

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



PROPIEDADES FÍSICAS DEL FUSTE DE LA MADERA DE *Albizia pedicellaris* (DC.)
L. Rico (VILCO PASHACO), EN EL SENTIDO LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL,
ZONA TINGO MARÍA

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR:

BALDEON CABALLERO, MARIELA LIZBETH

Tingo María – Perú

2024



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N° 01-2025-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 31 de diciembre de 2024, a horas 9:00 a.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

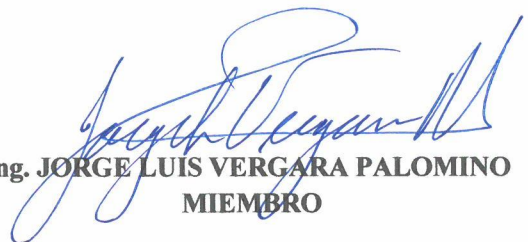
“PROPIEDADES FÍSICAS DEL FUSTE DE LA MADERA DE *Albizia pedicellaris* (D.C.) L. Rico (VILCO PASHACO), EN EL SENTIDO LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL, ZONA TINGO MARÍA”

Presentado por la Bachiller: **MARIELA LIZBETH BALDEON CABALLERO**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de “MUY 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.

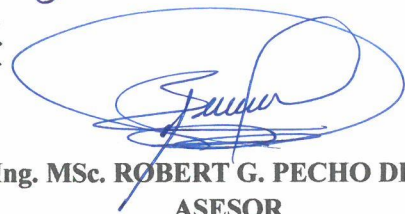
Tingo María, 03 de enero de 2025


Ing. MSc. **RICARDO OCHOA CUYA**
PRESIDENTE


Ing. **JORGE LUIS VERGARA PALOMINO**
MIEMBRO


Ing. M. Sc. **MARIBEL FLORA ROCA CAPCHA**
MIEMBRO




Ing. MSc. **ROBERT G. PECHO DE LA CRUZ**
ASESOR


Ing. MSc. **CLEIDE SANTOS FLORES**
ASESOR



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



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 023 - 2025 - 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
PROPIEDADES FÍSICAS DEL FUSTE DE LA MADERA DE <i>Albizia pedicellaris</i> (DC.) L. Rico (VILCO PASHACO), EN EL SENTIDO LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL, ZONA TINGO MARÍA	BALDEON CABALLERO, MARIELA LIZBETH	19 % Diecinueve

Tingo María, 24 de enero de 2025



Dr. Tomas Menacho Mallqui

C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



PROPIEDADES FÍSICAS DEL FUSTE DE LA MADERA DE *Albizia pedicellaris* (DC.)
L. Rico (VILCO PASHACO), EN EL SENTIDO LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL,
ZONA TINGO MARÍA

Autor : BALDEON CABALLERO, Mariela Lizbeth

Asesor (es) : Ing. M.Sc. PECHO DE LA CRUZ, Robert Gilbert
Ing. M.Sc. SANTOS FLORES, Cleide

Programa de investigación : Ciencia básica 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 : Laboratorio de Anatomía de la Madera UNAS

Duración : 6 meses

Financiamiento : 3 394,00

Tingo María – Perú, 2024

DEDICATORIA

A ti mi Dios, por nunca dejarme sola ante las adversidades, ser siempre mi fortaleza necesaria para poder continuar y cumplir mis metas.

A mi padre Elvis Baldeón, que ahora desde el cielo guía mi camino, gracias por tu compañía, por las risas, por cada momento inolvidable que dejaste en mi como un hermoso recuerdo, por los consejos que me hicieron ser una mejor persona y por ese amor que siempre me demostraste. A mi madre Elsa Caballero, que es mi muestra diaria de sacrificio y lucha ante las adversidades, mi gran motivación para cumplir mis metas. Gracias, madre por el inmenso amor que me demuestras a diario, te amo.

A mis hermanos Jesús, Yessica y Nataly, por cada momento compartido, sus consejos, su confianza y sus palabras de motivación que llevare conmigo siempre. Espero continuemos siempre en unión familiar.

A mis sobrinos Adriano, Diego, Gianella, Andre, Alessia y Danna mis pequeños ángeles, gracias por sus muestras de amor tan sincero. Espero ser un buen ejemplo para ustedes y poder acompañarlos siempre.

AGRADECIMIENTO

- A mi alma mater la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por permitirme formarme profesionalmente
- A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal, por compartirme día a día sus conocimientos y experiencias logrando de esta manera enriquecer mi formación académica.
- A mis asesores, Ing. M. Sc. Robert Gilbert Pecho de la Cruz y el Ing. M. Sc. Cleide Santos Flores, por sus aportes y orientaciones durante la ejecución y culminación del presente trabajo de investigación.
- A mis jurados: Ing. Mg. Sc. Ricardo Ochoa Cuya, Ing. Jorge Luis Vergara Palomino y la Ing. M. Sc. Maribel Flora Roca Capcha, por las correcciones que me dieron, las cuales contribuyeron a la mejora de mi investigación.
- Al Señor Mario Sosa Shapiama, técnico del Laboratorio Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal, por su amistad y apoyo incondicional durante la extracción y habilitación de las muestras.
- A mis amigas: Elayne Julca, Yuvis Vallejos y Marcia García, por sus consejos, por su muestra de amistad sincera y su apoyo durante la ejecución de mi trabajo. Agradecerles también por todos esos hermosos momentos vividos en la etapa de nuestra formación profesional.
- A Denny Pimentel y Yassira Castillo, por su gran contribución durante la ejecución de mi trabajo.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Marco teórico.....	3
2.1.1. Propiedades tecnológicas.....	3
2.1.1.1. Propiedades físicas.....	3
2.1.2. Generalidades de la especie de <i>Albizia pedicellaris</i> (DC.) L. Rico (Vilco pashaco).....	11
2.1.2.1. Taxonomía.....	11
2.1.2.2. Descripción de la especie.....	12
2.1.2.3. Habidad y distribución geográfica.....	12
2.1.2.4. Usos.....	12
2.2. Estado del arte.....	13
2.2.1. A nivel internacional.....	13
2.2.2. A nivel nacional.....	13
2.2.3. A nivel regional.....	17
2.2.4. A nivel local.....	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1. Lugar de ejecución.....	20
3.1.1. Datos climáticos y zona de vida.....	21
3.2. Materiales y equipos.....	21
3.2.1. Material vegetativo.....	21
3.2.2. Materiales y equipos.....	21
3.3. Metodología.....	22
3.3.1. Actividades previas.....	22
3.3.2. Determinación del contenido de humedad saturado y seco al aire del fuste de la madera de <i>A. pedicellaris</i> , en el sentido longitudinal y transversal.	25
3.3.3. Determinación de las densidades: saturada, básica y anhidra del fuste de la madera de <i>A. pedicellaris</i> , en el sentido longitudinal y transversal.	26
3.3.3.1. Densidad saturada.....	26
3.3.3.2. Densidad básica.....	27

3.3.3.3. Densidad anhidra.....	27
3.3.4. Determinación de las contracciones: radial, tangencial, longitudinal, volumétrica y relación tangencial/radial, del fuste de la madera de <i>A. pedicellaris</i> , en el sentido longitudinal y transversal.....	27
3.3.4.1. Contracción tangencial total.....	28
3.3.4.2. Contracción radial total.....	28
3.3.4.3. Contracción longitudinal total.....	28
3.3.4.4. Contracción volumétrica total.....	28
3.3.4.5. Relación tangencial/radial.....	29
3.4. Características de la investigación.....	29
3.4.1. Tipo y nivel.....	29
- Tipo: Aplicado (se basa en fundamentos teóricos y busca profundizar las propiedades físicas de una especie poco conocida).	29
- Nivel: Explicativo (pretende evaluar la variabilidad y relación de las propiedades físicas en el sentido longitudinal y transversal).	29
3.4.2. Diseño.....	29
3.4.3. Variables en estudio.....	31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
4.1. Determinación del contenido de humedad saturado y seco al aire, del fuste de la madera de <i>Albizia pedicellaris</i> (vilco pashaco), en el sentido longitudinal y transversal.....	32
4.1.1. Contenido de humedad saturado.....	32
4.1.2. Contenido de humedad seco al aire.....	34
4.2. Determinación de las densidades: saturada, básica y anhidra, del fuste de la madera de <i>Albizia pedicellaris</i> (vilco pashaco), en el sentido longitudinal y transversal	37
4.2.1. Densidad saturada.....	37
4.2.2. Densidad básica.....	39
4.2.3. Densidad anhidra.....	42
4.3. Determinación de las contracciones: radial, tangencial, longitudinal, volumétrica y relación tangencial/radial, del fuste de la madera de <i>Albizia pedicellaris</i> (vilco pashaco), en el sentido longitudinal y transversal.....	44
4.3.1. Contracción radial.....	44
4.3.2. Contracción tangencial.....	46

4.3.3. Contracción longitudinal	48
4.3.4. Contracción volumétrica	50
4.3.5. Relación Tangencial/Radial	53
V. CONCLUSIONES.....	56
VI. PROPUESTAS A FUTURO	57
VII. REFERENCIAS	58
ANEXOS	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Clasificación de la densidad básica.	8
2. Clasificación de la contracción volumétrica.....	11
3. Clasificación de la relación Tangencial/Radial.	11
4. Datos sobre los árboles seleccionados.....	20
5. Diseño estadístico de la interacción de los factores.	29
6. Esquema del análisis de varianza.	30
7. Análisis de varianza del contenido de humedad saturado	32
8. Análisis de varianza del contenido de humedad seco al aire.....	34
9. Análisis de varianza de la densidad saturada.....	37
10. Análisis de varianza de la densidad básica	40
11. Análisis de varianza de la densidad anhidra	42
12. Análisis de varianza de la contracción radial	44
13. Análisis de varianza de la contracción tangencial.	46
14. Análisis de varianza de la contracción longitudinal.	48
15. Análisis de varianza de la contracción volumétrica.	51
16. Análisis de varianza de la relación Tangencial/Radial.....	54
17. Contenido de humedad saturado de tres árboles de la especie de <i>A. pedicellaris</i>	68
18. Contenido de humedad seco al aire de tres árboles de la especie de <i>A. pedicellaris</i>	68
19. Densidad saturada de tres árboles de la especie de <i>A. pedicellaris</i>	68
20. Densidad básica de tres árboles de la especie de <i>A. pedicellaris</i>	69
21. Densidad básica de tres árboles de la especie de <i>A. pedicellaris</i>	69
22. Contracción radial de tres árboles de la especie de <i>A. pedicellaris</i>	69
23. Contracción tangencial de tres árboles de la especie de <i>A. pedicellaris</i>	70
24. Contracción longitudinal de tres árboles de la especie de <i>A. pedicellaris</i>	70
25. Contracción volumétrica de tres árboles de la especie de <i>A. pedicellaris</i>	70
26. Relación Tangencial/Radial de tres árboles de la especie de <i>A. pedicellaris</i>	71
27. Pesos y contenido de humedad registrado en probetas de <i>A. pedicellaris</i>	68
28. Dimensiones y volumen en estado húmedo y anhidro de las probetas	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Direcciones de los ejes de una troza de madera.	4
2. Formas de agua en la madera.	5
3. Curva de temperatura y humedad relativa determinado en el Laboratorio de Anatomía	21
4. Ubicación y colecta de muestras botánicas: A= Obtención de coordenadas UTM, B=Marcado de orientaciones, C=Muestras botánicas, D=Codificado de muestras botánicas.....	23
5. Toma de datos y obtención de viguetas: A= Medición de diámetro, B= Medición de longitud, C= Codificación de orientación, D= Obtención de viguetas.	24
6. Obtención de probetas de la especie <i>A. pedicellaris</i> , en el sentido longitudinal, transversal y orientaciones.	25
7. Comparación de medias del contenido de humedad saturada en niveles de altura.	33
8. Comparación de medias del contenido de humedad saturada en secciones transversales. ..	34
9. Comparación de medias del contenido de humedad seco al aire en niveles de altura.	35
10. Comparación de medias del contenido de humedad seco al aire en secciones transversales.	36
11. Comparación de medias de la densidad saturada en niveles de altura.	38
12. Comparación de medias de la densidad saturada en secciones transversales.....	39
13. Comparación de medias de la densidad básica en niveles de altura.....	41
14. Comparación de medias de la densidad básica en secciones transversales.	42
15. Comparación de medias de la densidad anhidra en niveles de altura.....	43
16. Comparación de medias de la densidad anhidra en secciones transversales.	44
17. Comparación de medias de la contracción radial en niveles de altura.	45
18. Comparación de medias de la contracción radial en las secciones transversales.....	46
19. Comparación de medias de la contracción tangencial en los niveles de altura.	47
20. Comparación de medias de la contracción tangencial en las secciones transversales.....	48
21. Comparación de medias de la contracción longitudinal en los niveles de altura.	49
22. Comparación de medias de la contracción longitudinal en las secciones transversales.	50
23. Comparación de medias de la contracción volumétrica en los niveles de altura.	52
24. Comparación de medias de la contracción volumétrica en las secciones transversales.	53
25. Comparación de medias de la relación Tangencial/Radial en los niveles de altura.....	55
26. Comparación de medias de relación Tangencial/Radial en secciones transversales.....	55
27. Tala de la especie <i>A. pedicellaris</i>	75

28. Trozado del fuste por nivel de altura de la especie <i>A. pedicellaris</i>	75
29. Habilitado en viguetas por nivel de altura de la especie <i>A. pedicellaris</i>	76
30. Prensado y secado de la muestra botánica.	76
31. Verificación de la ejecución de tesis en el proceso de habilitado.	77
32. Habilitado de la muestra de madera.	77
33. Codificación de probetas de 3 cm x 3 cm x 10 cm.	78
34. Pesado diario de las probetas en estudio.	78
35. Secado de probetas en estufa y colocado en desecador.	79
36. Medición de la contracción longitudinal.	79
37. Medición de la contracción radial.	80
38. Colocación del punzón en la sección transversal de la probeta.	80
39. Parafinado de probetas.	81
40. Proceso de determinación del volumen.	81

RESUMEN

El objetivo fue estudiar el comportamiento de las propiedades físicas de la dirección transversal y longitudinal de *Albizia pedicellaris* (DC.) L. Rico cuya procedencia fue el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS), Tingo María - Perú. Se seleccionaron tres individuos considerando la norma COPANT 458, mientras que, para determinar el contenido de humedad, densidad, contracción en el sentido transversal y longitudinal se utilizaron probetas dimensionadas a 3 x 3 x 10 cm, asimismo, se siguieron los pasos de la Norma Técnica Peruana ([NTP] 251.010, [NTP] 251.011 y [NTP] 251.012). Se evidenciaron que la *A. pedicellaris* presentó 79,35% de contenido de humedad saturado, 12,08% de contenido de humedad seco al aire; respecto a la densidad saturada fue 0,92 g/cm³, densidad básica tuvo 0,51 g/cm³, densidad anhidra fue 0,57 g/cm³; respecto a la contracción tangencial fue de 7,35%, radial 3,74%, longitudinal 0,25%, volumétrica 9,77%, mientras que la relación tg/rd presentó un promedio de 2,06. En conclusión, la *A. pedicellaris* presentó una densidad media, contracción baja y estable, siendo una madera útil para realizar trabajos de construcción y carpintería.

Palabras clave: *Albizia pedicellaris*, contenido de humedad, contracción, densidad

ABSTRACT

The objective was to study the behavior of the physical properties in the crosswise and lengthwise directions for *Albizia pedicellaris* (DC.) L. Rico, which came from the Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS – acronym in Spanish), [in] Tingo María, Peru. Three specimens were selected, considering the COPANT 458 standard; meanwhile, to determine the moisture content, density [and] contraction in the crosswise and lengthwise senses, test pieces with dimension of 3 x 3 x 10 cm were used; similarly, the steps of Peruvian technical standards ([NTP] 251.010, [NTP] 251.011 and [NTP] 251.012) were followed. It was proven that *A. pedicellaris* presented a saturated humidity content of 79.35%, a dry air humidity content of 12.08%; with respect to the saturated density, it was 0.92 g/cm³, the basic density was 0.51 g/cm³ [and] the anhydrous density was 0.57 g/cm³; with respect to the tangential contraction, it was 7.35%, [the] radial [was] 3.74%, [the] lengthwise [was] 0.25%, [and the] volumetric [was] 9.77%; meanwhile, the tg/rd relationship presented an average of 2.06. In conclusion, *A. pedicellaris* presented an average density [and a] low and stable contraction, being a wood that is useful for construction and carpenter work.

Keywords: *Albizia pedicellaris*, humidity content, contraction, density

I. INTRODUCCIÓN

La gran diversidad de especies forestales maderables y no maderables que existen en Perú, no permite conocer la totalidad de las propiedades tecnológicas de cada especie, limitando de esta manera el uso correcto de la madera al mercado, debido al desconocimiento de las propiedades tecnológicas de estas especies. Asimismo, en el ámbito del aprovechamiento forestal se viene realizando una extracción selectiva y destructiva de especies de alto valor comercial, las cuales se encuentran más alejadas de las plantas de transformación, generando un mayor costo en su transporte. Actualmente la especie *A. pedicellaris* viene siendo comercializada mayormente como madera rolliza, siendo una madera que puede ser usada para la fabricación de muebles livianos, cajonería, carpintería local, embalajes livianos y artesanías.

Conocer las propiedades tecnológicas de la madera, es fundamental porque nos permite conocer el desempeño de cualquier especie para los distintos usos y aplicaciones, una de esas características tecnológicas más trascendentales son: las propiedades físicas como: densidad, contenido de humedad y cambio dimensional, lo cual influye en el proceso de transformación, secado, preservado, encolado y acabado de los productos forestales maderables, además, las propiedades físicas van a estar influenciadas por las condiciones climáticas del medio.

El BRUNAS alberga gran diversidad de especies forestales maderables, de las cuales existen muchas especies que no se conocen sus propiedades físicas, un ejemplo de ello es la especie *A. pedicellaris* conocida vulgarmente como Vilco pashaco. La información con la que se cuenta es general y escasa con respecto a sus propiedades físicas, siendo esta especie de rápido crecimiento y abundante dentro del bosque. En tal sentido nace la necesidad de estudiar las propiedades físicas de *A. pedicellaris*, para ello se formuló la pregunta: ¿Cuáles serán las propiedades físicas del fuste de la madera de *A. pedicellaris*, en el sentido transversal y longitudinal? y como hipótesis se planteó: que las propiedades físicas del fuste de *A. pedicellaris* presentarán diferencia significativa en el sentido longitudinal y transversal.

Por lo tanto, la presente investigación proporcionó información respecto a las propiedades físicas de la especie *A. pedicellaris*, aplicando pruebas de ensayos respecto a la densidad, contracción y contenido de humedad, de tal forma poder incorporar en las industrias forestales una nueva especie, que pueda actuar como una alternativa de sustitución para especies de alto valor comercial, además, se conocerá los probables usos de esta especie. Esto permitirá contribuir en el manejo sostenible de los bosques tropicales.

Objetivo general

Evaluar las propiedades físicas del fuste de la madera de *Albizia pedicellaris* “vilco pashaco”, en el sentido longitudinal y transversal.

Objetivos específicos

- a. Determinar el contenido de humedad saturado y seco al aire, del fuste de la madera *Albizia pedicellaris* (vilco pashaco), en el sentido longitudinal y transversal.
- b. Determinar la densidad saturada, básica y anhidra, del fuste de la madera *Albizia pedicellaris* (vilco pashaco), en el sentido longitudinal y transversal.
- c. Determinar las contracción radial, tangencial, longitudinal, volumétrica y relación tangencial/radial, del fuste de la madera *Albizia pedicellaris* (vilco pashaco), en el sentido longitudinal y transversal.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. Propiedades tecnológicas

Para un aprovechamiento industrial sostenible de la madera, es de suma importancia conocer sus propiedades tecnológicas, ya que estas varían según: la especie, procedencia, condición de crecimiento (bosque o plantación) (Serna *et al.*, 2011). Asimismo, se debe promover el conocimiento de los aspectos tecnológicos, para que de esta forma se permita la conservación y el aprovechamiento sustentable de las especies (Navarro *et al.*, 2005).

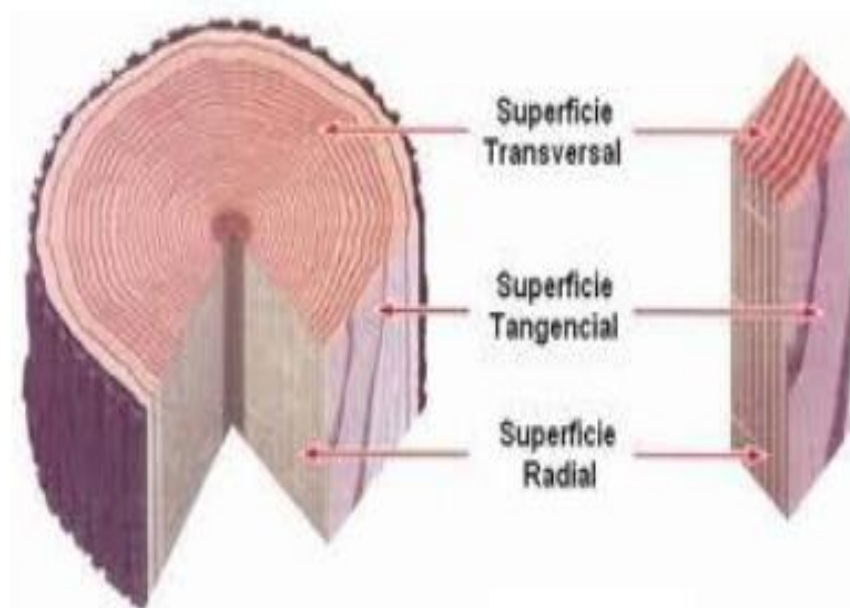
Pérez *et al.* (2015) refieren que las investigaciones tecnológicas sobre la madera brindan datos y detalles sobre las propiedades de distintas especies forestales; además, estas propiedades tienen influencia en el proceso de transformación (maquinado, aserrío, secado, preservado y producto final) garantizando el adecuado uso de cada especie; por lo tanto, conocer estas propiedades es de suma importancia, para el uso adecuado de las distintas especies forestales de toda la amazonia.

2.1.1.1. Propiedades físicas

Las propiedades físicas de la madera (PFM) pueden experimentar variaciones, teniendo en cuenta varios factores dentro de los cuales podemos mencionar: el crecimiento que ha experimentado el árbol, edad en que se taló, contenido de humedad y la posición de fibras. Por lo tanto, las PFM forman un conjunto de particularidades donde conforman el proceder físico de la madera; estas características están relacionadas con los factores de organización estructural como: disponibilidad de sustancias en la pared de las células, volumen de agua en la pared; magnitud de sustancias extrañas; orden; tamaño, proporción, tipo y orden de células (Capuz, 2008).

Guevara *et al.* (2019) menciona, aunque exista diferencia en una pieza de madera de la misma especie, esta igual se sigue considerando como material (biológico, higroscópico y anisotrópico); es biológico porque se compone exclusivamente de celulosa y lignina, provocándole ser un componente biodegradable, siendo propensos a ser atacado por bacterias xilófagas e insectos como la polilla, por ello, requiere un procesamiento de protección especial para garantizar su durabilidad; es higroscópico por su aptitud de capturar y proporcionar humedad en su entorno y esta depende de: la humedad relativa (HR) y temperatura ambiental.

Asimismo, indica que la madera es anisotrópico, porque el comportamiento es desigual en la estructura de la madera depende del plano o dirección que considera la orientación longitudinal de las fibras y de los anillos de crecimiento, asimismo, del comportamiento físico y mecánico de la madera, es decir que la madera es resistente de 20 a 200 veces en la orientación del eje del árbol en lugar de la sección horizontal; por ello, se estableció que el eje tangencial es aquel que se encuentra en contacto con los anillos de crecimiento y forma una posición perpendicular respecto al eje longitudinal; el eje radial es aquel que se orienta de manera perpendicular tanto a los anillos de crecimiento como al eje longitudinal; y el eje axial es perpendicular a los anillos de crecimiento y al eje longitudinal (Guevara *et al.*, 2019).



Fuente: Bermejo (2014)

Figura 1. Direcciones de los ejes de una troza de madera.

García (2003) señala que el material leñoso puede mostrar distintas características, lo que genera variabilidad incluso dentro de una misma especie vegetal, dependiendo del árbol y de las propiedades particulares. Serrano et al. (2002) indican que las propiedades físicas más importantes de la madera, en relación con su uso y beneficios, incluyen el contenido de humedad, la densidad, así como la contracción e hinchamiento. En síntesis, se puede afirmar que la selección y aprovechamiento industrial de la madera de una especie específica requiere un conocimiento preciso de sus propiedades físicas y mecánicas.

a. Contenido de humedad

La madera al ser considerado material higroscópico, tiene la idoneidad de poder intercambiar humedad con el ambiente en su propia categoría de higroscopicidad que es 0% entre el contenido de humedad (CH) y el punto de saturación de las fibras (PSF) de las especies forestales (Pérez *et al.*, 2011). El comportamiento de la madera durante su uso está principalmente influenciado por su CH; asimismo, para la mayor parte del uso final, es crucial disminuir el CH, precedentemente del procesamiento, llevándolo a un rango adecuado según el lugar de destino, con la intención de obtener productos estables que funcionen de manera óptima en su aplicación. (Córdova, 2005).

Por su lado Gómez y Ramírez (2006) refieren que el CH de la madera es el factor más crucial e importante por considerar para los diversos usos a los que se destinará. En la actualidad, se emplean secadores industriales avanzados para reducir el contenido de humedad de manera controlada y cumplir con los estrictos requisitos de los mercados internacionales. Estos mercados, que exigen estándares de calidad cada vez más elevados, están orientados principalmente hacia la madera seca, debido a su mayor estabilidad dimensional y resistencia a factores ambientales.

La NTP 251.010 (2014) menciona que existen tres formas de agua impregnadas en la madera, siendo: el agua libre que se sitúa en la cavidad del lumen celular y se elimina mediante la evaporación sin causar cambios dimensionales en la madera; el agua de impregnación se encuentra dentro de las paredes celulares, su pérdida ocasiona cambios en la estructura de la madera, dado que al perder esta forma de agua, se halla en proporción con la humedad del ambiente y varía entre 12 y 18%, esta varía según el lugar de la evaluación, por ende, se ubica por debajo del PSF y el agua de constitución se localiza dentro de la estructura celular, eliminándolo mediante la destrucción de la madera.



Fuente: Guevara *et al.*, 2019.

Figura 2. Formas de agua en la madera.

CITEmadera (2009) aduce que la madera presenta tres estados de agua: estado anhidro, es la madera que ha expulsado toda la humedad contenida, obtenido este estado solo al colocarlo bajo una estufa; estado seco, se refiere a la madera que perdió toda el agua libre eso quiere decir que se encuentra por debajo del PSF y en equilibrio con el ambiente; y estado verde, es la madera que no fue secado a través de ningún método, cuyo CH supera el 30%.

Según Cueva (2003) la madera suave por ser más porosa con menos pared celular contiene más agua que la madera dura. Del mismo modo, la albura tiene la función de la conductividad del agua y presenta mayor CH que el duramen. El CH en la madera es un factor esencial para su uso, ya que incide en características clave como: la resistencia mecánica, peso, contracción y expansión, conductividad térmica y acústica, así como en su durabilidad, inflamabilidad y permeabilidad. Además, la variación del CH puede afectar su estabilidad dimensional en la madera, lo que tiene un impacto directo en su desempeño en diversas aplicaciones, desde la construcción hasta la fabricación de muebles, garantizando un comportamiento adecuado y seguro en servicio (Aróstegui, 1982).

b. Densidad

Eduardo (2007) menciona que la densidad de la madera es una medida comúnmente utilizada para cuantificar las plantaciones y caracterizar sus propiedades; se emplea tanto en la industria maderera, así como para producir pulpa y papel. La amplia aplicación es debido a su capacidad de ser un parámetro de calidad, además, la determinación es simple y económica. Asimismo, existen, además, cuatro formas principales (densidad verde, densidad básica, densidad seca al aire y densidad seca).

Las maderas con alta densidad generalmente tienen células pequeñas y una pared de células gruesas, caso contrario ocurre con maderas suaves o livianas, dado que, presentan más espacios porosos y una pared celular delgada, siendo adecuadas para uso acústico y aislante (Guevara *et al.*, 2019). Por su lado Diaz (2005) refiere que la madera con densidad alta contiene mayor cantidad de agua higroscópica que una con menor densidad; por lo tanto, a > densidad > contracción.

Panshin y De Zeeuw (1980) aducen que la variación de la densidad en sentido transversal varia debido a la procedencia, medio ambiente y la genética propia de la especie; donde en madera temprana la densidad decrece en la medula y después incrementa cuando alcanza los periodos de madurez. La semejanza entre la densidad básica y la altura es diferente

entre la madera del ápice y del fuste; por lo tanto, la densidad disminuye desde la base hacia el ápice (García 2005).

La densidad es la propiedad que destaca como las más relevantes, ya que influye directamente en su valor comercial y en sus diversas aplicaciones. Esta propiedad está estrechamente relacionada con otras características importantes, como: la resistencia mecánica, conductividad de calor. La densidad de la madera no es uniforme y está condicionada por múltiples factores, entre ellos, las características genéticas de la especie, las condiciones ambientales y la estructura del bosque. Estos elementos afectan los estándares de crecimiento en árboles, el cual influye en la morfología y en la composición química de las células de la madera, determinando así su densidad y calidad final (Davel *et al.*, 2005). También ha sido ampliamente utilizada como factor de predicción del uso final (Vázquez *et al.*, 2015).

- **Densidad saturada**

Ávila y Herrera (2012) mencionan que corresponde a la correlación entre la masa y el volumen de un árbol recientemente cortado. También conocida como densidad en estado verde, se define como la proporción (peso/volumen) de un ejemplar de madera cuando se encuentra en etapa saturado, es decir, con contenido de humedad por encima de 30%. Este parámetro es fundamental en estudios tecnológicos de la madera, ya que permite evaluar su comportamiento inicial después del corte y es un punto de referencia clave para procesos de secado y transformación (Sánchez, 2021).

- **Densidad básica**

Es la correlación de: el peso seco en horno/ volumen verde, el cual influye considerablemente sobre la dureza, resistencia a la flexión, entre otras características mecánicas (Aróstegui, 1982). Asimismo, es la característica física más frecuente cuando hacemos referencia a la madera y es el dato que casi siempre se registra cuando buscamos información sobre maderas (Ugarte y Stoffler, 2017).

Por su parte Downes *et al.* (1997) refieren que esta fluctúa significativamente de una especie a otra y dentro de la misma; la variación es el resultado de elementos específicos como el genotipo y fenotipo; las propiedades de cada especie también influyen en la alteración de esta característica. El cambio de esta densidad respecto a la altura es debido a la existencia de madera: temprana y tardía; joven y adulta. Principalmente esto es debido porque al tener una

mayor disponibilidad de madera juvenil en la parte basal, se generará una densidad reducida en dichas áreas (Delmastro *et al.* 1980). A medida que los anillos anuales se desarrollan, la densidad incrementa de la parte interna a la externa. Este comportamiento se intensifica con la edad del árbol (Campos, 2006).

La densidad básica se puede determinar fácilmente y está estrechamente relacionada en gran parte con las propiedades físico-mecánicas de la madera, que varían de una especie a otra, también en radio, altura del fuste (González, 2018).

Tabla 1. Clasificación de la densidad básica.

Grado	Intervalo (g/cm³)	Clasificación
1°	< 0,30	Muy baja (MB)
2°	0,30 - 0,40	Baja (B)
3°	0,41 - 0,60	Media (M)
4°	0,61 - 0,75	Alta (A)
5°	> 0,75	Muy alta (MA)

Fuente: Aróstegui (1982).

- **Densidad anhidra**

Sánchez (2021) refiere que es la relación de la masa con el volumen secado al horno (0% de agua). Por su lado Pérez *et al.* (2011) mencionan que es la relación de la masa con el volumen después que la muestra alcanza una masa constante secado en horno a: $103^{\circ}\text{C} \pm 2$. Para conseguirlo es primordial que la madera esté al 0 % de humedad (Suirezs & Berger, 2009).

c. Contracción

En su vida útil la madera presenta cambios dimensionales (aumenta o disminuye) como resultado de la variación del CH que posee en su interior, esto sucede por la descarriada de agua en la pared celular, como resultado de la variación del CH por debajo del PSF (Bárceñas y Dávalos, 1999). La contracción es una propiedad física muy importante que está directamente relacionada con el uso de la madera. Cualquier tipo de madera que se seca se encoge, reduce de tamaño, genera tensión en ella, provocando torceduras, grietas y rajaduras (Escobar *et al.*, 2005). La razón se debe a la entrada o salida del agua “higroscópica” que absorbe de la pared celular, pues, el agua libre no afecta. Por ello la madera seca se comprime, reduce sus

dimensiones, causando tensión y muchas veces defecto de secado como grietas y rajaduras (Guevara *et al.*, 2019).

Cuevas (2003) menciona que esta propiedad tiene que ver con la disminución en el volumen de la madera en su PSF, el cual es generado por la disminución de la madera en estado saturado (verde). Por su lado Diaz (2005) refiere que la contracción se produce a través del PSF, porque esta pierde masa con la celulosa; mientras más diferencia exista en la contracción radial y tangencial. Asimismo, la deformación estará mucho más a medida que la madera se seque hasta alcanzar la estabilidad dimensional con un equilibrio de humedad de 12%. La contracción se genera por el efecto de los cambios de humedad sobre la estabilidad de la madera, en secciones radiales, tangenciales y longitudinales; el aumento de tres contracciones da como resultado la contracción volumétrica (Igartua *et al.*, 2009).

- **Contracción tangencial**

Guevara *et al.* (2019) indican que son aquellas variaciones en las dimensiones de un fragmento de madera entre su estado saturado y anhidro, en la orientación perpendicular a los radios. Vargas (1987) por su lado indica que la contracción es mucho mayor en la orientación tangencial a los anillos de crecimiento debido a la anisotropía dimensional (Vargas, 1987).

Cuevas (2003) manifiesta que la contracción mayor presenta el sentido tangencial con relación al sentido radial, se debe al efecto limitante de las células en sentido horizontal a los radios medulares, porque en el sentido radial está compuesta por células radiales ubicados de forma vertical, lo que impide una mayor contracción; mientras que, en el sentido tangencial se encuentra el diámetro de la célula vertical, por ello se contraerá más al no presentarse ningún obstáculo.

- **Contracción radial**

La variación dimensional de un fragmento de madera desde su estado verde hasta anhidro ocurre en la dirección de sus radios. Este cambio está relacionado con las dimensiones que presenta la madera en su estado saturado. Este fenómeno es de particular importancia, ya que refleja la contracción radial que experimenta la madera durante el proceso de secado, lo cual influye directamente en su estabilidad dimensional y en su desempeño en aplicaciones finales (Guevara *et al.*, 2019).

- **Contracción longitudinal**

Panshin y De Zeeuw (1980) precisan que la contracción en el sentido longitudinal en madera joven es mayor en la parte interna y menor en la parte externa, esto es causado por la existencia y el crecimiento de células longitudinales y presencia de celulosa, siendo inversamente proporcional a la densidad; mientras que en madera adulta están directamente concernientes con la densidad básica. De igual manera, la contracción de la madera cambia según el sentido anatómico. En la dirección longitudinal, esta es mínima y no supera el 0,8%. Sin embargo, en la dirección radial, la contracción es más significativa, alcanzando valores que oscilan entre el 1% y el 7,8%. Aún mayor es la contracción en la dirección tangencial, es decir, perpendicular a los radios, donde puede fluctuar entre el 5% y el 11,5%. Estas diferencias se deben a la organización anatómica de la madera, lo que influencia en la estabilidad dimensional durante el proceso de secado. Cruz (2011) afirma que la contracción es más notoria en la albura que en el duramen; mientras que por su lado Glass y Zelinka, (2021) mencionan todo lo contrario y refieren que puede ser todo lo contrario en madera juvenil. Además, Espinoza de Pernía y León (2001) añaden que las contracciones longitudinales varían desde 0,1 y 0,8%, alcanzando el valor más alto en madera joven o en reacción de madera (Goche *et al.*, 2000).

- **Contracción volumétrica**

Son aquellos cambios dimensionales tanto radialmente, tangenciales como longitudinales a partir de un cambio o pérdida en el contenido de humedad que se produce al hallarse por debajo del PSF. Estas contracciones se relacionan con las mediciones en un estado húmedo (Guevara *et al.*, 2019). Goche *et al.*, (2000) mencionan que se considera criterio general que el comportamiento de las contracciones volumétricas es directamente proporcional a la densidad de la madera. Por otro lado, señalan que la contracción volumétrica de la madera se altera dependiendo de su posición dentro del árbol. Factores como la cercanía al centro (duramen) o a la periferia (albura), así como la altura en el fuste, influyen en el comportamiento de contracción.

Aróstegui (1982) propuso su clasificación respecto a la contracción volumétrica de la madera, para ello evaluó el cambio en su estado saturado (verde) hasta el estado anhidro (completamente seco en horno). Dicha clasificación se detalla en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Clasificación de la contracción volumétrica.

Grado	Rango (%)	Calificación
1°	< 7	Muy baja (MB)
2°	7,1 - 10	Baja (B)
3°	10,1 - 13	Media (M)
4°	13,1 - 15	Alta (A)
5°	>15	Muy alta (MA)

Aróstegui (1982).

- **Relación Tangencial/Radial**

La estabilidad clasifica a la madera frente a las variaciones dimensionales provocados por la merma del agua higroscópica o una disminución en el CH entre la sección tangencial y radial (Guevara *et al.*, 2019). Aróstegui (1982) señala que la correlación entre la contracción tangencial y radial constituye un indicador clave para la estabilidad dimensional. Mientras esta correlación se aproxima a la unidad, la madera presenta mayor estabilidad, lo que se traduce en una mejor trabajabilidad y un comportamiento favorable durante el proceso de secado.

Tabla 3. Clasificación de la relación tangencial/radial.

Grupo	Relación Tg/Rd	Clasificación	Estabilidad
I	< 1,5	Muy baja	Muy estable
II	1,51 - 2,0	Baja	Estable
III	2,1 - 2,5	Media	Moderadamente estable
IV	2,51 - 3,0	Alta	Inestable
V	> 3,15	Muy alta	Muy inestable

Fuente: Aróstegui (1982).

2.1.2. Generalidades de la especie de *Albizia pedicellaris* (DC.) L. Rico (Vilco pashaco)

2.1.2.1. Taxonomía

Según la identificación de Santos *et al.*, (2014) la especie *A. pedicellaris* botánicamente se clasifica en:

Reino : Plantae
Clase : Magnoliopsida
Orden : Fabales
Familia : Fabaceae
Género : *Albizia*

Especie : *Albizia pedicellaris*

2.1.2.2. Descripción de la especie

A. pedicellaris (vilco pashaco) es una especie cuyo diámetro varía de 30 a 70 cm y llega a una altura de 18 a 25 m, el fuste tiene forma cilíndrica de base recta, la ramificación de esta especie se observa en la tercera parte del fuste (Reynel, 2003). Asimismo, ITTO (s. f) menciona que los árboles alcanzan diámetros de 100 cm, en la cual, desarrollan troncos rectos y cilíndricos sin contrafuertes, libres de ramas hasta la mitad de la longitud total del árbol, con 20 y 30 foliolos por pinna; las flores son de color blancas con cáliz acampanado de 1,3 mm de largo y los frutos son planos, llegando hasta los 13,5 cm de longitud, 3 - 3,5 cm de ancho ligeramente rojizas, segmentadas entre las semillas.

2.1.2.3. Hábitad y distribución geográfica

La especie *A. pedicellaris* (vilco pashaco), se reporta a lo largo de las riberas de los ríos y lagos, creciendo en áreas temporalmente inundables a través del río Acre en Brasil y los ríos Amazonas, Nanay e Itaya en Perú. Asimismo, se distribuye desde Guyana, Surinam, Brasil, Ecuador, Perú y Venezuela (ITTO,s.f).

En Perú la especie *Albizia pedicellaris* (vilco pashaco) tiene una distribución natural, se desarrolla en las regiones de Amazonas, Madre de Dios, Pasco, Huánuco, Junín, y Ucayali (Müller et al., 2016).

2.1.2.4. Usos

La madera de *A. pedicellaris* presenta grano recto - entrecruzado, corteza interna blanquecina, textura gruesa, asimismo, es considerado una madera liviana, su densidad básica es (0,40 y 0,55 g/cm³) por lo que se recomienda para construcciones civiles, forros internos, estructuras ligeras, mueblería liviana, de igual manera, también es empleada en cajonería,

carpintería local, leña, embalajes livianos y artesanías (WWF, 2015). Es una madera útil para realizar trabajos de encofrados, revestimientos, estructuras con uniones de clavos y pernos, como también en carpintería de obra (Aróstegui, 1982).

2.2. Estado del arte

2.2.1. A nivel internacional

MAE y FAO (2014) estudiaron las propiedades físico-mecánicas en 93 maderas; de la familia Fabaceae son: *Cedrelinga cateniformis*, *Cojoba arborea*, *Geoffroea spinosa*, *Piscidia carthagenensis*. Obtuvieron como resultado que *Cedrelinga cateniformis* tuvo densidad básica: 0,37 g/cm³ y saturada 0,75 g/cm³, 2,50% de contracción radial, 5,40% tangencial y 2,10 en correlación T/R; *Cojoba arborea* obtuvo 0,65 g/cm³ densidad básica; *Geoffroea spinosa* 47,14% de CH, densidad saturada: 1,08 g/cm³, 0,72 g/cm³ de básica y 0,79 g/cm³ de anhidra; *Machaerium millei*, mostró un contenido de humedad de 43,75%, 1,11 g/cm³ en densidad saturada, 0,79 g/cm³ densidad básica y 0,80 g/cm³ en densidad anhidra; *Mora megistosperma* mostró 67,84% de CH, densidad básica: 0,56 g/cm³; 0,94 g/cm³ de saturada y 0,82 g/cm³ de anhidra; 4,63% de contracción radial, 9,32% en tangencial y 13,46% de volumétrica; *Piscidia carthagenensis* tuvo una densidad seco al aire de 0,80 g/cm³, contracción volumétrica de 14,00% y relación T/R 1,40; y la especie *Vachellia macracantha* mostro un CH de 43,76%; densidad básica 0,77 g/cm³ y saturada 1,17 g/cm³ y 0,86 g/cm³ de anhidra.

ITTO (2002) al realizar el estudio de la especie *Albizia procera* en Japón determinó que esta especie presentó 0,64 g/cm³ de densidad básica, 6,2% de contracción tangencial, contracción radial de 3,0% y una estabilidad promedio de 2,1%.

2.2.2. A nivel nacional

Zavaleta (2024) menciona en su estudio de la influencia en los niveles longitudinales fuste en algunas propiedades físicas de copal (*Protium puncticulatum*) y mashonaste (*Clarisia racemosa*) en el distrito de Tahuania, provincia Atalaya, región Ucayali; *Protium puncticulatum* tuvo 82,68% de contenido de humedad saturado, teniendo mayor valor el nivel medio y la sección externa; la densidad básica fue 0,51 g/cm³, 0,91 g/cm³ de saturada en el nivel medio y sección centro tiene mayores valores, densidad anhidra 0,53 g/cm³ en el nivel base y sección externo se encuentran los mayores valores; con contracción tangencial (5,66%) mayor valor en el nivel base y sección interna, radial (3,7%) mayor valor en el nivel base y sección interna;

longitudinal (0,42%) en el nivel medio y sección externa mayores valores; contracción volumétrica (9,53%) nivel base y sección interna tienen mayores valores y relación T/R 1,64 siendo una madera estable mayor valor en la base y sección externo. Con respecto a la especie *Clarisia racemosa*, tiene un contenido de humedad de 70,01%, teniendo mayor valor el nivel medio y la sección externa; la densidad básica fue (0,53 g/cm³) en nivel base y sección centro tiene mayores valores; densidad saturada 0,90 g/cm³ en el nivel base y sección externo tiene mayores valores, densidad anhidra 0,59 g/cm³ en el nivel base y sección centro se encuentran los mayores valores; con contracción tangencial (6,81%) mayor valor en el nivel base y sección externo; radial (3,3%) mayor valor en el nivel base y sección centro; longitudinal (0,44%) en el nivel base y sección centro mayores valores; contracción volumétrica (13,00%) nivel base y sección externo tienen mayores valores y relación T/R 2,28 siendo una madera estable mayor valor en la ápice y sección interno.

Díaz *et al.* (2019) desarrollaron estudios en anatomía y propiedades físicas en dos especies en la región Puno. Los resultados mostraron que la especie de *Miconia amazonica* presentó una densidad básica y contracción volumétrica media de 0,57 g/cm³ y 12,73% respectivamente, un contenido de humedad de 106,04%; 0,90 % de contracción longitudinal, 8,45% de contracción radial y 9,46% de contracción tangencial y 1,12% de relación T/R.

Huaynalaya (2018) estudió las propiedades físicas de tres especies de la cual una pertenece a la familia fabaceaea, siendo: *Diplotropis racemosa* (Hoehne) Amshoff (Chontaquiro), proveniente de la cuenca del río Utuquinia- Ucayali. Obtuvo que en *D. racemosa* incrementa su CH de la base del fuste al ápice, por otro lado, en el CH seco al aire la mayor humedad se encuentra en la sección medio, seguido de la base; respecto a la densidad: básica y anhidra, el mayor valor se encuentra en el nivel basal, seguido del nivel medio; en la densidad saturada el mayor valor fue en la sección basal. En la contracción tangencial, radial y volumétrica se obtuvo un mayor valor en nivel medio; en la contracción longitudinal el mayor valor fue en el nivel apical; en la relación tg/rd la especie obtuvo menor estabilidad en el nivel apical. Concluyó que la especie *D. racemosa* es una madera muy estable, de alta densidad y baja contracción.

Bravo (2017) comparó las propiedades físicas del tamarindo (*Dialium guianense* (Aubl.)), en la orientación longitudinal y transversal proveniente de Las Piedras – Tambopata; sus resultados reflejaron que el CH, contracción longitudinal aumentan directamente con la altura del árbol, mostrando resultados estadísticamente similares; lo mismo ocurre en la

densidad: básica y anhidra, contracción: tangencial, radial, volumétrica; la relación t/r. Sin embargo, la contracción radial, densidad (básica, anhidra), y el CH son estadísticamente diferentes; pero la contracción tangencial volumétrica es igual estadísticamente, sin embargo, numéricamente aumentan de la albura al duramen.

Burga (2017) menciona en su estudio sobre la influencia de las secciones longitudinales del fuste de *Hymenolobium aft puicherrimum* (pashaco negro) procedentes del bosque Macuya - Ucayali; obtuvo como resultado de contracción radial en base 3,24%, medio 3,39 %, ápice 3,84%; indicando que existe diferencia significativa, el nivel apical fue mayor que los niveles medio y base, en cambio entre el medio y base no existe diferencia significativas; para la contracción tangencial en la base 7,82%, medio 7,30%, ápice 7,91% y 0,44% de contracción longitudinal en la base, medio 0,4%, apical 0,3%, indicó que no existen diferencias significativas en ningún nivel. La madera se clasificó como madera de baja contracción.

Arbildo (2015) indicó los valores de algunas propiedades físicas y su variación por niveles del fuste en una plantación de shihuahuaco *Dipteryx odorata* de tres años, distrito Campo Verde - Ucayali; obtuvo 56,095 del CH saturado, mientras que el CH en condición seca al aire fue 13,70%, densidad básica (0,69 g/cm³), densidad saturada (1,07 g/cm³), seca al aire (0,84 g/cm³), seca al horno (0,79 g/cm³), contracción volumétrica de 12,57%, contracción radial de 5,77%, contracción longitudinal 1,24%. En la cual, el CH saturado y seco al aire fue mayor en el nivel de la copa quien disminuye hacia la base, ocurriendo lo contrario en los valores obtenidos referente a las densidades y contracciones existieron diferencias altamente significativas.

Cachique (2014), en su estudio sobre las propiedades físicas de la madera de *Guazuma ulmifolia* Lam (bolaina negra) y su variación a lo largo del fuste en árboles provenientes del CICFOR – Macuya, utilizó tres árboles y evaluó un total de 136 probetas. Los resultados obtenidos muestran que el contenido de humedad fue del 51,31% en estado saturado y del 13,78% en estado seco al aire. En cuanto a la densidad, los valores registrados fueron de 0,64 g/cm³ en estado saturado, 0,42 g/cm³ en estado básico y 0,46 g/cm³ en estado anhidro. Las contracciones alcanzaron un 5,92% en sentido tangencial, 2,97% en radial, 0,12% en longitudinal y 8,89% en volumétrica, mientras que la relación tangencial/radial (T/R) fue estable con un valor de 2,00. El estudio determinó que el contenido de humedad (saturado y seco al aire), la densidad (saturada, básica y anhidra) y las contracciones volumétrica, radial y longitudinal tienden a aumentar en sentido longitudinal desde la base hasta el ápice. Sin

embargo, la contracción tangencial y la relación T/R muestran una tendencia inversa. A nivel transversal, el contenido de humedad, la densidad y las contracciones (tangencial, radial, longitudinal y volumétrica) aumentan desde la sección externa hacia la interna, mientras que la relación T/R disminuye. Esta variación se atribuye a la distribución irregular de los anillos de crecimiento.

Villanueva (2013) estudió las propiedades físicas de 10 especies maderables provenientes de Pucallpa, de las cuales la especie *Schizolobium parahyba* (Vell) S.F. Blake (Pashaco blanco) perteneciente a la familia fabáceae, evidenció un contenido de humedad de saturado de 83,20%, CH seco al aire fue 15,50%; densidad básica, saturada, anhidra (0,28; 0,56; 0,32g/cm³); contracción tangencial, radial, longitudinal, volumétrica (8,08, 4,46%, 0,71, 12,80%), en relación tg/rd fue 2,03.

Romero (2010) evaluó las propiedades físicas de pino chuncho (*Schizolobium amazonicum*) proveniente de Satipo, obtuvo 65,37% de CH, densidad básica, anhidra, verde, seca (0,35; 0,36; 0,58; 0,37 g/cm³), contracción longitudinal, tangencial, radial, volumétrica (0,41; 3,91; 3,06; 7,38%) y la relación (tangencial/radial (T/R)) 1,43 clasificándose como madera blanda.

CPM (2008) estudió las propiedades tecnológicas de 32 especies forestales, de las cuales las especies que pertenecen a la familia Fabáceae son: *Paramachaerium ormosioides*, *Apuleia molaris*, *Hymenaea oblongifolia*, *Ormosia coccinea*, *Pterocarpus sp*, *Schizolobium excelsum*, *Sclerolobium sp* y *Pithecellobium pedicellare*. Como resultado se obtuvieron que la especie *P. ormosioides* presentó una densidad básica de 0,70 g/cm³, contracción volumétrica 9,90%, relación T/R 1,70, contracción tangencial de 6,49% y contracción radial 3,81%; la especie *A. molaris* tiene una densidad básica de 0,70 g/cm³, contracción volumétrica 10,60%, relación T/R 1,52, contracción tangencial de 6,40% y contracción radial 4,20%. Asimismo, indica que la especie *H. oblongifolia* presentó una densidad básica de 0,62 g/cm³, contracción volumétrica 1,20%, relación T/R 2,20, contracción tangencial de 7,30% y contracción radial 3,30%; *O. coccinea* presentó una densidad básica de 0,61 g/cm³, contracción volumétrica 9,40%, relación T/R 1,98, contracción tangencial de 6,30% y contracción radial 3,19%; *Pterocarpus sp* tiene una densidad básica de 0,72 g/cm³, contracción volumétrica 7,40%, relación T/R 1,90, contracción tangencial de 4,80% y contracción radial 2,70%. También el mismo autor señala que la especie *S. excelsum* presentó una densidad básica de 0,40 g/cm³, contracción volumétrica

10,40%, relación T/R 1,90, contracción tangencial de 7,00% y contracción radial 3,70%; *Sclerolobium sp* evidenció una densidad básica de 0,38 g/cm³, contracción volumétrica 9,80%, relación T/R 2,00, contracción tangencial de 6,60% y contracción radial 3,40% y la especie *Pithecellobium pedicellare* evidenció una densidad básica de 0,41 g/cm³, contracción volumétrica 11,00%, relación T/R 2,80, contracción tangencial de 8,20% y contracción radial 2,80%.

INIA (1996) indica que la especie *Albizia pedicellaris* presenta una densidad básica entre 0,40 y 0,55 g/cm³; mientras que, *Albizia lebeck* presenta una densidad básica de 0,55 – 0,66 g/cm³ (Arencibia y Carballo, s.f), por su parte, *Pithecollobium pedicellaris* evidencia un contenido de humedad seco al aire de 13,33%, contracción radial de 2,86% y contracción tangencial de 7,8% (Aróstegui y Sato, 2007).

2.2.3. A nivel regional

Julca (2021) estudió la caracterización anatómica y física de (indano) *Byrsonima schunkei* W. R. Anderson, en el distrito la Morada, región Huánuco; determinó que la densidad saturada, el CH saturado, CH seco al aire, contracción longitudinal, relación tangencial/radial presentaron una tendencia que disminuye desde la base hacia el ápice; mientras que, en la densidad (básica y anhidra), contracción (radial, tangencial y volumétrica) ocurre un comportamiento contrario. Sin embargo, en el sentido transversal el CH saturado y la contracción longitudinal incrementan el valor de la parte externa a la interna; sin embargo, en la relación tangencial/radial la sección centro tuvo un mayor valor.

Tacuche (2020) en Codo de Pozuzo, región Huánuco, estudió la variabilidad de las propiedades físicas en el sentido longitudinal y transversal de *Bixa Platycarpa* Ruiz & Pav. Ex G Don. (Achotillo), utilizó 5 árboles posteriormente evaluó 90 probetas. Obtuvo 108,9% como resultado del CH saturado, teniendo una tendencia ascendente de base hacia el nivel ápice (107,256% - 109,478%) y en cuanto a las secciones transversal aumento desde la sección externa hacia el interno. En condición seca al aire también presenta la misma tendencia que la humedad saturada, siendo el promedio 14,94%. En cuanto a las densidades ocurre un comportamiento similar, pero con respecto a las secciones transversales ocurre lo contrario, obteniendo valores promedios para la densidad básica (0,33 g/cm³), saturada (0,69 g/cm³), anhidra (0,37 g/cm³). La contracción radial (5,20%), longitudinal (0,29%), tangencial (8,46%),

volumétrica (9,52%) y la relación T/R fue (2,1%). Concluyó que la especie fue una madera con densidad baja.

Quispe (2016) determinó las propiedades físicas de *Zanthoxylum riedelianum* en tres niveles del fuste, procedentes de Tournavista, región Huánuco; determinó que el contenido de humedad saturada y la contracción volumétrica, se incrementan de la base al ápice, siendo estadísticamente similares e inversamente proporcional a la densidad saturada, densidad anhidra, densidad básica y a la relación Tangencial/Radial; sin embargo, por otro lado el contenido de humedad seco al aire, contracción (radial y tangencial) presentaron un mayor valor en el nivel medio seguido por la base, esto fue todo lo contrario respecto a la contracción longitudinal donde el mayor valor se presenta en el nivel basal y apical con 0,30%. En cuanto a las secciones transversales la densidad (básica, saturada, anhidra), humedad seca al aire, contracción y la relación Tangencial/Radial incrementaron de la sección interna a la externa ocurriendo lo inverso en la contracción radial; mientras que en el CH saturado, contracción (tangencial y volumétrica) el mayor valor se presentó en la sección centro, caso contrario se evidenció en la contracción longitudinal.

2.2.4. A nivel local

Aguirre (2014) determinó las propiedades físicas de huangana caspi *Senefeldera inclinata* Mart a tres niveles del fuste en Tingo María, obtuvo como resultados un contenido de humedad 44,75% y contracción una contracción radial de 5,36%, donde los valores aumentan de la base al ápice; sin embargo, ocurre lo inverso respecto a la densidad saturada, básica y anhidra quienes presentaron en promedio 1,10; 0,76; y 0,88 g/cm³ individualmente, asimismo, presentó la misma tendencia en la contracción longitudinal 0,57%, contracción tangencial (8,80%), contracción volumétrica (13,12%) y la relación T/R (1,74) en la cual estadísticamente son similares. Por lo tanto, concluyó que la especie presentó densidad alta.

Rivera (2014) estudió la variación del CH y cambio dimensional en diferentes niveles del fuste de *Guazuma crinita* Mart. (bolaina blanca) en Tingo María. Extrajo cinco árboles de según la NTP-251.008. como resultado obtuvo que el CH fue (85,63%), contracción: longitudinal (0,18%), radial (5,16%), tangencial (3,30%), volumétrica (8,77%) y la relación tangencial radial (0,64%); donde la tendencia de valores incrementa desde la base a la parte apical, siendo estadísticamente diferente el contenido de humedad saturado y la contracción volumétrica.

Aguirre (2009) determinó las propiedades físicas de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don. (huamanzamana) a tres niveles del fuste en Tingo María, obtuvo como resultado que los valores incrementan desde el ápice hacia la base en la variable de estudio como el contenido de humedad fue 96,54%, contracción volumétrica (15,44%), longitudinal (0,40%), tangencial (8,22%), radial (4,8%), y la relación T/R (1,71). Ocurriendo lo contrario en las densidades cuyos valores promedios son para la densidad saturada 0,60 g/cm³, densidad básica 0,31 g/cm³ y densidad anhidra 0,35 g/cm³.

Arechaga (2009) estudió las propiedades físicas de *Gutteria hyposericea* Diels (carahuasca) en el fuste y ramas, en Tingo María, determinó que el CH saturado fue 87,68 % (el cual se reduce con la altura), densidad: básica (0,42 g/cm³) siendo irregular, mayormente en el ápice, saturada (0,72 g/cm³), anhidra (0,47 g/cm³) creciente de la base hacia el ápice; contracción radial (4,96%), tangencial (8,58%) y volumétrica (11,95%).

Gamez (2009) estudió las características físicas a tres niveles del fuste en el *Calycophyllum spruceanum* en la ciudad de Tingo María. Encontró un contenido de humedad de 70,72%, (73,93%) en el nivel base, siendo este el de mayor porcentaje, nivel medio con 72,85%; la densidad básica fue de 0,65 g/cm³, donde la base presentó mayor densidad con 0,68 g/cm³, seguido del nivel medio con 0,65 g/cm³; con respecto a las contracciones la tendencia incrementa desde el nivel apical hacia la base, obteniendo 7,73% en la contracción tangencial, 3,86% en la radial, 0,34% en la longitudinal, 10,72% en la volumétrica y la relación T/R 2,05.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

Las muestras de madera de la especie *A. pedicellaris* (vilco pashaco) fueron obtenidas del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS), cuya ubicación políticamente fue: distrito: Rupa Rupa, provincia: Leoncio Prado y región: Huánuco; y geográficamente se encuentra en las coordenadas UTM: 391359 Este y 8970545 Norte. Referente a la fisiografía del área de extracción es de colinas con relieve ondulado quebradiza, con pendientes que oscilan de 20 a 30%.

En la **Tabla 4** se muestran los datos de las medidas dasométricas y las coordenadas (UTM) de los tres árboles de vilco pashaco (*A. pedicellaris*) seleccionados en el BRUNAS para la presente investigación.

Tabla 4. Datos sobre los árboles seleccionados.

Árboles	Coordenadas (UTM)		DAP (cm)	Altura	
	Este	Norte		Comercial (m)	Total (m)
1	391089	8970764	53,7	13,4	30,0
2	391317	8970523	53,5	19,5	34,5
3	391068	8970520	60,0	21,0	38,0

Las probetas fueron dimensionadas en el Laboratorio Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal (LATAMF - EPIF), adscrita a la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal, por parte del personal técnico altamente calificado. Posteriormente las evaluaciones se realizaron en el Laboratorio de Anatomía de la Madera de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal (LAM – EPIF), ubicado en el segundo piso de la Facultad de Recursos Naturales Renovables (FRNR), en la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Asimismo, en los ambientes de la evaluación (LAM – EPIF) se determinó los parámetros climáticos importantes para este estudio como la temperatura y humedad relativa, utilizando un termohigrómetro se registró cada mañana a las 9 am los datos, donde se obtuvo un promedio de 26,7°C de temperatura y 65% de humedad relativa (**Figura 3**).

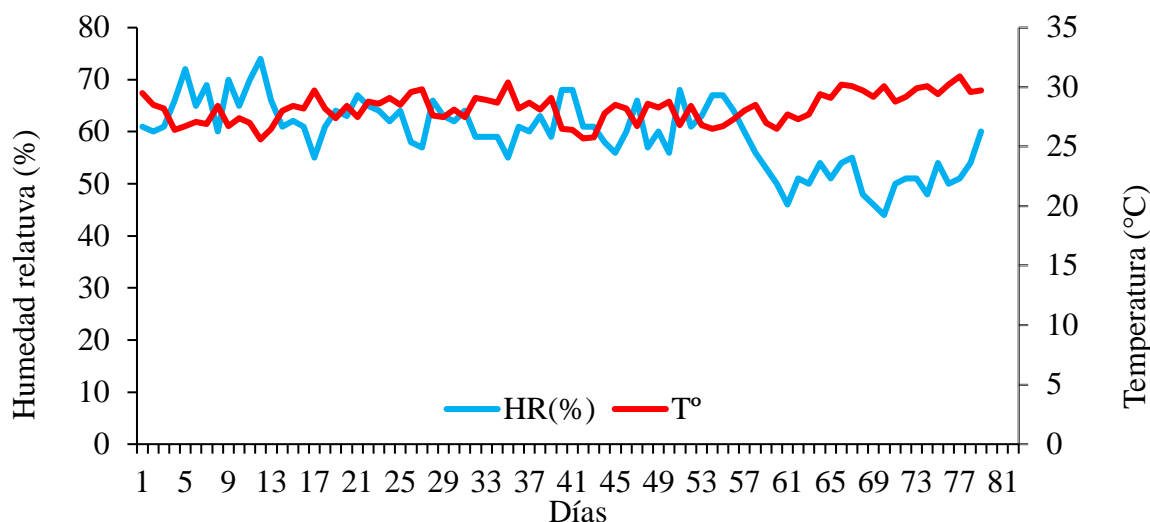


Figura 3. Curva de temperatura y humedad relativa determinado en el Laboratorio de Anatomía de la Madera (LAM).

3.1.1. Datos climáticos y zona de vida

La ciudad de Tingo María se caracteriza por presentar 3 318 mm de precipitación anual promedio, 29,5 °C de temperatura media anual, asimismo, presenta una humedad relativa de 87% Gobierno Regional de Huánuco ([GOREHCO], 2016). Con base a la clasificación de Holdridge (1987) Tingo María se sitúa ecológicamente en bosque muy húmedo Premontano Tropical (bmh – PT), asimismo, con base a la clasificación de las ocho regiones de Javier Pulgar Vidal se clasifica como Selva Alta o Rupa Rupa.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Material vegetativo

Probetas de madera de *A. pedicellaris* (Vilco pashaco). La muestra fue de 3 árboles según la norma (COPANT 458) obtenidas del BRUNAS.

3.2.2. Materiales y equipos

Entre los materiales, equipos y herramientas que se utilizaron fueron: GPS MAP 62s para georreferenciar a los individuos a talar, brújula con el fin de direccionar los árboles, machete para limpiar las lianas, motosierra para el apeado, dimensionamiento y trozado de muestras; cinta diamétrica para medir el diámetro de los árboles, wincha de 50 m para medir la longitud de la troza, marcador indeleble para la codificación de trozas; libreta de campo para

anotar datos cuantitativos de los individuos; tijera de podar de mano, bolsa ziploc, alcohol de 70°, prensa botánica, hilo pabilo, cartón, periódico para colectar las muestra botánica.

Para dimensionar las probetas de 3 x 3 x 10 cm en el LATAMF se utilizaron las siguientes herramientas: garlopa y sierra circular, asimismo, para el marcado de las probetas se utilizaron reglas y lapiceros. Para secar y posteriormente identificar las muestras vegetales prensadas, se introdujeron en la cámara de secado.

En el LAM se utilizaron: estufa a $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ para secar las probetas, después de sacarlas de la estufa, las muestras se colocaron en un desecador; balanza digital para obtención del peso; micrómetro digital para medir la cara radial, tangencial; vernier digital para medir la longitud, cocina eléctrica para calentar la parafina; soporte universal, vaso de precipitación, punzón y agua destilada para determinar el volumen por el principio de Arquímedes.

3.3. Metodología

3.3.1. Actividades previas

Para cumplir con los objetivos propuesto, se realizó la selección de la especie teniendo en cuenta aspectos (cuantitativos y cualitativos) y también el registro de las coordenadas UTM de los individuos de la especie dentro del BRUNAS (**Tabla 4**). En la evaluación se extrajeron tres individuos de la especie *Albizia pedicellaris* (Vilco pashaco), tomando como referencia la norma (COPANT 458), quien indica que para estudiar las propiedades tecnológicas (propiedades físicas), se debe de considerar al menos tres individuos por población (para especies conocidas) (Salvador, 2010); asimismo, se ha realizado el muestreo aleatorio simple, dado que los individuos de esta especie se concentraron en un solo sector del bosque reservado, donde se consideró características fitosanitarias de la especie y aspectos técnicos tales como: la accesibilidad de la zona, extracción de la especie, que al ser talados generen el menor impacto a las especies cercanas y transporte de las muestras de madera hacia el área de evaluación.

Seleccionado los árboles se continuó con el marcado de las orientaciones cardinales (N, S, E y W) para luego ser taladas por el técnico del LATAMF Mario Soza Shapiama (**Figura 4 y Figura 27 del anexo C**); luego, se colectaron las muestras botánicas (hojas, inflorescencia y frutos), estas muestras fueron colocas en bolsas ziploc y se les adicionó alcohol de 70° para su conservación (**Figura 4 y Figura 30 del anexo C**).



Figura 4. Ubicación y colecta de muestras botánicas: A= Obtención de coordenadas UTM, B=Marcado de orientaciones, C=Muestras botánicas, D=Codificado de muestras botánicas.

Del individuo talado se tomaron datos cuantitativos (diámetro y longitud) (**Figura 5**), seguidamente el fuste fue trozado a 50 cm por cada nivel en la altura: base, medio y ápice, donde se codificaron por orientación (Este “E”, Oeste “O”, Norte “N”, Sur “S”) (**Figura 5 y Figura 28 del anexo C**), finalmente se obtuvieron viguetas codificando por N° de árbol: 1, 2 y 3 y nivel: (B) base, (M) medio y (A) ápice (**Figura 5 y Figura 29 del anexo C**).



Figura 5. Toma de datos y obtención de viguetas: A= Medición de diámetro, B= Medición de longitud, C= Codificación de orientación, D= Obtención de viguetas.

Dichas viguetas fueron llevadas al LATAMF para obtener las probetas cuyas dimensiones fueron de (3 x 3 x 10 cm), en cada nivel de altura y sección transversal (**Figura 6 y Figura 32 del anexo C**), siendo cada probeta codificada de acuerdo con el número del árbol: 1, 2 y 3, nivel: (B) base, (M) medio y (A) ápice, orientación: (E) Este, (W) Oeste, (N) Norte, (S) Sur y por secciones transversales: (I) interno, (C) centro y (E) externo (**Figura 6 y Figura 33 del anexo C**). Con respecto, a las muestras botánicas que se colectaron fueron certificadas por el docente a cargo del herbario de la FRNR - UNAS (**Anexo A**).

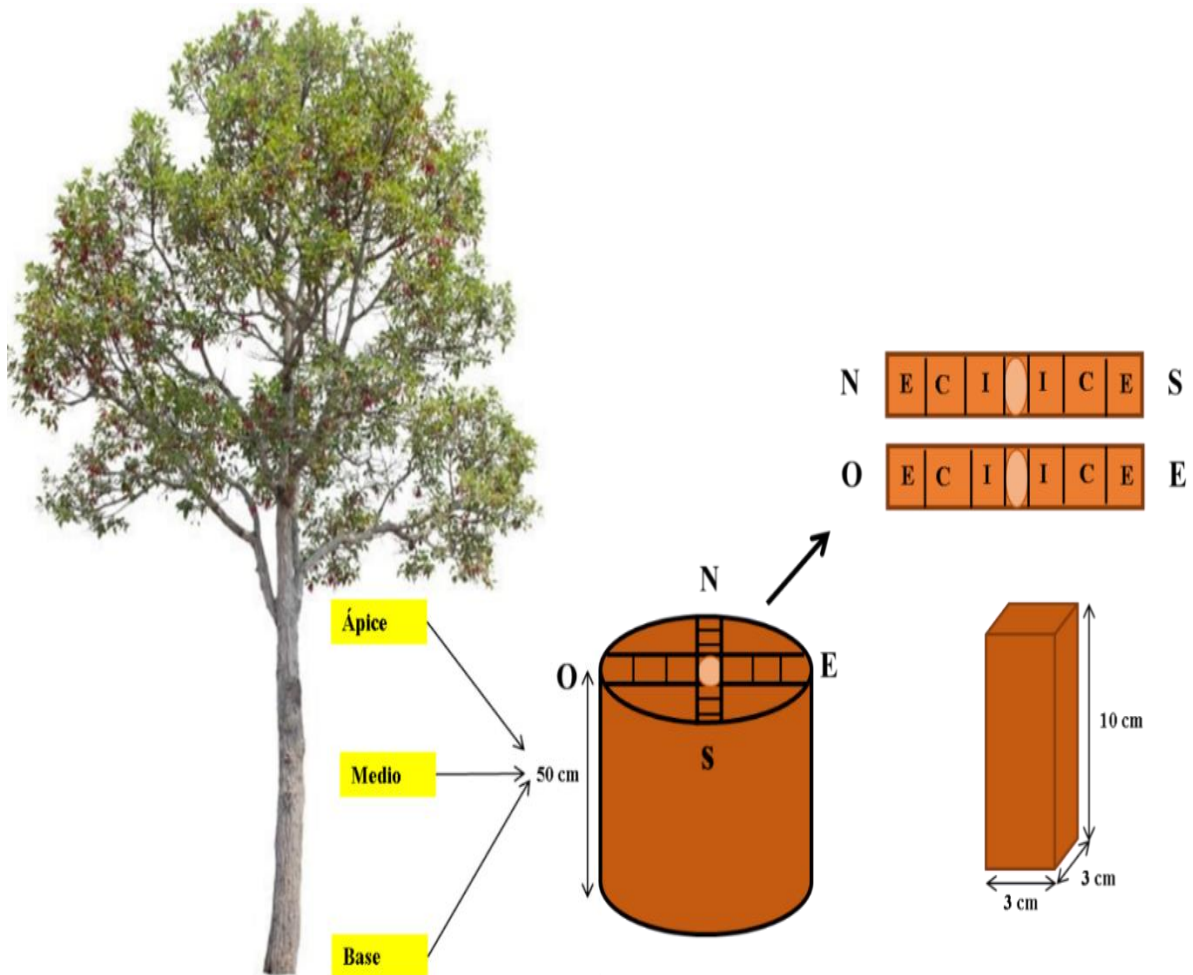


Figura 6. Obtención de probetas de la especie *A. pedicellaris*, en el sentido longitudinal, transversal y orientaciones.

3.3.2. Determinación del contenido de humedad saturado y seco al aire del fuste de la madera de *A. pedicellaris*, en el sentido longitudinal y transversal.

Se tomó como referencia la NTP 251.010. “Método para determinar el contenido de humedad”; para obtener el peso inicial las probetas fueron pesadas en estado húmedo, luego se colocó en un ambiente adecuado del Laboratorio de Anatomía para su pesaje diario, hasta obtener un peso constante (secado al aire), considerando la humedad relativa y temperatura (**Figura 34 del anexo C**).

Luego que las probetas obtuvieran un peso constante secado al aire, se procedió a colocarlos en una estufa, donde diariamente se incrementó gradualmente la temperatura desde 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 hasta llegar a 103°C, seguidamente se retiraron a las probetas de la estufa con ayuda de una pinza y estas fueron colocadas en el desecador por un tiempo de 15 minutos, inmediatamente se pesó y se obtuvo el peso anhidro (**Figura 35 del anexo C**).

La fórmula para determinar el contenido de humedad saturada fue:

$$\text{CHS}(\%) = \frac{\text{Ph} - \text{Psh}}{\text{Psh}} \times 100$$

Dónde:

CHS (%) = contenido de humedad en estado saturado; Ph = peso en estado saturado (g);
Psh = peso seco al horno (g).

Para determinar el contenido de humedad seco al aire se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{CHSA}(\%) = \frac{\text{PS aire} - \text{Psh}}{\text{Psh}} \times 100$$

Dónde:

CHSA (%) = contenido de humedad seco al aire; PS aire = peso seco al aire (g); Psh =
Peso seco al horno (g).

3.3.3. Determinación de las densidades: saturada, básica y anhidra del fuste de la madera de *A. pedicellaris*, en el sentido longitudinal y transversal.

Se utilizó la NTP 251.011. “Método para determinar la densidad” (**Figura 6 y Figura 33 del anexo C**).

3.3.3.1. Densidad saturada

Por cada probeta se registró el peso inicial (**Figura 34 del anexo C**), luego se colocó en una balanza analítica (tarado a cero) el vaso precipitado graduado conteniendo agua destilada a una cantidad determinada para determinar el volumen en estado húmedo, inmediatamente se introdujo la punta del punzón en la parte céntrica de la sección transversal en cada probeta (**Figura 38 del anexo C**), seguidamente se colocó en el soporte universal sumergiendo a la probeta sin que esta tocara el fondo ni las paredes del vaso precipitado (**Figura 40 del anexo C**), luego se anotó el peso.

La fórmula utilizada fue:

$$\text{DS} = \frac{\text{PH}}{\text{VH}}$$

Dónde:

DS = densidad saturada (g/cm^3); PH = peso húmedo (g), VH = volumen húmedo (cm^3).

3.3.3.2. Densidad básica

Se obtuvo tomando los datos registrados en el cálculo del volumen húmedo y los datos del peso seco en el horno, para las cuales se utilizó la siguiente ecuación.

$$DB = \frac{Psh}{Vh}$$

Dónde:

DB = densidad básica (g/cm^3); Psh = peso seco al horno (g), Vh = volumen húmedo (cm^3)

3.3.3.3. Densidad anhidra

Se consideró el peso y volumen seco al horno, y se estimó por inmersión en agua por el método de Arquímedes, para ello las probetas antes de ser sumergidas en el agua destilada fueron parafinadas (**Figura 39 del anexo C**). Se utilizó ecuación siguiente:

$$DA = \frac{Psh}{Vsh}$$

Dónde:

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

3.3.4. Determinación de las contracciones: radial, tangencial, longitudinal, volumétrica y relación tangencial/radial, del fuste de la madera de *A. pedicellaris*, en el sentido longitudinal y transversal.

Se determinó tomando como referencia la NTP 251.012. “*Método para determinar la contracción*”, primeramente, se señalaron los puntos centrales en cada extremo de las probetas en estado húmedo, luego se midieron las dimensiones tangencial y radial con ayuda del micrómetro digital (**Figura 37 del anexo C**) y la dimensión longitudinal con el vernier digital (**Figura 36 del anexo C**), posteriormente fueron colocadas en estufa a temperatura gradual por cada día (30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, y 103°C). Se retiraron las probetas de la estufa y se colocaron en el desecador por 15 minutos (**Figura 35 del anexo C**), seguidamente se realizó la medición

final de sus dimensiones (tangencial, radial y longitudinal), se registró dichas medidas y se calculó las contracciones utilizando las siguientes formulas:

3.3.4.1. Contracción tangencial total

$$CTt = \frac{Dth - Dtsh}{Dth} \times 100$$

Dónde:

CTt = contracción tangencial total (%), Dth: dimensión tangencial humedad (cm); Dtsh = dimensión tangencial seca al horno (cm).

3.3.4.2. Contracción radial total

$$CRt = \frac{Drh - Drsh}{Drh} \times 100$$

Donde:

CRt = (%) contracción radial total, Drh = dimensión radial humedad (cm), Drsh = Dimensión radial seca al horno (cm).

3.3.4.3. Contracción longitudinal total

$$CLt = \frac{Dlh - Dlsh}{Dlh} \times 100$$

Donde:

CLt = (%) contracción longitudinal total, Dlh = dimensión longitudinal humedad (cm), Dlsh = dimensión longitudinal seca al horno (cm).

3.3.4.4. Contracción volumétrica total

$$CVt = \frac{vh - vsh}{vh} \times 100$$

Dónde:

CVt = (%) contracción volumétrica total, vh: volumen húmedo (cm³), vsh: volumen seco al horno (cm³).

3.3.4.5. Relación tangencial/radial

$$\text{Relación} = \frac{\text{CTt}}{\text{CRt}}$$

Dónde:

CTt = (%) contracción tangencial total y CRt = (%) contracción radial total.

3.4. Características de la investigación

3.4.1. Tipo y nivel

- **Tipo:** Aplicado (se basa en fundamentos teóricos y busca profundizar las propiedades físicas de una especie poco conocida).
- **Nivel:** Explicativo (pretende evaluar la variabilidad y relación de las propiedades físicas en el sentido longitudinal y transversal).

3.4.2. Diseño

Fue no experimental porque no se manipularon las variables. Para analizar las variables en estudio se consideró utilizar un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial en tres niveles: base, medio y ápice por tres secciones transversales: interno, centro y externo con 3 repeticiones (árboles), mientras que las orientaciones (E, O, N y S) solo fueron referencial para codificar las muestras, evaluando así un total de 108 probetas. Para este diseño las diferencias significativas, se utilizó la prueba de Tukey (**Tabla 5**).

Tabla 5. Diseño estadístico de la interacción de los factores.

Nivel de altura	Sección transversal	Interacción
Base(a ₁)	Interno(b ₁)	a ₁ b ₁
	Centro(b ₂)	a ₁ b ₂
	Externo(b ₃)	a ₁ b ₃
Medio(a ₂)	Interno(b ₁)	a ₂ b ₁
	Centro(b ₂)	a ₂ b ₂
	Externo(b ₃)	a ₂ b ₃
Ápice(a ₃)	Interno(b ₁)	a ₃ b ₁
	Centro(b ₂)	a ₃ b ₂
	Externo(b ₃)	a ₃ b ₃

En la **Tabla 6**, se observa el bosquejo del análisis de la varianza para poder determinar el nivel de variación entre los tres niveles de altura y las tres secciones transversales con respecto a sus propiedades físicas.

Tabla 6. Esquema del análisis de varianza.

Fuente de variación	Grados de libertad
Nivel de altura(a)	$a-1 = 2$
Sección transversal(b)	$b-1 = 2$
Interacción a x b	$(a-1) *(b-1) = 4$
Error experimental	$ab (r-1) = 18$
Total	$abr -1 = 26$

La investigación tuvo el siguiente modelo aditivo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \gamma_j + (\alpha\gamma)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

μ : efecto de la media general, α_i : efecto del i-esimo nivel del factor a, γ_j : efecto del j-esimo nivel del factor b, $(\alpha\gamma)_{ij}$: efecto de la interacción i-esimo nivel del factor a con j-esimo nivel de factor b, ϵ_{ijk} : error experimental.

- Características del diseño

Factor a	: nivel de altura (base, medio y ápice)
Factor b	: sección transversal (interno, centro y externo)
Unidades experimentales	: 27
Probetas por unidad experimental	: 4
Repeticiones	: 3 (árboles)
Probetas totales	: 108 probetas

3.4.3. Variables en estudio

a. Variables independientes

Nivel de altura: base, medio y ápice; secciones transversales: interno, centro y externo.

b. Variables dependientes

Densidad, contenido de humedad y contracción.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Determinación del contenido de humedad saturado y seco al aire, del fuste de la madera de *Albizia pedicellaris* (vilco pashaco), en el sentido longitudinal y transversal.

4.1.1. Contenido de humedad saturado

La especie *A. pedicellaris* obtuvo un CH saturado promedio de 79,35% con un coeficiente de variación de 16,05%; donde se realizó el análisis de varianza y se comprobó que las secciones transversales (P-valor = 0,632) y la interacción entre los factores (P-valor = 0,532) no presentan diferencias estadísticamente significativas, por otro lado, en los niveles de altura si evidenciaron una diferencia altamente significativa, con un valor de P-valor = 0,005 (**Tabla 7**).

Tabla 7. Análisis de varianza del contenido de humedad saturado

F. V	GL	SC	CM	F	P-valor
Niveles	2	2 361,04	1 180,52	7,27	0,005**
Secciones	2	152,57	76,28	0,47	0,632 ^{ns}
Niveles*Secciones	4	529,28	132,32	0,82	0,532 ^{ns}
Error	18	2921,03	162,28		
Total	26	5963,92			

** : Altamente significativo; ns: no significativo; C.V: 16,05%

Al comparar los cuadrados medios con la prueba Tukey, en el contenido de humedad saturado con relación a los niveles de altura, se evidenció que el nivel base presentó la mayor humedad con 92,23%, siendo este estadísticamente diferente y numéricamente superior al nivel medio y ápice, cuyos valores promedios son 75,50% y 70,32% respectivamente, y estadísticamente son similares (**Figura 7**).

Resultado similar se encontró en las especies *B. schunkei* (Julca, 2021), *G. crinita* (Rivera, 2014), *C. spruceanum* (Gamez, 2009) y *J. copaia* (Aguirre, 2009) al evidenciar que la tendencia incrementa desde la zona apical hacia la base, sin embargo, ocurrió un comportamiento contrario en las especies *Z. riedelianum* (Quispe, 2016), *D. odorata* (Arbildo, 2015), *D. guianense* (Bravo, 2017), *S. inclinata* (Aguirre, 2014), *B. Platycarpa* (Tacuche, 2020), *D. racemosa* (Huaynalaya, 2018) y *G. ulmifolia* (Cachique, 2014).

Este resultado se debe posiblemente a la genética propia de la especie *A. pedicellaris*, dado que, cada especie está compuesta anatómicamente de elementos leñosos de diferente forma, tamaño, cantidad y posición, etc. como los poros, quien, al contener mayor cantidad de vasos en la zona basal, mayor será el contenido de humedad en dicho nivel; asimismo estas características son influenciadas por el lugar de origen, estación del año y edad.

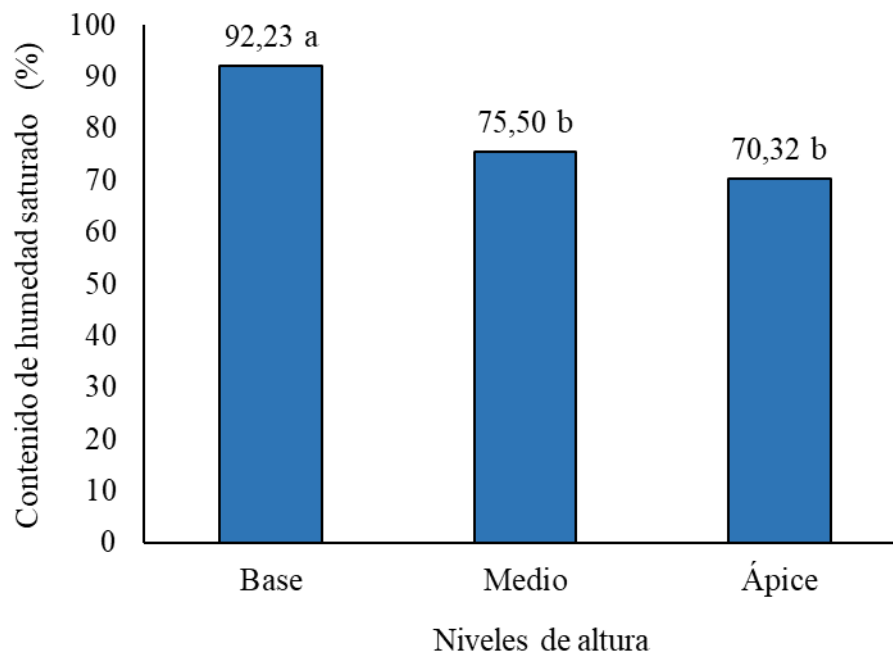


Figura 7. Comparación de medias del contenido de humedad saturada en niveles de altura.

Comparando con la prueba Tukey el contenido de humedad saturado en las secciones transversales, mostró que no existe diferencia estadística significativa entre las secciones; sin embargo, numéricamente la sección interna almacena mayor humedad presentando un promedio de 81,44%, siendo mayor que las secciones centro y externo, y sus valores promedios son 80,59% y 76,03% respectivamente (**Figura 8**).

Las especies *B. schunkei* (Julca, 2021), *D. guianense* (Bravo, 2017), *B. Platycarpa* (Tacuche, 2020), *Z. riedelianum* (Quispe, 2016) y *G. ulmifolia* (Cachique, 2014) evidenciaron resultados similares al mostrar una tendencia ascendente desde la corteza hacia la médula.

Este resultado se atribuye posiblemente al equilibrio entre la madera temprana y la tardía, de igual forma con la extensión de las fibras, espesor de la pared celular, tipo y diámetro de las células, asimismo, se ve influenciada por la densidad, ya que al contener mayor densidad se presentará una menor humedad en dicha zona.

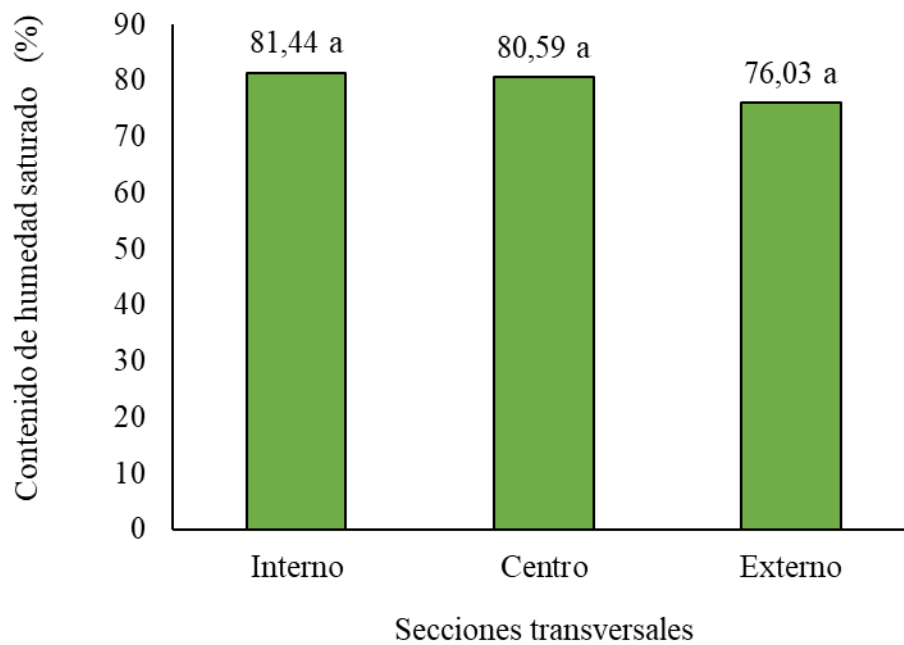


Figura 8. Comparación de medias del contenido de humedad saturada en secciones transversales.

4.1.2. Contenido de humedad seco al aire

Evaluando las 108 probetas de la especie *A. pedicellaris* se determinó que tuvo un promedio de 12,08% de contenido de humedad seco al aire, cuyo coeficiente de variación fue 1,06%; donde al realizar el análisis de varianza se obtuvo que la interrelación entre factores no presentan diferencias estadísticamente significativas con un valor de P-valor = 0,511, mientras que, los niveles de altura si evidenciaron diferencia significativa con P-valor = 0,015, con respecto a las secciones transversales mostraron diferencia estadística altamente significativo con un valor de P-valor = 0,000 (**Tabla 8**).

Tabla 8. Análisis de varianza del contenido de humedad seco al aire

F. V	GL	SC	CM	F	P-valor
Niveles	2	0,18	0,09	5,37	0,015*
Secciones	2	0,57	0,29	17,46	0,000**
Niveles*Secciones	4	0,06	0,01	0,85	0,511 ^{ns}
Error	18	0,30	0,02		
Total	26	1,11			

** : Altamente significativo; * : significativo; ns: no significativo; C.V: 1,06%

Como se muestra en la **Figura 9** la comparación de medias de Tukey para el contenido de humedad seco al aire respecto a los niveles de altura, se evidenció que en el nivel base se observó la mayor pérdida de humedad (11,99%) siendo numéricamente inferior al nivel medio (12,05%) pero ambos son estadísticamente similares; mientras que, el nivel ápice es estadísticamente similar al nivel medio pero diferente al nivel base, además es numéricamente superior a los demás niveles con un valor total de 12,19%.

Resultado similar se obtuvo en la especie *G. ulmifolia* (Cachique, 2014). Se determinó un comportamiento contrario en las especies *B. schunkei* (Julca, 2021), *D. odorata* (Arbildo, 2015), *Z. riedelianum* (Quispe, 2016) y *B. Platycarpa* (Tacuche, 2020), al evidenciar numéricamente una menor pérdida de humedad en el nivel de la base que disminuye hacia el ápice, por su parte, Huaynalaya (2018) en la especie *D. racemosa*, encontró una menor pérdida de humedad en el nivel medio, seguido del área basal.

Los resultados obtenidos en la especie *A. pedicellaris*, se debe posiblemente a la mayor presencia porosa en la zona basal, por ello, se evidencia mayor pérdida de humedad en dicha área, por otra parte, en la zona apical podría relacionarse con la densidad, conjunto de pared celular, sustancias extractivas como (gomas, resinas, aceite), la cual impiden la pérdida de humedad en el mencionado nivel.

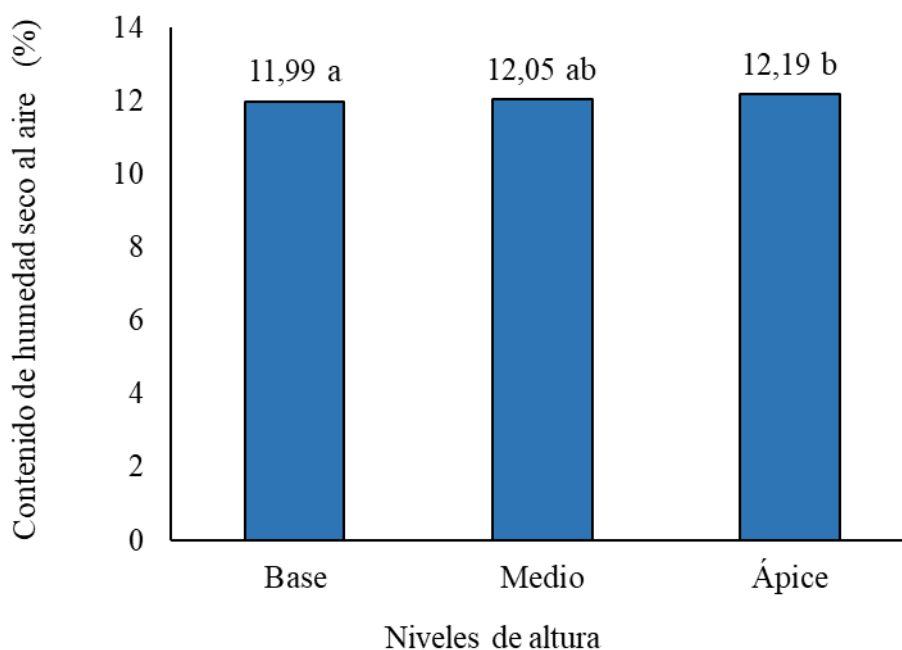


Figura 9. Comparación de medias del contenido de humedad seco al aire en niveles de altura.

Al realizar la prueba Tukey para el contenido de humedad seco al aire con respecto a las dimensiones transversales, se evidenció que: (la sección interna presenta una mayor pérdida de humedad) mostrando un 11,95%, siendo estadísticamente diferente y numéricamente inferior a la sección centro y externo, cuyos valores promedios son 12,00% y 12,28% respectivamente, quienes son estadísticamente similares (**Figura 10**).

Variaciones similares se determinó en el estudio de las especies *B. Platycarpa* (Tacuche, 2020), *Z. riedelianum* (Quispe, 2016) y *B. schunkei* (Julca, 2021) al evidenciar que el contenido de humedad seco al aire tiene una tendencia ascendente que inicia en la dimensión trasversal interna a la externa.

Esta variación en *A. pedicellaris* se percibe posiblemente porque en la parte externa se observa mayor densidad, debido a la presencia de mayor espesor de pared celular y menos espacio poroso en dicha zona, asimismo, podría estar influenciado por la presencia de las fibras cortas e inclinadas, relación entre la madera temprana y la tardía, dispersión de los anillos de crecimiento anual, contenido de extraíbles, la edad; siendo factores que dificultaron la pérdida de humedad en el mencionado nivel.

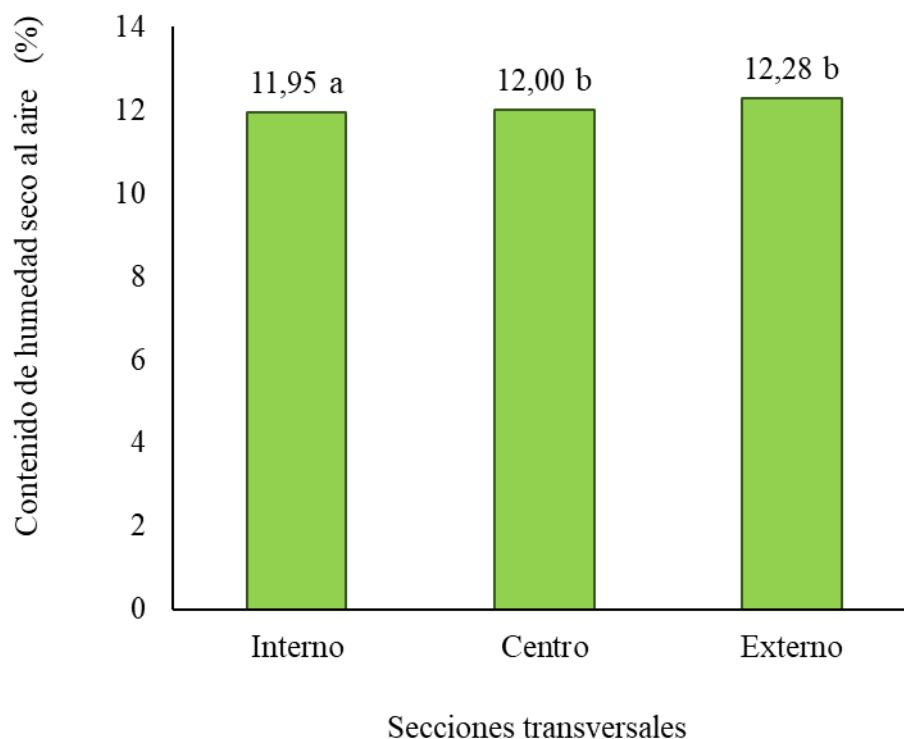


Figura 10. Comparación de medias del contenido de humedad seco al aire en secciones transversales.

4.2. Determinación de las densidades: saturada, básica y anhidra, del fuste de la madera de *Albizia pedicellaris* (vilco pashaco), en el sentido longitudinal y transversal

4.2.1. Densidad saturada

Con la evaluación de 108 probetas de la especie *A. pedicellaris* se determinó que la densidad saturada promedio fue $0,92 \text{ g/cm}^3$ cuyo coeficiente de variación fue 10,94%; donde al realizar el análisis de varianza se obtuvo que los niveles de altura y la interrelación con los factores, estas no presentan diferencia significativa a (P-valor = 0,222 y 0,898 respectivamente), mientras que, las secciones transversales mostraron diferencia significativa con (P-valor = 0,038) (Tabla 9).

Tabla 9. Análisis de varianza de la densidad saturada

F. V	GL	SC	CM	F	P-valor
Niveles	2	0,03	0,02	1,64	0,222 ^{ns}
Secciones	2	0,08	0,04	3,93	0,038*
Niveles*Secciones	4	0,01	2,70E-03	0,26	0,898 ^{ns}
Error	18	0,18	0,01		
Total	26	0,31			

*: Significativo; ns: no significativo; C.V: 10,94%

En la **Figura 11**, al realizar la evaluación de la prueba Tukey para la densidad saturada en los niveles de altura, se determinó que no existe diferencia significativa entre los niveles; sin embargo, numéricamente en la base presenta mayor densidad ($0,97 \text{ g/cm}^3$), siendo superior que los niveles de altura medio y ápice, cuyos valores promedios son $0,91 \text{ g/cm}^3$ y $0,89 \text{ g/cm}^3$ respectivamente.

Similar variación se presentó en las investigaciones realizadas en las especies *D. racemosa* (Huaynalaya, 2018), *Z. riedelianum* (Quispe, 2016), *S. inclinata* (Aguirre, 2014), *B. schunkei* (Julca, 2021), *C. racemosa* (Zavaleta, 2024) y *D. odorata* (Arbildo, 2015) al mostrar numéricamente una densidad saturada de tendencia descendente que va de la base al ápice, sin embargo, se evidenció un comportamiento contrario al desarrollar el estudio de las especies *J. copaia* (Aguirre, 2009), *B. Platycarpa* (Tacuche, 2020) y *G. ulmifolia* (Cachique, 2014).

Este resultado se debe posiblemente a la genética propia de la especie *Albizia pedicellaris* (vilco pashaco), la cual podría estar influenciada por la región de procedencia, época del año y la edad.

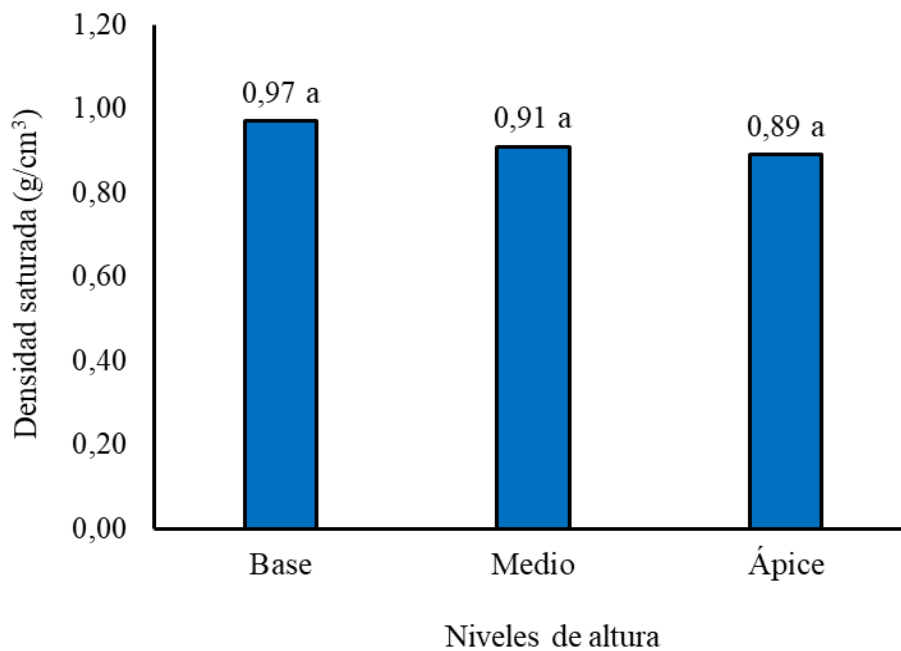


Figura 11. Comparación de medias de la densidad saturada en niveles de altura.

Como se muestra en la **Figura 12** la prueba de Tukey evidenció que la sección externa contiene mayor densidad con un valor de $0,99 \text{ g/cm}^3$, siendo estadísticamente similar y numéricamente superior al centro quien presentó $0,93 \text{ g/cm}^3$; mientras que, la sección interna es estadísticamente similar al nivel centro, pero diferente a la sección externa, además numéricamente es inferior a las demás secciones presentando un valor total ($0,85 \text{ g/cm}^3$).

El resultado de la densidad saturada en las secciones transversales evidenció numéricamente una tendencia de incremento que inicia desde la medula hacia la corteza, similar comportamiento de variación se presentó en las especies de *Z. riedelianum* (Quispe, 2016) y *B. schunkei* (Julca, 2021), sin embargo, en la especie *B. Platycarpa* (Tacuche, 2020) y *G. ulmifolia* (Cachique, 2014) evidenció lo contrario.

Esta variación en la especie *A. pedicellaris* es debido a que la zona externa muestra más espesor en la pared celular y a su vez, presenta menor espacio poroso, asimismo, podría deberse a la presencia de las fibras cortas e inclinadas, relación y distribución de leño temprano y tardío, contenido de extraíbles, finalmente dispersión de los anillos y la edad.

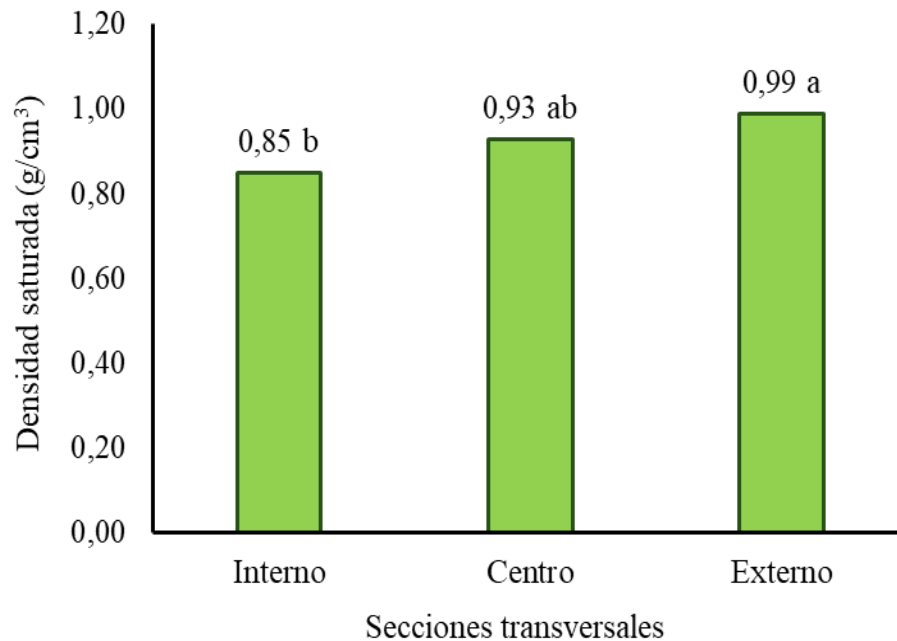


Figura 12. Comparación de medias de la densidad saturada en secciones transversales.

4.2.2. Densidad básica

La especie *A. pedicellaris* presentó en promedio ($0,51 \text{ g/cm}^3$) de densidad básica clasificándose como una madera de densidad media (M) perteneciente al grupo III, siendo una madera útil para realizar trabajos de construcción (encofrados y revestimientos), estructura con uniones de pernos y clavos, como también en carpintería de obra.

El resultado obtenido concuerda con la investigación desarrollada por INIA (1996) quien evaluó la misma especie y la especie *A. lebeck* (Arencibia y Carballo, s.f) perteneciente al mismo género presentaron una densidad media, asimismo, al evaluar otras especies como *P. puncticulatum* y *C. racemosa* (Zavaeta, 2024), *G. ulmifolia* (Cachique, 2014), *B. schunkei* (Julca, 2021), *P. pedicellare* (CPM, 2008), *M. amazonica* (Díaz et al., 2019) y *Z. riedelianum* (Quispe, 2016) obtuvieron la misma clasificación y grupo.

Sin embargo, las especies *A. procera* (ITTO, 2002), *S. inclinata* (Aguirre, 2014), *C. spruceanum* (Gamez, 2009), *D. odorata* (Arbildo, 2015) y *J. copaia* (Aguirre, 2009), *D. racemosa* (Huaynalaya, 2018), CPM (2008) al estudiar a las especies *P. ormosioides*, *A. molaris*, *H. oblongifolia*, *O. coccinea* y *Pterocarpus sp.* y MAE y FAO (2014) en el estudio de las especies *C. arborea* y *G. spinosa*; difieren con los resultados de la investigación, ya que, obtuvieron una clasificación de densidad alta. Mientras que, las especies *M. millei*, (MAE y

FAO, 2014), *D. guianense* (Bravo, 2017) y *V. macracantha* (MAE y FAO, 2014) evidenciaron una clasificación de densidad muy alta. No obstante, también se presentaron especies cuya densidad es de clasificación baja, siendo estas: *Schizolobium excelsum* (CPM, 2008), *C. cateniformis* (MAE y FAO, 2014), *B. Platycarpa* (Tacuche, 2020), *S. amazonicum* (Romero, 2010) y *Sclerolobium sp* (CPM, 2008), pero, la especie *S. parahyba* (Villanueva, 2013) mostró una densidad de clasificación muy baja, difiriendo con el resultado de la especie *A. pedicellaris*.

En la **Tabla 10**, al realizar el análisis de varianza se obtuvo que la interacción de los factores y los niveles de altura no presentan diferencia significativa con (P-valor = 0,799 y P-valor = 0,729 respectivamente), mientras que, las secciones transversales mostraron diferencia estadística significativa con un valor de (P-valor = 0,029).

Tabla 10. Análisis de varianza de la densidad básica

F. V	GL	SC	CM	F	P-valor
Niveles	2	1,8E-03	8,80E-04	0,23	0,799 ^{ns}
Secciones	2	0,03	0,02	4,35	0,029*
Niveles*Secciones	4	0,01	2,00E-03	0,51	0,729 ^{ns}
Error	18	0,07	3,90E-03		
Total	26	0,11			

*: Significativo; ns: no significativo; C.V: 12,03 %

En la **Figura 13**, al realizar la evaluación de prueba Tukey para densidad básica en los tres niveles, se determinó que no existe diferencia significativa; sin embargo, numéricamente el nivel ápice presentó mayor densidad (0,53 g/cm³), siendo superior que los niveles de altura base y medio, cuyos valores promedios son 0,51 g/cm³ y 0,52 g/cm³ respectivamente. Variación similar mostraron las especies *G. ulmifolia* (Cachique, 2014), *B. schunkei* (Julca, 2021), *C. spruceanum* (Gamez, 2009), *B. Platycarpa* (Tacuche, 2020) y *J. copaia* (Aguirre, 2009) al presentar una tendencia ascendente que va del nivel base al ápice, sin embargo, *Z. riedelianum* (Quispe, 2016), *S. inclinata* (Aguirre, 2014), *D. odorata* (Arbildo, 2015), *D. guianense* (Bravo, 2017), *P. puncticulatum* y *C. racemosa* (Zavaleta, 2024), *D. racemosa* (Huaynalaya, 2018) evidenciaron un comportamiento contrario.

Este resultado se atribuye posiblemente a las diferentes formas, tamaños, cantidad y posición, etc. de los elementos leñosos como los poros, quien, al contener mayor cantidad de vasos en la zona basal, existirá en la zona menos espesor de la pared celular, por ende, mínima

densidad, como conclusión, la relación que guarda la densidad con el contenido de humedad es inversamente proporcional.

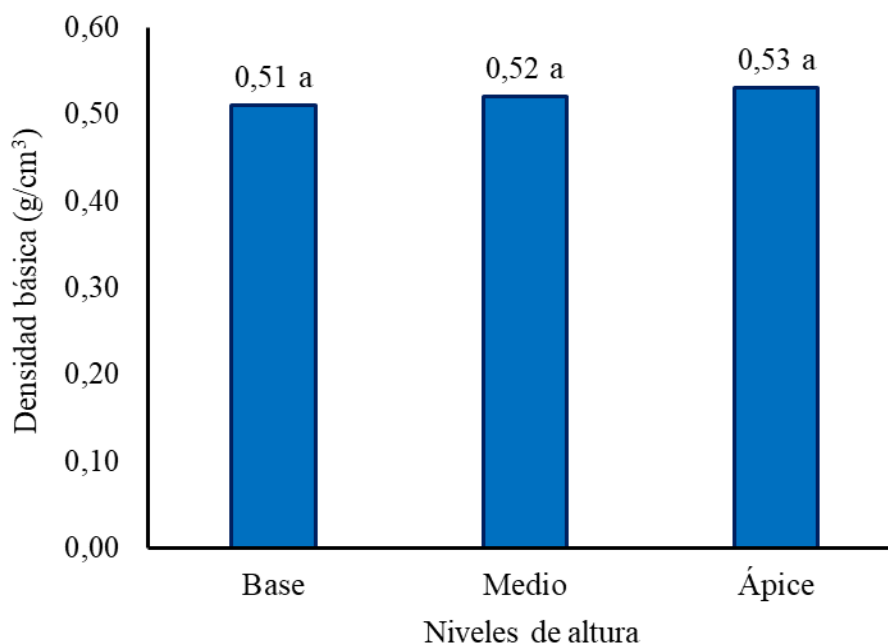


Figura 13. Comparación de medias de la densidad básica en niveles de altura.

Como se muestra en la **Figura 14** la prueba Tukey, para la densidad básica en razón a las secciones transversales; donde se evidenció que la sección externa contiene mayor densidad con un valor de $0,56 \text{ g/cm}^3$, siendo estadísticamente similar y numéricamente superior a la del centro el cual presentó en promedio $0,52 \text{ g/cm}^3$; mientras que, la sección interna es estadísticamente similar a la sección centro pero diferente a la sección externa, además numéricamente es inferior a las demás secciones presentando un valor total de $0,47 \text{ g/cm}^3$.

Resultado similar se determinó en las especies *B. schunkei* (Julca, 2021) y *Z. riedelianum* (Quispe, 2016) al evidenciar una densidad que va incrementándose de la parte interna a la externa, caso contrario ocurrió en las especies *B. Platycarpa* (Tacuche, 2020), *D. guianense* (Bravo, 2017) y *G. ulmifolia* (Cachique, 2014).

El resultado se debe posiblemente a la distribución del leño temprano y tardío, espesor de la pared celular, distribución de los anillos de crecimiento, contenido de extraíbles, edad, tamaño e inclinación de las fibras, tipo y diámetro de las células.

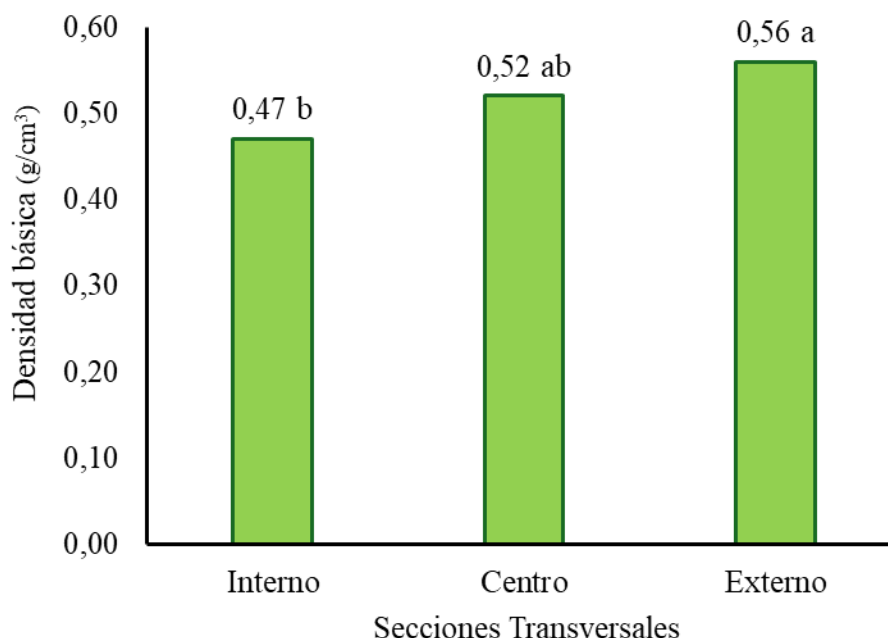


Figura 14. Comparación de medias de la densidad básica en secciones transversales.

4.2.3. Densidad anhidra

A. pedicellaris presentó una densidad anhidra promedio de $0,57 \text{ g/cm}^3$ con un coeficiente de variación de 13,35%; a partir de la varianza se determinó que los niveles de altura, secciones transversales y la interacción entre los factores no presentaron diferencia significativa, cuyos promedios fueron (P-valor = 0,859; P-valor = 0,053 y P-valor = 0,853) (**Tabla 11**).

Tabla 11. Análisis de varianza de la densidad anhidra.

F. V	GL	SC	CM	F	P-valor
Niveles	2	1,8E-03	9,00E-04	0,15	0,859 ^{ns}
Secciones	2	0,04	0,02	3,46	0,053 ^{ns}
Niveles*Secciones	4	0,01	2,00E-03	0,33	0,853 ^{ns}
Error	18	0,11	0,01		
Total	26	0,16			

ns: no significativo.

Como se aprecia en la **Figura 15**, la evaluación de Tukey determinó que no existe diferencia estadística significativa entre niveles; pero numéricamente el ápice presentó mayor densidad con un valor promedio de $0,59 \text{ g/cm}^3$, siendo superior que los niveles de altura medio

y base, cuyos valores promedios son $0,57 \text{ g/cm}^3$. Variación similar se encontró en las especies *J. copaia* (Aguirre, 2009), *B. Platycarpa* (Tacuche, 2020), *B. schunkei* (Julca, 2021) y *G. ulmifolia* (Cachique, 2014) al evidenciar una mayor densidad en el ápice, seguido del nivel medio; sin embargo, ocurrió lo contrario en las especies *D. odorata* (Arbildo, 2015), *D. guianense* (Bravo, 2017), *Z. riedelianum* (Quispe, 2016), *S. inclinata* (Aguirre, 2014) y *D. racemosa* Huaynalaya (2018). Este resultado se debe posiblemente a la mayor proporción de madera juvenil en los árboles examinados; el nivel base tiene una densidad menor debido a la mayor cantidad de madera juvenil.

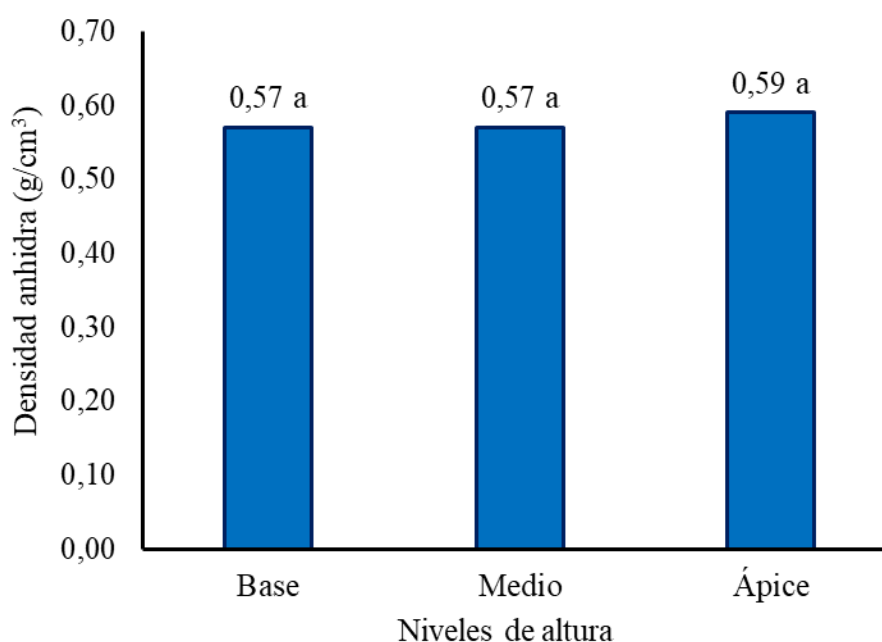


Figura 15. Comparación de medias de la densidad anhidra en niveles de altura.

Al realizar la prueba Tukey, para densidad anhidra respecto a las secciones transversales; se evidenció que la sección externa contiene mayor densidad con un valor de $0,62 \text{ g/cm}^3$, siendo estadísticamente similar y numéricamente superior a la del centro quien presentó en promedio $0,58 \text{ g/cm}^3$; mientras que, la sección interna es estadísticamente similar a la sección centro pero diferente a la sección externa, además numéricamente es inferior a las demás secciones presentando un valor total de $0,53 \text{ g/cm}^3$ (**Figura 16**). Similar variación se demostró en las especies *C. racemosa* y *P. puncticulatum* (Zavaleta, 2024), *Z. riedelianum* (Quispe, 2016) y *B. schunkei* (Julca, 2021) mientras que ocurrió lo contrario en la especie *B. Platycarpa* (Tacuche, 2020), *G. ulmifolia* (Cachique, 2014) y *D. guianense* (Bravo, 2017).

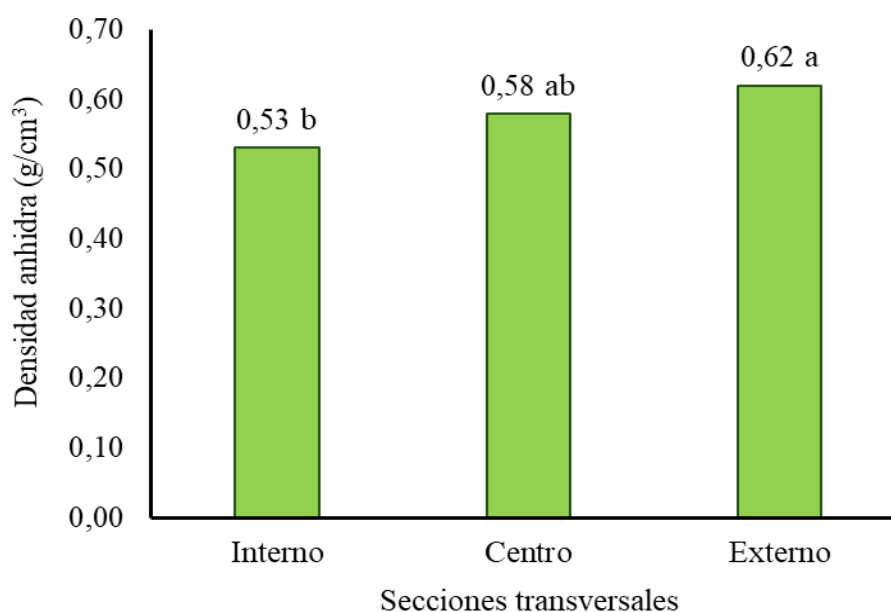


Figura 16. Comparación de medias de la densidad anhidra en secciones transversales.

4.3. Determinación de las contracciones: radial, tangencial, longitudinal, volumétrica y relación tangencial/radial, del fuste de la madera de *Albizia pedicellaris* (vilco pashaco), en el sentido longitudinal y transversal.

4.3.1. Contracción radial

Al evaluar (108 probetas) de la especie *A. pedicellaris* se determinó que la contracción radial promedio es de 3,74% con un coeficiente de variación de 21,51%; donde al ejecutar el análisis de varianza, se comprobó que las secciones transversales, niveles de altura, y la interrelación entre factores, no presentan diferencia significativa, dado que los productos promedios son (P-valor = 0,805, P-valor = 0,657 y P-valor = 0,962) respectivamente (**Tabla 12**).

Tabla 12. Análisis de varianza de la contracción radial

F. V	GL	SC	CM	F	P-valor
Niveles	2	0,28	0,14	0,22	0,805 ^{ns}
Secciones	2	0,56	0,28	0,43	0,657 ^{ns}
Niveles*Secciones	4	0,38	0,09	0,14	0,962 ^{ns}
Error	18	11,65	0,65		
Total	26	12,87			

ns: no significativo; C.V: 21,51 %

Como se refleja en la **Figura 17**, la prueba Tukey, determinó la no existencia de diferencia significativa entre los niveles; sin embargo, numéricamente el nivel ápice presentó mayor contracción (3,84%), siendo superior que los niveles de altura medio y base, cuyos valores promedios son 3,78% y 3,60% respectivamente.

Similar variación se encontró en las especies *B. Platycarpa* (Tacuche, 2020), *S. inclinata* (Aguirre, 2014), *G. ulmifolia* (Cachique, 2014) y *B. schunkei* (Julca, 2021) al apreciarse una tendencia que inicia en la base ascendiendo hacia la zona apical; sin embargo, ocurrió lo contrario en las especies *D. odorata* (Arbildo, 2015), *P. puncticulatum* y *C. racemosa* (Zavaleta, 2024), *G. crinita* (Rivera, 2014), *D. guianense* (Bravo, 2017), *C. spruceanum* (Gamez, 2009), *H. aft puicherrimum* (Burga, 2017), *J. copaia* (Aguirre, 2009), mientras que, en la especie *Z. riedelianum* (Quispe, 2016) y *D. racemosa* (Huaynalaya, 2018) se determinó una mayor contracción en el nivel de altura medio.

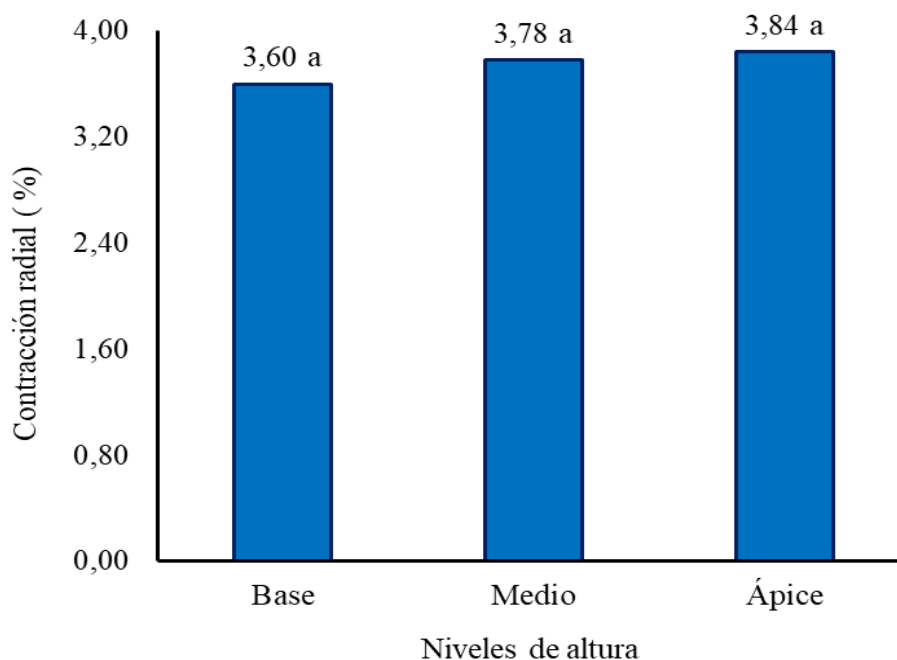


Figura 17. Comparación de medias de la contracción radial en niveles de altura.

Al realizar la prueba Tukey, para: (contracción radial en las secciones transversales); se determinó que no existen diferencias significativas entre secciones; sin embargo, la sección externa presentó mayor contracción numéricamente con un valor promedio de 3,88%, siendo superior que la sección interna y centro, cuyos valores promedios son 3,79% y 3,54% respectivamente (**Figura 18**). Similar resultado se evidenció en las especies *B. Platycarpa* (Tacuche, 2020) y *B. schunkei* (Julca, 2021) al presentar una mayor contracción en la sección

externa, ocurriendo lo contrario en las especies *Z. riedelianum* (Quispe, 2016), *D. guianense* (Bravo, 2017) y *P. puncticulatum* (Zavaleta, 2024).

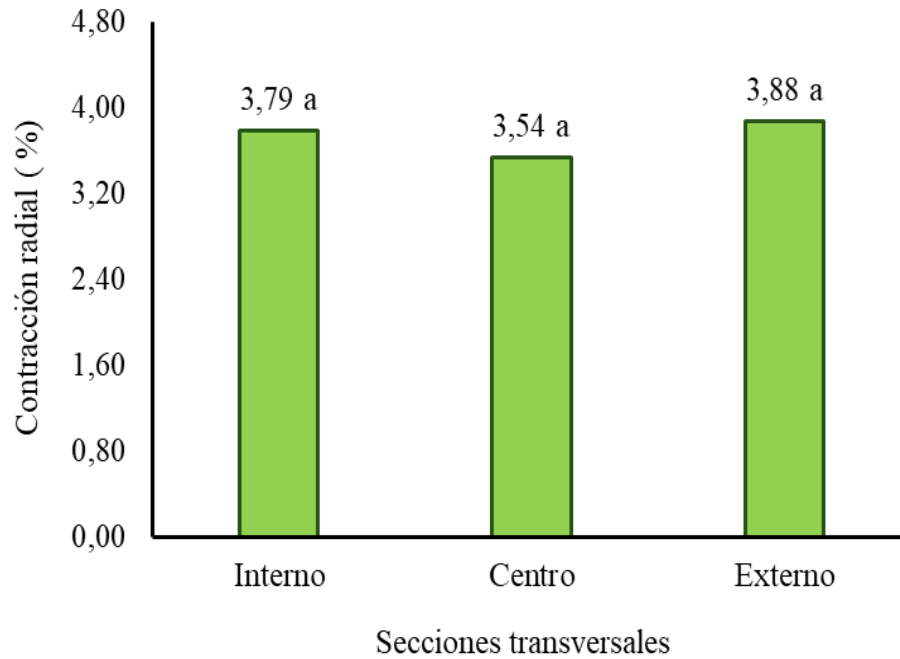


Figura 18. Comparación de medias de la contracción radial en las secciones transversales.

4.3.2. Contracción tangencial

La especie *A. pedicellaris* obtuvo una contracción tangencial promedio de 7,35% con un coeficiente de variación de 13,34%; mediante el análisis de varianza, se identificó que los niveles de altura, secciones transversales e interacción entre los factores no presentan diferencias significativas, dado que los promedios son: (P-valor = 0,120, P-valor = 0,875 y P-valor = 0,985) respectivamente (**Tabla 13**).

Tabla 13. Análisis de varianza de la contracción tangencial.

F. V	GL	SC	CM	F	P-valor
Niveles	2	4,59	2,29	2,39	0,120 ^{ns}
Secciones	2	0,26	0,13	0,13	0,875 ^{ns}
Niveles*Secciones	4	0,34	0,09	0,09	0,985 ^{ns}
Error	18	17,30	0,96		
Total	26	22,50			

ns: no significativo; C.V: 13,34 %

Como se observa en la **Figura 19** la prueba de comparación de medias de Tukey, para (contracción tangencial en los niveles de altura); se determinó que no hay diferencias significativas entre los niveles; sin embargo, numéricamente el ápice presentó mayor contracción siendo 7,93%, seguido por nivel medio y base con promedios de 7,10% y 7,02% respectivamente.

Variación similar se evidenció en las especies *B. schunkei* (Julca, 2021), *H. aft puicherrimum* (Burga, 2017) y *G. ulmifolia* (Cachique, 2014) al contener una tendencia que va en incremento desde la base hacia el ápice; sin embargo, las especies *B. Platycarpa* (Tacuche, 2020), *C. racemosa* y *P. puncticulatum* (Zavaleta, 2024) *S. inclinata* (Aguirre, 2014), *D. guianense* (Bravo, 2017), *J. copaia* (Aguirre, 2009) y *C. spruceanum* (Gamez, 2009) tuvieron un comportamiento contrario, mientras que, en las especies *Z. riedelianum* (Quispe, 2016), *G. crinita* (Rivera, 2014) y *D. racemosa* (Huaynalaya, 2018) se determinaron una mayor contracción en el nivel de altura medio. Este resultado se debe posiblemente a que presenta mayor densidad en el ápice, la pérdida de agua y la proporción material leñoso.

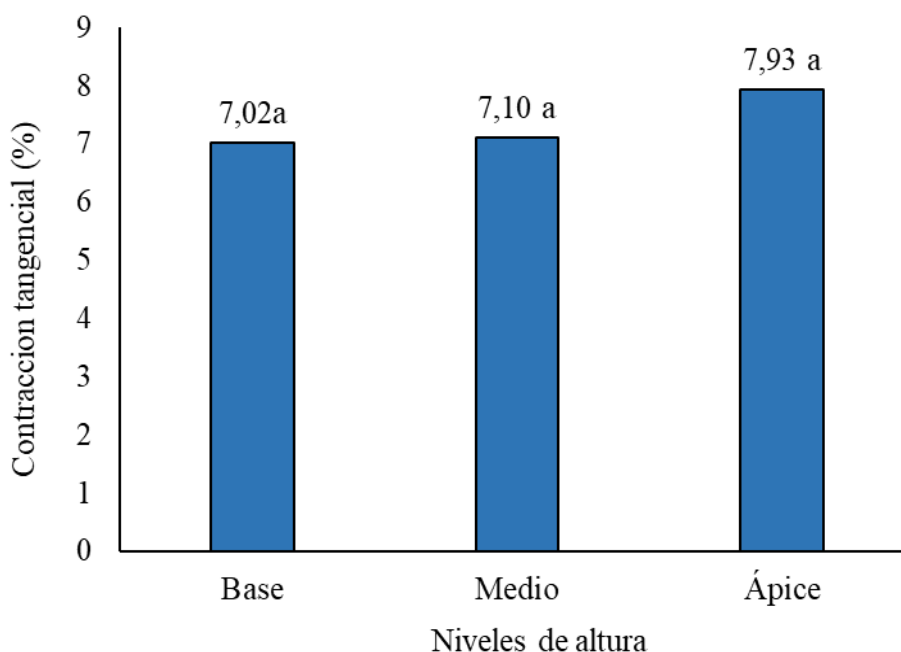


Figura 19. Comparación de medias de la contracción tangencial en los niveles de altura.

Al realizar la prueba de Tukey, para el caso de contracción tangencial respecto a las secciones transversales, se determinó que no existen diferencias significativas entre secciones; sin embargo, la sección externa presentó mayor contracción con un valor promedio de 7,49%, siendo superior a la sección centro e interno, cuyos valores promedios son 7,30% y 7,26% respectivamente (**Figura 20**). Variación similar se mostró en la especie *B. schunkei* (Julca,

2021), mientras que, en las especies de *B. Platycarpa* (Tacuche, 2020), *G. ulmifolia* (Cachique, 2014), *D. guianense* (Bravo, 2017) y *Z. riedelianum* (Quispe, 2016) ocurrió lo contrario, esto se atribuye posiblemente a la proporción de madera temprana y tardía, espesor de pared, tamaño de las fibras, y contenido de extraíbles.

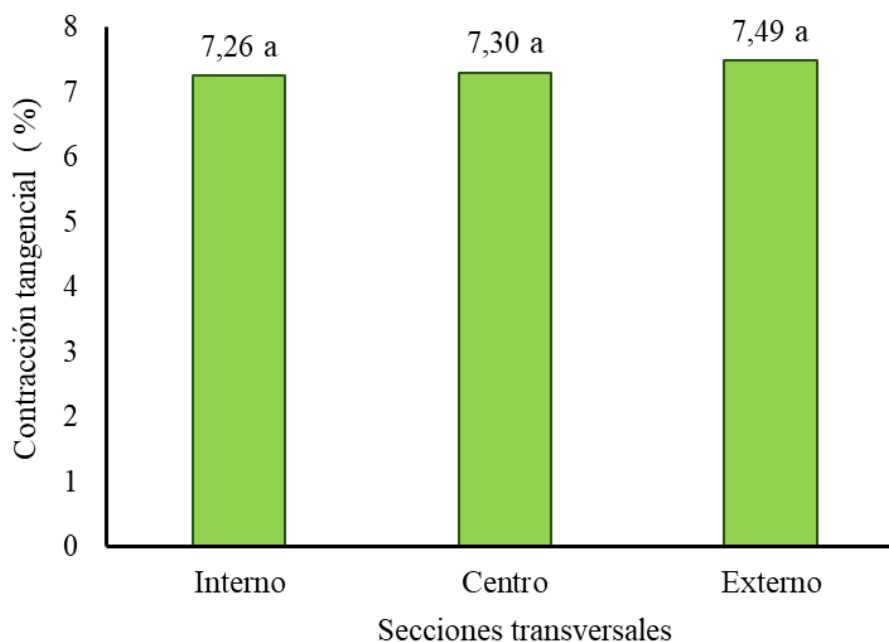


Figura 20. Comparación de medias de la contracción tangencial en las secciones transversales.

4.3.3. Contracción longitudinal

Al evaluar (108 probetas) de la especie *A. pedicellaris* se obtuvo que la contracción longitudinal promedio fue 0,25% con un coeficiente de variación de 40,25%; asimismo, el análisis de varianza confirmó que las secciones transversales, niveles de altura e interacción entre los factores no presentan diferencias significativas, puesto que los promedios son P-valor = 0,491, P-valor = 0,399 y P-valor = 0,895 respectivamente (**Tabla 14**).

Tabla 14. Análisis de varianza de la contracción longitudinal.

F. V	GL	SC	CM	F	P-valor
Niveles	2	0,02	0,01	0,74	0,491 ^{ns}
Secciones	2	0,02	0,01	0,97	0,399 ^{ns}
Niveles*Secciones	4	0,01	2,9E-03	0,27	0,895 ^{ns}
Error	18	0,20	0,01		
Total	26	0,25			

ns: no significativo; C.V: 40,25 %

Como se detalla en la **Figura 21** la prueba Tukey, para la contracción longitudinal en los tres niveles de altura, determinó que no existe diferencia significativa entre niveles; sin embargo, numéricamente el nivel de altura base presentó mayor contracción longitudinal siendo 0,29%, continuado por nivel medio y el ápice con promedios de 0,23% y 0,26% respectivamente.

Resultado similar se determinó en las especies *B. schunkei* (Julca, 2021), *D. odorata* (Arbildo, 2015), *H. aft puicherrimum* (Burga, 2017), *C. spruceanum* (Gamez, 2009), *Z. riedelianum* (Quispe, 2016), *S. inclinata* (Aguirre, 2014), *G. crinita* (Rivera, 2014), *C. racemosa* (Zavaleta, 2024) y *J. copaia* (Aguirre, 2009) al contener una mayor contracción en el nivel basal; sin embargo, las especies *D. racemosa* (Huaynalaya, 2018), *D. guianense* (Bravo, 2017) y *G. ulmifolia* (Cachique, 2014) demostraron resultados opuestos a la investigación, mientras que, la especie *B. Platycarpa* (Tacuche, 2020) evidenció una mayor contratación en el nivel medio.

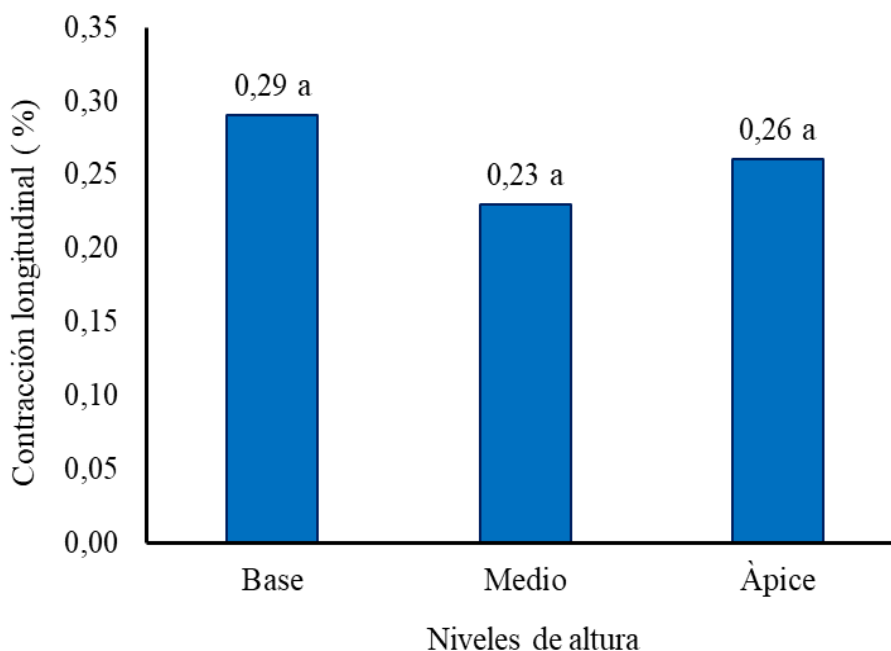


Figura 21. Comparación de medias de la contracción longitudinal en los niveles de altura.

Al realizar la prueba Tukey, para el caso de contracción longitudinal en la sección transversal, se determinó que no existen diferencia significativa respecto a las secciones; sin embargo, la sección centro presentó mayor contracción numéricamente (0,29%), siendo superior a la interna y externa, cuyos valores promedios son 0,23% y 0,26% respectivamente (**Figura 22**). Variaciones diferentes se evidencio en las especies *B. schunkei* (Julca, 2021), *B.*

Platycarpa (Tacuche, 2020), *D. guianense* (Bravo, 2017) y *Z. riedelianum* (Quispe, 2016) al mostrar una tendencia ascendente que va desde la sección externa hacia la interna.

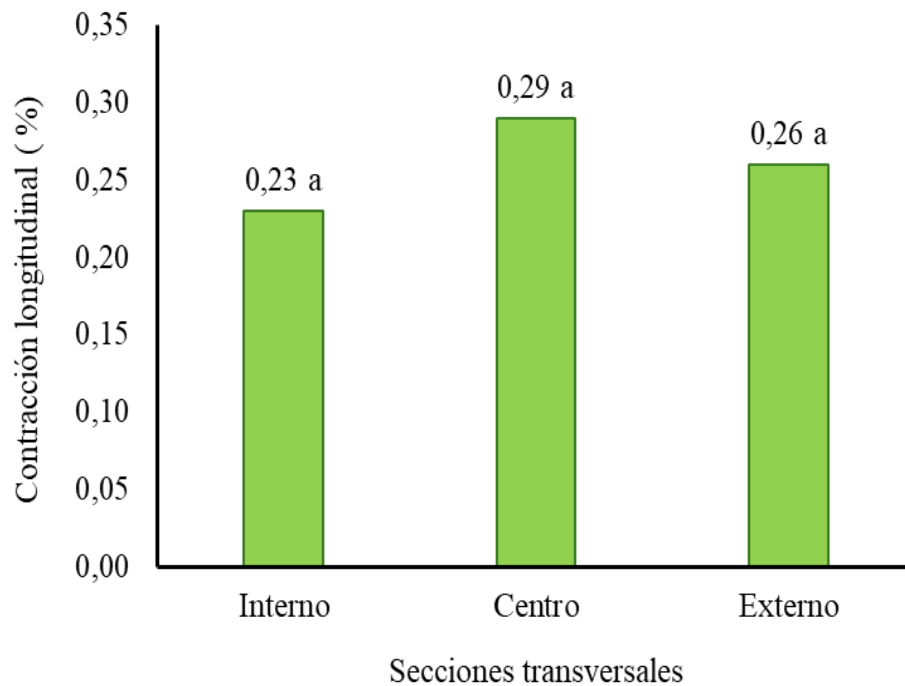


Figura 22. Comparación de medias de la contracción longitudinal en las secciones transversales.

4.3.4. Contracción volumétrica

Al evaluar las 108 probetas de la especie *A. pedicellaris* se obtuvo una contracción volumétrica promedio de 9,77% clasificándose como madera de contracción baja con grado perteneciente al grupo II, según Aróstegui (1982).

El resultado obtenido concuerda con la investigación desarrollada por CPM (2008) al estudiar a las especies *H. oblongifolia*, *Sclerolobium sp*, *O. coccinea*, *Pterocarpus sp*, también las especies *P. puncticulatum* (Zavaleta, 2024) y *D. racemosa* (Huaynalaya, 2018) evidenciaron el mismo resultado, asimismo, la especie *G. crinita* (Rivera, 2014), *B. Platycarpa* (Tacuche, 2020), *H. aft puicherrimum* (Burga, 2017) y *S. amazonicum* (Romero, 2010) mostraron la misma clasificación y grupo.

Sin embargo, las especies como *B. schunkei* (Julca, 2021), *D. odorata* (Arbildo, 2015), *C. cateniformis* (MAE y FAO, 2014), *M. amazonica* (Diáz et al., 2019), *C. spruceanum* (Gamez, 2009), *Z. riedelianum* (Quispe, 2016), *J. copaia* (Aguirre, 2009), *A. molaris* (CPM, 2008),

Schizolobium excelsum (CPM, 2008) y *P. pedicellare* (CPM, 2008), no corroboran con los resultados de este estudio, porque, obtuvieron una clasificación de contracción media. Además, las especies *D. guianense* (Bravo, 2017), *P. carthagenensis* (MAE y FAO, 2014), *M. megistosperma* (MAE y FAO, 2014) y *S. inclinata* (Aguirre, 2014) también no concuerdan con los resultados, puesto que, evidenciaron una clasificación de contracción alta.

Por otro lado, al realizar el análisis de varianza reveló que los niveles de altura, las secciones transversales y la interacción entre los factores no muestran diferencias estadísticamente significativas, puesto que los promedios son P-valor = 0,429, P-valor = 0,959 y P-valor = 0,860 respectivamente (**Tabla 15**).

Tabla 15. Análisis de varianza de la contracción volumétrica.

F. V	GL	SC	CM	F	P-valor
Niveles	2	4,68	2,34	0,89	0,429 ^{ns}
Secciones	2	0,22	0,11	0,04	0,959 ^{ns}
Niveles*Secciones	4	3,39	0,85	0,32	0,860 ^{ns}
Error	18	47,46	2,64		
Total	26	55,75			

ns: no significativo; CV: 16,65%

En la **Figura 23** se muestra que aplicando la prueba Tukey para contracción volumétrica con relación a los niveles de altura; se determinó que no existen diferencias significativas entre ellos; sin embargo, numéricamente el nivel de altura ápice presentó mayor contracción volumétrica (10,28%), continuado por la base y medio con promedios de 9,26% y 9,80% respectivamente.

Resultado similar se evidenció en las investigaciones realizadas en las siguientes especies de *B. schunkei* (Julca, 2021), *B. Platycarpa* (Tacuche, 2020) y *G. ulmifolia* (Cachique, 2014) al presentar una contracción volumétrica de tendencia ascendente que va de la base al ápice, sin embargo, las especies *D. guianense* (Bravo, 2017), *Z. riedelianum* (Quispe, 2016), *J. copaia* (Aguirre, 2009), *G. crinita* (Rivera, 2014) y *S. inclinata* (Aguirre, 2014) mostraron un comportamiento contrario, mientras que, Huaynalaya (2018) en la especie estudiada como *D. racemosa* evidenció en el nivel medio la mayor contracción. Nuestro resultado se debe a las diferentes formas, tamaños, cantidad y posición, etc. de los elementos leñosos como los poros,

quien, al contener menor cantidad de vasos en la zona apical, existirá mayor espesor en la pared celular, en consecuencia, mayor densidad y contracción volumétrica, ya que, la densidad respecto a la contracción volumétrica tiene relación directamente proporcional.

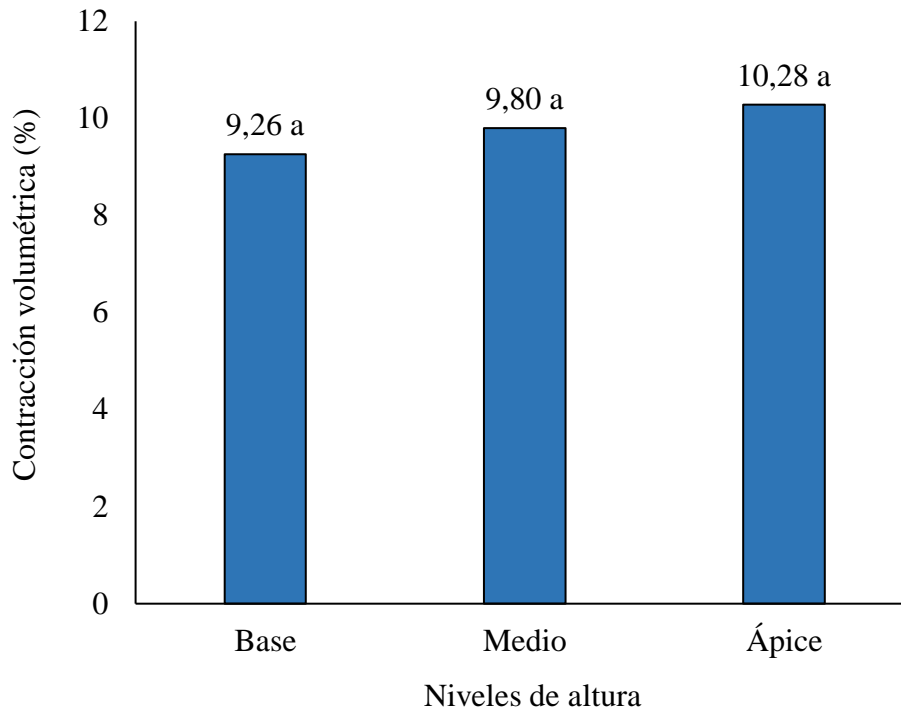


Figura 23. Comparación de medias de la contracción volumétrica en los niveles de altura.

Con la prueba Tukey, se corroboró que no existe diferencia significativa en la contracción volumétrica en las secciones transversales, sin embargo, la sección externa presentó mayor contracción numéricamente con un valor promedio de 9,89%, siendo superior que la sección interno y centro, cuyos valores promedios son 9,66% y 9,78% respectivamente (**Figura 24**).

Variación similar se encontró en las especies *B. Platycarpa* (Tacuche, 2020), *B. schunkei* (Julca, 2021) y *C. racemosa* (Zavaleta, 2024) al presentar una contracción volumétrica de tendencia ascendente que va de la sección transversal interna a la externa. Ocurriendo lo contrario para el caso de *P. puncticulatum* (Zavaleta, 2024), *Z. riedelianum* (Quispe, 2016), *D. guianense* (Bravo, 2017) y *G. ulmifolia* (Cachique, 2014).

El resultado se debe al contenido de extraíbles, disposición de leño temprano y tardío, microfibrillas, edad, disposición de anillos de crecimiento, espesor de la pared celular.

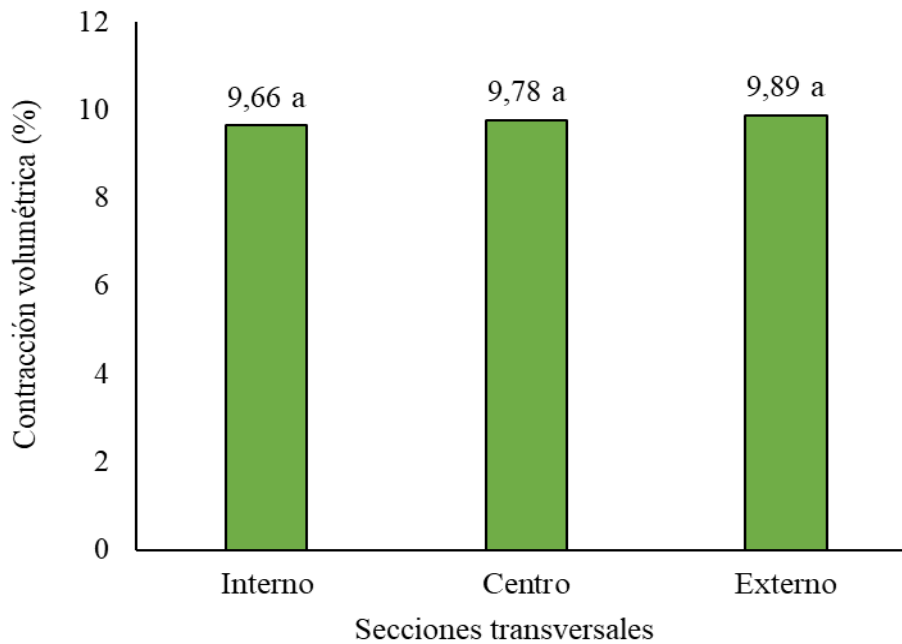


Figura 24. Comparación de medias de la contracción volumétrica en las secciones transversales.

4.3.5. Relación Tangencial/Radial

Evaluando las 108 probetas de la especie *A. pedicellaris* se obtuvo una correlación Tangencial/Radial promedio de: 2,06. En caso de la dispersión de los datos, registra una aceptable homogeneidad de los datos esto se debe a que el diseño presento un coeficiente de variación de (19,14%); clasificándose como madera estable con grado perteneciente al grupo II, según Aróstegui (1982).

Resultado similar se encontró en las especies *A. procera* (ITTO, 2002), *Schizolobium excelsum* (CPM, 2008), *Z. riedelianum* (Quispe, 2016), *S. inclinata* (Aguirre, 2014), *J. copaia* (Aguirre, 2009), *P. pedicellare* (CPM, 2008), *C. cateniformis* (MAE y FAO, 2014), *P. ormosioides* (CPM, 2008), *M. amazonica* (Díaz *et al.*, 2019), *A. molaris* (CPM, 2008), *D. guianense* (Bravo, 2017), *H. oblongifolia* (CPM, 2008), *C. spruceanum* (Gamez, 2009), *B. Platycarpa* (Tacuche, 2020), *O. coccinea* (CPM, 2008), *Sclerolobium sp* (CPM, 2008), *B. schunkei* (Julca, 2021), *P. puncticulatum* y *C. racemosa* (Zavaleta, 2024), *Pterocarpus sp* (CPM, 2008) y *G. ulmifolia* (Cachique, 2014). Sin embargo, las especies *D. racemosa* (Huaynalaya, 2018) y *G. crinita* (Rivera, 2014) mostraron una madera muy estable.

Por otra parte, se realizó el análisis de varianza en la cual se pudo determinar que los niveles de la altura, secciones transversales e interacción entre factores no presentan diferencia significativa, puesto que el valor promedio fue; (P-valor = 0,047, P-valor = 0,131 y P-valor = 0,620) respectivamente (**Tabla 16**).

Tabla 16. Análisis de varianza de la relación Tangencial/Radial.

F. V	GL	SC	CM	F	P-valor
Niveles	2	0,76	0,38	3,66	0,047 ^{ns}
Secciones	2	0,48	0,24	2,28	0,131 ^{ns}
Niveles*Secciones	4	0,28	0,07	0,67	0,620 ^{ns}
Error	18	1,88	0,10		
Total	26	3,39			

ns: no significativo; C.V: 15,65 %

Como se aprecia en la **Figura 25**, la relación Tangencial/Radial respecto a los niveles; determinó que no existen diferencias significativas; sin embargo, numéricamente la base presentó menor estabilidad con (2,30) en promedio, mientras que el ápice presentó un valor de (1,97) y el medio es más estable con un valor de (1,92).

Variación similar se aprecia en las especies *Z. riedelianum* (Quispe, 2016), *S. inclinata* (Aguirre, 2014), *J. copaia* (Aguirre, 2009), *B. Platycarpa* (Tacuche, 2020), *D. guianense* (Bravo, 2017), *G. ulmifolia* (Cachique, 2014), *P. puncticulatum* (Zavaleta, 2024), *C. spruceanum* (Gamez, 2009) y *B. schunkei* (Julca, 2021) al evidenciar una tendencia ascendente que va del ápice a la base, encontrándose una menor estabilidad en la base. Sin embargo, ocurrió un comportamiento contrario en las especies *D. racemosa* (Huaynalaya, 2018) y *C. racemosa* (Zavaleta, 2024), mientras que, en la especie *G. crinita* (Rivera, 2014) mostro una menor estabilidad en el nivel de altura medio.

La variación con respecto a la estabilidad de la madera se ve influenciado por edad del árbol, por la época del año y la región de procedencia; asimismo, la relación (tangencial/radial) tiene relación con los defectos que la madera presenta durante el proceso de secado, y aquellas especies cuyos valores se aproximan a la unidad se obtendrá una madera más estable ante la trabajabilidad (cepillado, torneado y taladrado).

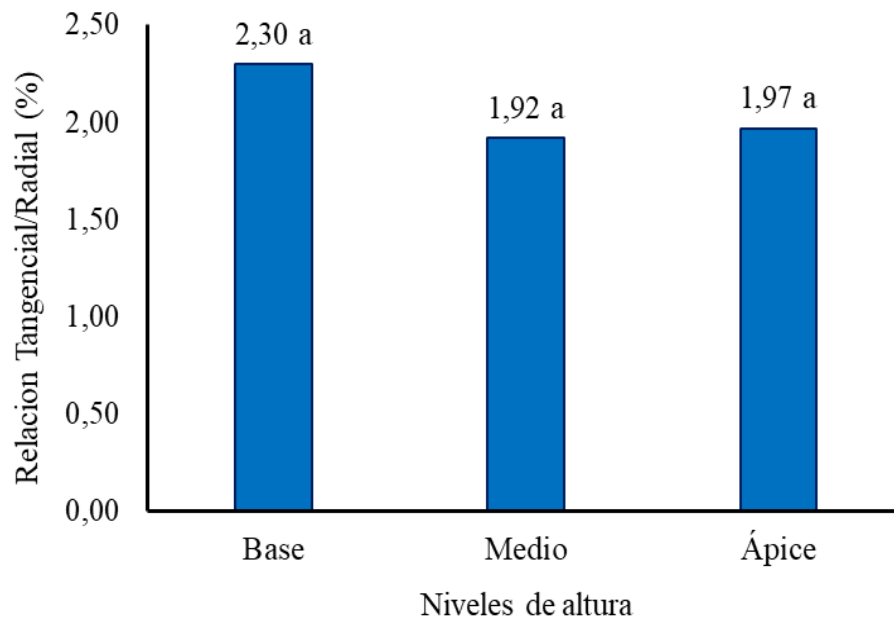


Figura 25. Comparación de medias de la relación Tangencial/Radial en los niveles de altura.

Con la prueba de Tukey, se determinó que la relación (Tangencial/Radial) en las secciones transversales no existen diferencias estadísticas significativas entre las secciones; sin embargo, numéricamente el centro presentó menor estabilidad con (2,24), estando superior que la sección interna y externo (más estable) con valores de 2,04 y 1,92 respectivamente (**Figura 26**). Resultado similar se presentó en las especies *Z. riedelianum* (Quispe, 2016) y *B. schunkei* (Julca, 2021), pero, ocurrió diferente variación en las especies *B. Platycarpa* (Tacuche, 2020) y *D. guianense* (Bravo, 2017).

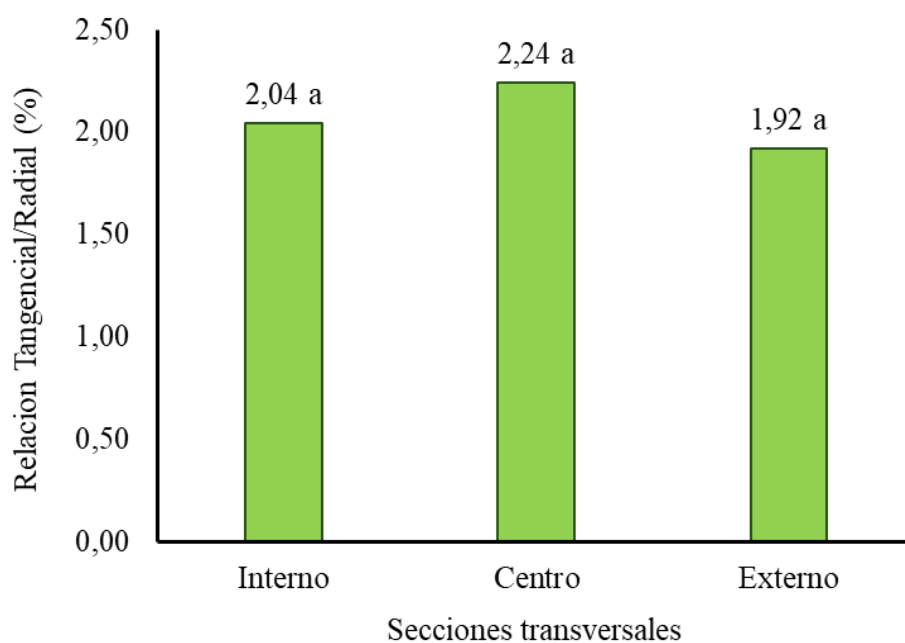


Figura 26. Comparación de medias de relación Tangencial/Radial en secciones transversales.

V. CONCLUSIONES

1. El contenido de humedad saturado fue 79,35%, con un comportamiento a nivel longitudinal descendente de la base al ápice, mostrando diferencia estadística y transversalmente desciende de la sección interna a la externa, sin mostrar diferencia estadística. El contenido de humedad seco al aire fue de 12,08%, con un comportamiento a nivel longitudinal ascendente de la base al ápice, mostrando diferencia estadística y en las secciones transversales tuvo un comportamiento ascendente de la sección interna a la externa, presentando diferencia estadística.
2. La densidad saturada fue $0,92 \text{ g/cm}^3$, donde desciende desde el base hacia el ápice sin mostrar diferencia estadística y transversalmente incrementa hacia la sección externa presentando diferencia estadística. La densidad básica y anhidra con valores de $0,51 \text{ g/cm}^3$ y $0,57 \text{ g/cm}^3$ respectivamente; longitudinalmente incrementan desde la base hacia el ápice, sin mostrar diferencia estadística, mientras que en el sentido transversal asciende desde la sección interna hacia la externa, mostrando diferencia estadística.
3. La contracción tangencial (7,35%), radial (3,74%) y volumétrica (9,77%), longitudinalmente incrementaron de la base al ápice, donde no hubo diferencia estadística y en la sección transversal la sección externa presenta mayor valor, sin mostrar diferencia estadística; la contracción longitudinal (0,25%) y la relación T/R (2,06); ambos presentaron a nivel longitudinal mayor valor en la base, sin mostrar diferencia estadística y con respecto a las secciones transversales el mayor valor se obtuvo en el centro y no presento diferencia estadística.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

Desarrollar investigaciones a nivel anatómico macroscópico y microscópico de la especie *A. pedicellaris*, para elaborar métodos de identificación.

Realizar estudios enfocados sobre propiedades mecánicas y químicas de *A. pedicellaris*. Asimismo, implementar estudios de secado, durabilidad, preservado y encolado de la misma especie.

Desarrollar estudios de las propiedades tecnológicas de la misma especie procedentes de bosque natural y plantación, para conocer el comportamiento de dicha especie en diferentes zonas de crecimiento.

Realizar estudios de las propiedades físicas de otras especies con alto valor comercial y ecológico ubicadas en el BRUNAS, utilizando métodos no destructivos, dado que, es importante conocer las propiedades de las especies que alberga este bosque.

VII. REFERENCIAS

- Aguirre, A. (2009). *Determinación las propiedades físicas a tres alturas del fuste de Huamanzamana (Jacaranda copaia (Aubl.) D. Don.) procedente del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva - Tingo María*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/560>
- Aguirre, Y. (2014). *Determinación de las propiedades físicas a tres alturas del fuste de Senefeldera inclinata. Mart (Huangana caspi) procedente del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva - Tingo María*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/604>
- Arbildo, L. (2015). *Determinación de los valores de algunas propiedades físicas y su variación por niveles del fuste de la madera de Dipteryx odorata (Shihuahuaco) de una plantación de tres años del Distrito de Campo Verde, Región de Ucayali*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio UNU. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/1567>
- Arechaga, H. (2009). *Determinación de las propiedades físicas en el fuste y ramas de la especie Carahuasca (Guatteria hyposericca Diels) en Tingo María*. [Tesis ingeniero, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/639>
- Arencibia, D., & Carballo, L. (s.f). *Albizia lebeck*, una especie promisoría. Universidad de Pinar del Río, Cuba.
- Aróstegui, A., & Sato, A. (2007). Estudio de las Propiedades Físico-Mecánicas de la Madera de 16 Especies Forestales del Perú. 4(1-2), 1-13.
- Aróstegui, A. (1982). *Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas*. Proyecto PNUD/FAO/PER/71/511.
- Ávila, L., & Herrera, M. (2012). Efecto de los extraíbles en tres propiedades físicas de la madera de *Enterolobium cyclocarpum* procedente de Michoacán, México. Bosque

(Valdivia). 33(2). https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002012000200013.

Bárcenas, G., & Dávalos, R. (1999). Importancia de la lignina en las contracciones de la madera. *Madera y Bosques*, 5(1), 15.

Bravo, P. (2017). *Análisis comparativo de las propiedades físicas de la madera de Dialium guianense (Aubl.) Sandwith (tamarindo), en el sentido longitudinal y transversal de cuatro porciones del árbol y sus probables usos, Las Piedras – Tambopata*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios]. Repositorio UNAMAD. <http://repositorio.unamad.edu.pe/handle/UNAMAD/267>

Burga, V. (2017). *Influencia de los niveles longitudinales del fuste en los coeficientes de contracción y en el punto de saturación de las fibras de la madera de dos especies forestales del bosque de Macuya - UNU - Región Ucayali*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio UNU. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3793>

Cachique, B. (2014). *Determinación de los valores de algunas propiedades físicas de la madera de Guazuma ulmifolia Lam (Bolaina negra) y su variación por niveles del fuste procedente del CICFOR – Macuya*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de Ucayali]. <https://apirepositorio.unu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/7b38dfce-3fb1-49ce-830d-3b227049a05c/content>

Calvo, C. F., Cotrina, A. D., Cuffre, A. G., Ott, M., Carlos, Piter, J. C., Stefani, P. M., Torran, E. A., & Vivian, A. (2007). Propiedades de hinchamiento y contracción en la madera de *Eucalyptus grandis* de argentina. *Revista Madeira Arquitetura & Engenharia*, 20(8), 11.

Campos, E. (2006). *Variación de la densidad básica de la madera, en siete familias de Larix decidua Miller*. [Tesis de ingeniero, Universidad Austral de Chile]. Repositorio UAC. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/fifc186v/doc/fifc186v.pdf>

Capuz, R. (2008). “Propiedades físicas de la madera”.

CITEMadera. (2009). Guía de Contenidos “Técnicas de Secado de la Madera” (p. 65) [Guía]. Centro de Innovación Tecnológico de la Madera.

- CPM (Confederación Peruana de la Madera). (2008). *Compendio de Información Técnica de 32 Especies Forestales Tomo II*. CITEMadera.
- Córdova, R. (2005). Conceptos básicos sobre el secado de la madera. *Kuru*, 2 (5), 5.
- Cruz, J. (2011). Consideraciones tecnológicas en la protección de la madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 50 p.
- Cuevas, E. (2003). *Determinación de propiedades físicas y mecánicas en madera de híbridos de Populus*. [Tesis de ingeniero, Universidad de Talca]. Repositorio UT. <http://dspace.otalca.cl/handle/1950/1918>
- Davel, M. M., Jovanoski, A., & Mohr, D. (2005). Densidad básica de la madera de Pino oregón y su relación con las condiciones de crecimiento en la Patagonia Andina Argentina. 26(3), 8.
- Delmastro, R.; Diaz-vaz, J.; Schlatter, J. (1980). Variabilidad de las características tecnológicas hereditarias del *Pinus radiata* (D.Don). *Corporación Nacional Forestal*.
- Diaz, P. 2005. *Evaluación de propiedades físicas y mecánicas de madera de Nothofagus glauca (Hualo) proveniente de la Zona de Cauquenes*. [Tesis de ingeniero, Universidad de Talca]. Talca, Chile.
- Díaz, A., Huanay, C., Medina, H., Aylas, M., & Paucar, C. (2019). Anatomía y propiedades físicas de la madera de dos especies del departamento de Puno. *Arnaldoa*, 26 (2), 595-606.
- Downes, G., Hudson, I., Raymond, C., Dean, G., Michell, A., Schimleck, L., Evans, R., Muneria, A. 1997. Sampling plantation eucalypts for wood and fibre properties. CSIRO Publishing, Melbourne. Australia.
- Eduardo, C. (2007). Relaciones entre densidad básica y densidad seca de madera. *Ciencia Tecnología*, 9, 7.
- Escobar C.; Rodríguez, J; Correa, J. 2005. Conceptos básicos sobre la resistencia de las maderas. Sena Regional Antioquia - Choco, Centro Colombo Canadiense de la madera. <https://www.studocu.com/cl/document/instituto-profesional%20aiep/calculo/madera-tres/13692999>

- Espinoza de Pernía, N., & León, W. (2001). *Anatomía de la madera*. Universidad de Los Andes. Talleres Gráficos Universitarios. Venezuela.
- García, A. (2005). *Contribución de las propiedades físicas de la madera de Pinus greggii proveniente de dos plantaciones en Hidalgo*. [Tesis de ingeniero, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo]. Repositorio UAEH. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/201>
- García, 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. Fundación Conde del Valle de Salazar, *Mundi-Prensa*.
- Gamez, J (2009). *Evaluación de las características físicas del Calycophyllum spruceanum (Benth) Hooker F. ex Chuman "capirona" a tres niveles del fuste, en la zona de Tingo María*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/708>
- Glass, S., & Zelinka, S. (2021). Moisture relations and physical properties of wood. In Forest Products Laboratory, Wood handbook- Wood as an engineering material, 24.
- Goche, J. R., Fuentes, M., Borja, A., & Ramírez, H. (2000). Variación de las propiedades físicas de la madera en un árbol de Abies religiosa y de Pinus. *Chapingo*, 6(1), 10.
- Gómez, E., & Ramírez, M. (2006). Analisis y estudio del contenido de humedad final de la madera. *Ingenieria Industrial*, 5(1).
- GOREHCO (Gobierno Regional de Huánuco). (2016). Zonificación Ecológica Económica. Estudio Climático Provincia de Marañón.
- González, F. A. (2018). *Variación de la densidad básica de la madera y Módulo de Elasticidad en plantaciones jóvenes de Nothofagus alpina*. [Tesis de ingeniero, Universidad Austral de Chile]
- Guevara, C., Santiago, P., & Espinoza, M. (2019). Manual de transformación de la madera. *AIDER-Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral*. 122 p.
- Holdridge, R. 1987. *Ecología basada en zonas de vida*. 3 ed. San José, Costa Rica, Servicio editorial IICA.

- Huaynalaya, F (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*. [Tesis de ingeniero, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio UNU. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4046>
- Igartúa, D., Monteoliva, S., y Piter, J. (2009). Estudio de algunas propiedades físicas de la madera de *Acacia melanoxylon* en Argentina. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 11(1), 3-18.
- INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria). (1996). Manual de identificación de especies forestales de la subregión andina. INIA-OIMT. Primera edición. Lima, Perú.
- ITTO (Organización Internacional de las Maderas Tropicales). (2002). *Albizia (Albizia procera)*. Japón.
- ITTO (Organización Internacional de las Maderas Tropicales). (s. f.). *Arapari (Macaranga acaciifolium)*.
- Julca, E. (2021). *Caracterización anatómica y física de la madera de Byrsonima schunkei W. R. Anderson (Indano), distrito la Morada – Huánuco*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/2038>
- MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador) y FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). (2014). *Propiedades anatómicas, físicas y mecánicas de 93 especies forestales – Ecuador*. Talpa.
- Müller, J., Dos Santos, H. y Costa, J. (2016). Superación de la latencia de semillas de *Albizia pedicellaris* (DC.) L. Rico. *Floresta e Ambiente*. https://www.researchgate.net/publication/299521717_Superacao_de_Dormencia_de_Sementes_de_Albizia_pedicellaris_DC_L_Rico
- Navarro, J., Borja, A., & Machuca, R. (2015). Caracterización tecnológica de la madera de palo morado (*Peltogyne mexicana* Martínez) de tierra colorada, Guerrero, México. *Chapingo*, 11 (1), 11.

- NTP (Norma Técnica Peruana). (2014). Método para determinar el contenido de humedad. NTP 251.010. Lima, Perú.
- NTP (Norma Técnica Peruana). (2014). Método de determinación de la densidad. NTP 251.011. Lima, Perú.
- NTP (Norma Técnica Peruana). (2015). Método de determinación de la contracción. NTP 251.012. Lima, Perú.
- Panshin, A., & De Zeeuw, C. (1980). Textbook of wood technology. *McGraw – Hill Book Company*.
- Pérez, C., Dávalos, R., Limón, R., & Quintanar, P. A. (2015). Características tecnológicas de la madera de dos especies de *Quercus* de Durango, México. *Madera y Bosques*, 21(3), 28.
- Pérez, N., Valenzuela, L., & Diaz, J. E. (2011). Predicción del contenido de humedad de equilibrio de la madera en función del peso específico de la pared celular y variables ambientales. *Ciencia y tecnología*, 13 (3), 14. 253-266
- Quispe, A. (2016). *Evaluación de las propiedades físicas de Zanthoxylum riedelianum* Engl. (Hualaja) a tres niveles, tres secciones transversales y dos orientaciones del fuste, provenientes de la zona de Tournavista – Huánuco. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia]. Repositorio UNIA. <http://repositorio.unia.edu.pe/handle/unia/120>
- Rivera, J. (2014). *Variación del contenido de humedad y cambio dimensional en diferentes alturas de fuste de bolaina blanca (Guazuma crinita Mart.) en la zona Tingo María*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/619>
- Romero, B. (2010). *Anatomía y propiedades físicas de Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke. y *Tectona grandis* Linn F. - Satipo. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio UNCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/2589>.
- Reynel. (2003). *Arboles útiles de la Amazonia peruana*. Loreto.

- Salvador, M. (2010). *Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral - AIDER: Protocolo de campo para la selección y colección de muestras para la caracterización anatómica y de propiedades físicas, mecánicas, químicas y tecnológicas de la madera*. Pucallpa, Ucayali.
- Sánchez, J. (2021). *Análisis de las propiedades mecánicas de la madera de eucalipto (Eucalyptus), provenientes de la provincia de Tungurahua y su factibilidad como material estructural de acuerdo con la norma ecuatoriana de la construcción 2015 (NEC 2015)*. [Tesis de ingeniero, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio institucional UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/33541>.
- Santos, J., Gurgel, E., Feitoza, G., & Oliveira, D. (2014). Morphology of fruits, seeds, seedlings and saplings of three species of *Macrobium* (Leguminosae, Caesalpinioideae) in the Brazilian Amazon floodplain. *Acta Botanica Brasilica*, 28(3), 422- 433.
- Serna-Mosquera, Y., Borja De La Rosa, A., Fuentes-Salinas, M., & Corona-Ambriz, A. (2011). Propiedades tecnológicas de la madera de algarrobo (*Hymenaea oblongifolia* Huber.), de Bagadó-Chocó, Colombia. *Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17(3), 411– 422.
- Serrano, R.; Canessa, R.; Córdoba, R.; Sáenz, M. (2002). Evaluación de características y propiedades tecnológicas para la madera de teca (*Tectona grandis*) de plantación. Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal, Centro en Investigación Bosque Industria. Proyecto: Melina y Teca. Informe Técnico N°.4, 193p.
- Suirezs, T., & Berger, G. (2009). *Descripciones de las propiedades físicas y mecánicas de la madera*. Argentina: Editorial Universitaria.
- Tacuche, Y (2020). *Variabilidad longitudinal y transversal de las propiedades físicas de Bixa Platycarpa Ruiz & Pav. Ex G Don. (Achotillo), en codo de Pozuzo, Huánuco*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1959>.
- Ugarte, J., & Stoffler, K.-H. (2017). Manual para Operadores de Secadores Convencionales para Madera (p. 76). Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica de la Madera.

- Vázquez, O. G., Zamora, E. M., García, E., & Ramírez, J. A. (2015). Densidad básica de la madera de dos pinos y su relación con propiedades edáficas. *Madera y Bosques*, 21(1), 10.
- Villanueva, W. (2013). Estudio de las propiedades físicas de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales, *AIDER*, 2 (1), 23-24.
- WWF (World Wildlife Fund). (2015). *Maderas del Putumayo. Fichas técnicas para la identificación de especies maderables de Colombia*.
- Zavaleta, D. (2024). *Influencia de los niveles longitudinales y transversales del fuste en algunas propiedades físicas de la madera de Protium puncticulatum J.F. Macbr (Copal) y Clarisia racemosa Ruiz & Pav (Mashonaste)*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio UNU. <https://hdl.handle.net/20.500.14621/7434>

ANEXOS

ANEXO A. Certificado de identificación de la especie *Albizia pedicellaris* (DC.) L. Rico.

Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad de Recursos Naturales Renovables
Departamento Académico de Ciencias Ambientales
Cátedra de Ecología

C-001-2022-JB-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 una especie proveniente del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, correspondiente al proyecto de tesis **Propiedades físicas del fuste de la madera de *Albizia pedicellaris* (DC.) L. Rico (vllco pashaco)**, en el sentido longitudinal y transversal, **Tingo María**, presentado por la Bach. MARIELA LIZBETH BALDEÓN CABALLERO para su determinación pertenece a la especie que se indica a continuación:

Reino: : Plantae
División: : Spermatophyta
Clase: : Magnoliopsida
Orden: : Fabales
Familia: : Fabaceae
Género: : Albizia
Especie: : *Albizia pedicellaris* (DC.) L. Rico

Se expide el presente certificado para los fines pertinentes.

Tingo María, 21 de julio del 2022



Dr. Edilberto Chuquilin Bustamante
Profesor Asociado
Cátedra de Ecología
Jefe del Jardín Botánico-UNAS
Departamento Académico de Ciencias Ambientales
Facultad de Recursos Naturales Renovables
Universidad Nacional Agraria de la Selva

ANEXO B. Valores promedios de la especie *A. pedicellaris* (DC.) L. Rico.

Tabla 17. Contenido de humedad saturado de tres árboles de la especie de *A. pedicellaris*.

Niveles de altura	Secciones transversales	Repeticiones		
		I	II	III
Base	Interno	77,701	115,253	108,067
	Centro	89,450	107,275	90,868
	Externo	67,792	77,544	96,165
Medio	Interno	62,073	89,543	67,700
	Centro	73,236	87,978	69,086
	Externo	63,985	83,178	82,691
Ápice	Interno	62,269	90,023	60,336
	Centro	65,376	75,157	66,874
	Externo	67,346	76,628	68,908

Tabla 18. Contenido de humedad seco al aire de tres árboles de la especie de *A. pedicellaris*.

Niveles de altura	Secciones transversales	Repeticiones		
		I	II	III
Base	Interno	11,842	11,975	11,813
	Centro	11,886	12,077	11,987
	Externo	12,091	12,403	12,415
Medio	Interno	12,001	11,995	12,213
	Centro	11,977	12,156	12,057
	Externo	12,349	12,373	12,568
Ápice	Interno	11,911	11,797	12,033
	Centro	11,911	11,987	11,963
	Externo	11,881	12,183	12,284

Tabla 19. Densidad saturada de tres árboles de la especie de *A. pedicellaris*.

Niveles de altura	Secciones transversales	Repeticiones		
		I	II	III
Base	Interno	0,670	0,973	0,977
	Centro	0,929	1,039	1,084
	Externo	0,972	1,019	1,104
Medio	Interno	0,794	0,739	0,974
	Centro	0,903	0,839	0,964
	Externo	0,930	0,909	1,097
Ápice	Interno	0,810	0,775	0,969
	Centro	0,888	0,843	0,922
	Externo	0,928	0,868	1,047

Tabla 20. Densidad básica de tres árboles de la especie de *A. pedicellaris*.

Niveles de altura	Secciones transversales	Repeticiones		
		I	II	III
Base	Interno	0,379	0,443	0,472
	Centro	0,490	0,502	0,571
	Externo	0,579	0,576	0,564
Medio	Interno	0,491	0,392	0,581
	Centro	0,521	0,448	0,571
	Externo	0,568	0,497	0,602
Ápice	Interno	0,500	0,410	0,605
	Centro	0,537	0,482	0,553
	Externo	0,555	0,491	0,621

Tabla 21. Densidad básica de tres árboles de la especie de *A. pedicellaris*.

Niveles de altura	Secciones transversales	Repeticiones		
		I	II	III
Base	Interno	0,415	0,492	0,550
	Centro	0,537	0,553	0,653
	Externo	0,643	0,629	0,630
Medio	Interno	0,539	0,427	0,646
	Centro	0,567	0,491	0,641
	Externo	0,631	0,543	0,671
Ápice	Interno	0,550	0,450	0,679
	Centro	0,588	0,529	0,623
	Externo	0,612	0,539	0,708

Tabla 22. Contracción radial de tres árboles de la especie de *A. pedicellaris*.

Niveles de altura	Secciones transversales	Repeticiones		
		I	II	III
Base	Interno	2,942	2,747	5,086
	Centro	2,882	3,241	4,443
	Externo	3,107	3,481	4,479
Medio	Interno	3,703	3,398	4,508
	Centro	3,339	3,303	4,368
	Externo	3,742	3,435	4,192
Ápice	Interno	3,541	3,307	4,910
	Centro	3,118	2,789	4,417
	Externo	3,415	4,096	5,010

Tabla 23. Contracción tangencial de tres árboles de la especie de *A. pedicellaris*.

Niveles de altura	Secciones transversales	Repeticiones		
		I	II	III
Base	Interno	6,588	7,159	10,033
	Centro	7,593	7,566	9,510
	Externo	7,534	7,290	8,115
Medio	Interno	6,850	6,417	7,599
	Centro	6,713	6,798	8,118
	Externo	7,246	6,332	7,827
Ápice	Interno	6,855	7,005	7,211
	Centro	6,508	6,584	7,996
	Externo	6,539	6,069	8,415

Tabla 24. Contracción longitudinal de tres árboles de la especie de *A. pedicellaris*.

Niveles de altura	Secciones transversales	Repeticiones		
		I	II	III
Base	Interno	0,187	0,326	0,254
	Centro	0,421	0,179	0,425
	Externo	0,309	0,355	0,164
Medio	Interno	0,195	0,253	0,229
	Centro	0,335	0,142	0,212
	Externo	0,357	0,211	0,149
Ápice	Interno	0,189	0,187	0,207
	Centro	0,293	0,238	0,399
	Externo	0,459	0,085	0,252

Tabla 25. Contracción volumétrica de tres árboles de la especie de *A. pedicellaris*.

Niveles de altura	Secciones transversales	Repeticiones		
		I	II	III
Base	Interno	8,531	10,253	14,211
	Centro	8,683	9,264	12,524
	Externo	9,986	8,528	10,505
Medio	Interno	8,913	8,175	9,920
	Centro	8,054	8,703	10,844
	Externo	9,951	8,582	10,172
Ápice	Interno	9,076	9,028	10,874
	Centro	8,775	8,888	11,250
	Externo	9,321	8,839	12,155

Tabla 26. Relación Tangencial/Radial de tres árboles de la especie de *A. pedicellaris*.

Niveles de altura	Secciones transversales	Repeticiones		
		I	II	III
Base	Interno	2,487	2,641	1,973
	Centro	2,659	2,359	2,136
	Externo	2,493	2,099	1,841
Medio	Interno	1,903	1,970	1,704
	Centro	2,047	2,069	1,878
	Externo	1,952	1,860	1,874
Ápice	Interno	1,959	2,205	1,490
	Centro	2,107	3,072	1,809
	Externo	1,918	1,527	1,677

Tabla 27. Pesos y contenido de humedad registrado en probetas de *A. pedicellaris*

Árbol	CÓDIGO			Peso húmedo (g)	Peso seco al aire (g)	Peso seco al horno (g)	CHs (%)	CHsa (%)
	NIVEL	ORIENTACION	SECCIONES					
1	Base	E	Interno	66,57	42,87	38,37	73,49	11,73
1	Base	O	Interno	55,60	34,41	30,77	80,70	11,83
1	Base	N	Interno	54,79	32,43	28,99	89,00	11,87
1	Base	S	Interno	64,13	42,83	38,26	67,62	11,94
1	Base	E	Centro	86,96	49,48	44,28	96,39	11,74
1	Base	O	Centro	77,15	49,01	43,78	76,22	11,95
1	Base	N	Centro	73,48	46,36	41,44	77,32	11,87
1	Base	S	Centro	90,03	48,50	43,31	107,87	11,98
1	Base	E	Externo	81,46	54,76	48,72	67,20	12,40
1	Base	O	Externo	85,41	57,08	50,81	68,10	12,34
1	Base	N	Externo	80,37	53,65	48,27	66,50	11,15
1	Base	S	Externo	96,76	64,26	57,13	69,37	12,48
1	Medio	E	Interno	78,10	52,62	47,07	65,92	11,79
1	Medio	O	Interno	70,84	50,03	44,64	58,69	12,07
1	Medio	N	Interno	64,70	43,50	38,85	66,54	11,97
1	Medio	S	Interno	72,19	51,53	45,94	57,14	12,17
1	Medio	E	Centro	81,29	50,57	45,20	79,85	11,88
1	Medio	O	Centro	82,38	53,04	47,36	73,94	11,99

1	Medio	N	Centro	72,96	47,36	42,32	72,40	11,91
1	Medio	S	Centro	77,29	51,97	46,35	66,75	12,13
1	Medio	E	Externo	84,61	56,83	50,63	67,11	12,25
1	Medio	O	Externo	83,32	56,90	50,66	64,47	12,32
1	Medio	N	Externo	80,82	53,99	48,08	68,09	12,29
1	Medio	S	Externo	86,71	62,45	55,49	56,26	12,54
1	Ápice	E	Interno	69,83	47,78	42,70	63,54	11,90
1	Ápice	O	Interno	70,79	47,23	42,26	67,51	11,76
1	Ápice	N	Interno	71,16	49,58	44,31	60,60	11,89
1	Ápice	S	Interno	77,19	54,96	49,03	57,43	12,09
1	Ápice	E	Centro	80,04	53,00	47,40	68,86	11,81
1	Ápice	O	Centro	72,98	48,92	43,70	67,00	11,95
1	Ápice	N	Centro	75,51	52,20	46,63	61,93	11,95
1	Ápice	S	Centro	82,82	56,63	50,59	63,71	11,94
1	Ápice	E	Externo	80,80	55,63	49,61	62,87	12,13
1	Ápice	O	Externo	83,68	56,02	49,96	67,49	12,13
1	Ápice	N	Externo	82,91	55,84	49,83	66,39	12,06
1	Ápice	S	Externo	85,85	55,30	49,73	72,63	11,20
2	Base	E	Interno	80,50	41,43	37,00	117,57	11,97
2	Base	O	Interno	74,74	37,96	33,86	120,73	12,11
2	Base	N	Interno	82,06	42,10	37,60	118,24	11,97
2	Base	S	Interno	100,25	54,84	49,03	104,47	11,85
2	Base	E	Centro	93,20	48,21	42,97	116,90	12,19
2	Base	O	Centro	88,63	49,09	43,79	102,40	12,10
2	Base	N	Centro	94,37	49,11	43,81	115,41	12,10
2	Base	S	Centro	93,02	53,55	47,85	94,40	11,91
2	Base	E	Externo	89,47	55,32	49,10	82,22	12,67
2	Base	O	Externo	87,87	51,97	46,37	89,50	12,08
2	Base	N	Externo	89,71	57,56	51,14	75,42	12,55
2	Base	S	Externo	91,61	63,11	56,19	63,04	12,32
2	Medio	E	Interno	66,09	38,09	34,00	94,38	12,03
2	Medio	O	Interno	66,79	36,47	32,58	105,00	11,94
2	Medio	N	Interno	49,58	30,42	27,18	82,41	11,92
2	Medio	S	Interno	76,44	48,58	43,34	76,37	12,09
2	Medio	E	Centro	69,74	41,10	36,71	89,98	11,96
2	Medio	O	Centro	73,84	42,44	37,85	95,09	12,13
2	Medio	N	Centro	74,93	42,73	38,06	96,87	12,27

2	Medio	S	Centro	75,64	49,96	44,50	69,98	12,27
2	Medio	E	Externo	81,76	48,63	43,20	89,26	12,57
2	Medio	O	Externo	85,54	48,83	43,43	96,96	12,43
2	Medio	N	Externo	73,22	46,98	41,83	75,04	12,31
2	Medio	S	Externo	82,09	53,71	47,88	71,45	12,18
2	Ápice	E	Interno	68,23	40,79	36,54	86,73	11,63
2	Ápice	O	Interno	68,96	36,45	32,58	111,66	11,88
2	Ápice	N	Interno	65,39	41,02	36,67	78,32	11,86
2	Ápice	S	Interno	71,39	43,53	38,93	83,38	11,82
2	Ápice	E	Centro	71,48	46,22	41,29	73,12	11,94
2	Ápice	O	Centro	72,14	44,96	40,14	79,72	12,01
2	Ápice	N	Centro	70,04	44,24	39,50	77,32	12,00
2	Ápice	S	Centro	76,44	50,22	44,84	70,47	12,00
2	Ápice	E	Externo	71,30	45,83	40,85	74,54	12,19
2	Ápice	O	Externo	74,79	46,55	41,50	80,22	12,17
2	Ápice	N	Externo	76,84	49,49	44,10	74,24	12,22
2	Ápice	S	Externo	82,10	51,87	46,25	77,51	12,15
3	Base	E	Interno	87,49	47,58	42,59	105,42	11,72
3	Base	O	Interno	88,11	44,35	39,65	122,22	11,85
3	Base	N	Interno	88,10	53,21	47,62	85,01	11,74
3	Base	S	Interno	88,99	45,36	40,52	119,62	11,94
3	Base	E	Centro	98,16	50,30	44,96	118,33	11,88
3	Base	O	Centro	92,77	58,38	52,08	78,13	12,10
3	Base	N	Centro	91,67	56,90	50,89	80,13	11,81
3	Base	S	Centro	101,70	61,04	54,42	86,88	12,16
3	Base	E	Externo	97,06	53,52	47,63	103,78	12,37
3	Base	O	Externo	100,14	57,74	51,38	94,90	12,38
3	Base	N	Externo	100,42	55,35	49,25	103,90	12,39
3	Base	S	Externo	96,63	59,72	53,07	82,08	12,53
3	Medio	E	Interno	91,31	59,15	52,67	73,36	12,30
3	Medio	O	Interno	75,69	51,18	45,69	65,66	12,02
3	Medio	N	Interno	91,44	59,61	53,11	72,17	12,24
3	Medio	S	Interno	90,48	63,66	56,69	59,60	12,29
3	Medio	E	Centro	86,98	59,15	52,82	64,67	11,98
3	Medio	O	Centro	79,00	51,52	45,98	71,81	12,05
3	Medio	N	Centro	87,69	61,33	54,72	60,25	12,08
3	Medio	S	Centro	91,76	57,28	51,09	79,60	12,12

3	Medio	E	Externo	98,23	66,76	59,35	65,51	12,49
3	Medio	O	Externo	98,36	55,62	49,39	99,15	12,61
3	Medio	N	Externo	98,91	59,56	52,93	86,87	12,53
3	Medio	S	Externo	93,40	58,70	52,11	79,24	12,65
3	Ápice	E	Interno	89,96	63,38	56,45	59,36	12,28
3	Ápice	O	Interno	84,25	58,24	52,06	61,83	11,87
3	Ápice	N	Interno	88,98	63,67	56,77	56,74	12,15
3	Ápice	S	Interno	81,64	55,87	49,96	63,41	11,83
3	Ápice	E	Centro	78,05	52,67	47,09	65,75	11,85
3	Ápice	O	Centro	81,82	54,82	48,98	67,05	11,92
3	Ápice	N	Centro	79,96	52,99	47,30	69,05	12,03
3	Ápice	S	Centro	84,83	57,38	51,21	65,65	12,05
3	Ápice	E	Externo	93,59	57,84	51,40	82,08	12,53
3	Ápice	O	Externo	89,05	60,53	53,85	65,37	12,40
3	Ápice	N	Externo	91,59	63,50	56,49	62,13	12,41
3	Ápice	S	Externo	96,59	65,03	58,17	66,05	11,79

Tabla 28. Dimensiones y volumen en estado húmedo y anhidro de las probetas

ARBOL	NIVELES	ORIENTACION	SECCIONES	Húmedo				Anhidro			
				Medidas iniciales			Volumen Húmedo	Medidas finales			Volumen Anhidro (cm ³)
				Dtg (mm)	Drd (mm)	Dlg (cm)		Dtg (mm)	Drd (mm)	Dlg (cm)	
1	Base	E	Interno	30,310	30,292	100,21	91,50	27,901	29,687	99,82	83,97
1	Base	O	Interno	30,345	30,111	99,93	90,22	28,391	29,358	99,80	83,43
1	Base	N	Interno	29,801	30,058	100,16	88,65	28,055	29,165	100,04	81,35
1	Base	S	Interno	29,452	30,307	99,95	89,19	27,654	29,004	99,84	80,15
1	Base	E	Centro	30,679	29,474	100,51	89,40	28,328	28,760	100,01	82,33
1	Base	O	Centro	30,224	29,443	100,17	86,68	27,669	28,464	99,78	79,69
1	Base	N	Centro	30,290	30,229	100,04	90,10	28,168	29,360	99,60	81,30
1	Base	S	Centro	29,328	29,607	100,47	86,63	27,202	28,747	100,11	78,84
1	Base	E	Externo	29,388	29,784	100,40	86,58	27,175	28,846	99,95	78,14
1	Base	O	Externo	30,607	30,314	99,88	90,05	28,185	29,549	99,77	80,65
1	Base	N	Externo	30,242	30,054	100,17	89,27	28,096	29,204	99,63	81,03
1	Base	S	Externo	29,643	30,145	100,07	88,15	27,391	28,961	99,93	78,87
1	Medio	E	Interno	30,236	30,651	99,93	90,06	28,550	29,277	99,77	82,64

1	Medio	O	Interno	30,336	30,105	99,75	89,11	28,022	29,104	99,66	81,04
1	Medio	N	Interno	30,528	30,324	100,13	91,44	28,400	29,349	99,65	83,74
1	Medio	S	Interno	30,033	30,457	100,44	89,37	27,863	29,303	100,39	80,49
1	Medio	E	Centro	29,202	29,227	100,08	83,97	27,411	28,232	99,46	77,08
1	Medio	O	Centro	30,264	30,206	100,06	89,07	27,968	29,368	99,81	81,55
1	Medio	N	Centro	29,740	30,426	100,34	89,34	28,001	29,352	100,00	84,10
1	Medio	S	Centro	29,327	29,269	99,85	85,64	27,191	28,201	99,72	77,33
1	Medio	E	Externo	30,702	30,472	100,12	91,98	28,507	29,474	99,72	82,58
1	Medio	O	Externo	29,989	30,113	99,90	89,09	27,829	29,017	99,73	80,64
1	Medio	N	Externo	30,357	30,306	100,20	89,61	28,250	29,192	99,61	81,50
1	Medio	S	Externo	30,503	30,190	100,11	90,23	28,157	28,869	99,84	80,26
1	Ápice	E	Interno	29,750	30,364	100,12	88,08	27,883	29,264	99,84	80,34
1	Ápice	O	Interno	30,209	29,841	100,90	88,87	28,107	28,970	100,68	81,23
1	Ápice	N	Interno	30,008	30,379	100,09	90,65	28,037	29,296	99,97	82,25
1	Ápice	S	Interno	29,603	30,545	100,32	89,08	27,348	29,306	100,18	80,48
1	Ápice	E	Centro	30,258	30,296	100,23	90,37	28,289	29,466	100,00	82,74
1	Ápice	O	Centro	28,871	28,789	99,68	81,49	27,060	27,837	99,44	74,58
1	Ápice	N	Centro	30,583	30,201	99,99	90,46	28,393	29,283	99,77	82,14
1	Ápice	S	Centro	30,234	29,869	99,87	88,64	28,393	28,858	99,39	80,68
1	Ápice	E	Externo	29,956	30,115	100,07	88,91	27,814	29,025	99,78	80,58
1	Ápice	O	Externo	30,186	30,656	100,33	91,15	28,326	29,564	100,09	82,71
1	Ápice	N	Externo	30,393	30,183	100,05	89,95	28,410	29,214	99,64	81,55
1	Ápice	S	Externo	29,642	30,139	100,18	88,96	27,769	29,154	99,28	80,67
2	Base	E	Interno	30,021	30,098	100,35	87,03	26,970	29,335	100,00	78,54
2	Base	O	Interno	29,759	29,405	100,81	88,42	27,460	28,463	100,65	78,28
2	Base	N	Interno	29,381	29,489	100,79	90,56	27,140	28,576	100,67	77,67
2	Base	S	Interno	30,274	30,232	100,50	89,28	28,330	29,581	99,82	84,32
2	Base	E	Centro	28,827	29,967	100,67	88,08	26,530	29,008	100,56	79,01
2	Base	O	Centro	29,757	29,764	100,83	88,35	27,520	28,615	100,77	79,56
2	Base	N	Centro	30,259	30,161	100,34	89,65	27,810	29,207	100,24	81,62
2	Base	S	Centro	30,298	30,025	100,18	89,39	28,270	29,202	99,73	82,37
2	Base	E	Externo	29,686	30,215	100,61	86,96	27,490	29,085	100,19	79,62
2	Base	O	Externo	29,995	30,058	100,52	85,88	27,660	28,947	100,49	79,63
2	Base	N	Externo	30,041	30,244	100,53	91,00	27,880	29,220	100,15	81,71

2	Base	S	Externo	29,984	30,006	100,59	88,34	27,960	29,075	99,99	81,11
2	Medio	E	Interno	30,413	30,095	100,96	90,01	28,490	29,203	100,68	82,46
2	Medio	O	Interno	29,857	29,821	100,62	88,25	28,000	28,914	100,44	82,06
2	Medio	N	Interno	29,543	29,679	100,64	86,32	27,770	28,308	100,37	79,40
2	Medio	S	Interno	29,689	29,530	100,30	85,76	27,480	28,654	100,01	77,80
2	Medio	E	Centro	29,816	30,293	100,82	89,55	27,710	29,399	100,74	81,53
2	Medio	O	Centro	29,522	29,770	100,75	84,56	27,620	28,782	100,57	78,19
2	Medio	N	Centro	30,174	30,029	100,48	88,96	28,170	29,009	100,39	80,85
2	Medio	S	Centro	30,080	29,731	100,66	87,75	27,970	28,677	100,44	79,67
2	Medio	E	Externo	29,592	30,085	100,56	87,51	27,790	28,984	100,51	79,96
2	Medio	O	Externo	29,825	30,212	100,60	89,34	28,010	29,138	100,37	81,83
2	Medio	N	Externo	29,974	30,147	100,74	89,27	27,930	29,236	100,62	81,66
2	Medio	S	Externo	29,874	30,205	100,55	88,94	27,980	29,147	100,10	81,14
2	Ápice	E	Interno	29,567	29,508	100,29	86,23	27,500	28,602	100,09	78,15
2	Ápice	O	Interno	30,160	30,286	100,60	90,82	27,890	28,928	100,33	81,36
2	Ápice	N	Interno	30,081	29,982	100,79	88,50	28,220	29,039	100,70	81,74
2	Ápice	S	Interno	30,227	30,252	100,49	88,18	28,010	29,487	100,30	80,52
2	Ápice	E	Centro	30,242	30,133	100,72	80,12	28,290	29,157	100,45	72,24
2	Ápice	O	Centro	29,648	29,857	100,58	88,11	27,600	29,019	100,42	80,51
2	Ápice	N	Centro	29,803	30,093	100,80	88,01	28,100	28,895	100,65	80,56
2	Ápice	S	Centro	30,439	29,713	100,55	88,21	28,240	29,377	100,17	80,60
2	Ápice	E	Externo	29,350	29,181	100,42	84,79	27,390	28,049	100,32	77,03
2	Ápice	O	Externo	30,007	29,549	100,83	87,73	28,110	28,494	100,76	80,35
2	Ápice	N	Externo	30,157	29,997	100,74	89,63	28,460	28,910	100,69	82,20
2	Ápice	S	Externo	29,996	30,304	100,52	89,24	28,300	28,695	100,40	80,76
3	Base	E	Interno	30,370	30,669	100,66	91,78	27,201	29,066	100,27	80,04
3	Base	O	Interno	29,752	30,059	100,10	88,02	27,005	28,665	99,97	74,05
3	Base	N	Interno	30,417	30,574	100,41	91,23	26,914	28,776	100,04	77,39
3	Base	S	Interno	29,956	29,907	100,87	89,99	27,276	28,532	100,74	78,28
3	Base	E	Centro	29,817	30,170	100,36	89,29	26,888	28,831	99,96	78,10
3	Base	O	Centro	29,810	30,132	100,67	88,81	27,294	28,860	100,54	78,43
3	Base	N	Centro	30,177	29,352	100,34	88,18	26,455	28,000	99,79	74,96
3	Base	S	Centro	29,795	30,397	100,70	88,22	27,577	29,027	100,07	78,62

3	Base	E	Externo	29,801	29,677	100,52	87,87	27,351	28,455	100,39	80,56
3	Base	O	Externo	29,889	30,408	100,68	89,39	27,398	28,705	100,49	79,14
3	Base	N	Externo	30,029	30,249	100,42	90,48	27,669	29,020	100,23	80,37
3	Base	S	Externo	30,228	29,806	100,41	89,23	27,796	28,573	100,26	79,36
3	Medio	E	Interno	30,342	30,311	100,98	89,34	28,033	29,030	100,63	79,55
3	Medio	O	Interno	30,532	29,928	100,16	89,88	28,063	28,727	100,07	82,30
3	Medio	N	Interno	29,817	30,473	100,46	90,00	27,589	28,972	100,20	82,36
3	Medio	S	Interno	30,116	29,923	100,30	89,24	27,940	28,467	100,08	78,71
3	Medio	E	Centro	30,307	30,381	100,37	90,74	27,774	28,989	99,99	80,01
3	Medio	O	Centro	30,062	29,721	100,09	87,49	27,657	28,642	99,99	79,55
3	Medio	N	Centro	29,897	30,567	100,35	89,68	27,486	29,106	100,05	79,13
3	Medio	S	Centro	30,574	29,988	100,17	90,37	28,113	28,645	100,10	80,69
3	Medio	E	Externo	30,613	30,089	100,46	90,18	27,930	28,842	100,31	80,33
3	Medio	O	Externo	29,957	29,484	100,34	87,33	27,727	28,162	100,20	79,78
3	Medio	N	Externo	29,351	30,136	100,53	88,64	27,119	28,837	100,45	79,17
3	Medio	S	Externo	30,075	29,747	100,50	88,54	27,821	28,608	100,27	79,30
3	Ápice	E	Interno	29,999	30,057	100,39	88,58	28,083	28,468	100,20	78,82
3	Ápice	O	Interno	30,567	30,216	99,60	89,23	28,535	28,636	99,23	80,55
3	Ápice	N	Interno	30,066	30,201	100,00	88,50	27,664	28,900	99,97	78,78
3	Ápice	S	Interno	29,980	30,094	100,55	89,50	27,635	28,645	100,31	78,97
3	Ápice	E	Centro	29,948	30,138	101,16	88,50	27,655	28,777	100,62	79,03
3	Ápice	O	Centro	29,675	29,788	100,56	87,17	27,117	28,458	100,48	76,76
3	Ápice	N	Centro	29,669	30,068	100,16	87,76	27,517	28,811	99,91	78,73
3	Ápice	S	Centro	30,225	29,518	100,80	88,66	27,670	28,188	100,06	77,96
3	Ápice	E	Externo	29,957	29,977	100,50	88,45	27,637	28,673	100,45	78,99
3	Ápice	O	Externo	29,810	29,972	100,79	89,33	27,419	28,515	100,67	79,14
3	Ápice	N	Externo	30,086	29,980	99,48	88,12	27,902	28,473	99,10	78,71
3	Ápice	S	Externo	30,301	29,663	100,24	88,46	27,078	27,942	99,78	74,45

ANEXO C. Panel fotográfico.



Figura 27. Tala de la especie *A. pedicellaris*.



Figura 28. Trozado del fuste por nivel de altura de la especie *A. pedicellaris*.



Figura 29. Habilitado en viguetas por nivel de altura de la especie *A. pedicellaris*



Figura 30. Prensado y secado de la muestra botánica.



Figura 31. Verificación de la ejecución de tesis en el proceso de habilitado.



Figura 32. Habilitado de la muestra de madera.



Figura 33. Codificación de probetas de 3 cm x 3 cm x 10 cm.



Figura 34. Pesado diario de las probetas en estudio.



Figura 35. Secado de probetas en estufa y colocado en desecador.

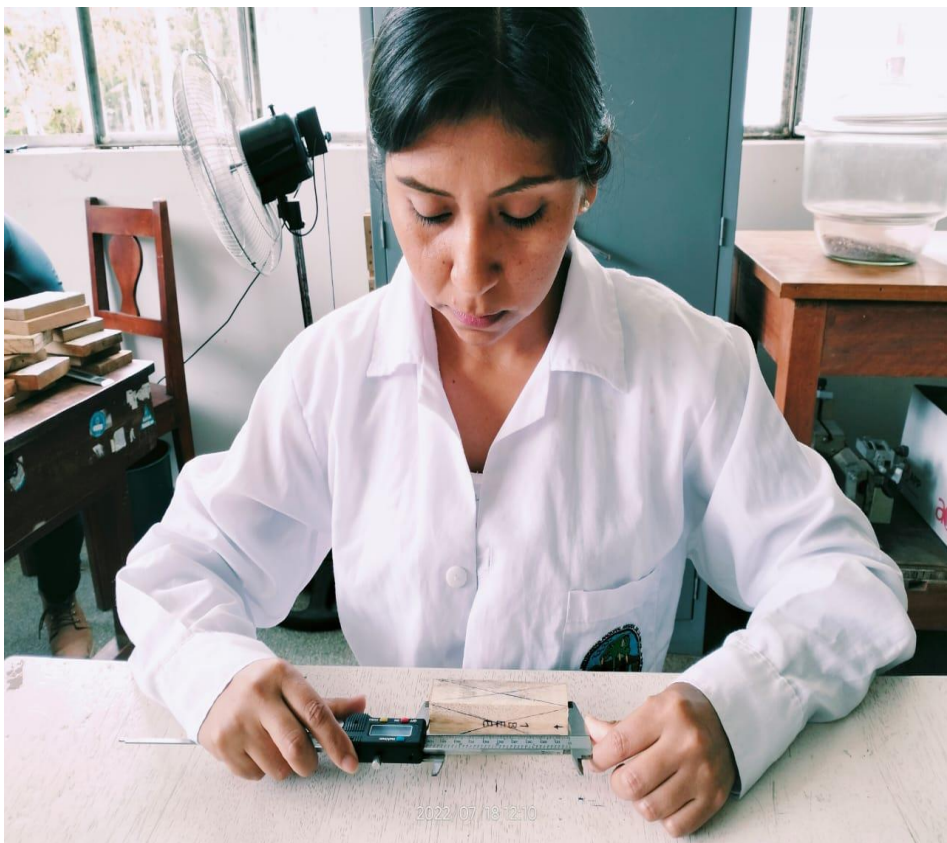


Figura 36. Medición de la contracción longitudinal.



Figura 37. Medición de la contracción radial.



Figura 38. Colocación del punzón en la sección transversal de la probeta.



Figura 39. Parafinado de probetas.



Figura 40. Proceso de determinación del volumen.