research*, *63*, 383-398.

Benin, C., Watzlawick, L. & Hillig, E. (2017). Physical and mechanical properties of Eucaliptus benthamii wood under the effect of the planting spacing. *Ciencia Florestal*, *27*, 1375-1384.

Burga Wesember, V. A. (2017). Influencia de los niveles longitudinales del fuste en los coeficientes de contracción y en el punto de saturación de las fibras de la madera de dos especies forestales del bosque de Macuya-UNU, región Ucayali.

Cartuche Peralta, K. (2022) Caracterización de la madera de 95 especies forestales el sur de Ecuador con base a sus propiedades físicas, organolépticas y anatómicas. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal.

Cruz, G. K. de A., Pio, N. da S., & Iwakiri, S. (2019). Longitudinal and Transverse Variation in the Physical Properties of Wood Red Tauari. *Floresta e*

Ambiente, *26*. https://doi.org/10.1590/2179-8087.033617

Díaz, A., Huanay, C., Medina, H., Aylas M., & Paucar, C. (2019). Anatomía y propiedades físicas de la madera de dos especies del departamento de Puno. *Arnaldoa*, *26*(2), 595-606. Obtenido de: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992019000200005

Gamez Penadillo, J. (2009). Evaluación de las características físicas del *Calycophyl/um spruceanum* (Benthan) ~ Hooker F. ex Chuman "Capirona" a tres niveles del fuste, en la zona de Tingo María - Perú. Obtenido de: https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e2cbe552-36cf-4e27-ad41-3e00868f1530/content

García, E., Guindeo, C., Peraza, O. & De Palacios, D. P. (2003). La madera y su anatomía: anomalías y defectos, estructura microscópica de coníferas y frondosas, identificación de maderas, descripción de especies y pared celular. Editorial: Mundiprensa. Madrid, España: Fundación Conde del Valle de Salazar.

Gómez Schrader, E. P. (2019). *Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de tableros contrachapados de Ceiba Pentandra l. Gaertn (Lupuna blanca), de tres empresas triplayeras de Pucallpa*.

Gonzales Redondo, F. A. (2000). *Historia de analisis dimensional.* E.T.S. arquictetura (UPM).

Huaynalaya Marcos, F. E. (2018). Evaluación de las propiedades físicas de la madera de tres especies forestales y su variación por niveles longitudinales del fuste, provenientes de la cuenca del río Utuquinia - Provincia Coronel Portillo - Región Ucayali. *Universidad Nacional de Ucayali*.

Jauregui Socualaya, Y. F., & Ramos Lozano, J. C. (2019). Anatomía y propiedades físico – mecánicas de tres especies forestales, Concesión Forestal Mendoza – Pucallpa. *Universidad Nacional del Centro del Perú*.

Ken, F. (20 de 07 de 2022). Protium puncticulatum JF Macbr. *plantas tropicales utiles*.

Kovács, J., Krilek, J., Kučera, M., & Barcík, Š. (2014). The Impact of Design Parameters of a Horizontal Wood Splitter on Splitting Force. *Drvna Industrija*, *65*, 263-271.

Magnanini, A. & Magnanini, C. (2022). *Arvores gigantescas da terra e as maicres assinaladas no Brasil/ Alceo Magnanini e Cristina Magnanini.* São Pablo: CNRBMA (serie ciencia e pesquisa, nº. 2º).

Miyoshi, Y., Kojiro, K., & Furuta, Y. (2018). Effects of density and anatomical feature on mechanical properties of various wood species in lateral tension. *Journal of Wood Science*, *64*(5), Art. 5.

Omonte Paredes, M. E. (2020). *Variación de algunas propiedades físicas y mecánicas de la madera de Eucaliptus nitens con dimensiones aserrables.*

O'neill, H., Tarigo, F., Cardoso, A., Cagno, M., & O'neill, H. (2013). *Comportamiento mecánico de la madera de Pinus taeda y Pinus elliottii proveniente de plantaciones de rápido crecimiento para uso estructural en la construcción en el Uruguay*. Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU).

Paredes Flores, J. D. (2017). Influencia de los niveles longitudinales del fuste del árbol en las propiedades físicas de la madera de Oxandra xylopioides Diels (espintana negra), procedente del bosque de Macuya-Región Huánuco. *Universidad Nacional de Ucayali*.

Quispe Arias, J. H. (2018). *Comparación de las Propiedades Físicas del Clarisia Biflora Ruiz & Pav de dos Tipos de Bosque, Procedentes de Camanti—Cusco y Tambopata – Madre De Dios*.

Quispe Escobar, A. G. Y. (2016). Evaluación de las propiedades físicas de Zanthoxylum riedelianum Engl (Hualaja) a tres niveles, tres secciones transversales y dos orientaciones del fuste, provenientes de la zona de Tournavista – Huánuco. *Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía*.

Revista Española de Electrónica. (26 de agosto de 2021). Qué es un Vernier, partes y tipos. Obtenido de: https://www.redeweb.com/actualidad/vernier/

Romero Espinoza, E. A. (2008). Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de la madera de Fernán Sánchez (Triplaris cumingiana Fish. Mey.) De Quevedo y Balzar. *Revista Ciencia y Tecnología*.

Silva Sayago, J. C. (2008). Determinación de las características anatómicas y propiedades físicas de la madera de la especia forestal Madero Negro.

Serrano Delgado, S. P. (2019). *Influencia del contenido de humedad sobre las propiedades físicas, densidad y contracción de tres especies forestales*.

Sharapov, E., Brischke, C., & Militz, H. (2021). Effect of Grain Direction on Drilling Resistance Measurements in Wood. *International Journal of Architectural Heritage*, *15*(2), 250-258.

Syafiqah, A. (s. f.). *The mechanical properties of wood Including a Discussion of the Factors Affecting the Mechanical Properties, and Methods of Timber Testing*.

Tacuche Cervantes, Y. M. (2020). Variabilidad longitudinal y transversal de las propiedades físicas de Bixa Platycarpa Ruiz &Pav. Ex G Don. (Achotillo), en codo de Pozuzo, Huánuco. *Universidad Nacional Agraria de la Selva*.

Villegas de la Cruz, W. L. (2014). Uso actual y potencial de especies forestales maderables en área tradicionales de chaqueo, en el Parque Nacional de Manejo Integrado Cotapata Departamento de la Paz. Tesis de posgrado, Universidad Mayor de San Andres.

Wang, Z., Yin, T., Wang, Z., & Yin, T. (2021). Cross-Laminated Timber: A Review on Its Characteristics and an Introduction to Chinese Practices. En *Engineered Wood Products for Construction*. IntechOpen.

Zerbst, D., Affronti, E., Gereke, T., Buchelt, B., Clauß, S., Merklein, M., & Cherif, C. (2020). Experimental analysis of the forming behavior of ash wood veneer with nonwoven backings. *European Journal of Wood and Wood Products*, *78*(2), 321-331.

ANEXOS

ANEXO 1

PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Figura 11

Identificación de especies forestales



Figura 12

Marcado de la orientación antes del talado de los árboles



Figura 13

Seccionado de los niveles longitudinales



Figura 14

Codificación de los niveles longitudinales y transversales de Protium puncticulatum



Figura 15

Codificación de los niveles longitudinales y transversales de Clarisia racemosa



Figura 16

Preparación de la prensa botánica



Figura 17

Recolección de muestras botánicas y preparación



Figura 18

Preparación para el transporte de Bolognesi-Pucallpa de las rodajas codificadas de las dos especies



Figura 19

Preparación de las muestras secas, para la identificación del nombre científico de la especie



Figura 20

Codificación de los niveles longitudinales y transversales por especie en la carpintería de la Universidad Nacional de Ucayali



Figura 21

Preparación de las probetas dimensionadas para los ensayos de algunas de las propiedades físicas



Figura 22

Codificación de las probetas de la especie Clarisia racemosa



Figura 23

Codificación de las probetas de la especie Protium puncticulatum



Figura 24

Inicio para los ensayos de las propiedades físicas, en el laboratorio de anatomía de la madera de la universidad nacional de Ucayali



Figura 25

Pesado de las probetas



Figura 26

Medición de las dimensiones: tangencial radial y longitudinal



Figura 27

Secado al horno de las probetas



Figura 28

Finalización de los ensayos de algunas de las propiedades físicas



ANEXO 2

CONSTANCIA DE IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES FORESTALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
HERBARIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

CONSTANCIA N° 002-FCFyA-UNU

EL JEFE DEL HERBARIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI (FCFyA-UNU) DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra botánica (ramita terminal con hojas y frutos) conocida con el nombre común de COPAL, recibida del tesista DALI ZAVALETA MUÑOZ el 14 de diciembre del 2022 procedente del distrito de Tahuanía, provincia de Atalaya, departamento de Ucayali, ha sido estudiada y tiene la siguiente posición taxonómica, según el sistema de Clasificación de Cronquist (1988):

DIVISIÓN : MAGNOLIOPHYTA

CLASE : MAGNOLIOPSIDA

ORDEN : SAPINDALES

FAMILIA : BURSERACEAE

GENERO : PROTIUM Burm. F.

ESPECIE : ***Protium puncticulatum*** J.F. Macbr.

Determinada por : Dr. Víctor Augusto Araujo Abanto

Se extiende la presente constancia a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Pucallpa, 20 de diciembre del 2022

Dr. Víctor Augusto Araujo Abanto
JEFE DEL HERBARIO DE LA FCFyA-UNU

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
HERBARIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

CONSTANCIA N° 003-FCFyA-UNU

EL JEFE DEL HERBARIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI (FCFyA-UNU) DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra botánica (ramita terminal con hojas y frutos) conocida con el nombre común de MASHONASTE, recibida del tesista DALI ZAVALETA MUÑOZ el 14 de diciembre del 2022 procedente del distrito de Tahuania, provincia de Atalaya, departamento de Ucayali, ha sido estudiada y tiene la siguiente posición taxonómica, según el sistema de Clasificación de Cronquist (1988):

DIVISIÓN : MAGNOLIOPHYTA

CLASE : MAGNOLIOPSIDA

ORDEN : ROSALES

FAMILIA : MORACEAE

GENERO : CLARISIA Ruiz & Pav.

ESPECIE : ***Clarisia racemosa*** Ruiz & Pav.

Determinada por : Dr. Víctor Augusto Araujo Abanto

Se extiende la presente constancia a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Pucallpa, 20 de diciembre del 2022

Dr. Víctor Augusto Araujo Abanto
JEFE DEL HERBARIO DE LA FCFyA-UNU