UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE *Vochysia grandis* Mart Y *Laetia procera* (Poepp.) Eichler EN EL DISTRITO LA MORADA – HUÁNUCO

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR:

WILL ARNOLD PULUCHE SHAPIAMA

Tingo María – Perú

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María- Perú
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N°031-2024-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 16 de febrero de 2024, a horas 09:35 a.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

"CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE *Vochysia grandis* Mart Y *Laetia procera* (Poepp.) Eichler EN EL DISTRITO LA MORADA - HUÁNUCO"

Presentado por el Bachiller: **PULUCHE SHAPIAMA, Will Arnold,** después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **"BUENA".**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 13 de marzo de 2024

Ing. M. Sc. RICARDO OCHOA CUYA
PRESIDENTE

Dra. TANIA E. GUERRERO VEJARANO
MIEMBRO

Ing. M. Sc. DAVID P. QUISPE JANAMPA
MIEMBRO

Ing. M. Sc. ROBERT G. PECHO DE LA CRUZ
ASESOR

Ing. JORGE LUIS VERGARA PALOMINO
ASESOR

Escaneado con CamScanner

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN - DGI
REPOSITORIO INSTITUCIONAL - UNAS
Correo: repositorio@unas.edu.pe

"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 102 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniería Forestal

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE Vochysia grandis Mart Y Laetia procera (Poepp.) Eichler EN EL DISTRITO LA MORADA – HUÁNUCO	WILL ARNOLD PULUCHE SHAPIAMA	21 % Veintiuno

Tingo María, 20 de marzo de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
Dr. Tomas Menacho Mallqui
JEFE

C.C. Archivo

Escaneado con CamScanner

UNIVESIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE *Vochysia grandis* Mart Y *Laetia procera* (Poepp.) Eichler EN EL DISTRITO LA MORADA – HUÁNUCO.

Ejecutor : PULUCHE SHAPIAMA, Will Arnold

Asesores : Ing. M.Sc. PECHO DE LA CRUZ, Robert Gilbert

Ing. VERGARA PALOMINO, Jorge Luis

Programa de investigación : Ciencias básicas forestal (Química, Física, Anatomía Biotecnología Forestal)

Línea de investigación : Física forestal

Eje temático : Propiedades físicas de la madera y otros materiales lignocelulósicos

Lugar de ejecución : BRUNAS

Duración : 6 meses

Financiamiento : s/. 3,547.50

FEDU: No

Propio: SI

Otros: No

2024

DEDICATORIA

A ti mi Dios que me diste la fuerza y las razones para seguir adelante, y salud para lograr mis objetivos y sabiduría para alcanzar esta meta.

A mi mamá Juana Florita Shapiama Perez, mi luz de vida, la mujer más guerrera que he conocido, mi modelo a seguir y mi motivo para ser mejor persona cada día. Este paso en mi carrera profesional te lo dedico con todo mi corazón, es lo mínimo que puedo ofrecerte después de tanta entrega y sacrificio que haces cada día, siendo madre y padre para sacar adelante a tus hijos. Te amo mamá.

A mis hermanos Lionard, Billy y Diana que son parte de mí; mis ángeles en la tierra a quienes amo inmensamente, espero hacerlos sentir orgullosos hoy y siempre. No me falten nunca.

A mi novia Ingrid por estar siempre a mi lado apoyándome en cada decisión, ayudarme siempre en las buenas y en las malas y tenerme mucha paciencia en todo momento.

A mi sobrino Lionard Emiliano, al cual amo como si fuera mi propio hijo, espero ser algún día un ejemplo y un buen guía para él.

AGRADECIMIENTOS

- A mi querida alma mater Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables y Escuela Profesional de Ingeniería Forestal por haberme acompañado durante todo este tiempo en constante formación académica y personal
- A todos los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, por sus sabias enseñanzas para desarrollarme profesionalmente.
- A los distinguidos miembros del jurado de tesis, quienes me brindaron su valioso tiempo y acertados aportes para que este proyecto se ejecute de la mejora manera.
- A mis amigos por volverse la familia que me dio soporte y amistad a lo largo de mi etapa universitaria y quienes siempre me impulsaron a culminar esta investigación.
- Y por último a todos los demás amigos que de una u otra forma colaboraron en el presente estudio.

ÍNDICE

Pagina.

I. INTRODUCCIÓN 1
II. REVISIÓN DE LITERATURA 3
2.1. Marco teórico 3
2.1.1. La madera 3
2.1.2. Características de la madera 4
2.1.3. *Vochysia grandis* Mart "Quillosisa amarilla" 4
2.1.4. *Laetia procera* (Poepp.) Eichler *"Timareo"* 5
2.1.5. Propiedades físicas de la madera 5
2.2. Estado del arte 11
III. MATERIALES Y MÉTODOS 15
3.1. Lugar de ejecución 15
3.1.1. Ubicación política 15
3.1.2. Ubicación geográfica 15
3.1.3. Accesibilidad 16
3.1.4. Fisiografía y topografía 16
3.2. Metodología 16
3.3. Diseño de investigación 21
3.3.1. Modelo Aditivo lineal 23
3.3.2. Características del experimento 23
3.4. Variables en estudio 23
3.4.1. Variables independientes 23
3.4.2. Variables dependientes 24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÒN 25
4.1. Contenido de humedad (%) en *L. procera* y *V. grandis* 25
4.2. Densidades (g/cm^3) en *L. procera* y *V. grandis* 28
4.2.1. Densidad saturada 28
4.2.2. Densidad anhidra 31
4.2.3. Densidad básica 34
4.3. Contracciones 38
4.3.1. Contracción tangencial (%) 38

4.3.2. Contracción radial (%) 43
4.3.3. Contracción longitudinal (%) 46
4.3.4. Contracción volumétrica (%) 49
4.3.5. Relación T/R 52
V. CONCLUSIÒN 56
VI. PROPUESTAS A FUTURO 57
VII. REFERENCIAS 58
ANEXO 64

ÌNDICE DE TABLAS

Tabla **Pagina.**

1. Clases de la densidad básica 9
2. Clases de la contracción volumétrica 10
3. Clases de la contracción tangencial y radial. 10
4. Coordenadas UTM de los ambientes en estudio 15
5. Representación de los factores y niveles en estudio 22
6. Análisis de varianza del contenido de humedad saturada (%) 25
7. Análisis de varianza de la densidad saturada (g/cm^3) 28
8. Análisis de varianza de la densidad anhidra (g/cm^3) 31
9. Análisis de varianza de la densidad básica (g/cm^3) 34
10. Análisis de varianza de los efectos simples de la densidad básica de la interacción de especies * secciones 35
11. Análisis de varianza de la contracción tangencial (%) 39
12. Análisis de los efectos simples de la interacción de especies * secciones 39
13. Análisis de varianza de la contracción radial (%) 43
14. Análisis de varianza de la contracción longitudinal (%) 46
15. Análisis de varianza de la contracción volumétrica (%) 49
16. Análisis de varianza de la relación T/R (%) 52

ÌNDICE DE FIGURAS

Figura **Pagina.**

1. Obtención de probetas en las secciones transversales (Interno, centro y externo) y niveles del fuste (Base, medio y ápice). 17
2. Prueba de comparación de medias del contenido de humedad en dos especies 26
3. Prueba de comparación de medias del contenido de humedad en tres niveles de altura 26
4. Prueba de comparación de medias del contenido de humedad en secciones transversales . 27
5. Prueba de comparación de medias de la densidad saturada en dos especies 29
6. Prueba de comparación de medias de la densidad saturada en tres niveles de altura 29
7. Prueba de comparación de medias de la densidad saturada en secciones transversales 30
8. Prueba de comparación de medias de la densidad anhidra en dos especies 32
9. Prueba de comparación de medias de la densidad anhidra en tres niveles de altura 32
10. Prueba de comparación de medias de la densidad anhidra en secciones transversales 33
11. Prueba de comparación de medias de los efectos simples de especies en secciones 35
12. Prueba de comparación de medias de los efectos simpes de la densidad básica de secciones en especies 36
13. Prueba de comparación de medias de la densidad básica en tres niveles de altura de *L. procera* 37
14. Prueba de comparación de medias de la densidad básica en tres niveles de altura de V. *grandis* 37
15. Prueba de comparación de medias de los efectos simples de las especies en secciones transversales 40
16. Prueba de comparación de medias de los efectos simples de las secciones transversales en las especies 41
17. Prueba de comparación de medias de la contracción tangencial en tres niveles de altura 42
18. Prueba de comparación de medias de la contracción radial en dos especies forestales 44
19. Prueba de comparación de medias de la contracción radial en tres niveles de altura 44
20. Prueba de comparación de medias de la contracción radial en secciones transversales ... 45
21. Prueba de comparación de medias de la contracción longitudinal en dos especies forestales 47
22. Prueba de comparación de medias de la contracción longitudinal en tres niveles de altura 47

23. Prueba de comparación de medias de la contracción radial en secciones transversales ...48
24. Prueba de comparación medias de la contracción volumétrica en dos especies forestales.50
25. Prueba de comparación de medias de la contracción volumétrica en tres niveles de altura 50
26. Prueba de comparación de medias de la contracción volumétrica en secciones transversales 51
27. Prueba de comparación de medias de la relación T/R en dos especies forestales.....53
28. Prueba de comparación de medias de la relación T/R en tres niveles de altura 53
29. Prueba de comparación de medias de la relación T/R en secciones transversales 54
30. Selección y reconocimiento de los arboles a cortar.....65
31. Apeo de los árboles seleccionados 65
32. Obtención de muestras botánicas para su reconocimiento 66
33. Acondicionamiento de las probetas para las mediciones posteriores.....66
34. Mediciones en la sección tangencial y radial de las probetas obtenidas 67
35. Medición de la dirección longitudinal 67
36. Obtención del volumen por el principio de Arquímedes.....68
37. Probetas sometidas a la estufa 69
38. Parafinado de probetas.....69

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar las diferencias de las propiedades físicas de las especies forestales *V. grandis* y *L. procera* en diferentes niveles de altura y secciones transversales. La metodología se desarrolló siguiendo lo establecido por la norma técnica peruana (N° 251.008.2016 - Selección y colección de muestra) y se seleccionaron cinco árboles de cada especie con un DAP superior a 30 cm. Se evaluaron el contenido de humedad establecida por la norma técnica peruana (N° 251.010.2014), densidad establecida por la norma técnica peruana (N° 251.011.2014) y contracción establecida por la norma técnica peruana (N° 251.012.2015). Los resultados mostraron que la humedad fue mayor en *V. grandis* con 140,39%. La densidad saturada fue mayor en *L. procera* con 1,13g/cm^3. La densidad anhidra fue estadísticamente superior en *L. procera* con 0,74g/cm^3. La densidad básica fue superior estadísticamente en *L. procera* con 0,65g/cm^3. La contracción tangencial fue mayor en *L. procera* con 13,31%. La contracción radial fue mayor en *L. procera* con 5,27%. La contracción longitudinal fue superior estadística y numéricamente en *L. procera* con 0,45%. La contracción volumétrica también fue mayor en *L. procera* 16,76%. La estabilidad dimensional T/R fue mayor en *V. grandis* 2,92 en comparación con *L. procera* 2,47. En resumen, se observaron diferencias significativas en varias propiedades físicas entre las dos especies, con *L. procera* mostrando valores superiores en densidad y contracción, mientras que la estabilidad dimensional T/R fue mayor en *V. grandis.*

Palabras claves: *Laetia procera*, *Vochysia grandis*, caracterización, propiedades físicas

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the differences between the physical properties of the *V. grandis* and *L. procera* forest species at different height levels and cross sections. The methodology that was carried out followed that [which has been] established by the Peruvian technical standard (N° 251.008.2016 – selection and collection of the sample), and five trees of each species with a DBH (DAP in Spanish) superior to 30 cm were chosen. The moisture content established by the Peruvian technical standard (N° 251.010.2014), density established by the Peruvian technical standard (N° 251.011.2014), and contraction established by the Peruvian technical standard (N° 251.012.2015) were evaluated. The results showed that the moisture was greater in *V.* grandis, at 140.39%. The saturated density was greater in *L. procera*, at 1.13g/cm^3. The anhydrous density was statistically superior in *L. procera*, at 0.74g/cm^3. The basic density was statistically superior in *L. procera*, at 0.65g/cm^3. The tangential contraction was greater in *L. procera*, at 13.31%. The radial contraction was greater in *L. procera*, at 5.27%. The longitudinal contraction was statistically and numerically superior *L. procera*, at 0.45%. The volumetric contraction was also greater in *L. procera*, [at] 16.76%. The T/R dimensional stability was greater in *V. grandis*, [at] 2.92, in comparison to *L. procera*, [at] 2.47. In summary, significant differences were observed between the two species for various physical properties, with *L. procera* showing superior values in density and contraction, while the T/R dimensional stability was greater for *V. grandis.*

Keywords: *Laetia procera*, *Vochysia grandis*, characterization, physical properties

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente en la amazonia peruana las concesiones forestales aprovechan solamente especies de alto valor económico y otros que exigen el mercado, sin embargo, existen dentro de estas concesiones gran cantidad de especies de bajo valor económico que no son aprovechados, debido principalmente al desconocimiento de sus propiedades tecnológicas, que solamente son utilizadas en forma empírica por la población aledaña como leña, postes, muebles rústicos, entre otros.

La madera experimenta alteraciones en sus dimensiones a lo largo de su ciclo de vida, las cuales son afectadas por las fluctuaciones en su contenido de humedad interno. En el ámbito forestal, las características físicas de la madera desempeñan un papel crucial, ya que están estrechamente vinculadas con el proceso, como es el caso de la densidad y el contenido de humedad, dado que estos factores inciden en el comportamiento del material.

Sin embargo se cuenta con poca información sobre las propiedades tecnológicas de las maderas propias de los bosques o concesiones forestales en la amazonia peruana, ya que es muy limitada o no existe, por ende se nos hace difícil asignarle su adecuado uso potencial, asimismo la falta de estos conocimientos de las propiedades físicas sobre las maderas desconocidas, no nos permiten incorporarlas en los mercados locales, nacionales e internacionales Por lo cual se plantea la siguiente interrogante ¿Cuáles serán las diferencias en la caracterización de las propiedades físicas en dos especies forestales *Vochysia grandis* Mart y *Laetia procera* (Poepp.) Eichler, en el distrito la Morada – Huánuco?

En la región ambas especies, *Vochysia grandis* Mart y *Laetia procera*, son importantes recursos forestales. Sin embargo, hay una falta de información detallada sobre sus propiedades físicas, lo que limita su manejo sostenible y su uso eficiente en aplicaciones industriales. La caracterización de estas propiedades físicas es crucial para entender su calidad, durabilidad y comportamiento en diferentes aplicaciones, como la construcción, la fabricación de muebles y la producción de papel. Además, dado el creciente interés en el uso sostenible de los recursos forestales, es fundamental contar con datos precisos sobre estas especies para apoyar la toma de decisiones en políticas de conservación y manejo forestal. Por lo tanto, este estudio busca llenar este vacío de conocimiento al proporcionar una caracterización exhaustiva de las propiedades físicas de *Vochysia grandis* Mart y *Laetia procera*, lo que contribuirá a su gestión adecuada y su aprovechamiento sostenible en diferentes sectores industriales y de conservación.

No obstante, las propiedades físicas a lo largo y ancho del fuste, no tienen el mismo comportamiento, por ende el conocimiento de estas propiedades sobre las especies *Vochysia grandis* Mart y *Laetia procera* (Poepp.) Eichler nos permitirá interpretar su comportamiento y asignarles posibles aplicaciones en función de sus características. En este sentido, se proponen los siguientes objetivos:

Objetivo general

- Evaluar las diferencias de las propiedades físicas de *Vochysia grandis* Mart y *Laetia procera* (Poepp.) Eichler, en diferentes niveles de altura y secciones transversales del fuste, distrito la Morada – Huánuco.

Objetivos específicos

- Determinar las diferencias del contenido de humedad entre las dos especies forestales *Vochysia grandis* Mart y *Laetia procera* (Poepp.) Eichler, en diferentes niveles de altura y secciones transversales del fuste.

- Determinar las diferencias de la densidad saturada, básica y anhidra de dos especies forestales *Vochysia grandis* Mart y *Laetia procera* (Poepp.) Eichler, en diferentes niveles de altura y secciones transversales del fuste.

- Determinar las diferencias de la contracción tangencial, radial, longitudinal, volumétrica y relación tangencial/radial de dos especies forestales *Vochysia grandis* Mart y *Laetia procera* (Poepp.) Eichler, en diferentes niveles de altura y secciones transversales del fuste.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. La madera

La madera desempeña un papel sumamente significativo en la existencia humana, ya que ha tenido un rol verdaderamente crucial en el progreso de la civilización. Ha sido utilizada para fabricar herramientas, armas y una amplia gama de objetos, desde los más simples hasta auténticas obras de arte. Se hace referencia al término "madera" para describir las partes aprovechables económicamente de un árbol, siendo principalmente troncos y, en una extensión mayor, también ramas y raíces (Guindos, 2019). La madera de los troncos puede ser empleada de diversas maneras, como láminas, chapas delgadas, triturada para la fabricación de tableros y en obras generales de construcción y carpintería. Además, la industria química se beneficia de ella, principalmente para la obtención de celulosa, nitrocelulosa, aceites y ácidos (Shogren et al., 2019).

La estructura de la madera se compone de células con diversas formas, cuyas paredes tienen grosores variables y están dispuestas de manera diferente según la especie. Sin embargo, siempre están apuntando hacia las trayectorias principales que forman ángulos rectos. Esta disposición celular constituye la peculiar estructura de la madera, lo que explica la heterogeneidad que la caracteriza y anisotrópica. Como consecuencia, las propiedades de la madera experimentan variaciones de un lugar a otro, así como sus niveles de resistencia. también experimentan alteraciones de acuerdo con las orientaciones tomadas en cuenta. (Lopez, 2021).

La madera constituye un elemento orgánico generalmente denso, con una estructura fibrosa, originado en árboles, y se distingue por sus cualidades anisotrópicas e higroscópicas (Alva y Solarte, 2013).

Tanto las propiedades como las peculiaridades de la madera no solo están determinadas por su composición, sino también por su estructura, es decir, por la disposición u orientación de los diversos elementos que la componen. La disposición o arreglo de estos elementos proporciona una comprensión más profunda del comportamiento de este material (Mansilla, 2020).

2.1.2. Características de la madera

2.1.2.1. Material biológico

Debido a que está mayormente conformada por moléculas de celulosa y lignina, la madera es susceptible a la biodegradación y puede ser atacada por Insectos y hongos que se nutren de madera. Por esta razón, se requiere un tratamiento especial de protección para asegurar su durabilidad a lo largo de un periodo en comparación junto a otros compuestos no organicos. (Mansilla, 2020).

2.1.2.2. Anisotropía

El comportamiento físico y mecánico de la madera varía significativamente dependiendo de la dirección en la que se evalúe en relación Con la orientación a lo largo de sus fibras y zona de desarrollo anual. La madera muestra resultados dispares y diferenciados en función del plano o dirección considerada. Para comprender su comportamiento, es importante tener en cuenta que dicho material puede resistir hasta 200 mayor cantidad de veces en la dirección desde el centro del tronco en comparación con la dirección perpendicular. (Mansilla, 2020).

2.1.2.3. Higroscópico

El proceso de captar y liberar humedad en su entorno es una capacidad de la madera, y este proceso está influenciado por la T° y la Hr del entorno. Es esta conducta la que causa cambios dimensionales, además, deformaciones en la madera (Mansilla, 2020).

2.1.3. *Vochysia grandis* Mart "Quillosisa amarilla"

López & Montero (2005) señalan que el género Vochysia, que forma parte de la familia Ochmaceae, está compuesto por árboles con la capacidad de alcanzar alturas que oscilan entre veinticinco y treinta m., presentando un DAP de 60 centimetros. El la parte central del arbol, por lo general, es recto, aunque ocasionalmente puede ser irregular, y presenta con frecuencia raíces tabulares y raíces aéreas. La copa tiende a ser menuda y expansiva. El follaje se agrupan con agrupamientos en el extremo de la rama, destacando por su notable tamaño, que varía entre 20 y 100 cm de largo y 15-25 cm de ancho. Estas hojas tienen una textura coriácea, bordes crenados, estípulas imbricadas de 7 cm de largo y 1 cm de ancho, y peciolos de 1 cm de longitud. La forma de la lámina es linear-obovada, con ápices generalmente obtusos y bases cuneadas. Las flores, que son zigomorfas y constan de cinco partes, presentan sépalos pequeños y caducos de 5 mm de longitud, así como pétalos amarillos que miden entre 2 y 3 cm.

El número de estambres es considerable, cercano a 80, con una longitud de aproximadamente 1 cm. El fruto es capsular y elipsoide, con dimensiones de 4 a 6,5 cm de largo y 1 cm de ancho, conteniendo numerosas semillas diminutas de 2 mm de longitud. Este género se encuentra en las selvas tropicales húmedas. de Sudamérica, empezando a una altura del amr hacia la altitud de 2,000 m, aunque muestra preferencia por altitudes bajas. También se desarrolla en los márgenes de caminos y áreas con intervención antrópica.

En la zona del Napo en Ecuador, se elabora una bebida mediante la cocción de la corteza de la madera, aprovechada para mejorar la leche de madres con bebés prematuros. La madera, por otro lado, se emplea en diversas aplicaciones como construcción de viviendas, suelos, pisos, escaleras, paneles, mobiliario, láminas desplegadas, adornos, armarios, puertas, ventanas, manualidades, moldes, mangos de escoba y pasta de papel.

2.1.4. *Laetia procera* (Poepp.) Eichler *"Timareo"*

De acuerdo con Salazar & Soihet (2001), pertenece a la familia Salicaceae un árbol que alcanza alturas que varían entre 10 y 40 metros, con diámetros de hasta 60 centímetros. Su tronco es recto y cilíndrico, con raíces en forma de tabla. La corteza, de superficie lisa y tonalidades grises o gris verdusco, exhibe lenticelas de 3 a 5 mm de diámetro. Las hojas, simples y alternas, se disponen en dos hileras en ramitas largas. La lámina foliar tiene dimensiones de 6 a 15 cm de largo y 3 a 4.5 cm de ancho, con ápice acuminado, base redondeada y borde aserrado. Mientras que el haz presenta coloración verde oscuro, por otra parte, el envés presenta una tonalidad verde claro mate. Las flores laterales cuentan con pedúnculos de 1 cm; el cáliz consta de cinco sépalos elípticos y verduscos, con una longitud de 4 mm. La corola está ausente, y presenta numerosos estambres de 2 mm de largo. El pistilo tiene un ovario redondeado de una celda con muchos óvulos en tres líneas, y un estilo corto. Los frutos son cápsulas carnosas, de color verde claro, de 1,5 a 2,5 cm largo, el cáliz persistente, en tres.

2.1.5. Propiedades físicas de la madera

Torres (2009) menciona ciertas características en lo físico que se refieren a dichas características donde pueden identificar, no modificando la completa preservación de la muestra expuesta a evaluación. Esto implica tienen que ser especificadas por medio de la observación, medición de peso, cuantificación, además, proceso de secado. Además, posibilitan la elucidación de los factores asociados a los cambios dimensionales de la madera, tanto en

contracción como en expansión. y la destacada la fuerza mecánica en proporción a su concentración de masa.

García (2003) afirma que las alteraciones relativas a las características físicas de la madera surgen debido a variaciones en su estructura y a la ausencia de elementos externos. Asimismo, destaca ciertas características del material leñoso la cuales presentan notables contrastes, incluso en el mismo árbol, dependiendo de su origen en el tronco, las ramificaciones, la parte superior o inferior del tronco, la raíz principal o las secundarias. entre otros aspectos. Asimismo, subraya que estas diferencias son notorias según si el árbol es joven o maduro, ha mejorado en superficies secos y húmedos, en entornos cálidos o fríos, y si forma parte de grupos o crece de manera aislada.

De acuerdo con las investigaciones llevadas a cabo por Arroyo (1983) después de realizar investigaciones, se ha comprobado que hay una conexión estrecha entre características físicas de la madera y aspectos como la anatomía específica, la estructura química de la membrana celular. así como presencia, la calidad y cantidad de extractos naturales. Además, se subraya todos los aspectos físicos de la madera se ven influenciados por los factores que determinan su estructura organizativa.

Rivera (2014) menciona la madera exhibe notables fluctuaciones en sus características físicas y mecánicas, especialmente en cómo estas varían entre árboles de la misma especie. Estas variaciones se atribuyen a diversos factores como la ubicación de crecimiento, incluso dentro del mismo árbol, influenciados por aspectos el grosor de los árboles (diámetro), edad de estos árboles en estudio, niveles de altura, nivel de humedad,así como las diferencias en la composición de fibras y anillos de crecimiento.

La madera extraída de bosques o plantaciones exhibe notables diferencias en sus propiedades físicas y mecánicas, especialmente en cómo estas varían entre los árboles de una misma especie. Estas variaciones se deben a diversos factores, como la ubicación específica de crecimiento, e incluso dentro del mismo árbol, influyendo los años, tamaño, elevación y nivel de humedad, junto con diferencias en las Fibrillas y anualidades de crecimiento (Hoheisel, 1981).

La madera tiene un comportamiento físico que se encuentra conformado por propiedades como el nivel de humedad, las alteraciones en la dimensión y la concentración, etc., todas estas suelen ser caracterizadas como las características físicas de la madera. A partir

de esto de esto, se sabe que la caracterización o comportamiento físico se da por el conjunto de estas propiedades físicas mencionadas (Arroyo, 1983).

2.1.5.1. Humedad en la madera

Rivera (2014) La cantidad de humedad se menciona en la proporción H2O presente en una porción del material leñoso, expresada de manera dé % del cuerpo de la pieza sin humedad. La masa sin humedad se logra al colocar el material leñoso en una estufa a 100 o 102 ºC, hasta que se alcanza un peso constante. La medición del contenido de humedad en la madera se basa únicamente en los niveles de agua libre y saturación. En términos comerciales, la madera se considera seca o anhidra cuando su contenido de humedad alcanza el 6%, que representa el nivel de humedad en la estructura química.

Amasifuen (2012) afirma que por debajo del punto en que las fibras alcanzan saturación y durante la continuación del durante el procedimiento de desecación, el material leñoso libera H2O almacenada dentro de la pared celular hacia llegar a un nivel que la acción se frena. En consecuencia, se denomina "equilibrio de humedad" del material leñoso y está principalmente influenciado la variedad, la temperatura y la humedad ambiental del entorno.

Dicho material almacena H2O en diferentes maneras: agua no retenida, agua higroscópica y agua incorporada en la estructura. El agua no retenida ocupa los espacios dentro de las células, mientras que el agua higroscópica está presente en las estructuras celulares. (López, 2021).

Juela (2015) sostiene que el peso de la madera se ve afectado por su contenido de humedad, al mismo tiempo que impacta en otros atributos físicos, como la densidad y la reducción de tamaño. o expansión de su dimensión. Las alteraciones para el nivel de humedad inciden en las dimensiones del material leñoso; su aumento provoca hinchamiento, mientras que su disminución resulta en contracción desde el momento en que las fibras alcanzan su nivel de saturación.

Al cortarse recién un árbol, la madera que se obtiene presenta una cantidad significativa de humedad, y este contenido experimenta variaciones por la estación anual, la zona geográfica de origen y tipo de árbol. Según JUNAC (1989), el material leñoso ligero, al tener una mayor porosidad, retienen una cantidad más elevada de agua en comparación con el material leñoso pesado. La parte más externa, compuesta por células que se encargan principalmente de transportar agua, muestra un nivel de humedad superior al duramen, ya que este último está compuesto por células con funciones distintas. En síntesis, la proporción de

agua presente en las cavidades y en las estructuras celulares de la madera experimenta variaciones significativamente dentro del árbol en estado vivo. La relación entre la cantidad total de agua y la materia seca de la madera experimenta notables fluctuaciones en una pieza de madera influenciada por diversos factores, como la composición celular y la densidad de la madera. Mientras que el núcleo interno no tolera niveles elevados de humedad debido a las sustancias que se han infiltrado en sus células.

Dos valores críticos del contenido de humedad (CH) son especialmente relevantes. El primero es conocido como el Punto de Saturación de las Fibras (PSF), que representa el CH de la madera cuando ha eliminado por completo el agua libre y está en el proceso de perder agua higroscópica. El segundo valor es denominado el Contenido de Humedad de Equilibrio (CHE). Este se refiere al CH que la madera alcanza cuando, cuando está al descubierto, libera una porción del agua higroscópica, con el fin de llegar a mantener la armonía con la humedad relativa de. ambiente (López, 2021).

La medida de humedad contenida en una pieza de madera. se encuentra vinculada al ambiente específico donde se empleará la madera, y el equilibrio higroscópico experimenta alteraciones debido a las variaciones en la humedad del aire y la temperatura (Silva Sayago, 2008).

Según lo señalado por Kollmann (1959), el agua actúa como el medio de transporte empleado por las plantas en su desarrollo fisiológico. La capacidad higroscópica de la madera, en conjunción con este proceso, conduce a que la madera contenga habitualmente una cierta cantidad de agua en su interior.

2.1.5.2. Densidad

Díaz (2005) e se describe como la proporción relación entre la masa y el espacio ocupado del material leñoso, y esta medida difiere en función a la humedad. En otras palabras, la medida de la humedad aumenta.

El cálculo de la relación de peso y volumen (densidad) del material leñoso se basa en la medida de material sólido que ocupa un espacio específico, tomando en cuenta el nivel de humedad. en las piezas del material leñoso y una existencia en extractivos. Cierta porción de material sólido guarda una estrecha relación con el espesor de las membranas celulares de componentes madera, particularmente las fibras en especies de hojas anchas. En el caso de maderas menos densas, se caracterizan por poseer fibras con que tienen paredes finas y una

cantidad considerable de huecos, es decir células con lúmenes amplios. La identificación de maderas de baja densidad puede llevarse a cabo al observar características como fibras con paredes delgadas, poros de dimensión considerable, radios anchos y una presencia abundante de parénquima (Silva, 2008).

Ramos y Jauregui (2019) afirman que la densidad básica se describe como la proporcion entre la cantidad de masa y el espacio ocupado por unidad de contenido de humedad específico; conforme se incrementa el nivel de humedad, el aumento en el peso de la madera será más pronunciado para comparación con su aumento en volumen.

Tabla 1. Clases de la densidad básica

Grupo	Rango (g/cm^3)	Clasificación
I	Menos de 0.30	Muy baja (MB)
II	De 0.31 a 0.40	Baja (B)
III	De 0.41 a 0.60	Media (M)
IV	De 0.61 a 0.80	Alta (A)
V	Más de 0.81	Muy alta (MA)

Fuente: Viscarra (1998).

En presencia de agua afecta la densidad de las plantas, según Chambergo y Aróstegui (1984), representando el 80% del peso saturado para muchas más del 50% en plantas con tallos leñosos. Se observa que densidad disminuirá a medida que aumenten las cavidades celulares (lúmenes) y se logre una mayor absorción en la madera.

2.1.5.3. Contracción o cambio dimensional

Se refiere a los cambios en las dimensiones de material leñoso causados debido a las fluctuaciones en su nivel de humedad. Estos cambios pueden ocurrir en direcciones tangenciales, radiales o longitudinales en el momento de la cantidad de humedad es inferior. es inferior hasta el punto donde las fibras se saturen. Es relevante mencionar que, según lo indicado por Aróstegui (1982), el agua libre no tiene impacto en estas modificaciones.

La madera experimenta procesos de hinchamiento y contracción debido a la transferencia de agua con el entorno, buscando alcanzar un equilibrio higroscópico. El

contenido de humedad del material leñoso se presenta de diferentes maneras: i) como agua libre, ii) como agua de impregnación adsorbida, y iii) como agua de constitución (Coronel, 1994).

El volumen de la madera sufre cambios dependiendo de su nivel de humedad. En el momento que el material leñoso experimenta pérdida de agua., experimenta contracción o reducción, siendo menor a lo largo del eje o a lo, sin superar el 0.8%. En cambio, en la dirección radial oscila entre el 1 y el 7.8 por ciento, mientras que en la dirección tangencial varía entre el 5 y el 11.5 por ciento, según lo indica Miguel (2000).

Conforme a algunas teorías, se asocia la variabilidad en las contracciones, ya sea en dirección radial o tangencial, con las disparidades en el grosor de las membranas celulares y la. anisotropía del material leñoso. Una investigación realizada en México llega a la conclusión de que la proporción de lignina juega y forma parte fundamental en cómo la madera responde a las modificaciones dimensionales originadas debido a las fluctuaciones en el nivel de humedad. (Guadalupe & Bárcenas, 1985).

Tabla 2. Clases de la contracción volumétrica

Grupo	Rango (%)	Clasificación
I	< de 9	Muy baja (MB)
II	9.1 – 11	Baja (B)
II	11.1 – 13	Media (M)
IV	13.1 – 15	Alta (A)
V	> 15.1	Muy alta (MA)

Fuente: Aróstegui, A. (1982).

Tabla 3. Clases de la contracción tangencial y radial.

Grupo	Rango (T/R) %	Clasificación	Estabilidad
I	Menor de 1.5	Muy baja (MB)	Muy estable (ME)
II	De 1.51 a 2.0	Baja (B)	Estable (E)
II	De 2.1a 2.5	Media (M)	Mod. estable (M)
IV	De 2.51 a 3.0	Alta (A)	lnestable (l)
V	mayor de 3.1	Muy alta (MA)	Muy inestable (Ml)

Fuente: Aróstegui, A. (1982).

2.2. Estado del arte

En 2014, el Ministerio del Ambiente llevó a cabo una investigación en Quito que abordó las características de diferentes arboles forestales. Una de ellas es *Cespedesia spathulata* (Ruiz & Pav.) Planch y *Laetia procera* (Poepp.) Eichler. Los resultados específicos sobre las propiedades físicas fueron los siguientes:

Cespedesia spathulata (Ruiz & Pav.) Planch tiene una densidad seca al aire de 0,65 – 0,80 gr/cm^3, contracción volumétrica total de 18,5 – 22,5% y su relación Tangencial/Radial 1,9% considerado desfavorable.

Mientras la *Laetia procera* Poepp. Eichler, un contenido de humedad de 82,41%, densidad saturada con 0,97 gr/cm^3, densidad básica con 0,618 gr/cm^3, densidad seca al aire con 0,8075 gr/cm^3, y densidad seca al horno con 0,7822 gr/cm^3.

Cachique (2014) llevó a cabo una investigación analizando la variabilidad en diversas características físicas del fuste de la especie *Guazuma ulmifolia* en diferentes alturas, utilizando muestras provenientes del CICFOR-Macuya. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: el contenido de humedad saturado fue del 51,31%, y el contenido de humedad al aire alcanzó el 13,78%. Se observó consistentemente que los valores más altos de densidad se encontraban en la parte inferior del tronco, seguidos por los niveles apicales. Las medias de los valores obtenidos en la densidad saturada fueron 0,64g/cm^3, densidad al aire de 0,50g/cm^3, densidad al horno de 0,46g/cm^3 y densidad básica de 0,42g/cm^3. El peso específico promedio al aire fue de 0,44. Sin embargo, la contracción tangencial, radial y volumétrica mostró una variación inversa a lo largo de los niveles del fuste del árbol. Los promedios de contracción desde el estado inicial hasta el secado al aire fueron: tangencial 5,92%, radial 2,97%, longitudinal 0,19%, y volumétrico 8,89%. La relación entre la contracción tangencial y radial fue de 2,00, lo que indica que la madera exhibe una estabilidad moderada durante el proceso de secado.

En su investigación de 2014, Cachique analizó la variabilidad en varias características físicas del fuste de *Guazuma ulmifolia* Lam (bolaina negra) en diferentes alturas. Utilizó muestras del CICFOR-Macuya. Los resultados mostraron que el contenido de humedad saturado fue del 51,31%, y el contenido de humedad al aire alcanzó el 13,78%. Se observó de manera consistente donde se dan rangos superiores de densidad estaban en la parte inferior del tronco, seguidos por los niveles apicales. Las medias de densidad saturada, densidad al aire, densidad al horno y densidad básica fueron 0,64g/cm^3, 0,50g/cm^3, 0,46g/cm^3 y 0,42g/cm^3,

respectivamente. Aunque el peso específico promedio al aire fue de 0,44, la contracción tangencial, radial y volumétrica mostró una variación inversa a lo largo de los niveles del fuste. Los promedios de contracción desde el estado inicial hasta el secado al aire fueron: tangencial 5,92%, radial 2,97%, longitudinal 0,19%, y volumétrico 8,89%. La relación entre la contracción tangencial y radial fue de 2,00, indicando una estabilidad moderada durante el proceso de secado de la madera.

Moya *et al.* (2009) estudiaron las características físicas de tres especies forestales en Costa Rica, con la finalidad de este estudio se estudiaron a las especies *Hyeronima alchorneoides, Vochysia guatemalensis* y *Terminalia amazonia.* En la metodología se seleccionó los árboles para las posteriores muestras que fueron evaluadas de acuerdo a los criterios de las características del árbol. Para sus resultados se obtuvo para la especie *Terminalia amazonia* una densidad de 8,71kg/m^3, un contenido de humedad de 16,5%, una comprensión paralela de 11,6kg/m^2; para la especie *Vochysia guatemalensis* una densidad de 3,38kg/m^3, un contenido de humedad de 7,9%, una comprensión paralela de 5,9kg/m^2; para la especie *Hyeronima alchorneoides* una densidad de 4,44kg/m^3, un contenido de humedad de 11,9%, una comprensión paralela de 19,2kg/m^2.

Anquise *et al.* (2020) investigaron algunas de las características tecnológicas de la especie *Vochysia kosnipatae* en Puno, con la finalidad de determinar las características del arbol en cuanto al contenido de humedad, densidad y contracción. En la metodología se delimito el área de estudio donde posteriormente se seleccionaron los árboles para las muestras, seguidamente se evaluaron de acuerdo con los criterios de características. Para sus resultados se obtuvo en el contenido de humedad 122,02%, en la densidad básica 0,38g/cm^3, en la densidad normal 0,84g/cm^3, en la contracción tangencial 9,07%, en la contracción radial 3,79%, en la contracción longitudinal 2,40%, en la contracción volumétrica 10,24%, en la relación T/R 2,68%.

Moya *et al.* (2010) resaltaron mediante un estudio algunas propiedades físicas de la especie *Vochysia guatemalensis* Donn Sm, con la finalidad de determinar el contenido de humedad, densidad y contracción de la especie forestal. En la metodología se seleccionaron los árboles para las muestras que posteriormente son evaluadas con las características de la especie. En los resultados se obtuvo una densidad básica de 0,88g/cm^3, densidad seca 0,44g/cm^3 y la densidad anhidra 0,36g/cm^3, en el contenido de humedad verde 177,99%, en la contracción radial 2,75%, contracción tangencial 7,38%, contracción volumétrica 12,70%, relación T/R 2,69.

Moya y Tenorio (2013) analizaron mediante una investigación de las características de la madera en Costa Rica, con la finalidad de calcular valores de estas propiedades como el contenido de humedad, densidad y contracción. Para su metodología se llevó a cabo la selección del área de estudio, posteriormente se elaboraron las muestras y se evaluaron las características físicas del material leñoso. Para sus resultados se obtuvo en la especie *Vochysia guatemalensis* con una densidad verde de 0,75g/cm^3, contenido de humedad verde 66,32%, para la especie *Terminalia oblonga* con una densidad verde de 0,95g/cm^3, contenido de humedad verde 37,16%.

En el contexto ecuatoriano, MAE (2014) llevó a cabo una investigación sobre las propiedades tecnológicas de lo arboles forestales, abordando valores de contenido de humedad, densidad y contracción. La metodología incluyó la delimitación del área de estudio, seguida de la recolección de muestras para evaluar las características del material leñoso. En cuanto a los resultados para la especie *Vochysia bracelinlae*, se registró una densidad seca al aire de 0,41 a 0,92g/cm^3, una contracción volumétrica del 11%, y una relación T/R de 2,3. Por otro lado, para la especie *Vochysia ferrugínea*, se encontró una densidad de 0,42g/cm^3.

Vilcayauri (2009) a través de un estudio en la especie *Simarouba amara* en Pucallpa, donde la finalidad de este estudio fue estudiar las características del material leñoso (contenido de humedad, densidad y contracción). En la metodología se llevó a cabo la selección del área de estudio, posteriormente se elaboraron las muestras y se evaluaron las características físicas. Para sus resultados se presentó en la densidad básica para el nivel de altura base un 0,35 g/cm^3, medio 0,35g/cm^3, ápice 0,38g/cm^3; por otro lado, para la densidad anhidra para el nivel de altura base un 0,37g/cm^3, medio 0,37g/cm^3, ápice 0,40g/cm^3; asimismo, en la contracción radial para el nivel de altura base un 1,42%, medio 1,72%, ápice 2,15%; en la contracción tangencial para el nivel de altura base un 4,29%, medio 4,34%, ápice 4,33%; en la contracción longitudinal para el nivel de altura base un 0,19%, medio 0,18%, ápice 0,20%; en la contracción volumétrica para el nivel de altura base un 6,89%, medio 7,99%, ápice 7,67%.

En su estudio realizado en Pucallpa, Fasanando (2023) analizó características físicas del fuste de *Simarouba amara*. La metodología incluyó la delimitación del área de estudio y, a continuación, la elaboración de muestras para la evaluación de las características físicas de la madera. Para sus resultados muestran variaciones en las características de la madera, con el contenido de humedad en el nivel base alcanzando el 83,27%, mientras que en el ápice se registró un 74,25%. Respecto al contenido de humedad en equilibrio higroscópico, se observó un 12,07% en el nivel base y un 12,17% en el ápice. En cuanto a la densidad básica, se

obtuvieron valores de 0,32g/cm^3 en el nivel base y 0,34g/cm^3 en el ápice. La densidad saturada fue de 0,58g/cm^3 en el nivel base y 0,60 g/cm^3 en el ápice, mientras que la densidad en equilibrio registró 0,38g/cm^3 en el nivel base y 0,41 g/cm^3 en el ápice. La densidad anhidra mantuvo una consistencia de 0,38g/cm^3 en ambos niveles. En términos de contracción, la tangencial fue del 5,86% en el nivel base y del 5,42% en el ápice, la radial fue del 3,40% en el nivel base y del 3,28% en el ápice, y la longitudinal fue del 0,45% en el nivel base y del 0,36% en el ápice. La contracción volumétrica alcanzó el 9,46% en el nivel base y el 9,18% en el ápice. La relación T/R fue de 1,81 en el nivel base y de 1,61 en el ápice.

Mediante la finalidad de las características físicas, Torres (2010) llevó a cabo un estudio en Ucayali sobre la especie *Copaifera paupera*. El análisis se centró en la determinación de características como el contenido de humedad, la densidad y la contracción de la madera. En la metodología se llevó a cabo la delimitación del área de estudio, seguidamente se elaboraron las muestras para la posterior evaluación de las características. En los resultados se presentó la densidad básica en la base 0,63g/cm^3, medio 0,59g/cm^3, ápice 0,57g/cm^3; en la densidad anhidra en la base 0,64g/cm^3, medio 0,60g/cm^3, ápice 0,58g/cm^3, para la contracción radial en la base 4,15% medio 4,12%, ápice 3,72%; la contracción longitudinal en la base 0,45%, medio 0,32%, ápice 0,56%; contracción tangencial en la base 6,47%, medio 6,06%, ápice 5,67%; contracción volumétrica en la base 10,90%, medio 10,34% y ápice 9,82%.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El estudio abordó la extracción de material vegetativo, específicamente tucos de madera, de árboles seleccionados pertenecientes a *Vochysia grandis* Mart "Quillosisa amarilla" y *Laetia procera* (Poepp.) Eichler "Timareo". La recolección de estos tucos se llevó a cabo en la concesión forestal Carlos Edmundo Muñoz Landa, que cubría una extensión total de 8272 hectáreas, siendo 6835.24 hectáreas áreas forestales destinadas a la producción forestal. Los tucos recolectados fueron trasladados posteriormente al Laboratorio Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal - LATAMF, vinculado a la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal - EPIF de la Facultad de Recursos Naturales Renovables - FRNR de la Universidad Nacional Agraria de la Selva - UNAS, con el propósito de obtener probetas. La evaluación de las propiedades físicas se realizó tanto en el LATAMF como en la EPIF de la UNAS.

3.1.1. Ubicación política

La ubicación política de la concesión forestal Carlos Edmundo Muñoz Landa se encuentra en el distrito de La Morada, perteneciente a la provincia de Marañón y a la región de Huánuco. En contraste, los laboratorios de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal, así como el de Anatomía de la Madera, están situados en las instalaciones de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en el distrito de Rupa Rupa, en la provincia de Leoncio Prado, también en la región de Huánuco.

3.1.2. Ubicación geográfica

En la Tabla 4 se presentan las coordenadas UTM correspondientes a la concesión forestal Carlos Edmundo Muñoz Landa, así como a los laboratorios de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal y de Anatomía de la Madera.

Tabla 4. Coordenadas UTM de los ambientes en estudio

Lugares de la Investigación	Este	Norte	Altitud m.s.n.m.
Concesión forestal Carlos Edmundo Muñoz Landa	360738	9016065	962
Laboratorio Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal	390380	8970785	660
Laboratorio de Anatomía de la Madera	390206	8970807	661

3.1.3. Accesibilidad

De acuerdo con la información proporcionada por el PGMF (2016), se indica que la accesibilidad a la concesión se realiza a través de rutas terrestres mediante vehículos como camionetas o motocicletas, abarcando el tramo desde Tingo María hasta Aucayacu, pasando por Puerto Madre Mia (Carretera Fernando Belaunde Terry). Esta travesía se extiende a lo largo de 85 kilómetros y toma aproximadamente dos horas y media.

3.1.4. Fisiografía y topografía

La topografía del bosque en la concesión presenta una marcada disectación y fisiografía, con pendientes que varían desde 0% hasta más de 100%. Esto se debe a la presencia de áreas con pendientes pronunciadas que incluyen caídas verticales, como paredones de roca maciza, según lo indicado por el PGMF en 2016.

3.2. Metodología

La método usado en el estudio se basó en protocolos guiados por las normativas:

- Norma Técnica Peruana N° 251.008.2016 “Selección y colección de muestra”.
- Norma Técnica Peruana N° 251.010.2014 “Métodos para determinar el contenido de humedad”.
- Norma Técnica Peruana N° 251.011.2014 “Método para determinar la densidad”.
- Norma Técnica Peruana N° 251.012.2015 “Método de determinación de la contracción”.

3.2.1. Contenido de humedad de *Vochysia grandis* Mart y *Laetia procera* (Poepp.) Eichler en diferentes niveles de altura y secciones transversales del fuste.

En primer lugar, siguiendo las pautas establecidas en la NTP 251.008. (2016) “Selección y colección de muestras”, se seleccionó cinco individuos (arboles) de cada especie *Vochysia grandis* Mart y *Laetia procera* (Poepp.) Eichler que se ubicaron dentro de la concesión, ya que nos permitió obtener un promedio confiable de las propiedades físicas con un nivel de confianza estadístico del 95% y un margen de confianza cercano al 15%. Se seleccionaron árboles con diámetros superiores a 30 cm.

Una vez seleccionado los árboles con las características adecuadas, se identificó estando en pie y después fueron talados usando una Motosierra Sthil talarlo, se tomaron muestras de hojas, flores y ramas lo cual fueron colocados en una prensa botánica para su respectivo secado y posterior para su identificación botánica, paralelamente se tomaron datos referenciales como la altura total, altura comercial, D.A.P, usando la cinta métrica.

La tala de los árboles seleccionados fue por un personal de la concesión que conozca las implicaciones de esta actividad. Tras la tala de los árboles, se enfocó únicamente en la sección comercial, extrayendo de cada árbol tres (3) bloques de madera de aproximadamente 50 cm de longitud (base, medio y ápice). Posteriormente, cada bloque fue convertido en tablones con dos lados cerrados en la parte central (uno orientado hacia el este y otro hacia el oeste). Además, se asignó un código a cada tablón en relación con el número de árbol y su nivel de altura.

Luego de adquirir los tablones (30 muestras), se transportaron al Laboratorio Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal - UNAS para la fabricación de las probetas. Se procedió a cortar los tablones utilizando una sierra disco y se nivelaron empleando una Garlopa. Las probetas resultantes presentaron dimensiones de 3 x 3 x 10 cm, cada una de las cuales incluyó sus respectivas secciones (tangencial, radial y longitudinal para cada nivel del fuste) y por sección transversal (interno, centro y externo), logrando un total de 90 probetas por especie (ver Figura 1).

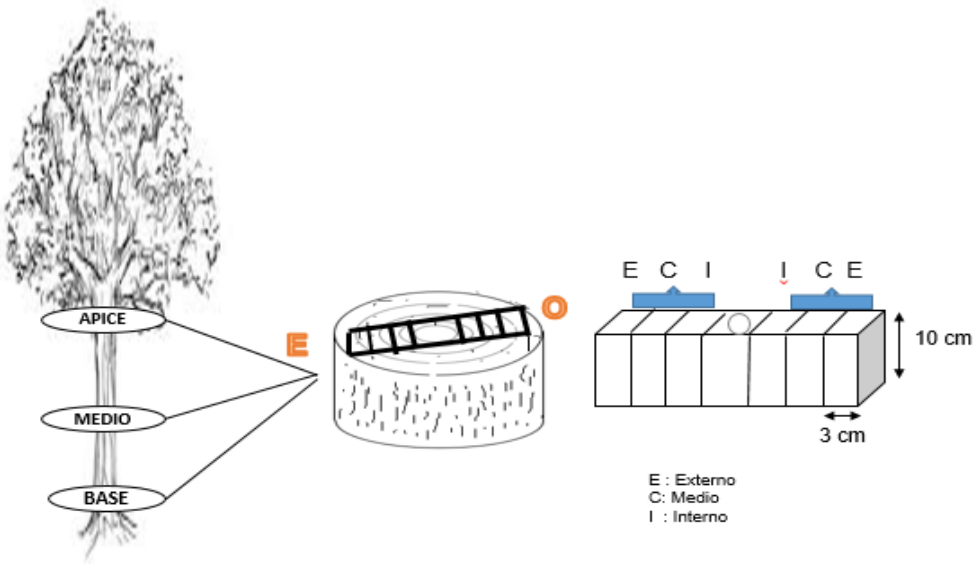

Figura 1. Obtención de probetas en las secciones transversales (Interno, centro y externo) y niveles del fuste (Base, medio y ápice).

Se comenzó el cálculo del contenido de humedad mediante la pesada de las probetas con una balanza digital, cuando se encontraban en estado húmedo justo después de

haber sido obtenidas. Luego, las probetas fueron sometidas a la estufa, donde la temperatura se incrementó gradualmente en intervalos de 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 103 ºC. Después de cada exposición, se situaron en un desecador durante 15 minutos, procediendo a medir el peso seco al horno según la norma técnica peruana NTP 251.011 (2014).

La fórmula establecida por la NTP 251.010 (2014) "Métodos para determinar el contenido de humedad" con el fin de calcular el contenido de humedad fue:

$$CH(\%) = \frac{Ph - Psh}{Psh} x100$$

Dónde:

CH (%) : Contenido de humedad en estado saturado
Ph : Peso en estado saturado (gr)
Psh : Peso seco al horno (gr)

3.2.2. Densidad saturada, básica y anhidra de *Vochysia grandis* Mart y *Laetia procera* (Poepp.) Eichler, en diferentes niveles de altura y secciones transversales del fuste.

Trabajando con la referencia de la norma técnica peruana NTP 251.011 (2014) "Método para determinar la densidad", se llevó a cabo la determinación de la densidad saturada, básica y anhidra.

- Densidad saturada

Se registro el peso inicial (estado húmedo) de las probetas, seguidamente se determinó el volumen húmedo, que fue a través del principio de Arquímedes, para lo cual se empleó un soporte universal, que sujeto a la probeta por medio de un punzón aun vaso de precipitado con agua destilada, que estuvo en la balanza digital, donde se registró el incremento de volumen por desplazamiento.

$$D\ s = \frac{PH}{VH}$$

Donde:

DS : Densidad saturada (g/cm^3).
PH : Peso húmedo (g).
VH : Volumen húmedo (cm^3).

- Densidad básica

En la primera etapa para calcular la densidad básica, se tomó nota del peso de las muestras después de haber sido expuestas proceso de secado en un horno. Este secado se realizó gradualmente, aumentando la temperatura diariamente desde 30 hasta 103 ºC. Tras extraer las muestras del horno, se ubicaron en un desecador durante 15 minutos para enfriarse, y posteriormente se registró el peso seco al horno. Al mismo tiempo, se registró el volumen en estado húmedo de manera similar a como se hizo para determinar la densidad saturada.

$$D\ B = \frac{PSH}{VH}$$

Donde:

DB : Densidad básica (g/cm^3).
PSH : Peso seco al horno (g).
VH : Volumen húmedo (cm^3).

- Densidad anhidra

Se procedió a determinar la densidad anhidra registrando el peso seco al horno, siguiendo el mismo procedimiento mencionado para la determinación de la densidad básica. El volumen seco al horno se registró utilizando el principio de Arquímedes, pero antes de este paso, las probetas fueron recubiertas con parafina. La fórmula utilizada para este cálculo fue:

$$D\ A = \frac{PSH}{VSH}$$

Dónde:

DA : densidad anhidra (g/cm^3).
Psh : peso seco al horno (g).
Vsh : volumen seco al horno (cm^3).

3.2.3. Contracción tangencial, radial, longitudinal, volumétrica y relación tangencial/radial de *Vochysia grandis* Mart y *Laetia procera* (Poepp.) Eichler en diferentes niveles de altura y secciones transversales del fuste.

Bajo la normativa NTP 251.012 (2015) "Método de determinación de la contracción", se llevó a cabo el proceso para determinar la contracción o cambio dimensional.

Las dimensiones en estado húmedo de cada sección (tangencial, radial y longitudinal) se obtuvieron inicialmente, utilizando un micrómetro digital para la sección tangencial y radial, mientras que para la sección longitudinal se empleó un vernier digital. Además, se marcaron los puntos centrales de las caras. Posteriormente, las muestras fueron sometidas a un calentamiento gradual en la estufa, con temperaturas ascendentes de 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y, finalmente, 103 ºC. Luego de retirar las probetas, se colocaron en un desecador durante 15 minutos y se registraron en estado seco al horno.

- **Contracción tangencial**

Se utilizo la formula siguiente:

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

Donde:

CTt : Contracción tangencial total (%).
Dth : Dimensión tangencial humedad (cm).
Dtsh : Dimensión tangencial soca al horno (cm).

- **Contracción radial**

Se utilizo la formula siguiente:

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

Donde:

CRt: Contracción radial total (%).

Drh : Dimensión radial humedad (cm).

Drsh : Dimensión radial soca al horno (cm).

- **Contracción longitudinal**

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

Donde:

CLt : Contracción longitudinal total (%).

Dlh : Dimensión longitudinal humedad (cm).

Dlsh : Dimensión longitudinal soca al horno (cm).

- **Contracción volumétrica**

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

Donde:

CVt: Contracción volumétrica total (%)

Vh : Volumen húmedo (cm^3).

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

- **Relación tangencial/radial**

$$Relación = \frac{CTt}{CRt}$$

Donde:

CTt : Contracción tangencial total (%).

CRt : Contracción radial total (%).

3.3. Diseño de investigación

Se utilizó un modelo experimental completos al azar (DCA), organizado en un arreglo trifactorial. Los factores considerados fueron a) Especie, con las variedades *Vochysia*

grandis y *Laetia procera*; b) Niveles de altura, que incluyeron base, medio y ápice; y c) Sección transversal, abarcando interno, centro y externo.

Se considero la orientación como referencia mas no como factor, ya que estudios pasados no han encontrado diferencias estadísticas, y se consideró 5 repeticiones, posterior se contrastará la hipótesis estadística a través de un ANVA con u 95% de nivel de confianza, mientras para la comparación de medias se realizó con Tukey. Asimismo, se llevó a cabo un análisis de varianza con un nivel de confiabilidad del 95%, utilizando la prueba de rangos múltiples de Tukey también al 95%.

Tabla 5. Representación de los factores y niveles en estudio

Especie	Nivel de altura	Sección transversal	Interacción
A1	Base(b_1)	Interno(C_1)	$a_1\ b_1\ c_1$
		Centro(C_2)	$a_1\ b_1\ c_2$
		Externo(C_3)	$a_1\ b_1\ c_3$
	Medio(b_2)	Interno(C_1)	$a_1\ b_2\ c_1$
		Centro(C_2)	$a_1\ b_2\ c_2$
		Externo(C_3)	$a_1\ b_2\ c_3$
	Ápice(b_3)	Interno(C_1)	$a_1\ b_3\ c_1$
		Centro(C_2)	$a_1\ b_3\ c_2$
		Externo(C_3)	$a_1\ b_3\ c_3$
A2	Base(b_1)	Interno(C_1)	$a_2\ b_1\ c_1$
		Centro(C_2)	$a_2\ b_1\ c_2$
		Externo(C_3)	$a_2\ b_1\ c_3$
	Medio(b_2)	Interno(C_1)	$a_2\ b_2\ c_1$
		Centro(C_2)	$a_2\ b_2\ c_2$
		Externo(C_3)	$a_2\ b_2\ c_3$
	Ápice(b_3)	Interno(C_1)	$a_2\ b_3\ c_1$
		Centro(C_2)	$a_2\ b_3\ c_2$
		Externo(C_3)	$a_2\ b_3\ c_3$

3.3.1. Modelo Aditivo lineal

El trabajo de investigación tuvo un modelo aditivo lineal:

$$Y_{ijkr} = \mu + a_j + b_k + c_l + ab_{jk} + ac_{jl} + bc_{kl} + abc_{jkl} + e_{ijkl}$$

Donde:

Yijk : Variable respuesta.

μ : Media poblacional

A_j : Especies (*Cespedesia y Laetia*).

B_k : Nivel de fuste (Base, medio y ápice).

C_l : Sección transversal (Externo, centro e interno).

Ab_{jk} : Interacción de la variable a y b, a niveles j, k.

Ac_{jl} : Interacción de la variable a y c, a niveles j, l.

Bc_{kl} : Interacción de la variable b y c, a niveles k, l.

Abc_{jkl} : Interacción de la variable a, b y c, a niveles j, k,l.

e_{ijkl} : Un componente del error aleatorio.

3.3.2. Características del experimento

Factor a : Especie

Factor b : Niveles de altura

Factor c : Sección transversal

N° unidades experimentales : 90

Repeticiones : 5 (árboles de cada especie)

N° probetas : 180 probetas

3.4. Variables en estudio

3.4.1. Variables independientes

- Especie (*Vochysia grandisy Laetia procera*)
- Niveles (Base, medio y ápice)
- Secciones transversales (Interno, centro y externo)

3.4.2. Variables dependientes

- Contenido de humedad saturado
- Densidades (saturada, básica, anhidra)
- Contracción (tangencial, radial, longitudinal, volumétrica, Relación T/R)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÒN

4.1. Contenido de humedad (%) en *L. procera* y *V. grandis*

Con el objetivo de contrastar las evidencias significativas entre los niveles de cada factor en estudio, en la Tabla 6 muestra un análisis de varianza al 95% de nivel de confianza en dos especies en estudio, donde se encontró diferencias altamente significativos para el factor especie y secciones (p valor: 0.000); y para el factor niveles de altura se registró diferencias estadísticas significativas (p valor: 0.027), mientras para las interacciones entre factores en estudio no se registró diferencias estadísticas. El modelo presenta un coeficiente de variación de 19,65%.

Tabla 6. Análisis de varianza del contenido de humedad saturada (%)

F.V	GL	SC	CM	F	P valor
Especie	1	71158,22	71158,22	146,23	0,000**
Niveles	2	3697,19	1848,59	3,8	0,027*
Secciones	2	18111,26	9055,63	18,61	0,000**
Especie*Niveles	2	703,08	351,54	0,72	$0,489^{NS}$
Especie*Secciones	2	3459,76	1729,88	3,55	$0,334^{NS}$
Niveles*Secciones	4	1678,46	419,61	0,86	$0,491^{NS}$
Especie*Niveles*Secciones	4	1559,9	389,98	0,8	$0,528^{NS}$
Error	72	35036,4	486,62		
Total	89	135404,26			

C.V (%): 19,65%; **: altamente significativo; * Significativo; NS: no significativo; SC: Suma de cuadrados; GL: Grados de libertad; CM: cuadrado medio.

Empleando la prueba de comparación de medias, para la Figura 2, se presenta detalladamente al contenido de humedad saturado en dos especies, donde la especies *V. grandis* fue superior estadística y numéricamente con 140,39%, mientras la especie *L. procera* alcanzo un contenido de humedad promedio de 84,15%.

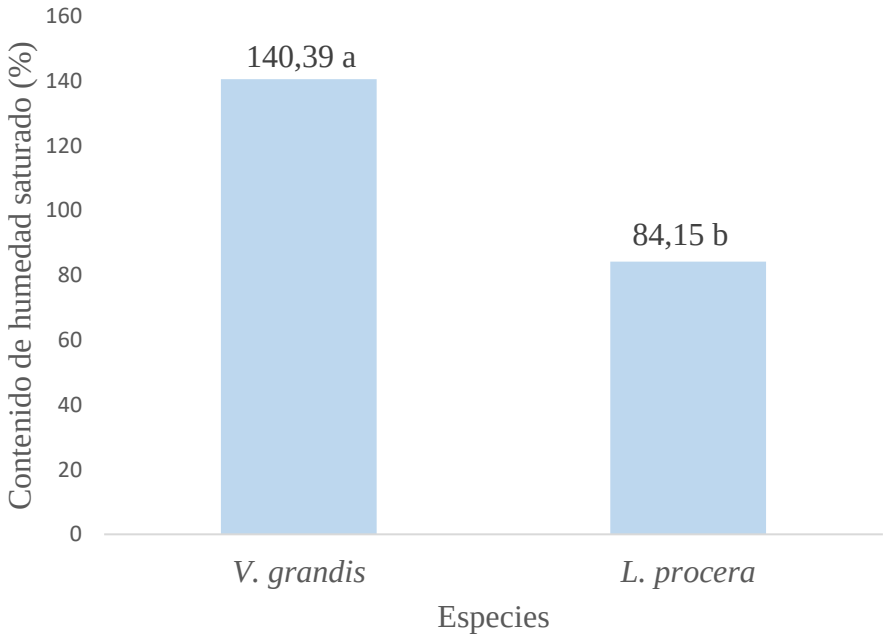

Figura 2. Prueba de comparación de medias del contenido de humedad en dos especies

En la Figura 3, al comparar las medias del contenido de humedad saturado (%) en los diferentes niveles de altura, se observa que el nivel base destaca de manera estadística y numérica, con una media de 118,31%, superando a los otros niveles.

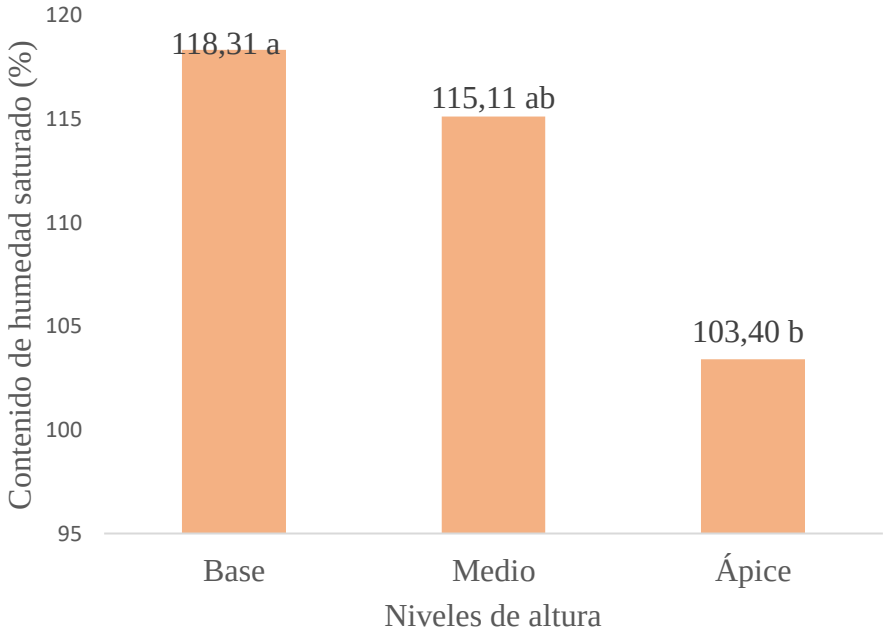

Figura 3. Prueba de comparación de medias del contenido de humedad en tres niveles de altura

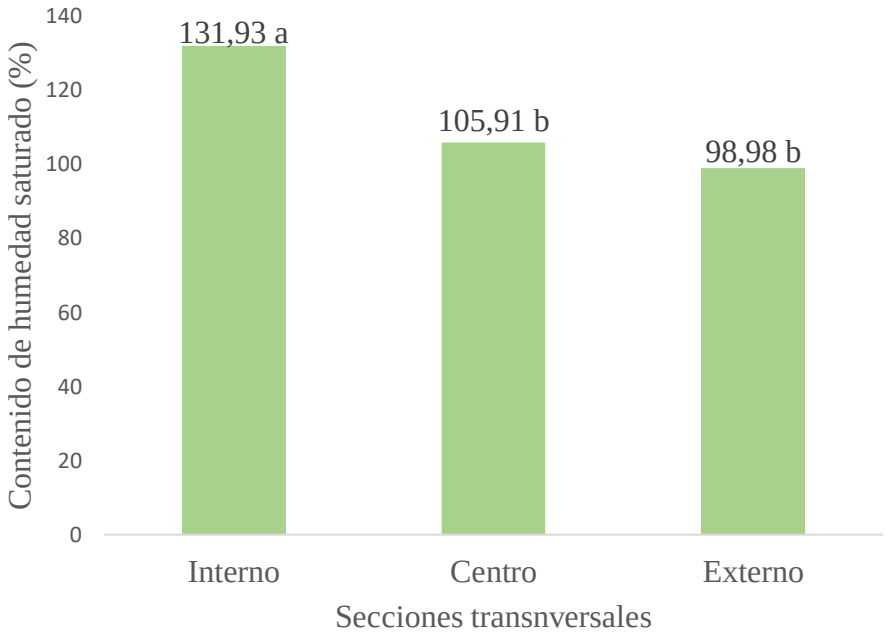

Figura 4. Prueba de comparación de medias del contenido de humedad en secciones transversales

Mediante la figura 4 la prueba de comparación de medias del contenido de humedad (%) en las secciones transversales donde la sección interna presenta una media de131,93% siendo superior estadística y numéricamente con referencia a las demás secciones.

En este sentido, en investigaciones sobre la especie *Vochysia guatemalensis* el autor Moya *et al.* (2010) en su investigación sobre las propiedades físicas, obtuvo en los resultados en el contenido de humedad verde 177,99%, asimismo, el autor Moya *et al.* (2009) se obtuvo para la especie un contenido de humedad de 77,9% donde los resultados de los autores se asemejan con los de la investigación.

En contraste, Anquise et al. (2020) exploraron las propiedades físicas de la especie *Vochysia kosnipatae* en Puno. En sus resultados, encontraron un contenido de humedad del 122,02%. Por otro lado, Cachique (2014) examinó la especie *Guazuma ulmifolia*, obteniendo un contenido de humedad saturado del 51,31% y un contenido de humedad seco al aire del 13,78%. Además, Porta (2019), con el propósito de analizar las propiedades físicas a lo largo y ancho del fuste de *Brosimum utile* (Kunth) Oken "Panguana", observó que el contenido de humedad saturada disminuía desde la base con un 75,15% hasta el ápice con un 72,53%. En contraposición, el contenido de humedad seca al aire mostraba un comportamiento opuesto, con valores de 14,81% en la base y 14,95% en el ápice.

En resumen, en contraste con lo obtenido y las investigaciones de los autores mencionados anteriormente se deben posiblemente a la especie en estudio, además de influir el lugar de estudio y las características del lugar (pendiente, clima, entre otras), la edad de la plantación o el árbol en estudio. Cabe recalcar que el contenido de humedad es la relación que se presenta entre el peso de la madera y el peso del agua.

4.2. Densidades (g/cm^3) en *L. procera* y *V. grandis*

4.2.1. Densidad saturada

Con respecto a la relación del peso y volumen ambos en estado saturado, para la Tabla 7 presenta el análisis de varianza al 95% del nivel de confianza de la variable densidad saturada g/cm^3, donde se registró evidencia estadística significativa solo para especie (*L. procera* y *V. gradis*) con un P valor inferior al 1%. El modelo presenta un coeficiente de variación de 9,61%.

Tabla 7. Análisis de varianza de la densidad saturada (g/cm^3)

F.V	GL	SC	CM	F	P valor
Especie	1	0.25	0.2486	23.01	0.00001**
Niveles	2	0.01	0.0039	0.36	0.70000 ^{NS}
Secciones	2	0.05	0.0274	2.53	0.09000 ^{NS}
Especie*Niveles	2	0.01	0.0065	0.6	0.55000 ^{NS}
Especie*Secciones	2	0.00004	0.00005	0.002	0.99805 ^{NS}
Niveles*Secciones	4	0.01	0.0026	0.24	0.91000 ^{NS}
Especie*Niveles*Secciones	4	0.0026	0.0007	0.06	0.99000 ^{NS}
Error	72	0.78	0.0108		
Total	89	1.12			

C.V (%): 9,61%; **: altamente significativo; NS: no significativo; SC: Suma de cuadrados; GL: Grados de libertad; CM: cuadrado medio.

Al contrastar que hay diferencias estadísticas en el factor especie, se realizó la prueba de comparación de medias de esta variable, donde la especie *P. procera* presento ser superior estadística y numéricamente a la especie *V. grandis* con un promedio de 1,13g/cm^3.

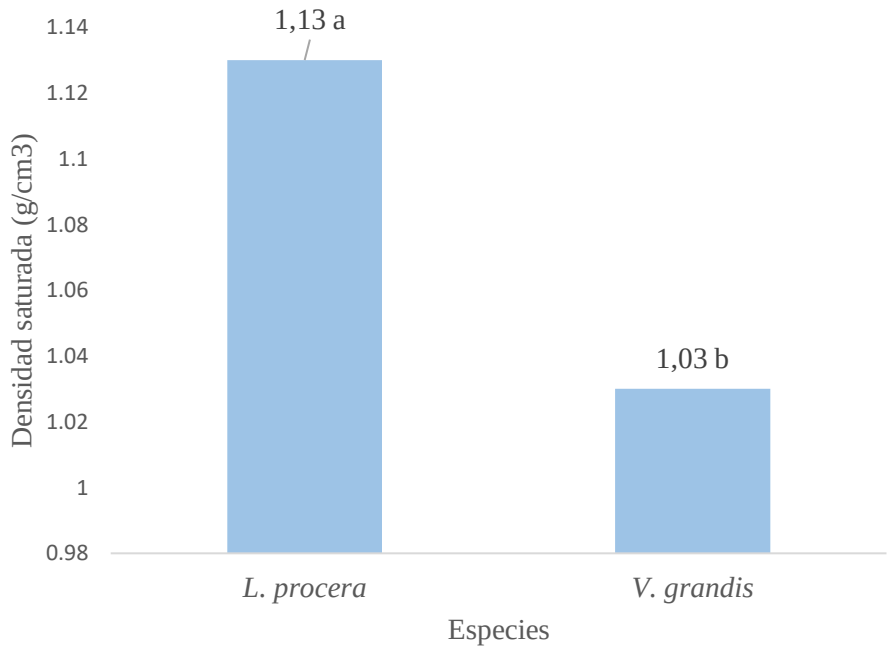

Figura 5. Prueba de comparación de medias de la densidad saturada en dos especies

Mientras con respecto a las probetas obtenidas de los niveles de altura (base, medio y ápice) no presentaron diferencias estadísticas siendo similar en los tres niveles de altura, sin embargo, el nivel que fue mayor en valores numéricos fue el nivel medio con 1,09g/cm^3.

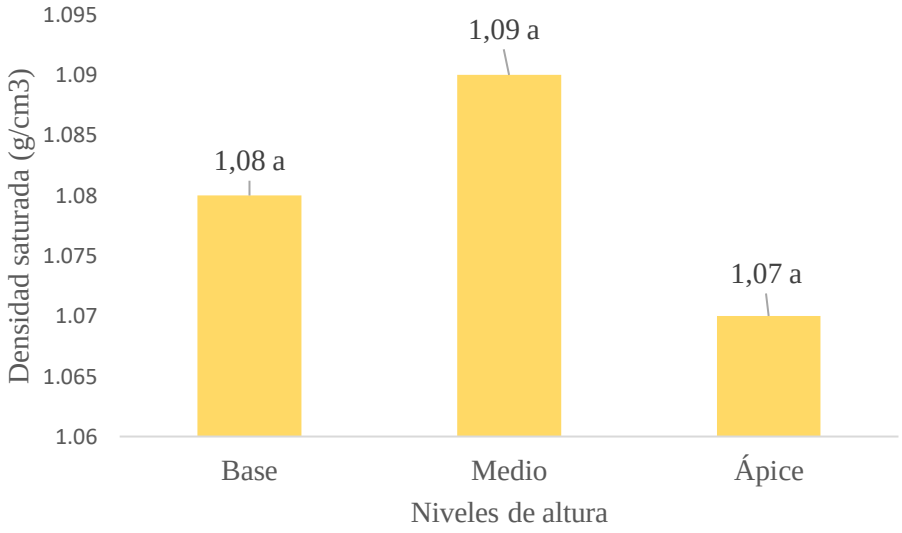

Figura 6. Prueba de comparación de medias de la densidad saturada en tres niveles de altura

De igual manera, se comportó la densidad saturada de las probetas obtenidas en las secciones transversales (interno, centro y externo) donde numéricamente fue superior en la sección externo con un promedio de 1,11g/cm^3, seguido por el centro con 1,08g/cm^3 y interno con 1,05g/cm^3.

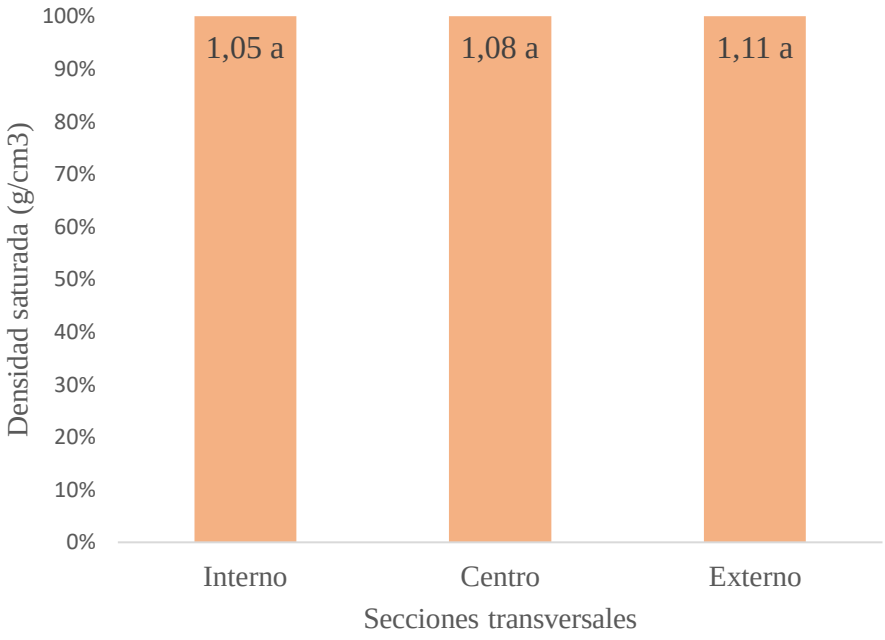

Figura 7. Prueba de comparación de medias de la densidad saturada en secciones transversales

Como se observa en la figura 7, el comportamiento de la densidad saturada de las probetas obtenidas en las secciones transversales (interno, centro y externo) donde numéricamente fue superior en la sección externo con un promedio de 1,11g/cm^3, seguido por el centro con 1,08g/cm^3 e interno con 1,05g/cm^3.

En ese contexto, Moya y Tenorio (2013) en su investigación de las propiedades físicas de la especie *Vochysia guatemalensis* como parte de su investigación sobre especies forestales en Costa Rica. Encontraron que la densidad verde fue de 0,75g/cm^3, un valor inferior al obtenido en el presente estudio.

Desde otro punto, en estudios en diferentes especies forestales Anquise *et al.* (2020) en su estudio de la especie *Vochysia kosnipatae* en Puno. En los resultados obtuvo en la densidad normal 0,84 g/cm^3; asimismo, Moya y Tenorio (2013) obtuvo para la especie *Vochysia guatemalensis* con una densidad verde de 0,75g/cm^3, *Terminalia oblonga* con una densidad verde de 0,95g/cm^3; de la misma forma, Moya *et al.* (2009) obtuvo para la especie *Terminalia amazonia* una densidad de 8,71kg/m^3; para la especie *Vochysia guatemalensis* una densidad de 3,38kg/m^3; para la especie *Hyeronima alchorneoides* una densidad de 4,44kg/m^3; también, Porta (2019) para la especie *Brosimum utile* , obtuvo en la densidad saturada en la base 0,88g/cm^3, y en el ápice 0,94g/cm^3, en el eje transversal exterior 0,92g/cm^3, y eje transversal interior 0,88g/cm^3; por último, el autor Cachique (2014) para la especie *Guazuma ulmlfolia*.

Los promedios de la densidad saturada fue 0,64g/cm^3; dichos resultados de los autores mencionados anteriormente son inferiores a los resultados de investigación realizada.

En conclusión, la variación existente en los resultados de los autores con referencia a los de la investigación realizada se dan posiblemente a las características del lugar (topografía, clima, entre otras), además de influenciar directamente la especie en estudio y la edad de esta; también entre los factores que influyen se encuentran la porción de madera temprana y tardía, la dispersión de los anillos de crecimiento, espesor de pared, tipo y diámetro de células.

4.2.2. Densidad anhidra

Con respecto a la densidad anhidra, en la Tabla 8, se muestra el análisis de varianza de esta variable en estudio, donde solo evidenciaron diferencias altamente significativas para el factor especie y secciones con un p valor menores al 1%, registrándose diferencias entre los niveles de los factores ya mencionados, el modelo presenta un coeficiente de variación de 8,43%.

Tabla 8. Análisis de varianza de la densidad anhidra (g/cm^3)

F.V	GL	SC	CM	F	P valor
Especie	1	1.2579	1.2579	450.85	0.0000**
Niveles	2	0.0109	0.0054	1.95	0.1500^{NS}
Secciones	2	0.1696	0.0848	30.39	0.0000**
Especie*Niveles	2	0.0009	0.0005	0.17	0.846 ^{NS}
Especie*Secciones	2	0.0263	0.0131	4.71	0.412 ^{NS}
Niveles*Secciones	4	0.0029	0.0007	0.26	0.902 ^{NS}
Especie*Niveles*Secciones	4	0.0085	0.0021	0.76	0.556 ^{NS}
Error	72	0.2009	0.0028		
Total	89	1.6778			

C.V (%): 8,43%; **: altamente significativo; NS: no significativo; SC: Suma de cuadrados; GL: Grados de libertad; CM: cuadrado medio.

De acuerdo con la figura 8, se presenta la prueba de comparación de medias de la densidad anhidra (g/cm^3) en dos especies, donde para la especie *L. procera* resulta una media

de 0,74g/cm^3 siendo superior estadística y numéricamente a comparación de la especie *V. grandis* que presenta una media de 0,51g/cm^3.

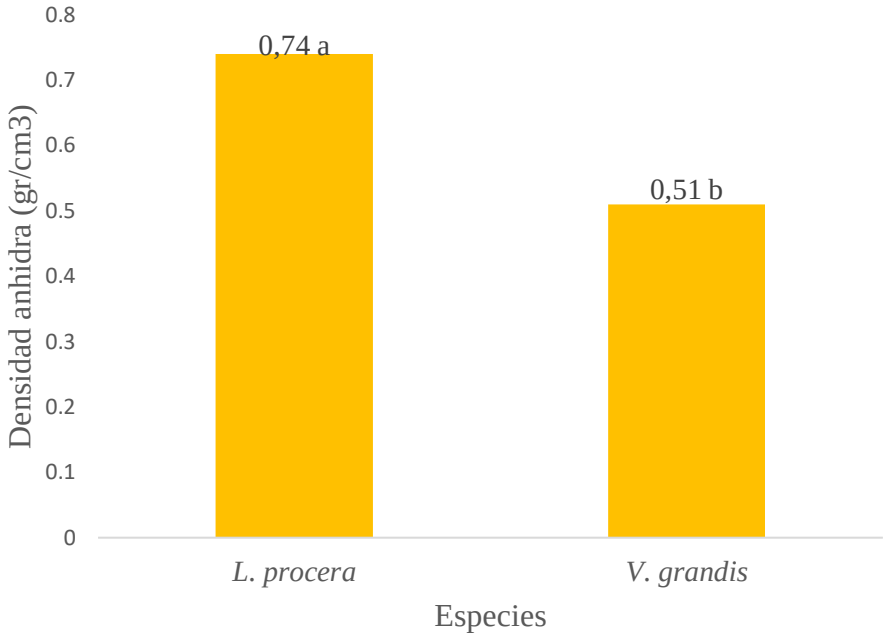

Figura 8. Prueba de comparación de medias de la densidad anhidra en dos especies

En la figura 9, mediante la comparación de medias de la densidad anhidra (g/cm^3) en los tres niveles de altura, se presenta en el nivel ápice como superior estadística y numéricamente con una media de 0,64g/cm^3 en comparación de los demás niveles de altura.

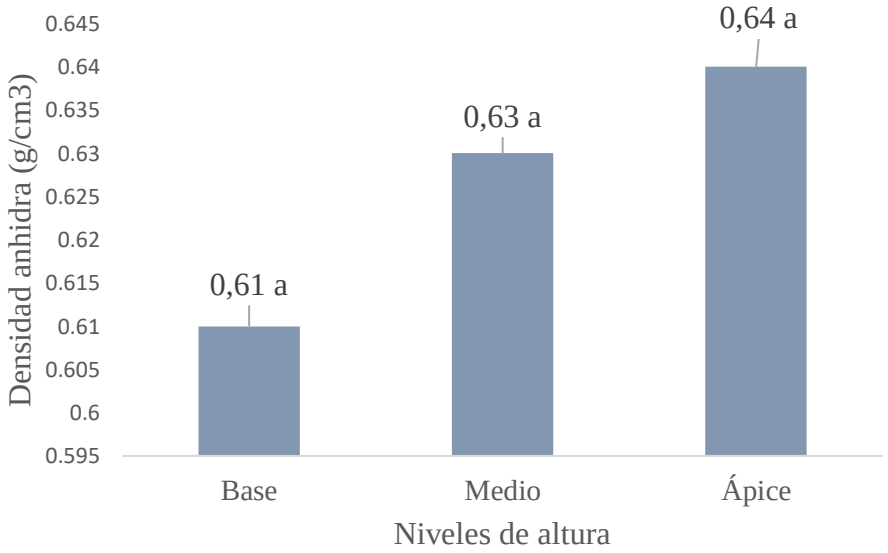

Figura 9. Prueba de comparación de medias de la densidad anhidra en tres niveles de altura

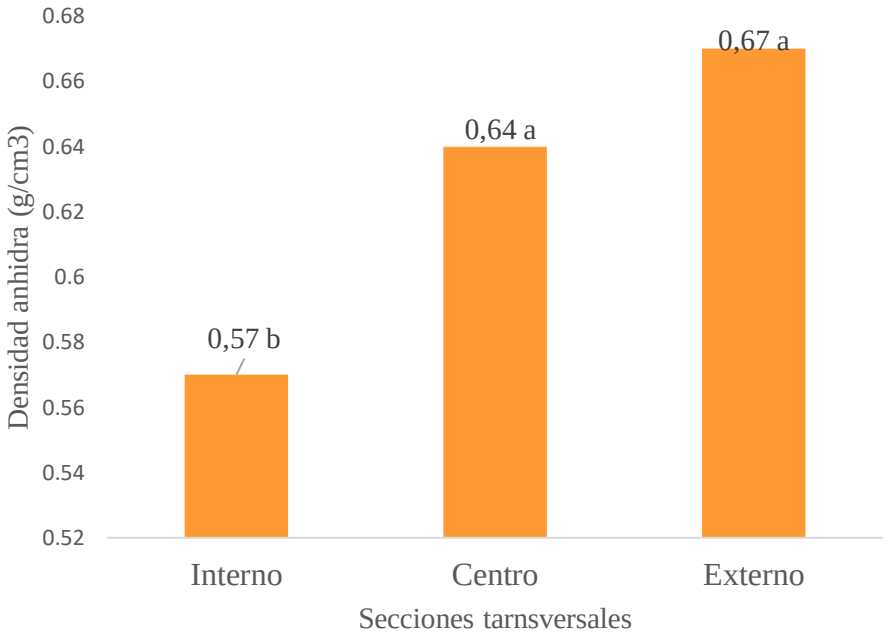

Figura 10. Prueba de comparación de medias de la densidad anhidra en secciones transversales

Para la figura 10 en la prueba de comparación de medias de la densidad anhidra (g/cm^3) en secciones transversales, donde la sección externa presento una media de 0,67g/cm^3 siendo superior estadística y numéricamente a comparación de la sección interno con una media de 0,57g/cm^3.

En este contexto, Moya et al. (2010) encontraron una densidad anhidra de 0,36 g/cm3 en estudios de la especie *Vochysia guatemalensis*. En otra perspectiva, Vilcayauri (2009) investigó las características físicas de *Simarouba amara* en Pucallpa, obteniendo resultados para la densidad anhidra en el nivel de altura base de 0,37g/cm^3, nivel medio 0,37g/cm^3 y nivel ápice 0,40g/cm^3. Asimismo, Fasanando (2023) estudió las propiedades físicas de *Simarouba amara* en Pucallpa, con resultados para la densidad anhidra en el nivel base de 0,38g/cm^3 y en el nivel ápice 0,38g/cm^3, mostrando discrepancias con los resultados de esta investigación. En la misma línea, Torres (2010) examinó las propiedades físicas de *Copaifera paupera* en Ucayali, encontrando en la densidad anhidra valores en la base de 0,64g/cm^3, en el medio de 0,60g/cm^3 y en el ápice de 0,58g/cm^3. Además, Porta (2019) estudió las propiedades físicas de *Brosimum utile* a lo largo y ancho del fuste, obteniendo para la densidad anhidra en la base 0,58 g/cm^3 y en el ápice 0,61g/cm^3. En el eje transversal exterior fue de 0,60g/cm^3, mientras que en el eje transversal interior fue de 0,56g/cm^3, siendo estos valores inferiores en comparación con esta investigación.

En resumen, los diversos valores de los autores mencionados se deben posiblemente a la especie estudiada, y las características del lugar; además de ser influenciado por la porción de madera temprana y tardía, distribución de anillos de crecimiento, las fibras, también por el contenido de extraíbles.

4.2.3. Densidad básica

En la Tabla 9 se muestra el análisis de varianza (ANVA) al 95% de nivel de confianza con respecto a la densidad básica (g/cm^3), donde se registró diferencias altamente significativamente para el factor especie y secciones transversales con un p valor de 0,0000, lo que indica que al menos un nivel de cada factor es distinto al otro, del mismo modo para los niveles de altura se evidencio diferencias estadísticas significativa, mientras la interacciones no presentaron diferencias estadísticas. El modelo presenta un coeficiente de variación de 7,59%.

Tabla 9. Análisis de varianza de la densidad básica (g/cm^3)

F.V	GL	SC	CM	F	P valor
Especie	1	0.7803	0.7803	485.31	0.0000**
Niveles	2	0.0115	0.0057	3.57	0.0332*
Secciones	2	0.1708	0.0854	53.12	0.00000**
Especie*Niveles	2	0.0009	0.0005	0.28	0.7546^{NS}
Especie*Secciones	2	0.0106	0.0053	3.29	0.0430^{NS}
Niveles*Secciones	4	0.001	0.0002	0.15	0.9615^{NS}
Especie*Niveles*Secciones	4	0.0053	0.0013	0.83	0.5117^{NS}
Error	72	0.1158	0.0016		
Total	89	1.0961			

C.V (%): 7.59%; *: significativo; **: altamente significativo; NS: no significativo; SC: Suma de cuadrados; GL: Grados de libertad; CM: cuadrado medio.

En la tabla 10, se realizó un análisis de varianza para los efectos simples de la densidad básica (g/cm^3) considerando la interacción entre especies y secciones. Se observaron diferencias estadísticamente significativas a un nivel muy alto de significancia (p-valor de 0,0001) en todas las secciones para las especies consideradas en las secciones transversales interna, central y externa. Por otro lado, se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas (p-valor

de 0,0001), siendo este valor inferior al 1%, en las secciones de las especies *L. procera* y *V. grandis.*

Tabla 10. Análisis de varianza de los efectos simples de la densidad básica de la interacción de especies * secciones

Fuente de variación	Densidad básica		
	GL	CM	P valor
Efectos simples de especies en secciones			
Especies en interno	1	0.24	0.0001**
Especies en centro	1	0.35	0.0001**
Especies en externo	1	0.2	0.0001**
Efectos simples de secciones en especies			
Secciones en *L. procera*	2	0.04	0.0001**
Secciones en *V. grandis*	2	0.05	0.0001**

**: altamente significativo; *: Significativo NS: no significativo; GL: Grados de libertad; CM: cuadrado medio.

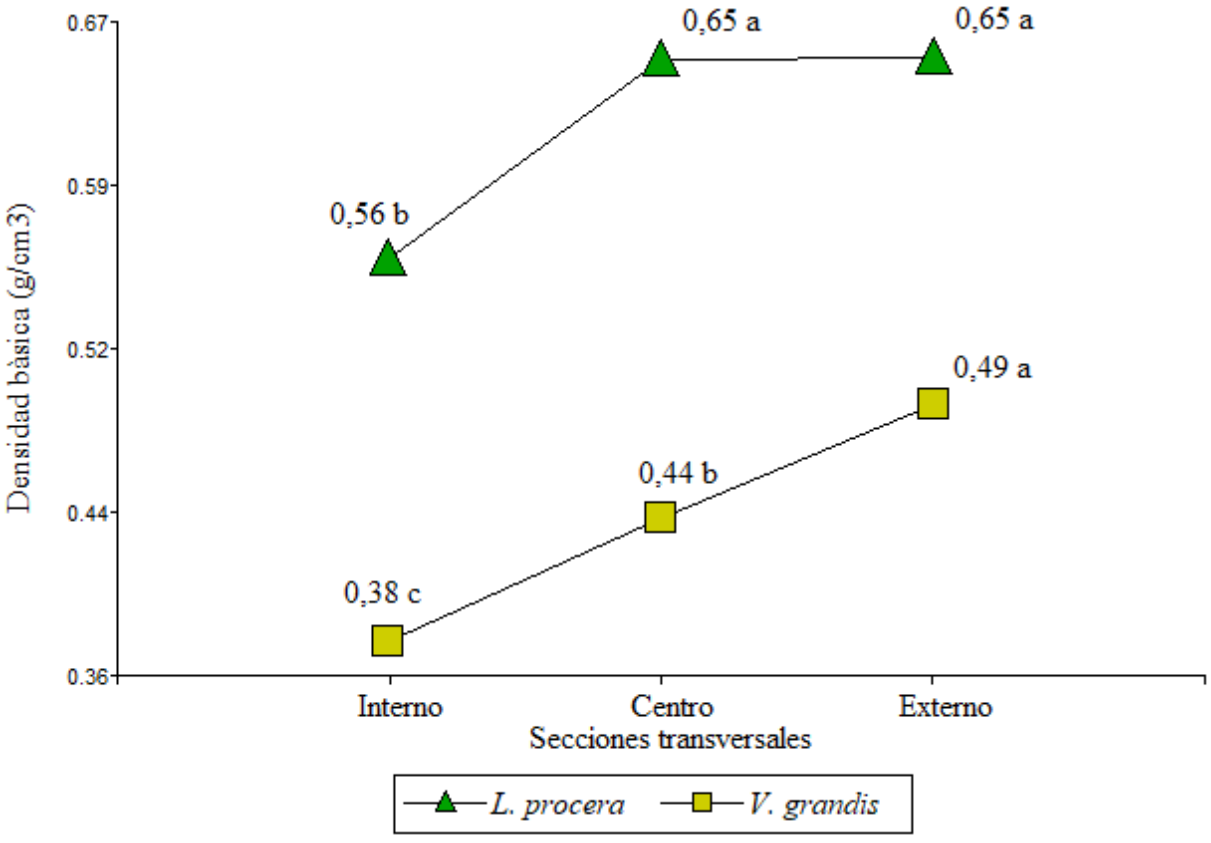

Figura 11. Prueba de comparación de medias de los efectos simples de especies en secciones

En la Figura 11 se muestra la prueba de comparación de promedios concerniente a la densidad básica (g/ cm^3) de probetas obtenidas en las secciones transversales del fuste (interno, centro y externo). Donde la especie *L. procera* presenta una media de 0,65 g/ cm^3 en la sección externo siendo superior estadística y numéricamente a las demás; Por el contrario, para la especie *V. grandis*, la media en la sección externa es de 0,49g/cm^3, siendo superior tanto estadística como numéricamente con respecto a las demás secciones transversales.

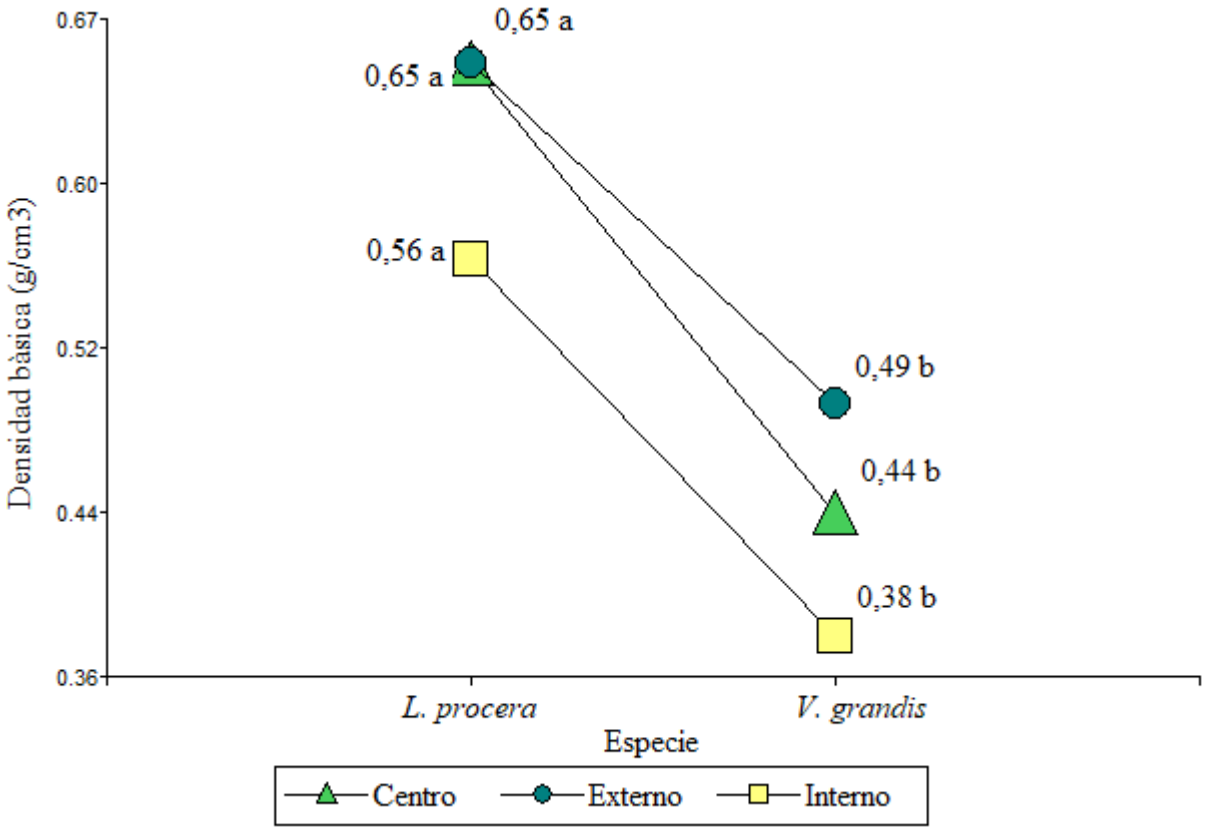

Figura 12. Prueba de comparación de medias de los efectos simpes de la densidad básica de secciones en especies

Para la figura 12, mediante la prueba de comparación de media de los efectos simples de la densidad básica (g/ cm^3) de secciones en especies. Donde la sección externa en la especie *L. procera* presenta una media 0,65 g/ cm^3 que resulta superior estadística y numéricamente; en otro sentido, la sección externo en la especie *V. grandis* presento una media de 0,49 g/ cm^3 que resulta superior estadística y numéricamente.

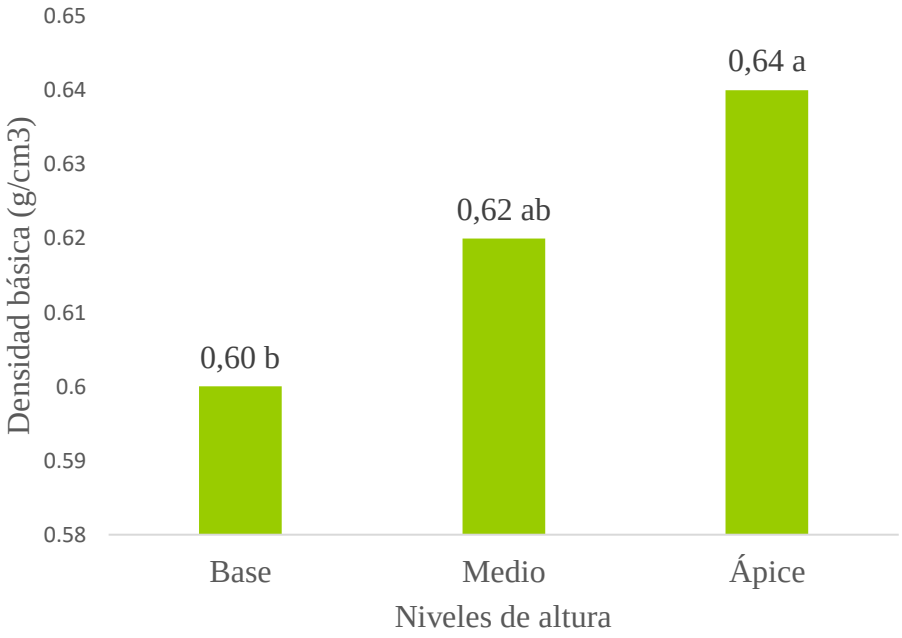

Figura 13. Prueba de comparación de medias de la densidad básica en tres niveles de altura de *L. procera*

Cuando se analiza de manera independiente el segundo factor, que son los niveles de altura (base, medio y ápice) en *L. procera*, la Figura 13 exhibe la prueba de comparación de medias. En dicha figura, se observa que las probetas obtenidas del ápice y del medio fueron estadísticamente superiores, con valores promedio de 0,64 m^3 y 0,62g/cm^3, respectivamente, en comparación con las obtenidas de la base.

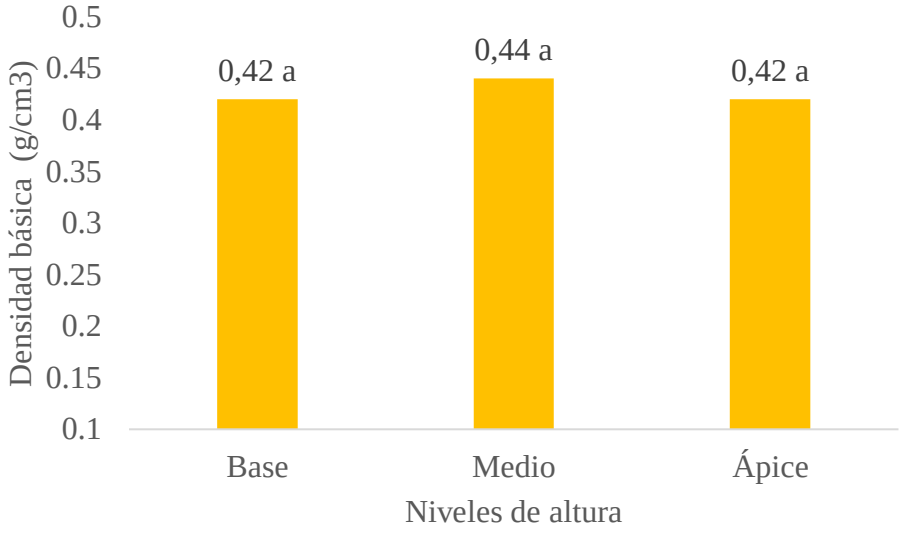

Figura 14. Prueba de comparación de medias de la densidad básica en tres niveles de altura de *V. grandis*

De igual manera en la Figura 14, se muestra la comparación de medias de niveles de altura de la densidad básica en la especie *V. grandis*, donde no se registró diferencias estadísticas; sin embargo numéricamente fue superior en el nivel del ápice y medio con valores promedios de 0,44 g/cm^3.

Con respecto a lo anterior, en estudios de diferentes especies forestales los autores Anquise *et al.* (2020) al estudiar las propiedades físicas de la especie *Vochysia kosnipatae* en Puno. En los resultados de nuestra investigación, se obtuvo una densidad básica de 0,38 g/cm^3, valor que difiere de otras investigaciones. Por ejemplo, Moya et al. (2010), al estudiar las propiedades físicas de la especie *Vochysia guatemalensis*, encontraron una densidad básica de 0,88 g/cm^3. Del mismo modo, Vilcayauri (2009), al investigar las características físicas de la especie *Simarouba amara* en Pucallpa, reportó valores para la densidad básica en el nivel de altura base de 0,35g/cm^3, medio de 0,35g/cm^3 y ápice de 0,38g/cm^3. Además, Fasanando (2023), en su estudio sobre las propiedades físicas de la especie *Simarouba amara* en Pucallpa, encontró valores de densidad básica de 0,32g/cm^3 en el nivel base y 0,3 g/cm^3 en el nivel ápice.

En este sentido, en otras investigaciones el autor Porta (2019) para la especie *Brosimum utile*, en los resultados en la densidad básica en la base 0,51g/cm^3, en el ápice 0,54g/cm^3, en el eje transversal exterior 0,54g/cm^3, eje transversal inferior 0,49g/cm^3; asimismo, Cachique (2014) en la especie *Guazuma ulmlfolia*, los resultados se obtuvo una densidad básica 0,42g/cm^3, valores que difieren con nuestro estudio realizado.

En resumen, la variación de los valores en las investigaciones mencionadas se debe posiblemente a la especie y su edad, además del desarrollo y crecimiento de los anillos de crecimiento, y la porción de madera temprana y tardía que existe en su composición, inclinación y dimensión de las fibras, también el contenido de extraíbles presente.

4.3. Contracciones

4.3.1. Contracción tangencial (%)

Como se evidencia en la tabla 11, en el análisis de varianza de la contracción tangencial (%), las fuentes de variación "especie", "especie*secciones" exhibe diferencias altamente significativas, con un p-valor de 0,001, inferior al 1%. Esto sugiere que al menos dos tratamientos difieren significativamente de los demás. Por otro lado, las fuentes de variación "niveles", "secciones", "especie*niveles", "niveles*secciones" y "especie*niveles*secciones"

no presentan diferencias estadísticas significativas, con p-valores superiores al 5%. Se observa un coeficiente de variación del 15,70%.

Tabla 11. Análisis de varianza de la contracción tangencial (%)

F.V	GL	SC	CM	F	P valor
Especie	1	41.2	41.2	12.13	0.001**
Niveles	2	6.43	3.21	0.95	0.393^{NS}
secciones	2	1.74	0.87	0.26	0.775 ^{NS}
Especie*Niveles	2	1.64	0.82	0.24	0.786 ^{NS}
Especie*secciones	2	50.41	25.21	7.42	0.001**
Niveles*secciones	4	6.8	1.7	0.5	0.735 ^{NS}
Especie*Niveles*secciones	4	10.62	2.66	0.78	0.541 ^{NS}
Error	72	244.5	3.4		
Total	89	363.34			

C.V (%): 15,70%; **: altamente significativo; NS: no significativo; SC: Suma de cuadrados; GL: Grados de libertad; CM: cuadrado medio.

Para la tabla 12 en el análisis de los efectos simples de la interacción de especies*secciones, donde para la fuente de variación especies en la sección interno presenta diferencias altamente significativamente con un p-valor (0,0001), para especies en la sección centro y externo no se presentan diferencias estadísticas significativas; por otro lado, para la fuente de variación de secciones en especies *L. procera* y *V. grandis* donde presentan diferencias estadísticas significativas con un p-valor (0,0187, 0,0284) resultando inferior al 5%.

Tabla 12. Análisis de los efectos simples de la interacción de especies * secciones

Fuente de variación	contracción tangencial		
	GL	CM	P valor
Efectos simples de especies en secciones			
Especies en interno	1	89.17	0.0001**
Especies en centro	1	2.43	0.361^{NS}
Especies en externo	1	0.01	0.9513 ^{NS}
Efectos simples de secciones en especies			
Secciones en *L. procera*	2	9.96	0.0187*
Secciones en *V. grandis*	2	16.12	0.0284*

**: altamente significativo; *: Significativo NS: no significativo; GL: Grados de libertad; CM: cuadrado medio.

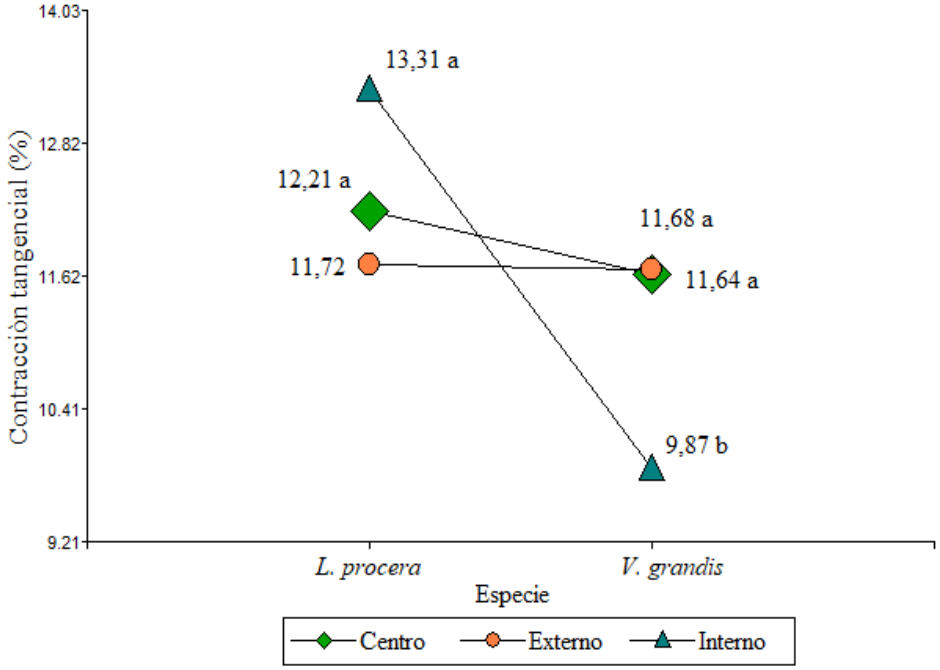

Figura 15. Prueba de comparación de medias de los efectos simples de las especies en secciones transversales

Para la figura 15 mediante la prueba de comparación de medias de los efectos simples de las especies en secciones transversales, donde la especie *L. procera* presenta una media de 13,31 % en la sección transversal interno resultando superior estadística y numéricamente con respecto a las demás secciones; por otro lado, la especie *V. grandis* presenta una media de 11,68 % para las secciones transversales centro y externo siendo superior en comparación con la sección trasversal interno.

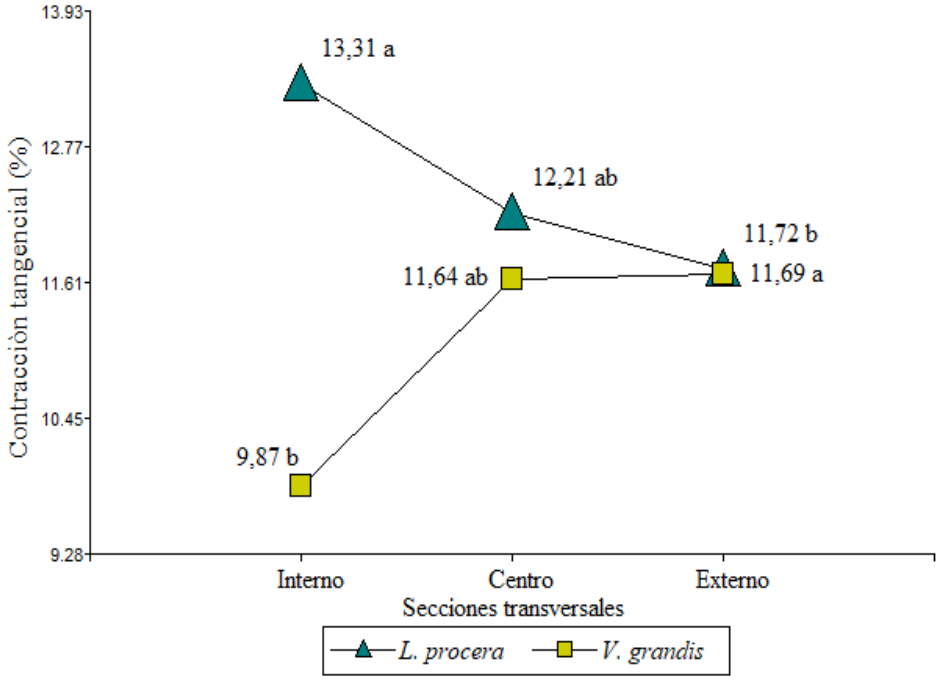

Figura 16. Prueba de comparación de medias de los efectos simples de las secciones transversales en las especies

Como se observa en la figura 16 mediante la prueba de medias de los efectos simples de las secciones transversales en las especies, donde en la sección transversal interno la especie *L. procera* es estadística y numéricamente superior con una media de 13,31 % , para la sección transversal centro la especie *L. procera* es estadística y numéricamente superior con una media 12,21 % y por último, la sección transversal externo en la especies *V. grandis* es superior estadística y numéricamente con una media de 11,72 %.

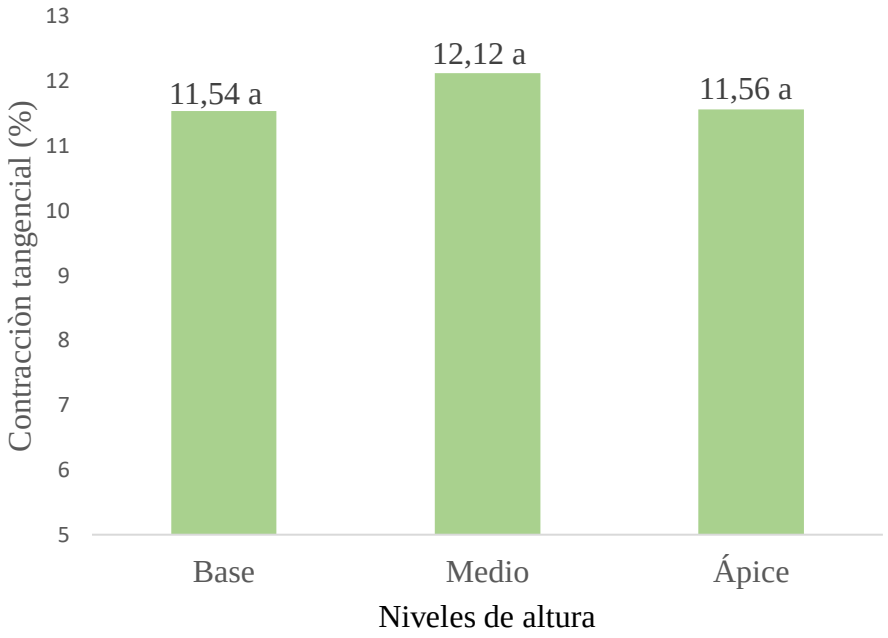

Figura 17. Prueba de comparación de medias de la contracción tangencial en tres niveles de altura

En la figura 17, se aprecia la comparación de las medidas de contracción tangencial (%) en tres niveles de altura. Aunque no se identifican diferencias estadísticas significativas, es importante notar que numéricamente, el nivel de altura medio exhibe una media superior, alcanzando el 12,12%, en comparación con los otros niveles de altura.

Con relación a lo anterior, en investigaciones de especies forestales realizada, los autores Anquise *et al.* (2020) en el estudio de las caracteristicas físicas de *Vochysia kosnipatae.* En los resultados se obtuvo en la contracción tangencial 9,07 %; asimismo, Moya *et al.* (2010) para la especie *Vochysia guatemalensis.* En los resultados se obtuvo en la contracción tangencial 7,38 %; también, Vilcayauri (2009) en la especie *Simarouba amara* en Pucallpa. En los resultados se presentó en la contracción tangencial para el nivel de altura base un 4,29 %, medio 4,34 %, ápice 4,33 %, de la misma forma, Fasanando (2023) para la especie *Simarouba amara* en Pucallpa. Obtuvo en los resultados para la contracción tangencial en el nivel base 5,86 %, nivel ápice 5,42 %, resultados que difieren con los obtenido en el estudio realizado.

Asimismo, en otras investigaciones el autor Cachique (2014) determinó las caracteristicas físicas de *Guazuma ulmlfolia* en los resultados se obtuvo los promedios de la contracción tangencial 5,92%, por otro lado, el autor Porta (2019) con la finalidad de estudiar las propiedades físicas a lo largo y ancho del fuste de *Brosimum utile*, en los resultados se

obtuvo en la contracción tangencial en la base 7,25 %, en el ápice 6,67 %, en el eje transversal inferior7,33 %, eje transversal exterior 6,58 %, resultados inferiores al del estudio realizado.

En conclusión, la diferencia entre los valores de las investigaciones de los autores y la investigación realizada se debe probablemente a la especie de estudio, y directamente en influencia con la edad de la planta; además de las características del sitio como la topografía y el clima; entre sus componentes estructurales se encuentra la porción de madera temprana y tardía y los anillos de crecimiento, tamaño de fibras y el contenido de extraíbles.

4.3.2. Contracción radial (%)

En la tabla 13, se analiza la contracción radial (%) mediante un análisis de varianza con un nivel de confianza del 95%. Se destacan diferencias estadísticas altamente significativas para las fuentes de variación de especies y secciones, con un p-valor de (0,000) que es inferior al 1%. En contraste, las fuentes de variación de niveles, especie*niveles, especie*secciones, niveles*secciones, especie*niveles*secciones no revelan diferencias estadísticas significativas, ya que sus p-valores superan el 5%. El modelo exhibe un coeficiente de variación del 20,40%.

Tabla 13. Análisis de varianza de la contracción radial (%)

F.V	GL	SC	CM	F	P valor
Especie	1	34.92	34.92	38.63	0.000**
Niveles	2	0.29	0.14	0.16	0.854^{NS}
secciones	2	25.54	12.77	14.13	0.000**
Especie*Niveles	2	0.15	0.07	0.08	0.921^{NS}
Especie*secciones	2	4.2	2.1	2.32	0.105^{NS}
Niveles*secciones	4	0.87	0.22	0.24	0.914^{NS}
Especie*Niveles*secciones	4	0.38	0.1	0.11	0.980^{NS}
Error	72	65.08	0.9		
Total	89	131.43			

C.V (%): 20,40%; **: altamente significativo; NS: no significativo; SC: Suma de cuadrados; GL: Grados de libertad; CM: cuadrado medio.

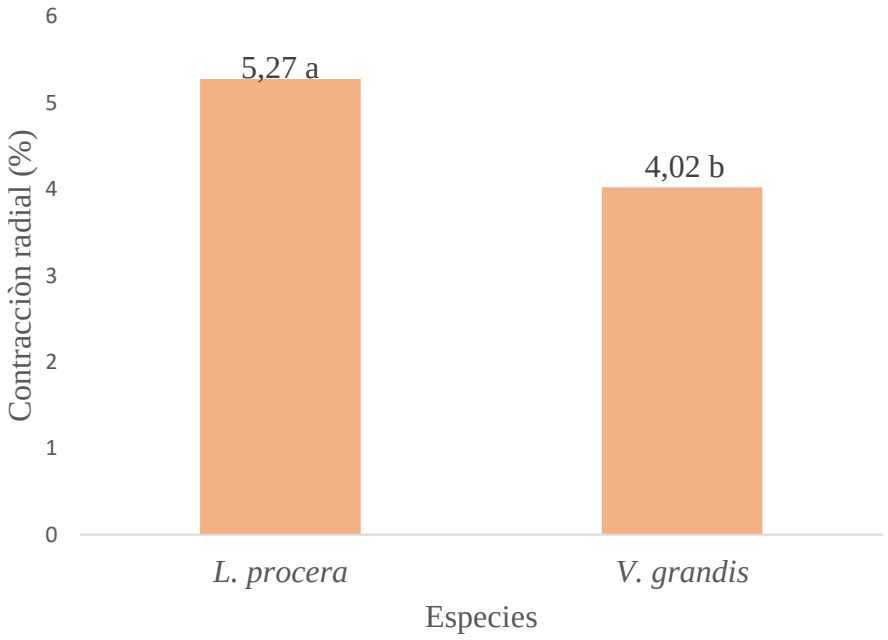

Figura 18. Prueba de comparación de medias de la contracción radial en dos especies forestales

Se observa en la figura 18 la prueba de comparación de medias de la contracción radial en dos especies forestales donde la especie *L. procera* presenta una media 5,27% siendo superior estadística y numéricamente con respecto a la especie *V. grandis* con una media de 4,02%.

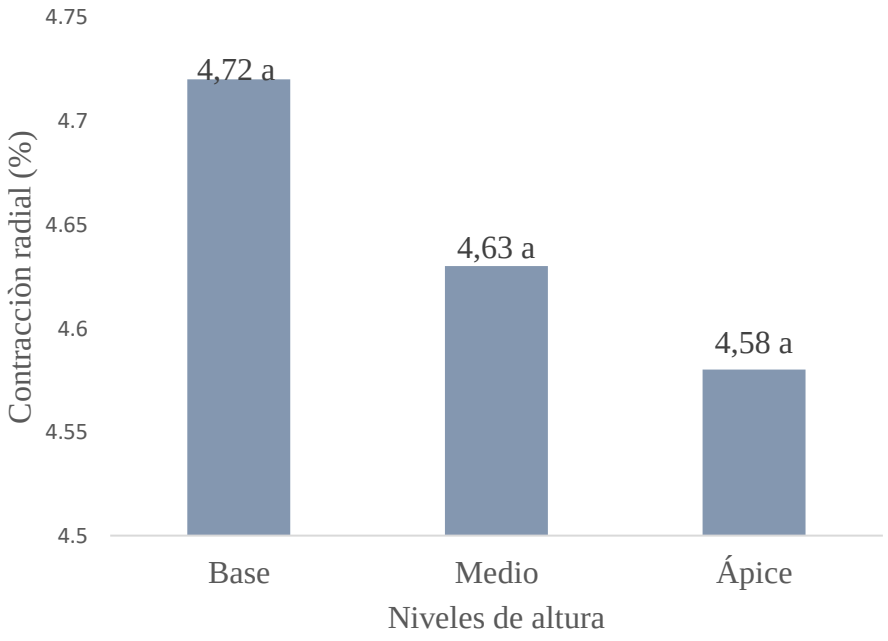

Figura 19. Prueba de comparación de medias de la contracción radial en tres niveles de altura

En la figura 19, se examina la prueba de comparación de medias de la contracción radial (%) en tres niveles de altura. No se detectan diferencias estadísticas entre ellos, aunque es importante señalar que numéricamente el nivel de altura base muestra una media superior del 4,72%, seguido por el nivel de altura medio con una media del 4,63%, y finalmente, el nivel de altura ápice presenta una media del 4,58%.

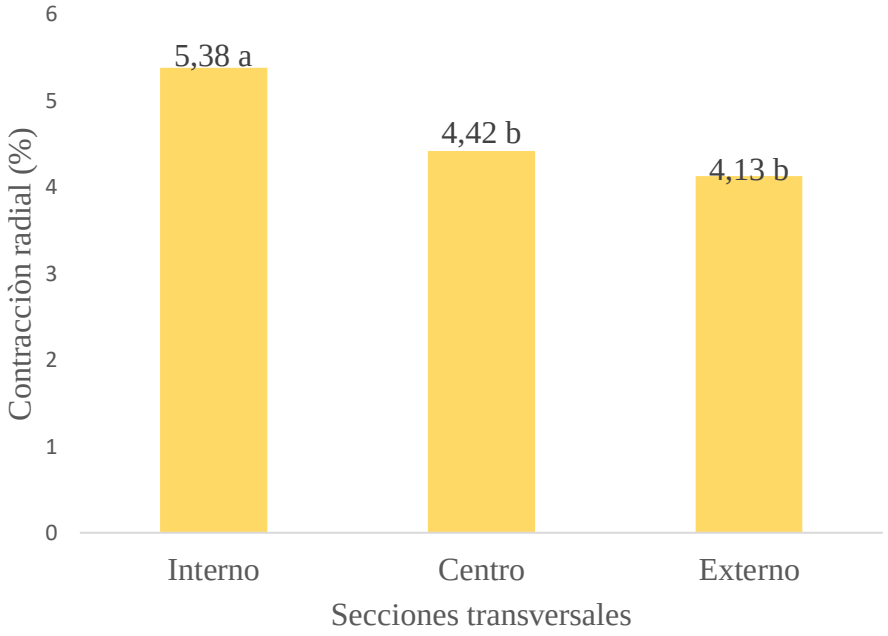

Figura 20. Prueba de comparación de medias de la contracción radial en secciones transversales

La figura 20 revela la prueba de comparación de medias de la contracción radial (%) en secciones transversales. En este análisis, se identifican diferencias estadísticas significativas, siendo la sección transversal interna numéricamente superior con una media del 5,38% en comparación con las demás secciones transversales.

En este sentido, en investigaciones de especies forestales, los autores Anquise *et al.* (2020) en su estudio de propiedades físicas de *Vochysia kosnipatae*. En los resultados se obtuvo en la contracción radial 3,79%, con resultados similares los autores Moya *et al.* (2010) en la especie *Vochysia guatemalensis.* En los resultados se obtuvo en la contracción radial 2,75%; asimismo, Vilcayauri (2009) para la especie *Simarouba amara* en Pucallpa. En los resultados se presentó en la contracción radial para el nivel de altura base un 1,42%, medio 1,72%, ápice 2,15%, con resultados semejantes el autor Fasanando (2023) en la especie *Simarouba amara* en Pucallpa. En los resultados para la contracción radial en el nivel base 3,40%, nivel ápice 3,28%; finalmente, el autor Cachique (2014) determinó las características

físicas de *Guazuma ulmlfolia*, en los resultados se obtuvo en la contracción radial 2,97 % siendo valores difieren a los resultados de la investigación realizada.

Finalizando, en los resultados de los autores se presentan valores inferiores a los de la investigación realizada, esto se debe probablemente a la especie que se tiene en estudio, la edad y las características del sitio (topografía, clima, entre otras), además de ser influenciado por los componentes estructurales de la madera.

4.3.3. Contracción longitudinal (%)

En cuanto a la contracción longitudinal (%), al realizar el análisis de varianza, se observan diferencias estadísticas altamente significativas en la fuente de variación "especie", con un p-valor de 0,000, que es inferior al 1%. Esto indica que hay una diferencia significativa entre al menos dos especies. Por otro lado, las fuentes de variación "niveles", "secciones", "especie*niveles", "especie*secciones", "niveles*secciones" y "especie*niveles*secciones" no revelan diferencias estadísticas significativas, ya que los p-valores son superiores al 5%. El modelo presenta un coeficiente de variación del 38,26%.

Tabla 14. Análisis de varianza de la contracción longitudinal (%)

F.V	GL	SC	CM	F	P valor
Especie	1	0.6	0.6	30.03	0.000**
Niveles	2	0.07	0.036	1.82	0.169^{NS}
secciones	2	0.01	0.003	0.15	0.864^{NS}
Especie*Niveles	2	0.06	0.029	1.43	0.246^{NS}
Especie*secciones	2	0.01	0.005	0.27	0.763^{NS}
Niveles*secciones	4	0.09	0.023	1.14	0.345^{NS}
Especie*Niveles*secciones	4	0.16	0.04	2.00	0.103^{NS}
Error	72	1.44	0.02		
Total	89	2.44			

C.V (%): 38,26%; **: altamente significativo; NS: no significativo; SC: Suma de cuadrados; GL: Grados de libertad; CM: cuadrado medio.

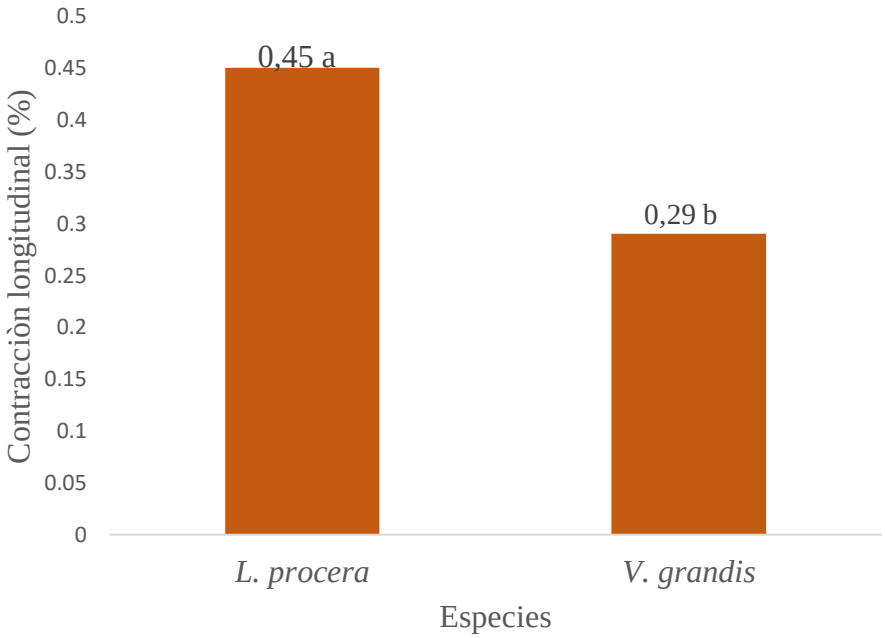

Figura 21. Prueba de comparación de medias de la contracción longitudinal en dos especies forestales

Se observa en la figura 21 mediante la prueba de comparación de medias de la contracción longitudinal en dos especies, donde se registran diferencias estadísticas significativas, presentado la especie *L. procera* con una media 0,45% siendo superior numéricamente con respecto a la especie *V. grandis* con una media de 0,29%.

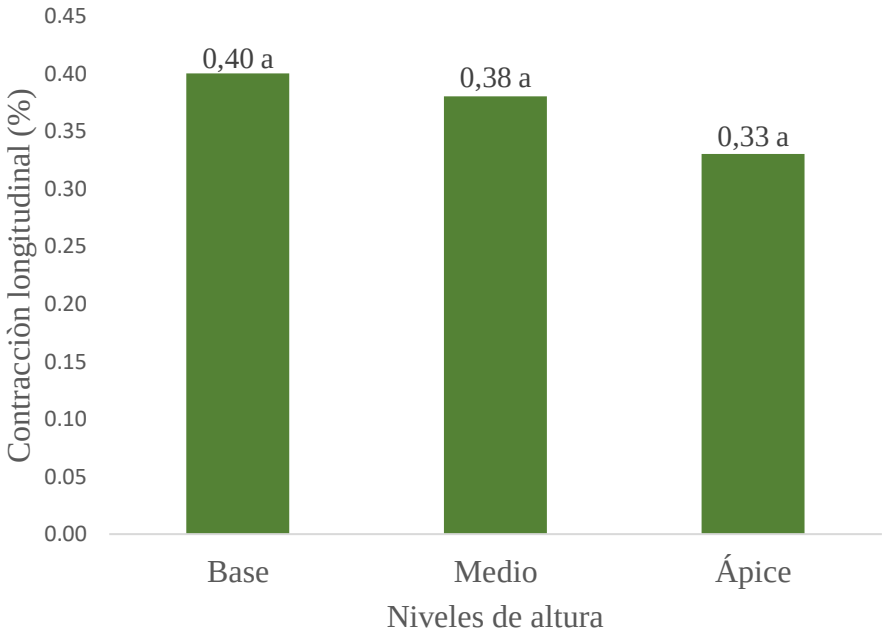

Figura 22. Prueba de comparación de medias de la contracción longitudinal en tres niveles de altura

En la figura 22, se presenta la comparación de medias de la contracción longitudinal (%) en tres niveles de altura. Aunque no se evidencian diferencias estadísticas significativas, es importante destacar que, numéricamente, el nivel de altura base exhibe una media superior del 0,40% en relación con los demás niveles.

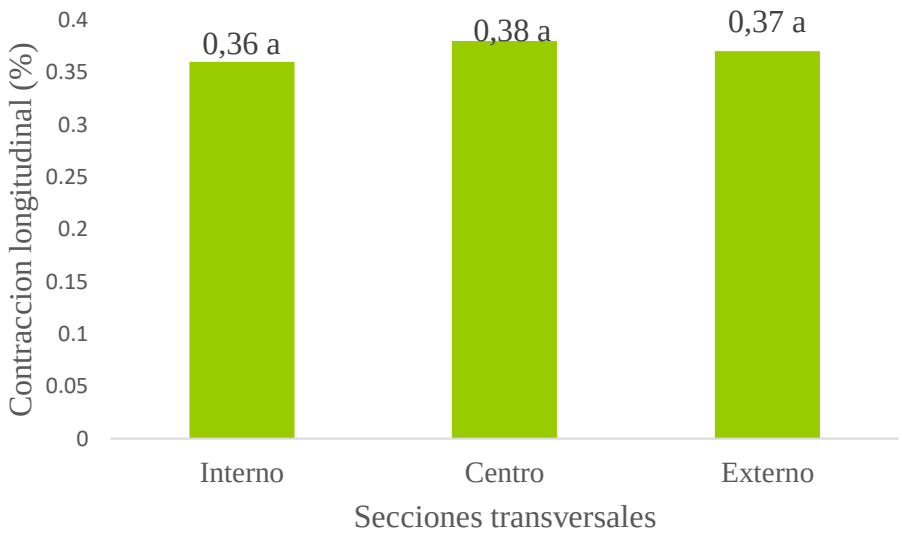

Figura 23. Prueba de comparación de medias de la contracción radial en secciones transversales

En la figura 23 se presenta el contraste de medias de la contracción longitudinal (%) en las secciones transversales donde no se registran diferencias estadísticas significativas, no obstante, la sección transversal centro es superior numéricamente con una media de 0,38% con referencia a las demás secciones transversales.

Con respecto a lo anterior, los autores Anquise *et al.* (2020) en el estudio de las características físicas de la especie *Vochysia kosnipatae* en Puno. En los resultados se obtuvo en la contracción longitudinal 2,40%, con resultados inferiores el autor Vilcayauri (2009) en la especie *Simarouba amara* en Pucallpa. En los resultados se presentó en la contracción longitudinal para el nivel de altura base un 0,19%, medio 0,18%, ápice 0,20%, resultados que son similares al de la investigación realizada, igualmente, el autor Fasanando (2023) en la especie *Simarouba amara* en Pucallpa. En los resultados para la contracción longitudinal en el nivel base 0,45%, nivel ápice 0,36%; similarmente, el autor Torres (2010) para la especie *Copaifera paupera* en Ucayali. En los resultados se presentó para la contracción longitudinal en la base 0,45%, medio 0,32, ápice 0,56% siendo valores que se asemejan a los del estudio realizado.

En resumen, los diferentes resultados de las investigaciones realizada se atribuyen probablemente a la especie y la de edad de esta, además de las condiciones del sitio donde se realiza el estudio; por otro lado, en los componentes estructurales como anillos de crecimientos, entre otros. Cabe recalcar que la contracción longitudinal es mayor en la sección interna y va disminuyendo a la parte exterior.

4.3.4. Contracción volumétrica (%)

En la tabla 15, al analizar la contracción volumétrica (%) mediante el análisis de varianza, se evidencian diferencias estadísticas altamente significativas en la fuente de variación "especie", con p-valor de (0,000). En contraste, las fuentes de variación "niveles", "secciones", "especie*niveles", "especie*secciones", "niveles*secciones", "especie*niveles*secciones" no presentan diferencias estadísticas significativas, ya que sus p-valores son superiores al 5%. El modelo exhibe un coeficiente de variación del 15,83%.

Tabla 15. Análisis de varianza de la contracción volumétrica (%)

F.V	GL	SC	CM	F	P valor
Especie	1	178.34	178.34	30.08	0.000**
Niveles	2	16.8	8.4	1.42	0.249 NS
secciones	2	39.38	19.69	3.32	0.052 NS
Especie*Niveles	2	2.19	1.09	0.18	0.832 NS
Especie*secciones	2	11.51	1.76	0.91	0.512 NS
Niveles*secciones	4	11.62	2.91	0.49	0.743 NS
Especie*Niveles*secciones	4	9.68	2.42	0.41	0.802 NS
Error	72	426.82	5.93		
Total	89	802.35			

C.V (%): 15,83%; **: altamente significativo; NS: no significativo; SC: Suma de cuadrados; GL: Grados de libertad; CM: cuadrado medio.

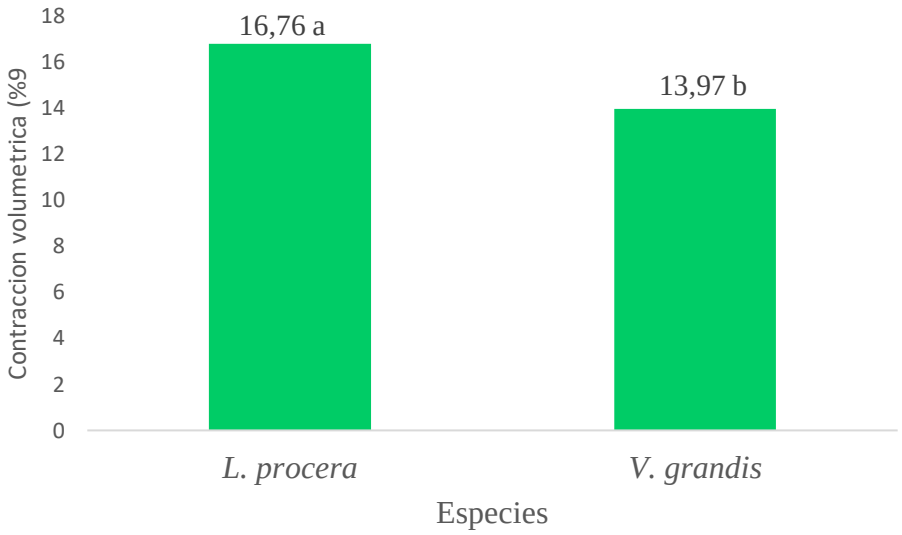

Figura 24. Prueba de comparación de medias de la contracción volumétrica en dos especies forestales

Para la figura 24 mediante la prueba de comparación de medias de la contracción volumétrica en dos especies, donde se presentan diferencias estadísticas significativas y la especie *L. procera* es superior numéricamente con una media de 16,76% en comparación con la especie *V. grandis* con una media de 13,97%.

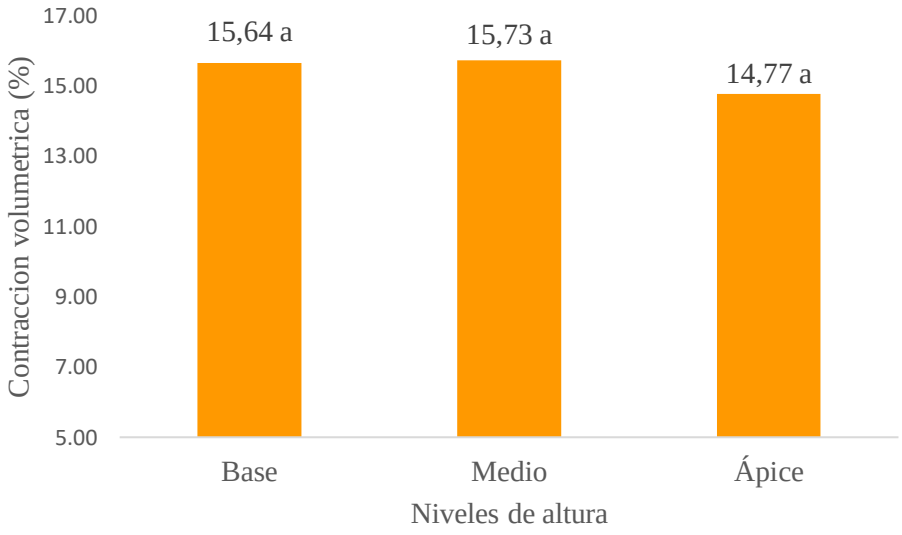

Figura 25. Prueba de comparación de medias de la contracción volumétrica en tres niveles de altura

En la Figura 25, se presenta la comparación de medias de la contracción volumétrica en tres niveles de altura. Aunque no se evidencian diferencias estadísticas significativas, es

relevante mencionar que numéricamente el nivel de altura medio exhibe una media superior del 15,73%, en comparación con los niveles de altura base y ápice.

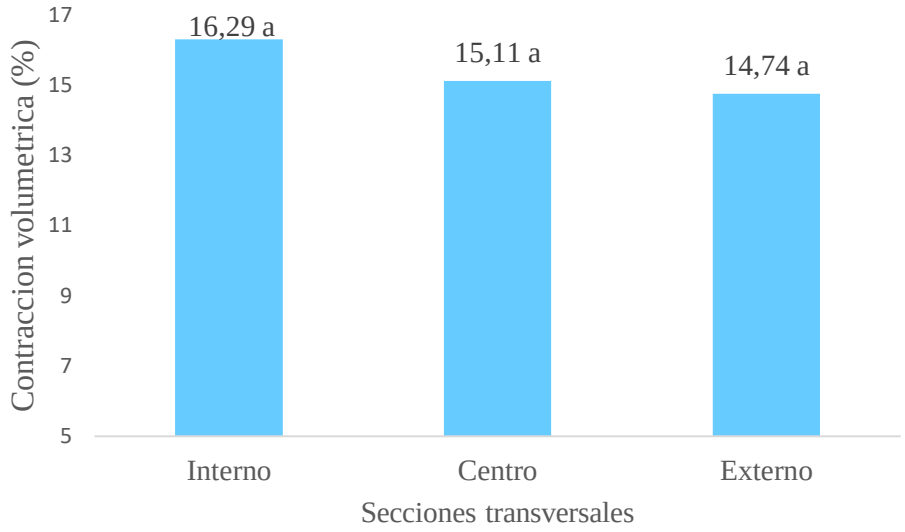

Figura 26. Prueba de comparación de medias de la contracción volumétrica en secciones transversales

Como se observa en la figura 26 mediante la comparación de medias de la contracción volumétrica en secciones transversales no se presentan diferencias estadísticas significativas, no obstante, es numéricamente superior la sección transversal interno con una media de 16,29% con referencia a las demás secciones transversales.

En este contexto, Anquise et al. (2020) llevaron a cabo una investigación acerca de las propiedades físicas de la especie *Vochysia kosnipatae* en Puno, obteniendo un resultado de contracción volumétrica del 10,24%. Resultados similares se encontraron en el estudio de Moya et al. (2010) sobre las propiedades físicas de la especie *Vochysia guatemalensis*, donde se registró una contracción volumétrica del 12,70%. Por otro lado, Vilcayauri (2009) obtuvo resultados inferiores en su investigación sobre las características físicas de la especie *Simarouba amara* en Pucallpa, con una contracción volumétrica del 6,89% en el nivel de altura base, 7,99% en el nivel medio y 7,67% en el nivel ápice. Asimismo, Fasanando (2023) registró una contracción volumétrica del 9,46% en el nivel base y 9,18% en el nivel ápice en su estudio sobre las propiedades físicas de la especie *Simarouba amara* en Pucallpa. En un estudio relacionado, Cachique (2014) determinó valores para algunas propiedades físicas de la madera de *Guazuma ulmlfolia*, obteniendo un resultado de contracción volumétrica del 8,89%, el cual fue inferior al encontrado en este estudio.

Finalmente, la diferencia entre los resultados de los autores y la investigación realizada se debe probablemente a especie en estudio principalmente, además de la edad y la condición del lugar donde se desarrolló la especie; sin embargo, factores estructurales influyen en la variable contracción volumétrica como la porción de madera temprana y tardía, los anillos de crecimiento (distribución y orden).

4.3.5. Relación T/R

En la tabla 16, se evidencian, a través del análisis de varianza con un nivel de confianza del 95% para la relación T/R (%), diferencias estadísticas altamente significativas para las fuentes de variación de especie y secciones, con p-valores de (0,001, 0,000), indicando que estos son inferiores al 1%. Por otro lado, las fuentes de variación de niveles, especie*niveles, especie*secciones, especie*niveles*secciones no revelan diferencias estadísticas significativas, ya que sus valores superan el 5%. El modelo presenta un coeficiente de variación del 21,68%.

Tabla 16. Análisis de varianza de la relación T/R (%)

F.V	GL	SC	CM	F	P valor
Especie	1	4.52	4.52	13.24	0.001**
Niveles	2	0.81	0.4	1.19	0.311^{NS}
secciones	2	8.25	4.12	12.09	0.000**
Especie*Niveles	2	0.07	0.03	0.1	0.907^{NS}
Especie*secciones	2	1.31	0.65	1.92	0.154^{NS}
Niveles*secciones	4	1.17	0.29	0.86	0.493^{NS}
Especie*Niveles*secciones	4	0.7	0.18	0.52	0.724^{NS}
Error	72	24.55	0.34		
Total	89	41.37			

C.V (%): 21,68%; **: altamente significativo; NS: no significativo; SC: Suma de cuadrados; GL: Grados de libertad; CM: cuadrado medio.

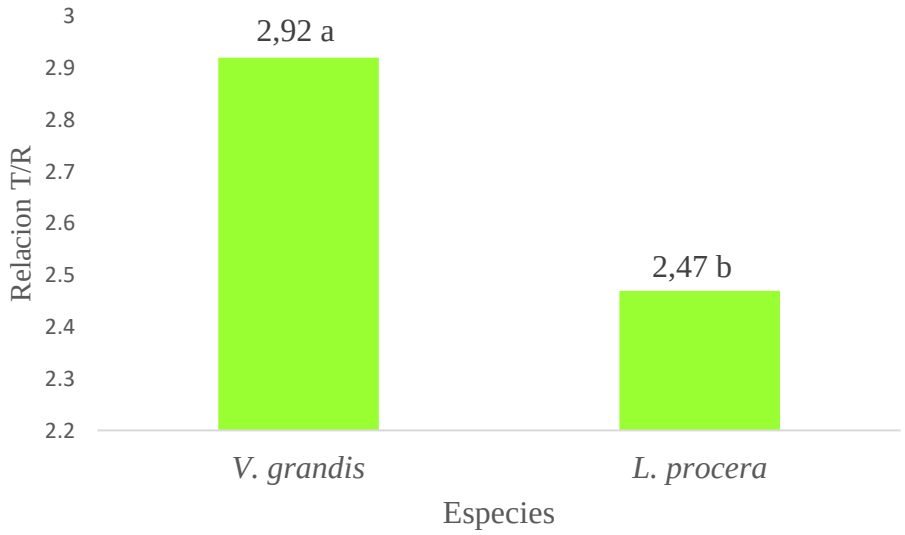

Figura 27. Prueba de comparación de medias de la relación T/R en dos especies forestales

En la figura 27 mediante la comparación de media de la relación T/R (%) en dos especies forestales se presentan diferencias estadísticas, donde la especie *V. grandis* presenta una media de 2,92% es superior numéricamente con relación a la especie *L. procera* con una media de 2,47%.

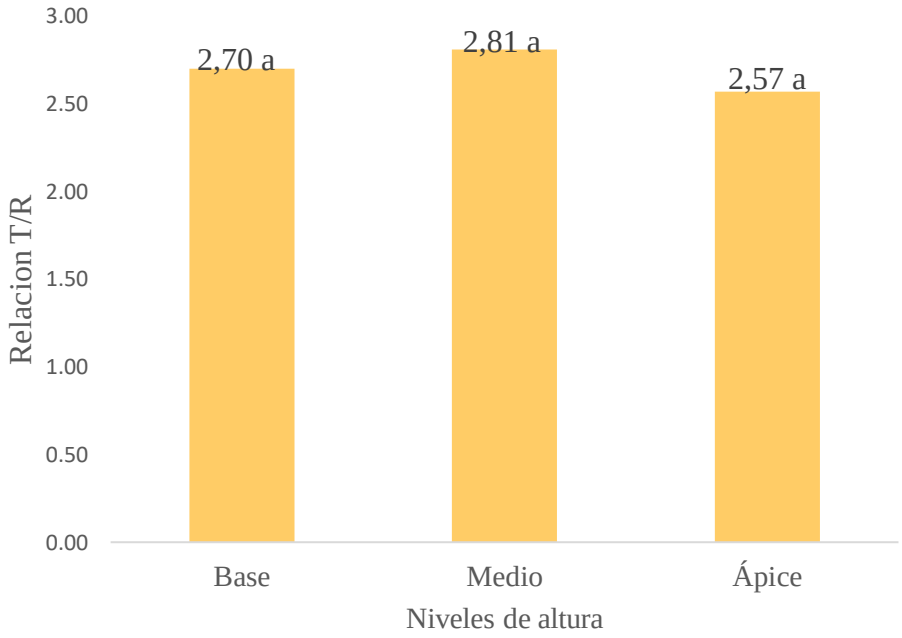

Figura 28. Prueba de comparación de medias de la relación T/R en tres niveles de altura

En la figura 28, se presenta la comparación de medias de la relación T/R (%) en tres niveles de altura. Aunque no se detectan diferencias estadísticas, es importante señalar que,

numéricamente, el nivel de altura medio muestra una media superior del 2,81% en comparación con los demás niveles.

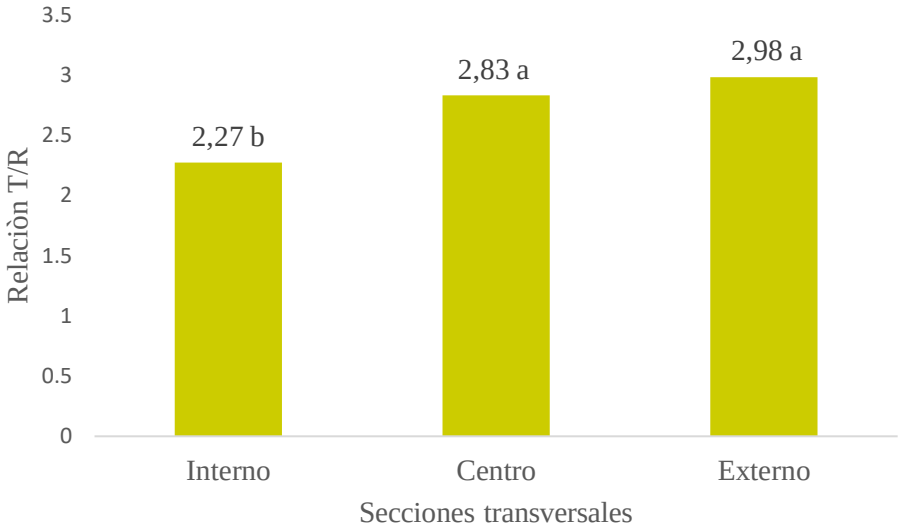

Figura 29. Prueba de comparación de medias de la relación T/R en secciones transversales

Como se observa en la figura 29 en la comparación de medias de la relación T/R (%) en secciones transversales donde se registran diferencias estadísticas, la sección transversal externo presenta una media de 2,98% siendo superior numéricamente en comparación de las demás secciones transversales.

En relación con lo mencionado, Anquise et al. (2020) llevaron a cabo una investigación sobre las propiedades físicas de la especie *Vochysia kosnipatae* en Puno, obteniendo un resultado del 2,68% en la relación T/R. Resultados similares se observaron en el estudio de Moya et al. (2010) sobre las propiedades físicas de la especie *Vochysia guatemalensis*, donde la relación T/R fue de 2,69. Además, MAE (2014) examinó las propiedades físicas de especies forestales en Ecuador con el propósito de determinar características como contenido de humedad, densidad y contracción. Para la *especie Vochysia bracelinlae*, la relación T/R fue de 2,3 en los resultados obtenidos. Por otro lado, Cachique (2014) determinó valores para algunas propiedades físicas de la madera *Guazuma ulmlfolia*, y en los resultados, la relación de contracción tangencial/contracción radial fue de 2,00, mostrando valores inferiores.

En resumen, los diferentes rangos en los resultados de los autores y la investigación realizada se atribuyen probablemente a la especie de estudio, y las características del lugar de desarrollo de la planta; además de elementos estructurales que influyen en la

variable de relación T/R. Cabe recalcar que, el valor cuanto más se acerca a la unidad se categoriza como madera más estable y se comporta de manera favorable en el secado.

V. CONCLUSIÒN

1. El contenido de humedad saturada (%) fue superior estadísticamente en *V. grandis* con 140, 39% a comparación de la *L. procera* con 84,15%. En los niveles de altura, la base presento diferencias estadísticas en comparación con el ápice con un promedio de 118,31%. En secciones transversales del fuse, la sección interna fue superior 131,93%.
2. La densidad saturada fue superior estadísticamente en *L. procera* con 1,13g/cm^3, en los niveles de altura y secciones transversales no se evidencio diferencias estadísticas siendo mayor numéricamente en el nivel medio y sección externa con 1,09 y 1,11g/cm^3 respectivamente. En la densidad anhidra *L. procera* supero estadísticamente a *V. grandis* con 0,74g/cm^3; mientras en los niveles de altura no se registró diferencias estadísticas, en cambio en las secciones transversales la parte externa con 0,67g/cm^3; la densidad básica fue superior estadísticamente en la sección externa en *L. procera* y *V. grandis* con 0,65 y 0,49g/cm^3; mientras en los niveles de altura en el ápice fue superior con 0,54g/cm^3.
3. La contracción tangencial con respecto a los efectos simples se registró que *L. procera* superó estadísticamente con 13,31% considerando la sección interna, mientras en los niveles de altura no se registró diferencias estadísticas.

   En la contracción radial la especie *L. procera* fue superior estadísticamente con 5,27%; en los niveles de altura resultaron ser similares estadísticamente; mientras en las secciones transversales la sección interna superó estadísticamente a las demás secciones con 5,38%.

   En la variación de la contracción longitudinal en las dos especies en estudio la *L. procera* fue superior estadística y numéricamente a *V. grandis* con 0,45%, mientras en los diferentes niveles de altura y secciones transversales no se evidencio diferencias estadísticas.

   La contracción volumétrica de igual manera la *L. procera* fue superior a *V. grandis* con 16,76%, mientras en los tres niveles de altura y secciones transversales no se registró diferencias estadísticas.

   La estabilidad dimensional T/R se obtuvo valores superiores estadísticamente en *V. grandis* con 2,92 a comparación *de L. procera* con 2,47, en los diferentes niveles de altura fueron similares estadísticamente, mientras en las secciones transversales en la sección externa fue superior con 2,98.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- Considerar realizar investigaciones más detalladas utilizando técnicas de microscopía para examinar la disposición interna de la madera, incluyendo la organización de los vasos, fibras y células, lo cual se podría entender la relación entre esta estructura y las propiedades físicas.

- Realizar pruebas para evaluar la resistencia de la madera ante factores como la putrefacción, la afectación de organismos patógenos, lo que ayudaría a determinar la durabilidad y la resistencia de estas especies en ambientes diversos.

- Investigar las posibles aplicaciones prácticas de la madera de estas especies en áreas como la construcción, la carpintería o la fabricación de muebles.

- Considerar factores ambientales como la altitud, temperatura, humedad y calidad del suelo podrían influir en las características del material leñoso, considerando la fisiología de la especie en relación con dichos factores.

VII. REFERENCIAS

Alava, y Solarte (2013) *Estudio de las propiedades mecánicas de las maderas guayacán trébol, quiebra filo, chanul, pino patula, sande, y su relación con la densidad básica.* [tesis de grado, Universidad de Nariño] Repositorio UDENAR

https://sired.udenar.edu.co/2042/

Amasifuen, G. (2012). *Determinación de las principales propiedades físicas y mecánicas de la madera por niveles longitudinales del fuste de* Tachigali setífera *Ducke (ucshaquiro colorado) proveniente del Centro de Investigación y Capacitación Forestal CICFOR-Macuya. Pucallpa – Perú.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio institucional UNU. http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/1790

Anquise, R., Ccahuana, E., Zevallos, P., Portal, L. (2020). Propiedades físicas, mecánicas y características anatómicas de Vochysia kosnipatae Huamantupa (Alco Kaspi) de una plantación del Distrito San Gabán. Revista de investigación agroproducción sustentable. 4(3): 20-31.

Aróstegui V., A. (1982). Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas (Vol. 2). Texas, Mexico: Lima, Perú : Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional Forestal y de Fauna.

Arroyo, J. (1983). *Propiedades Físico-Mecánico de la Madera.* Universidad de los Andes, Ciencias Forestales, Merida, Venezuela.

Cachique Córdova, B. (2014). *Determinación de los valores de algunas propiedades físicas de la madera* Guazuma ulmlfolia *Lam (bolaina negra) y su variación por niveles del fuste procedente del CICFOR-Macuya.* Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa: Repositorio UNU.

http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3955/000001952T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Chambergo A., A., & Aróstegui V., A. (1984). Influencia de los elementos xilemáticos en las Propiedades físico – mecánicas de 45 maderas del Perú. (F. d. CEDINFOR, Ed.) *Revista*

Forestal del Perú, 12, 16. http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol12_no1-2_84_(16)/vol12_art1.pdf

Coronel E. (1994). Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas, 1º parte, fundamentos de las propiedades físicas de las maderas. Instituto de Tecnología de la Madera. 1ed. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Santiago del Estero.

Dávila García, V. (2020). *Propiedades fisicas básicas de la madera de Pterygota amazónica LO Williams ex Dorr (paujil ruro) y su variabilidad en los tres niveles longitudinales del Fuste, Sub Cuenca Shahuanya – dist. de Masisea – prov. de Coronel Portillo- dept. Ucayali.* Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa: Repositorio UNU. http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4214/UNU_FORESTAL_2020_T_VERITA-DAVILA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Díaz Méndez, P. P. (2005). *Facultad de Ciencias Forestales Escuela de Ingeniería en Industrias de la Madera Evaluación de Propiedades Físicas y Mecánicas de madera de Nothofagus glauca (Hualo) proveniente de la zona de Cauquenes.* Tesis pregrado, Universidad de Talca, Ciencias Forestales, Talca - Chile. https://studylib.es/doc/5376030/evaluaci%C3%B3n-de-propiedades-f%C3%ADsicas-y-mec%C3%A1nicas-de-madera-de

Fasanando, K. (2023). *Influencia de los niveles del fuste en las propiedades físicas de la madera Marupa (Simarouba amara Aubl.) de una plantación de 11 años de edad en Pucallpa*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio institucional UNU. http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/6055/B3_2023_UNU_FORESTAL_2023_T_KORI-FASANANDO_V1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

García Esteban, L. (2003). *La madera y su anatomía: anomalías y defectos, estructura microscópica de coníferas y frondosas, identificación de maderas, descripción de especies y pared celular.* Madrid, España: Fundación Conde del Valle de Salazar, 2003 : Mundi-Prensa : AiTiM.

Guadalupe, M., & Bárcenas, P. (1985). *Recomendaciones para el uso de 80 maderas de acuerdo con su estabilidad dimensional* (Vol. 11). México: Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bioticos, Laboratorio de Ciencia y Tecnologia de la Madera.

Guindos, P. (2019). Conceptos avanzados del diseño estructural con madera: Parte II: CLT, modelación numérica, diseño anti-incendios y ayudas al cálculo. Ediciones UC

Hoheisel, H. (1981). *Estipulaciones para los ensayos de propiedades físicas y mecánicas de la madera.* Universidad de los Andes, Ciencias Forestales, Mérida, Venezuela.

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. Pucallpa: Repositorio UNU. http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4046/000003718T_FORESTAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Junta del Acuerdo de Cartagena. (1989). *Manual del grupo Andino para el secado de maderas* (1era ed.). Cartagena, Colombia: Carbajal S.A.

Juela, T. (2015). Caracterización de las propiedades físicas de la madera de *Eucalyptus saligna* Smith en la provincia de Loja. Loja- Ecuador.

Kollmann, F. (1959). *Tecnología de la madera y sus aplicaciones* (2da ed., Vol. Tomo I). Madrid, Escpaña: Ministerio de Agricultura. Dirección General de Montes, Caza y Pesca Fluvial. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y Servicio de la Madera.

López Camacho , R., & Montero Gonzáles, M. I. (2005). *Manual de identificación de especies forestales en bosques naturales con manejo certificable por comunidades* (Primera ed.). Bogota, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI y la Fundación Chemonics-Colombia.

https://www.researchgate.net/publication/326811461_Manual_de_identificacion_de_especies_forestales_en_bosques_naturales_con_manejo_certificable_por_comunidades/link/5b644feaa6fdcc45b30d59d7/download

López, B. (2021). Propiedades físicas y mecánicas de la madera "quinilla" *Manilkara bidentata* como material de construcción en estado Verde, Iquitos 2019. [tesis de grado, Universidad Científica del Perú] Repositorio UCP

http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1269

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2014). Propiedades anatómicas, físicas y mecánicas de 93 especies forestales – Ecuador. Quito. 105p.

Mansilla, K. (2020) *Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas de la madera Eucalyptus glóbulus procedente de la localidad de Ollantaytambo, en estado seco tratada con aceite de linaza por inmersión prolongada para uso estructural* [tesis de grado, Universidad Andina de Cusco] Repositorio UDENAR

https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/3599

Miguel, H. (2000). *Propiedades de la madera.* Huancayo: UNCP-FCFA.

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2014). *PROPIEDADES ANATÓMICAS, FÍSICAS Y MECÁNICAS DE 93 ESPECIES FORESTALES.* (A. C. Herdoíza, Ed.) Quito, Ecuador: FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). http://www.fao.org/3/a-i4407s.pdf

Moya, R., Tenorio, C. (2013). Características de combustibilidad de diez especies de plantaciones de rápido crecimiento en Costa Rica. Revista Forestal Mesoamericana Kurú. 10(24): 26-33.

Moya, R., Salas, C., Leandro, L. (2010). Cebo: Vochysia guatemalensis Donn Sm. Vochysiaceae. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* 7(18-19):162-176.

Moya, R., Leandro, L., Murillo, O. (2009). Características de la madera de Terminalia amazonia, Vpchysia guatemalensis y Hyeronima alchorneoides plantadas en Costa Rica. Bosque 30(2):78-87.

Norma Técnica Peruana 251.011. (2014). *Método de determinación de la densidad.* . Lima-Perú.

Norma Técnica Peruana 251.008. (2016). *Método para selección y colección de muestras.* Lima-Perú.

Norma Técnica Peruana 251.010. (2014). *Método para determinar el contenido de humedad.* Lima-Perú.

Norma Técnica Peruana 251.012. (2015). *Método de determinación de la contracción.* Lima-Perú.

Plan General de Manejo Forestal. (2016). *Concesión forestal con fines maderables Carlos Edmundo Muñoz Landa. Contrato N° 10-TIM/C-J-003.* La Morada.

Porta Santa Cruz, J. M. (2019). *Evaluación de las propiedades Físicas de Brosimum utile (Kunth) Oken "Panguana", proveniente de la parcela de corta N°05, Plan Operativo*

N°03 de la Comunidad Nativa Yamino – Ucayali. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Ciencias Forestales. Tingo María: Repositorio UNAS. http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1622/TS_PSCJM_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ramos Lozano, J. C., & Jauregui Socualaya, Y. F. (2019). *Anatomía y propiedades físico – mecánicas de tres especies forestales, Concesión Forestal Mendoza – Pucallpa.* Universidad. Huancayo - Perú: Repositorio Institucional - UNCP. http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5155/T010_46089891_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rivera, J. (2014). *Variación del contenido de humedad y cambio dimensional en diferentes alturas del fuste de bolaina blanca (Guazuma crinita Mart.) en 86 la zona Tingo María.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/619

Salazar, R., & Soihet, C. (2001). *Manejo de semillas de 75 especies forestales de América Latina* (Vol. II). Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE. Obtenido http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2960/Manejo_de_semillas.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Shogren, R., Wood, D., Orts, W., & Glenn, G. (2019). Plant-based materials and transitioning to a circular economy. Sustainable Production and Consumption, 19, 194-215.

Silva Sayago, J. C. (2008). *Determinación de las características anatómicas y propiedades físicas de la madera de la especia forestal Madero Negro.* Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina, Ciencias Forestales, Lima - Perú. https://www.monografias.com/trabajos71/comparacion-caracteristicas-madera-madero-negro/comparacion-caracteristicas-madera-madero-negro.shtml

Torres, F. (2010). *Propiedades fisicas de la especie (Copaiba) Copaifera paupera (Herzog) Dwyer proveniente de plantación del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt-Ucayali.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Molina]. Repositorio institucional UNALM. http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/311/3/Torres-Propiedades_fisicas_de_la_especie_copaiba.pdf

Torres, P. (2009). D*eterminación de las propiedades físicas a tres niveles del fuste de "Cetico" Cecropia sciadophylla Mart. en el bosque reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/697

Torres Melendez, J. J. (2017). *Influencia de los niveles longitudinales del fuste en algunas propiedades físicas de la madera de dos especies forestales: Lonchocarpus guilleminianus (tul.) Malme (maría buena) y ziziphus cinnamomum tr. & pl. (achuni caspi) provenientes del bosque CICFOR.* Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa: Repositorio UNU.

http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3391/000002345T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vilcayauri, E. (2009). P*ropiedades físico-mecánicas de Simarouba amara Aubl. (Marupa) proveniente de las plantaciones de la estación Alexander Von Humboldt.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Molina]. Repositorio institucional UNALM. http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/496/1/Vilcayauri-propiedades_marupa.pdf

Viscarra, S. (1998). *GUIA PRACTICA PARA EL SECADO DE MADERA EN HORNOS.* Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR). Santa Cruz - Bolivia: El País. https://www.academia.edu/7612810/GUIA_PARA_EL_SECADO_DE_LA_MADERA_EN_HORNOS

ANEXO

Figura 30. Selección y reconocimiento de los arboles a cortar

Figura 31. Apeo de los árboles seleccionados

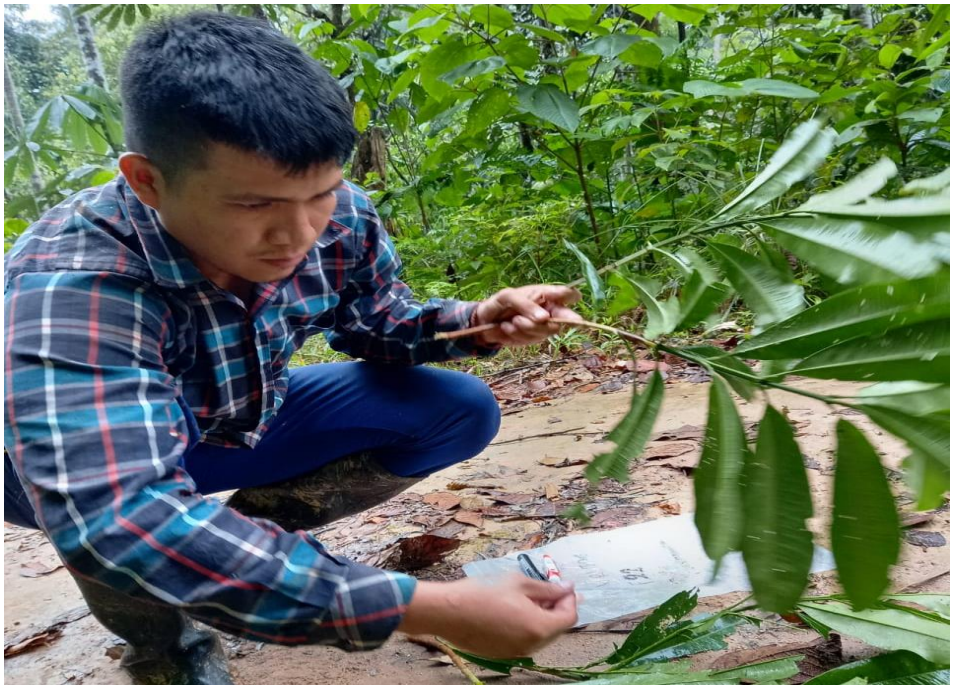

Figura 32. Obtención de muestras botánicas para su reconocimiento

Figura 33. Acondicionamiento de las probetas para las mediciones posteriores

Figura 34. Mediciones en la sección tangencial y radial de las probetas obtenidas

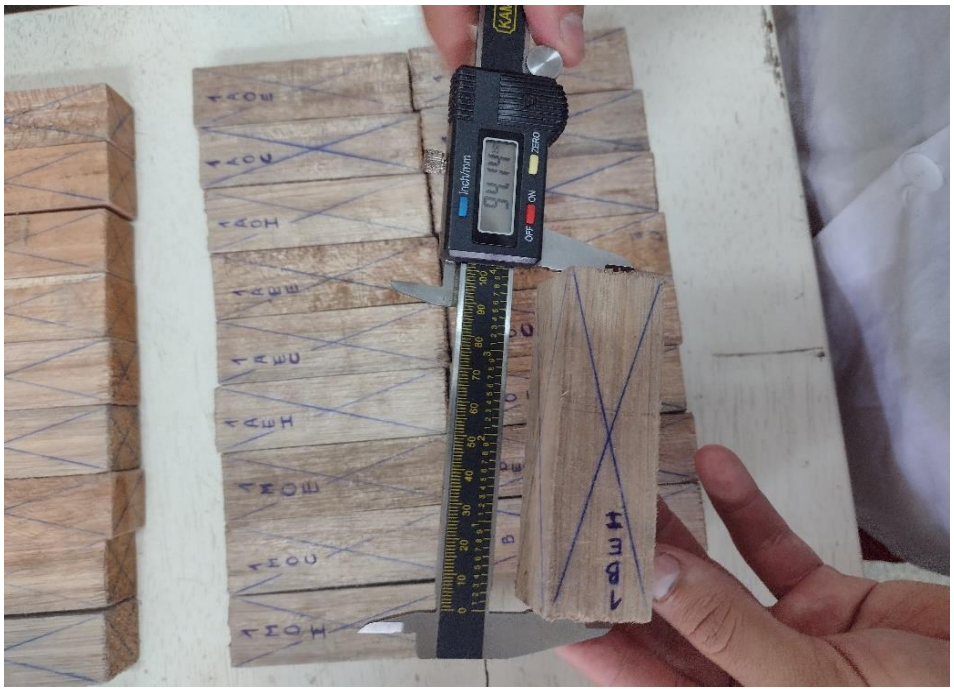

Figura 35. Medición de la dirección longitudinal

Figura 36. Obtención del volumen por el principio de Arquímedes

Figura 37. Probetas sometidas a la estufa

Figura 38. Parafinado de probetas

Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad de Recursos Naturales Renovables
Departamento Académico de Ciencias Ambientales
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental
Cátedra de Ecología y Sistemática Vegetal

C-012-2021-HTIN-FRNR-UNAS

CERTIFICADO

El que suscribe, profesor de Ecología con línea de investigación en Sistemática Vegetal, de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, certifica que los especímenes colectados de 2 especies provenientes de la concesión forestal Carlos Edmundo Muñoz Landa, distrito La Morada, correspondiente al proyecto de tesis **CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE *Vochysia grandis* (Mart.) *y Laetia procera* (Poepp.) Eichler EN EL DISTRITO LA MORADA – HUÁNUCO**, presentado por el Bach. Will Arnold Puluche Shapiama para su determinación pertenecen a las especies que se indican a continuación:

Reino:	: Plantae
División:	: Spermatophyta
Clase:	**:** Magnoliopsida
Orden:	**:** Malpighiales
Familia:	: Salicaceae
Género:	: Laetia
Especie:	: *Laetia procera* (Poepp.) Eichler

Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad de Recursos Naturales Renovables
Departamento Académico de Ciencias Ambientales
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental
Cátedra de Ecología y Sistemática Vegetal

C-012-2021-HTIN-FRNR-UNAS

Reino:	: Plantae
División:	: Espermatophyta
Clase:	**:** Magnoliopsida
Orden:	**:** Myrtales
Familia:	: Vochysiaceae
Género:	: Vochysia
Especie:	: *Vochysia grandis* Mart.

Se expide el presente certificado para los fines pertinentes.

Tingo María, 25 de agosto del 2021

Dr. Edilberto Chuquilín Bustamante
Profesor Asociado
Cátedra de Ecología
Jefe (e) del Herbario HTIN-UNAS
Departamento Académico de Ciencias Ambientales
Facultad de Recursos Naturales Renovables
Universidad Nacional Agraria de la Selva