

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



**PROPIEDADES FÍSICAS DEL FUSTE *Osteophloeum platyspermum* (FAVORITO) Y
Brosimum utile (PANGUANA), PROVENIENTES DE LA CONCESIÓN FORESTAL
UCAYALI WOOD**

Tesis

Para obtener el título profesional de:

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR:

GABRIELA JESUS LUNA PUCHURI

Tingo María – Perú

2025



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°094-2025-FRNR-UNAS


Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 28 de agosto de 2025, a horas 11:00 a.m. en la Escuela Profesional de Ingeniería en Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

“PROPIEDADES FÍSICAS DEL FUSTE *Osteophloeum platyspermum* (FAVORITO) Y *Brosimum utile* (PANGUANA), PROVENIENTES DE LA CONCESIÓN FORESTAL UCAYALI WOOD”

Presentado por la Bachiller: LUNA PUCHURI, GABRIELA JESUS 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, la 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 setiembre de 2025


Ing. MSc. RICARDO OCHOA CUYA
PRESIDENTE


Ing. MSc. MARIBEL FLORA ROCA CAPCHA
MIEMBRO


Ing. MSc. RAUL ARAUJO TORRES
MIEMBRO


Ing. MSc. ROBERT GILBERT PECHO DE LA CRUZ
ASESOR


Ing. MSc. CLEIDE SANTOS
ASESOR





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

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 333 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Jefe de la Unidad de Soporte Científico 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 Trabajo de Suficiencia Profesional

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE	
		SIMILITUD	CONTENIDO GENERADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PROPIEDADES FÍSICAS DEL FUSTE <i>Osteophloeum platyspermum</i> (FAVORITO) Y <i>Brosimum utile</i> (PANGUANA), PROVENIENTES DE LA CONCESIÓN FORESTAL UCAYALI WOOD	GABRIELA JESUS LUNA PUCHURI	10 % Diez	Menor a 20 %

Tingo María, 24 de octubre de 2025.


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO
ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES
JEFE

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



**PROPIEDADES FÍSICAS DEL FUSTE *Osteophloeum platyspermum* (FAVORITO) Y
Brosimum utile (PANGUANA), PROVENIENTES DE LA CONCESIÓN FORESTAL
UCAYALI WOOD**

Autor : LUNA PUCHURI, Gabriela Jesus
Asesores : Ing. M. Sc. PECHO DE LA CRUZ, Robert Gilbert
Ing. M. Cs. SANTOS FLORES, Cleide
Programa de investigación: Ciencias básicas forestal (Química, Física, Anatomía y
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 : S/. 3 450,00

FEDU : No
Propio : Si
Otros : No

DEDICATORIA

A Dios, cuya presencia ha acompañado cada etapa de mi vida, brindándome guía y fortaleza para superar las adversidades.

A mis queridos padres, Miguel Edgard Luna y Leocadia Puchuri, por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida, por respaldar cada sueño y meta que me he propuesto. Les estaré eternamente agradecida por los sacrificios realizados para que pudiera convertirme en profesional, por los valiosos consejos que me han brindado y por la confianza depositada en mí. Espero poder retribuir todo lo que me han dado y que se sientan orgullosos de su hija.

A mi abuela María Puchuri y a mi tía Flora Bellido, por sus sabios consejos, sus oraciones y el amor incondicional que siempre me brindaron. Aunque no pude compartir con ustedes este logro profesional antes de su partida. Siempre las llevo presentes en mi corazón y pensamientos.

A mis inseparables compañeros de vida, mis queridas mascotas, quienes con su cariño incondicional y silenciosa compañía estuvieron presentes en cada jornada de esfuerzo. Gracias por acompañarme en las largas noches de estudio, por darme paz en los momentos de cansancio y por recordarme, con su ternura y lealtad, que nunca estuve sola en este camino. Este logro también es de ustedes, que con paciencia y amor fueron un sostén emocional en cada etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por cuidarme incondicionalmente y darme las fuerzas necesarias para poder culminar mi etapa universitaria.

A mis padres, por ser mi mayor estímulo y fortaleza para salir adelante.

A todos los docentes de la Universidad Nacional Agraria de la Selva que fueron parte de mi formación universitaria, por sus enseñanzas y motivaciones en este camino.

Al Ing. M. Sc. Pecho de La Cruz, Robert Gilbert y Ing. M. Cs. Santos Flores, Cleide, asesores de la investigación, por su contribución y recomendaciones.

A mis jurados de tesis, por todas las recomendaciones para realizar la mejora en mi investigación.

Al señor Teddy Arbe Saldaña, por sus consejos, orientación y apoyo en la fase de campo de mi investigación, incluyendo el respaldo técnico y logístico.

A mis compañeros, amigos y personas que formaron parte de mi vida universitaria, con quienes compartí muchas experiencias y gratos momentos durante esta etapa.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Marco teórico.....	3
2.1.1. La madera	3
2.1.2. Propiedades físicas de la madera	4
2.1.2.1. Higroscopicidad.....	4
2.1.2.2. Contenido de la humedad	5
2.1.2.3. Contenido de Humedad en Equilibrio	6
2.1.2.4. Punto de Saturación de las Fibras.....	7
2.1.2.5. Densidad	7
2.1.2.6. Contracción o cambio dimensional	9
2.1.3. <i>Osteophloeum platyspermum</i> (favorito)	11
2.1.3.1. Generalidades	11
2.1.3.2. Descripción dendrológica	12
2.1.3.3. Usos de la madera.....	12
2.1.4. <i>Brosimum utile</i> (Kunth) oken (panguana)	13
2.1.4.1. Generalidades	13
2.1.4.2. Descripción dendrológicas	13
2.1.4.3. Usos de la madera.....	14
2.2. Planes de Manejo.....	14
2.2.1. Plan Operativo	15
2.2.1.1. Concesiones Forestales en el Perú.....	15
2.2.1.2. Concesiones con fines maderables	16
2.3. Estado del arte	16

2.3.1.	Nivel internacional	16
2.3.2.	Nivel nacional.....	17
2.3.3.	Nivel regional	20
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1.	Lugar de ejecución.....	24
3.1.1.	Lugar de extracción de muestras	24
3.1.2.	Lugar de habilitación de probetas.....	25
3.1.3.	Lugar de ejecución de ensayos de las propiedades físicas	25
3.2.	Materiales	26
3.2.1.	Material vegetativo	26
3.2.2.	Material y equipos de campo.....	26
3.2.3.	Materiales y equipos para la habilitación de probetas.....	27
3.2.4.	Materiales y Equipos de Laboratorio.....	27
3.3.	Método.....	27
3.3.1.	Contenido de humedad saturado y seco al aire de <i>O. platyspermum</i> y <i>B. utile</i>	27
3.3.2.	Densidad saturada, básica y anhidra de <i>O. platyspermum</i> y <i>B. utile</i>	31
3.3.3.	Contracción tangencial, radial, longitudinal, volumétrica y relación tangencial/radial de <i>O. platyspermum</i> y <i>B. utile</i>	33
3.4.	Diseño de investigación.....	35
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
4.1.	Contenido de humedad	39
4.1.1.	Contenido de humedad saturada.....	39
4.1.2.	Contenido de humedad seco al aire	42
4.2.	Densidad	46
4.2.1.	Densidad saturada.....	46
4.2.2.	Densidad básica	49
4.2.3.	Densidad anhidra	53

4.3. Contracción.....	56
4.3.1. Contracción tangencial	56
4.3.2. Contracción radial.....	60
4.3.3. Contracción longitudinal	63
4.3.4. Contracción volumétrica.....	66
4.3.5. Relación Tangencial/Radial.....	72
V. CONCLUSIÓN	76
VI. PROPUESTAS A FUTURO	77
VII. REFERENCIAS	78
ANEXO	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Categorías de clasificación de la madera basadas en su densidad básica.....	8
2. Rango de clasificación de los cambios dimensionales.....	11
3. Clasificación de la relación T/R	11
4. Coordenadas de la Parcelas de Corta 19	24
5. Diámetros de los árboles seleccionados.	28
6. Interacción de los factores en estudio.....	36
7. Esquema del ANVA	37
8. ANVA del contenido de humedad saturada (%) de dos especies forestales (<i>O. platyspermum</i> y <i>B. utile</i>).	39
9. ANVA del contenido de humedad seco al aire (%) de dos especies forestales (<i>O. platyspermum</i> y <i>B. utile</i>).	43
10. ANVA de la densidad saturada de dos especies forestales (<i>O. platyspermum</i> y <i>B. utile</i>).	46
11. ANVA de la densidad básica de dos especies forestales (<i>O. platyspermum</i> y <i>B. utile</i>).	49
12. ANVA de la densidad anhidra de dos especies forestales (<i>O. platyspermum</i> y <i>B. utile</i>).	53
13. ANVA de la contracción tangencial de dos especies forestales (<i>O. platyspermum</i> y <i>B. utile</i>).	57
14. ANVA de la contracción radial de dos especies forestales (<i>O. platyspermum</i> y <i>B. utile</i>).	60
15. ANVA de la contracción longitudinal de dos especies forestales (<i>O. platyspermum</i> y <i>B. utile</i>).	63
16. ANVA de la contracción volumétrica de dos especies forestales (<i>O. platyspermum</i> y <i>B. utile</i>).	66
17. Análisis entre los niveles longitudinales (base, medio y ápice) y secciones transversales (interno, centro y externo).	69
18. Contracción volumétrica con respecto al efecto simple del factor niveles longitudinales (base, medio y ápice) en el factor sección transversal (interno, centro y externo).	70
19. Contracción volumétrica con respecto al efecto simple del factor niveles longitudinales (base, medio y ápice) en el factor sección transversal (interno, centro y externo).	71
20. ANVA de la relación Tangencial/Radial de dos especies forestales (<i>O. platyspermum</i> y <i>B. utile</i>).	72

21. Promedio de contenido de humedad saturada (%) de las dos especies forestales investigadas (<i>O. platyspermum</i> y <i>B. utile</i>).	88
22. Promedio de contenido de humedad seco al aire (%) de las dos especies forestales investigadas (<i>O. platyspermum</i> y <i>B. utile</i>).	88
23. Promedio de densidad saturada (g/cm ³) de las dos especies forestales investigadas (<i>O. platyspermum</i> y <i>B. utile</i>).	89
24. Promedio de densidad básica (g/cm ³) de las dos especies forestales investigadas (<i>O. platyspermum</i> y <i>B. utile</i>).	90
25. Promedio de densidad anhidra (g/cm ³) de las dos especies forestales investigadas (<i>O. platyspermum</i> y <i>B. utile</i>).	91
26. Promedio de contracción tangencial (%) de las dos especies forestales investigadas (<i>O. platyspermum</i> y <i>B. utile</i>).	91
27. Promedio de contracción radial (%) de las dos especies forestales investigadas (<i>O. platyspermum</i> y <i>B. utile</i>).	92
28. Promedio de contracción longitudinal (%) de las dos especies forestales investigadas (<i>O. platyspermum</i> y <i>B. utile</i>).	93
29. Promedio de contracción volumétrica (%) de las dos especies forestales investigadas (<i>O. platyspermum</i> y <i>B. utile</i>).	94
30. Promedio de relación T/R de las dos especies forestales investigadas (<i>O. platyspermum</i> y <i>B. utile</i>).	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Mapa de localización.....	25
2. Gráfico de los principales parámetros climáticos durante la evaluación.	26
3. Codificación de las rodajas de Panguana y Favorito. Descripción: FV (Favorito), PN (Panguana), E (Este), O (Oeste), B (Base), M (Medio), A1 (Árbol N° 1).	29
4. Codificación de probetas.	30
5. Prueba de comparación de medias de contenido de humedad saturada (%) de las especies.	40
6. Prueba de comparación de medias de contenido de humedad saturada (%) en el nivel longitudinal.....	40
7. Prueba de comparación de medias de contenido de humedad saturada (%) en la sección transversal.....	41
8. Prueba de comparación de medias de contenido de humedad seca al aire (%) de las especies.....	43
9. Prueba de comparación de medias de contenido de humedad seca al aire (%) en el nivel longitudinal.....	44
10. Prueba de comparación de medias de contenido de humedad seca al aire (%) en la sección transversal.....	45
11. Prueba de comparación de medias de densidad saturada de las especies.	47
12. Prueba de comparación de medias de la densidad saturada en el nivel longitudinal.	47
13. Prueba de comparación de medias de la densidad saturada en la sección transversal.	48
14. Prueba de comparación de medias de la densidad básica de las especies.	50
15. Prueba de comparación de medias de la densidad básica del nivel longitudinal.	51
16. Prueba de comparación de medias de la densidad básica de la sección transversal.	51
17. Prueba de comparación de medias de la densidad anhidra de las especies.	54
18. Prueba de comparación de medias de la densidad anhidra en el nivel longitudinal.....	54
19. Prueba de comparación de medias de la densidad anhidra en la sección transversal.....	55
20. Prueba de comparación de medias de la contracción tangencial de las Especies.	57
21. Prueba de comparación de medias de la contracción tangencial en el nivel longitudinal.	58
22. Prueba de comparación de medias de la contracción tangencial en la sección transversal.	59

23. Prueba de comparación de medias de la contracción radial de las especies.	61
24. Prueba de comparación de medias de la contracción radial en el nivel longitudinal.	61
25. Prueba de comparación de medias de la contracción radial en la sección transversal.	62
26. Prueba de comparación de medias de la contracción longitudinal de las especies.	64
27. Prueba de comparación de medias de la contracción longitudinal en el nivel longitudinal.	64
28. Prueba de comparación de medias de la contracción longitudinal en la sección transversal.	65
29. Prueba de comparación de medias de la contracción volumétrica de las especies	67
30. Prueba de comparación de medias de la contracción volumétrica en el nivel longitudinal.	68
31. Prueba de comparación de medias de la contracción volumétrica en la sección transversal.	69
32. Prueba de comparación de medias de la relación T/R de las especies.	73
33. Prueba de comparación de medias de la relación T/R en el nivel longitudinal.....	73
34. Prueba de comparación de medias de la relación T/R en la sección transversal.....	74
35. Selección y reconocimiento de los árboles.....	96
36. Tala de los árboles seleccionados de la especie Favorito.....	96
37. Tala de los árboles seleccionados de la especie Panguana.....	97
38. Codificación de las rodajas.....	97
39. Colecta de muestras botánicas.....	98
40. Montaje y prensado de las muestras botánicas.....	98
41. Trazado del área que se habilitará en la sierra cinta.....	99
42. Habilitado de las dimensiones de las probetas para los ensayos físicos.....	99
43. Codificación de las probetas obtenidas.	100
44. Medición de probetas.	100
45. Medición del volumen por el principio de Arquímedes.....	101

RESUMEN

La investigación tuvo como finalidad evaluar las propiedades físicas del fuste de *Osteophloeum platyspermum* y *Brosimum utile*, considerando distintos niveles longitudinales y secciones transversales. Las especies forestales seleccionadas fueron extraídas de una concesión forestal ubicada en el distrito de Tahuania, en la provincia de Atalaya. Se seleccionaron cinco individuos por especie, conforme a lo establecido por las Normas Técnicas Peruanas: NTP 251.008 (2016), 251.010 (2014), 251.011 (2014) y 251.012 (2015). Los resultados fueron: en *O. platyspermum*, el contenido de humedad en condición de saturación alcanzó el 86,93 %, mientras que en estado de secado al aire se redujo a 11,64 %. La densidad registrada fue de 0,85 g/cm³ en estado saturado, 0,50 g/cm³ como densidad básica y 0,51 g/cm³ en estado anhidro, lo que la ubica dentro del rango de maderas de densidad media. Las contracciones tangencial, radial y longitudinal fueron de 7,59 %, 4,41 % y 0,32 % respectivamente, con una contracción volumétrica total de 11,48 %, y una relación tangencial/radial de 1,84. Para *B. utile*, se obtuvo un contenido de humedad de 100,43 % en condición saturada y de 11,98 % en secado al aire. La densidad en estado saturado fue de 0,90 g/cm³, la densidad básica de 0,46 g/cm³ y la anhidra de 0,51 g/cm³, clasificándola también como madera de densidad media. Las contracciones medidas fueron: 7,15 % (tangencial), 4,74 % (radial), 0,40 % (longitudinal) y 11,38 % en volumen, con una relación tangencial/radial de 1,61.

Palabras clave: *Osteophloeum platyspermum*, *Brosimum utile*, concesión forestal, propiedades físicas.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the physical properties of the stem of *Osteophloeum platyspermum* and *Brosimum utile*, considering different longitudinal levels and cross-sectional areas. The selected forest species were extracted from a forest concession located in the district of Tahuania, in the province of Atalaya. Five individuals per species were selected in accordance with the Peruvian Technical Standards: NTP 251.008 (2016), 251.010 (2014), 251.011 (2014), and 251.012 (2015). The results indicated that, for *O. platyspermum*, the moisture content under saturated conditions reached 86,93 %, while it decreased to 11,64 % after air drying. The recorded densities were 0,85 g/cm³ in the saturated state, 0,50 g/cm³ as basic density, and 0,51 g/cm³ in the oven-dry state, classifying it as a medium-density wood. Tangential, radial, and longitudinal shrinkages were 7,59 %, 4,41 %, and 0,32 %, respectively, with a total volumetric shrinkage of 11,48 % and a tangential-to-radial shrinkage ratio of 1,84. For *B. utile*, the moisture content was 100,43 % in saturated condition and 11,98 % after air drying. The density values were 0,90 g/cm³ (saturated), 0,46 g/cm³ (basic), and 0,51 g/cm³ (oven-dry), also classifying it as medium-density wood. Measured shrinkages were 7,15 % tangential, 4,74 % radial, 0,40 % longitudinal, and 11,38 % volumetric, with a tangential-to-radial shrinkage ratio of 1,61.

Keywords: *Osteophloeum platyspermum*, *Brosimum utile*, forest concession, physical properties.

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú, existen múltiples concesiones forestales que albergan una gran diversidad de especies maderables; sin embargo, no todas las especies forestales con potencial maderable son extraídas del bosque, limitando un aprovechamiento sostenible. Actualmente, en el sector forestal la demanda por determinadas especies forestales ha incrementado significativamente en los últimos años, exactamente en las especies que han sido previamente estudiadas y que cuentan con información sobre sus propiedades físicas, mecánicas o químicas de la madera. En contraste, con otras especies presentes en los bosques amazónicos peruanos los cuales presentan una escasa o nula información tecnológica disponible, especialmente en lo que respecta a sus propiedades físicas. Esta falta de información limita su inclusión estratégica con respecto a los planes de manejo forestal elaborados por las empresas del sector, restringiendo así su aprovechamiento e incorporación en la industria forestal.

La región de Ucayali no es ajena a esta realidad, siendo uno de los sectores con mayor número de industrias forestales dedicadas a la primera y segunda transformación de la madera, cuyas materias primas provienen de diversas concesiones ubicadas en la región, siendo una de ellas la Concesión Forestal Ucayali Wood. Sin embargo, aún se observa una limitada disponibilidad de estudios científicos enfocados en las propiedades tecnológicas de las especies maderables seleccionadas para esta investigación. En este contexto, surge la siguiente interrogante: ¿Cuáles son las propiedades físicas que posee el fuste de *Osteophloeum platyspermum* (favorito) y *Brosimum utile* (panguana), provenientes de la Concesión Forestal Ucayali Wood?

Realizar estudios tecnológicos en las especies *Osteophloeum platyspermum* y *Brosimum utile* con respecto a las propiedades físicas que presenta la madera nos permite comprender su comportamiento frente a los usos finales que se les pueden asignar. Estas especies son relevantes en el contexto forestal debido a sus características específicas y su potencial para su utilización en la industria maderera y otros sectores. La relevancia de estas especies en el sector forestal se debe a sus cualidades propias y a las oportunidades que brindan para su empleo en la industria de la madera y otras áreas de producción. Este tipo de análisis contribuye significativamente a una administración responsable de los recursos del bosque y a un uso más eficiente de sus productos. Asimismo, estas propiedades se ven influenciadas por factores como las condiciones climáticas, el suelo, la calidad del sitio y la edad del árbol, esta variación no

solo ocurre en el sentido longitudinal, sino también en la sección transversal del fuste. En consecuencia, la presente investigación busca aportar datos sobre las propiedades físicas de la madera, tales como la densidad, contracción y contenido de humedad. De esta manera, la industria forestal podrá contar con información detallada sobre las especies que se están aprovechando, lo que contribuirá a generar un mayor reconocimiento de estas en la industria forestal, promoviendo un uso adecuado y reduciendo el impacto sobre aquellas especies en peligro de extinción y de alta demanda.

Objetivo general

- Evaluar las propiedades físicas del fuste de *Osteophloeum platyspermum* (favorito) y *Brosimum utile* (panguana) proveniente de la concesión forestal de Ucayali Wood.

Objetivos específicos

- Determinar el contenido de humedad saturada y contenido de humedad seco al aire de *Osteophloeum platyspermum* (favorito) y *Brosimum utile* (panguana) proveniente de la concesión forestal de Ucayali Wood.
- Determinar la densidad saturada, básica y anhidra de *Osteophloeum platyspermum* (favorito) y *Brosimum utile* (panguana) proveniente de la concesión forestal de Ucayali Wood.
- Determinar la contracción tangencial, radial, longitudinal, volumétrica y relación tangencial/radial de *Osteophloeum platyspermum* (favorito) y *Brosimum utile* (panguana) proveniente de la concesión forestal de Ucayali Wood.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. La madera

Se define como la porción sólida del árbol situada inmediatamente debajo de la corteza. Se trata de un material anisotrópico y heterogéneo, cuyas propiedades físicas varían en función de la dirección en que se analicen. Esta heterogeneidad se debe a su naturaleza porosa y celular, con paredes celulares formadas por celulosa, hemicelulosa y lignina. Los elementos estructurales que describen la anatomía de la madera pueden diferir significativamente entre especies, debido a variaciones en la estructura del leño, tales como el tamaño, proporción y tipo de las células, el espesor y la composición de sus paredes, la orientación del eje celular con respecto al tronco, así como la distribución y presencia de sustancias extractivas o materiales ajenos en el tejido leñoso, también las propiedades físicas variarían según la ubicación geográfica de cada individuo (Giménez et al., 2005).

La madera constituye un material de origen natural cuya estructura anatómica presenta una notable complejidad, la cual incide de manera directa en sus propiedades físicas y mecánicas. Su baja densidad y buena resistencia la hacen útil en aplicaciones estructurales, características que dependen tanto de su composición como de la orientación de sus elementos celulares. En contraste con materiales metálicos como el acero o el aluminio, la madera conserva gran parte de su capacidad estructural ante la acción del fuego. Sin embargo, es vulnerable a la humedad y al ataque de insectos, aunque estas desventajas pueden ser controladas mediante tratamientos químicos de inmunización (Ordoñez et al., 2016).

Las propiedades físicas y mecánicas de la madera varían significativamente según la orientación de sus fibras, específicamente en los sentidos longitudinal, radial y tangencial. Estas variaciones se deben principalmente a la naturaleza anisotrópica del material, una característica distintiva que lo diferencia de otros materiales homogéneos e isótropos. Así mismo, se debe resaltar que las propiedades de la madera también tienen alteraciones según la altura del fuste (base hasta el ápice) y sentido transversal (médula hasta la corteza) (Alvarez y Lerda, 2011; Rodríguez y Villasante, 1998).

López (2019) define la madera como un material orgánico de origen natural, constituido por tejidos celulares que forman parte del tronco, así como de las raíces y ramas del árbol. Investigaciones realizadas en el ámbito forestal han confirmado que las variaciones en el tejido

leñoso están determinadas por la especie, el clima y la región donde se desarrolla el árbol. Además, la madera está compuesta por una variedad de estructuras celulares cuya morfología, espesor de pared y disposición espacial varían según el tipo de especie. Estas particularidades estructurales explican en parte la diversidad de propiedades físicas y mecánicas que presenta este material natural.

Mendoza (2011) identificó, a través del análisis de diversas propiedades fisiológicas, que la madera presenta variaciones en su comportamiento en función de múltiples factores, tales como las condiciones climáticas del entorno, las características del suelo, la edad del árbol y las interacciones entre estos elementos. Además, el autor señala que dichas variaciones no solo ocurren a lo largo del eje longitudinal del fuste, sino que también se manifiestan en sentido radial (entre la albura y el duramen) y tangencial, lo que evidencia la complejidad estructural y la sensibilidad ambiental de este material natural.

2.1.2. Propiedades físicas de la madera

Según Anchundia (2021), las propiedades físicas de la madera ejercen una influencia directa sobre su comportamiento mecánico, su estabilidad dimensional y su durabilidad, aspectos fundamentales cuando este material es utilizado en aplicaciones estructurales o en obras de ingeniería.

2.1.2.1. Higroscopicidad

La facultad que posee la madera para captar o liberar humedad según las condiciones del ambiente se denomina higroscopicidad, una propiedad fundamental que influye en su comportamiento frente al entorno. Este fenómeno permite que la madera tome o ceda vapor de agua según varíen la temperatura y la humedad relativa del aire. En el momento en que se establece un equilibrio higroscópico entre la humedad interna de la madera y las condiciones del entorno, se considera que ha llegado a su punto de equilibrio higroscópico; en este estado, la madera ni gana ni pierde agua (CITEmadera, 2017),

Cada especie posee un valor característico de equilibrio higroscópico, cuyo valor puede modificarse según el clima y las condiciones específicas del sitio en el que la madera es almacenada o utilizada. Por ejemplo, si se encuentra en un entorno con 40 % de humedad relativa y una temperatura de 20 °C, este material tenderá a estabilizarse en un contenido de humedad cercano al 8 %. Esta propiedad resulta crítica para el uso estructural y dimensional

del material, ya que cualquier variación en el contenido de humedad puede inducir cambios volumétricos o deformaciones (Puchaicela, 2013).

2.1.2.2. Contenido de la humedad

Juela (2015) menciona que este concepto se refiere a la cantidad de agua presente en una pieza de madera, expresada en porcentaje respecto a su masa. Del mismo modo, el autor señala que dicha humedad corresponde a la fracción de agua que puede eliminarse del material a través del proceso de secado.

Mientras, De la Mata (2011) indica que la madera posee naturaleza higroscópica, es decir, puede absorber o ceder humedad en función de las condiciones del ambiente. Para eso, existen agujeros de diferentes tamaños (poros) en la estructura microscópica del árbol, en función de los cuales se generan diferentes fuerzas de distinta intensidad que son capaces de atraer y almacenar concentración de vapor acuoso en el ambiente.

La madera presenta comportamiento higroscópico, lo que implica que posee una tendencia natural a interactuar con el agua en sus diferentes formas, líquida y de vapor. El término contenido de humedad hace referencia al volumen de agua que se encuentra dentro de una pieza de madera. Es importante resaltar que el contenido de humedad tiene una influencia determinante en las propiedades físicas y mecánicas de la madera (Arroyo, 1983).

Según Spavento, et al. (2008) el agua presente en la madera se manifiesta en tres formas principales:

- Agua libre: Corresponde al líquido contenido en los lúmenes o cavidades internas de las células. Este tipo de humedad es responsable del estado “verde” de la madera. Durante el proceso inicial de secado, esta agua se elimina con relativa facilidad mediante evaporación, ya que está sujeta a fuerzas capilares poco intensas. Una vez que toda esta agua ha sido extraída, la madera alcanza el denominado Punto de Saturación de las Fibras (PSF).
- Agua de saturación: Este tipo de agua se encuentra absorbida dentro de las paredes celulares de la madera. Una vez que el contenido de agua libre ha sido eliminado mediante evaporación durante el secado inicial, el proceso de deshidratación continúa, aunque a un ritmo más lento. Esta disminución progresiva de humedad se mantiene hasta que se alcanza un punto de

equilibrio con la humedad relativa del ambiente, estado que se conoce como Humedad de Equilibrio Higroscópico (HEH).

- Agua de constitución: Esta forma de agua está integrada en la propia estructura química de las células leñosas y no puede ser extraída mediante métodos convencionales de secado. Su eliminación solo es posible a través de procesos extremos, como la combustión, lo cual conlleva la descomposición total del material.

Conforme a lo establecido por la Junta del Acuerdo de Cartagena (1984), las maderas menos densas tienden a contener una mayor proporción de agua en comparación con las especies de madera más pesada. Además, el contenido de humedad de una madera recién cortada puede variar significativamente según diversos factores, tales como la zona de procedencia, la época de aprovechamiento, la especie, la edad del árbol y otros condicionantes ambientales.

Cuando un árbol es derribado, la madera aún retiene una cantidad considerable de agua en su estructura interna. Este contenido puede oscilar entre el 35 % y el 200 % de su peso, dependiendo de variables como la especie forestal, el clima del lugar de crecimiento, la altura del fuste de donde se obtiene la muestra y el tipo de corte realizado (Tenorio, 2011). De manera general, se ha observado que las especies de baja densidad presentan mayor porosidad, lo que facilita una mayor absorción de agua en comparación con las maderas más densas. Por tanto, su contenido de humedad con respecto al peso seco tiende a ser superior, lo que repercute directamente en sus características mecánicas (Moscoso et al., 2009).

Según Rosales (2015), el nivel de humedad presente en la madera tiene un impacto significativo sobre su peso, lo cual incide directamente en su valor comercial. Asimismo, este factor influye en diversas propiedades físicas del material, tales como el peso específico, la tendencia a contraerse o expandirse dimensionalmente, así como en su comportamiento frente a esfuerzos mecánicos y su vulnerabilidad al ataque de organismos xilófagos, como hongos e insectos.

2.1.2.3. Contenido de Humedad en Equilibrio

Por su carácter higroscópico, la madera puede intercambiar vapor de agua con el entorno, regulando su contenido de humedad hasta lograr un equilibrio con la temperatura y la humedad relativa del ambiente. El propósito fundamental del secado es disminuir este

contenido hasta niveles compatibles con el entorno en el que será utilizada, lo que permite controlar fenómenos como la contracción o expansión dimensional. Cabe señalar que las condiciones climáticas externas desempeñan un papel determinante en el valor de humedad de equilibrio alcanzado por el material. El autor menciona que, en el país de Costa Rica, debido al clima tropical del país la madera que es expuesta al aire libre se estabiliza con un contenido de humedad entre 13 % y 22 %, pero en ambientes interiores el equilibrio se encuentra en el rango de 10 % y 16 %, estos valores sirven para lograr determinar el grado de secado óptimo para su uso final de la madera (Córdova, 2005).

2.1.2.4. Punto de Saturación de las Fibras

El Punto de Saturación de la Fibra (PSF) se define como el estado en el que las paredes celulares de la madera están totalmente impregnadas de agua, mientras que los lúmenes celulares y los espacios intercelulares ya no contienen humedad libre. Por encima del punto de saturación de la fibra, el agua se encuentra en forma libre; por debajo, solo permanece la que está adsorbida en las paredes celulares. Este valor varía según la especie y suele situarse entre el 22 % y 34 % de contenido de humedad. Existe una correlación negativa entre la densidad básica y el PSF, siendo menor en maderas más densas. La comprensión de este parámetro es fundamental para optimizar el proceso de secado y anticipar la respuesta de la madera frente a la variación climática. Por encima del PSF, es necesario aplicar condiciones de secado más suaves para evitar fenómenos como el endurecimiento superficial o el colapso estructural. Si la madera presenta un contenido de humedad inferior al Punto de Saturación de la Fibra (PSF), puede secarse a mayores temperaturas y con menor humedad ambiental, sin dañar su estructura interna (CITEmadera, 2017).

2.1.2.5. Densidad

La densidad de la madera se entiende como la proporción existente entre la masa del tejido leñoso y el volumen que este ocupa. Esta propiedad presenta variaciones significativas entre especies y generalmente se expresa en gramos por centímetro cúbico (g/cm^3). Es considerada una de las propiedades físicas más importantes, debido a su estrecha vinculación con el desempeño mecánico y la durabilidad del material (Paguay, 2013).

La densidad puede definirse como la proporción entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa. En el caso específico de la madera, esta característica debe considerarse en función de un determinado nivel de humedad, ya que cualquier variación en el contenido de agua afecta directamente su valor. Comúnmente, se calcula sobre la base de un 12 % de humedad, lo cual

corresponde a condiciones ambientales estándar de 65 % de humedad relativa y una temperatura de 20 °C. Es importante mencionar que la densidad también difiere según la especie (Maderea, 2018).

Tanto el volumen como la masa de la madera se ven afectados por su nivel de humedad, lo que implica que la densidad varía según las condiciones específicas en las que se lleve a cabo su medición. Esta propiedad puede evaluarse en distintos estados: en estado verde, cuando el material está completamente saturado de agua, y en estado anhidro, cuando ha sido totalmente desecado. La densidad calculada con un contenido de humedad del 12 % se conoce como densidad normal, mientras que la determinada alrededor del 30 %, que corresponde al Punto de Saturación de la Fibra (PSF), se denomina densidad básica. Esta característica está directamente vinculada con propiedades como la resistencia mecánica y la conductividad térmica (Villegas, 2010).

La clasificación planteada por Cisternas (1994), la densidad de la madera puede analizarse desde distintos enfoques, en función del estado físico y del contenido de humedad de la muestra. La densidad de referencia se determina a partir de la relación entre la masa y el volumen bajo condiciones estándar de humedad. Dentro de esta categoría se incluye la densidad normal, correspondiente a un contenido de humedad del 12 %, y la densidad anhidra, calculada en base a madera completamente seca en horno. Por su parte, la densidad básica se obtiene comparando la masa seca con el volumen que la muestra poseía cuando se encontraba saturada. Finalmente, la densidad nominal se define como la razón entre la masa seca y el volumen del espécimen en el momento de la medición, considerando su contenido de humedad actual.

Según Julca (2021), citando a Aróstegui (1982), indica que la densidad básica constituye un parámetro clave, ya que permite anticipar los posibles usos tecnológicos de una especie, al estar vinculada con propiedades mecánicas. La determinación de esta variable consiste en relacionar la masa seca al horno de la madera con el volumen que presenta en condición saturada. Con base en este parámetro, Aróstegui desarrolló una categorización de la madera según su densidad básica.

Tabla 1. Categorías de clasificación de la madera basadas en su densidad básica.

Clasificación	D. Básica (g/cm ³)	Denominación
Grp. I	< a 0,30	Muy baja
Grp. II	0,31 - 0,40	Baja

Grp. III	0,41 - 0,60	Media
Grp. IV	0,61 - 0,80	Alta
Grp. V	> a 0,81	Muy alta

Aróstegui (1982)

La densidad constituye un parámetro fundamental en el proceso de secado de la madera, debido a que, a mayor densidad, mayor es la masa de agua contenida que debe eliminarse, lo que conlleva a un incremento en el tiempo requerido para completar el secado. Además, la densidad no solo permite evaluar el grado de compactación de la madera, sino que también, mediante cálculos básicos, facilita la estimación del peso total de una carga, lo cual es esencial para fines logísticos y comerciales (CITEmadera, 2017).

Jost (2006) sostiene que la densidad básica, entre otras propiedades físicas, es un indicador clave para la caracterización tecnológica de maderas provenientes de especies forestales, ya que permite determinar su aptitud para diversos usos en la industria forestal. Asimismo, advierte que las fluctuaciones en los valores de esta propiedad inciden de forma directa en el comportamiento mecánico del material. En términos de dirección axial del tronco, se observa que la densidad básica suele presentar una disminución paulatina desde la base del tronco hacia su parte más alta. Esta variación también se asocia a una mayor reducción del volumen en la zona basal del fuste, efecto que se atenúa conforme se incrementa la altura.

La densidad de la madera suele aumentar conforme el árbol envejece, un fenómeno que se presenta sin importar la región geográfica de origen. Este incremento se explica principalmente por el mayor desarrollo de leño tardío dentro de la estructura del fuste (Pereyra y Gelid, 2003).

2.1.2.6. Contracción o cambio dimensional

La contracción es una propiedad física de la madera que se manifiesta como una disminución dimensional producida al perder humedad por debajo del punto de saturación de las fibras (PSF), que suele estar cerca del 30 % de contenido de humedad. Mientras la humedad se mantenga por encima de este nivel, la madera permanece estable en tamaño; sin embargo, al perder agua que está ligada dentro de las paredes celulares, su volumen varía, resultando en contracción durante el secado o hinchamiento al absorber humedad (Villegas, 2010).

Este proceso ocurre porque las paredes celulares se adelgazan al acercarse las microfibrillas entre sí debido a la pérdida de celulosa amorfa. Por lo tanto, la contracción está directamente relacionada con la reducción del contenido de agua por debajo del punto de

saturación de la fibra (PSF), y usualmente se expresa en porcentaje (%), tomando en cuenta las tres direcciones anatómicas: longitudinal, tangencial y radial (Cuevas, 2003).

La madera presenta un comportamiento anisotrópico, lo que indica que sus propiedades físicas varían dependiendo de la dirección. La contracción tangencial, que sucede a lo largo de los anillos de crecimiento, es la más pronunciada, siendo entre 1,5 y 3 veces mayor que la contracción radial, la cual ocurre perpendicularmente a estos anillos. En contraste, la contracción longitudinal, que se da a lo largo del eje del árbol, es muy reducida o casi inexistente. Esta variación en el comportamiento dimensional según la dirección anatómica se conoce como anisotropía dimensional (Ananías, 2004; Vargas, 1987).

De acuerdo con Chiniforush et al. (2019) y Ruano et al. (2021), los cambios en las dimensiones de la madera ocasionan defectos como grietas y alabeos, los cuales comprometen su calidad y uso en la industria. Las especies de alta densidad aparente, por lo general, muestran con mayor intensidad este comportamiento anisotrópico.

La magnitud de la contracción depende de la disposición que adoptan las microfibrillas de celulosa en la pared celular. En el plano tangencial, debido a la escasa incidencia de los radios leñosos, las microfibrillas se alinean paralelamente al eje del fuste, generando un impacto importante en el comportamiento dimensional del material leñoso (Bárceñas et al., 2005).

En cuanto a la contracción longitudinal, se observa que en la madera joven esta es mayor en la zona interna del tronco y disminuye hacia el exterior, debido a la disposición y orientación de las células y a un ma

yor contenido de celulosa. En contraste, en la madera madura, la contracción longitudinal y volumétrica se relaciona principalmente con la densidad básica (Panshin y De Zeeuw, 1980).

Según Arostegui (1982), el índice de estabilidad dimensional de una especie se calcula como la proporción entre la contracción tangencial y la radial. Un valor cercano a uno indica que la madera presenta una mayor estabilidad dimensional, lo cual se traduce en un mejor desempeño durante el secado y una mayor facilidad para trabajarla.

León (2010) y Junac (1989) afirman que la contracción en sentido radial resulta menor que en el tangencial, debido principalmente a la acción de los radios leñosos y a las variaciones de densidad existentes entre la madera temprana y la tardía. De igual modo, otros aspectos como

la disposición de las microfibrillas, las punteaduras y la composición química celular explican las discrepancias entre estas orientaciones.

Mediavilla (2016) explica que la contracción en la madera corresponde a las variaciones de volumen y tamaño que resultan de las fluctuaciones en su contenido de humedad. Dichas variaciones ocurren cuando la madera pierde agua por debajo del punto de saturación de las fibras (PSF) y se expresan en porcentaje de acuerdo con sus direcciones anatómicas.

Según Bárcenas et al. (1999), las contracciones de la madera pueden entenderse considerando el contenido de lignina, el cual contribuye a la resistencia del material.

Tabla 2. Rango de clasificación de los cambios dimensionales

Clasificación	Tangencial	Radial	Volumétrica total
Muy baja	0 - 3,5	0 - 2,0	0 - 5,5
Baja	3,6 - 5,0	2,1 - 3,0	5,6 - 8,0
Mediana	5,1 - 6,5	3,1 - 4,0	8,1 - 10,5
Alta	6,6 - 8,0	4,1 - 5,0	10,6 - 13,0
Muy Alta	$\geq 8,1$	$\geq 5,1$	$\geq 13,1$

Moya y Muñoz (2010)

Tabla 3. Clasificación de la relación T/R

Clasificación	Rango
Baja	1,0 - 1,7
Alta	1,71 - 2,3
Muy alta	$\geq 2,3$

Moya y Muñoz (2010)

2.1.3. *Osteophloeum platyspermum* (favorito)

2.1.3.1. Generalidades

De acuerdo con el IIAP (1990), esta especie habita en diversos países de Sudamérica, tales como Brasil, Guyana, Colombia y Venezuela, y en el Perú se distribuye principalmente en las regiones de Huánuco, Ucayali, San Martín y Loreto. El árbol “favorito” en América del Sur tiene diferentes nombres comunes dependiendo el país de origen, según PROAmazonía et al. (2021) en Ecuador se le denomina al *Osteophloeum platyspermum* como Caracha Coco,

Guapa y Lotería, además se indica que en Colombia este árbol es nombrado como Arracacho, Caracolí, Cumalá y en la Amazonía se le denomina Mamita; en el Perú el IIAP (1993) nos menciona que los nombres comunes usados para esta especie es favorito o cumala blanca, así mismo Quispe (2021) en su investigación expresa que los nombres son cumala amarilla, favorito, llorona y trompillo.

2.1.3.2. Descripción dendrológica

La especie *Osteophloeum platyspermum* es una especie forestal el cual posee un fuste cilíndrico y recto (OSINFOR, 2014); este espécimen alcanza alturas cercanas a los 30 metros y desarrolla raíces con morfología tabular (MAAE et al., 2021); Quispe (2021) en lo que respecta a la descripción de la corteza externa nos indica que tiene una coloración marrón claro y una forma rectangular, la cual se desprende fácilmente en especial en arboles de edad adulta y la corteza interna tiende a ser de color amarillento con una textura fibrosa; posee una hoja en forma obovada, donde el ápice es redondo y el envés es glabro con una glándulas de color rojo de pequeño tamaño y tiene una rama juvenil en forma estriada con una coloración marrón claro con tendencia a rojiza (OSINFOR, 2014); Flores (2018) describe a la inflorescencia con un tamaño pequeño en forma paniculada, con flores solitarias o en fascículos y los frutos son capsulas del tamaño de 1,8 cm, la cual contiene una sola semilla.

2.1.3.3. Usos de la madera

Polanco (2015) menciona que la madera del favorito es de fácil aserrío y su secado se puede realizar al aire libre solo sí son apilados correctamente. Esta especie se utiliza para obtener chapas usadas en carpintería fina, molduras, estructuras livianas y muebles finos, de igual forma se puede encolar con la finalidad de fabricar laminados.

Esta materia prima es usada también para la fabricación de traviesas de rieles, bastidores, postes, soportes de molino, construcción, tablas y soleras; la comunidad utiliza este recurso para la construcción de canoas y botes debido a su alta durabilidad (López, 2005).

Según el MINCIT et al. (2014), indican que el uso que se le da a este material leñoso es diverso debido a las características químico-físicas de esta especie, las cuales brindan una durabilidad, resistencia óptima al ataque biológico de insectos o plagas y la perdurabilidad de la madera. En la construcción se emplea esta madera para la elaboración de viviendas, en obras y embarcaciones; así mismo en la elaboración de instrumentos musicales tales como los arcos

de los violines; por su facilidad de manejo es utilizado para realizar tallados de artesanías y accesorios para viviendas.

El MAE et al. (2014) sostiene que esta especie no solo es usada como madera aserrada sino también se utiliza en la medicina natural (la corteza y sabia) y además los frutos son alimento para los animales del bosque, con respecto a su uso como madera sirve para la construcción de viviendas, pisos, paredes, etc.

2.1.4. *Brosimum utile* (Kunth) oken (panguana)

2.1.4.1. Generalidades

Flores (2018) señala que se trata de una especie de árbol que forma parte de la familia Moraceae, y que es conocida popularmente como panguana o loro micuna. Se encuentra en varias regiones de América del Sur, como Venezuela, Guyana Francesa, Ecuador, Brasil y Perú. En Perú, crece en los departamentos de Ucayali, en localidades como San Alejandro, Atalaya y Von Humboldt, Junín y Loreto. Además, ha sido frecuentemente registrada en bosques de arena blanca, típicos de los ecosistemas fluviales de la Amazonía.

Los nombres comunes de esta especie varían según la región y el país. En Colombia, se le conoce como lechero, perillo, vaco, avichuri, palo de vaca, árbol de leche, vacuno, guáimaro, aceituno rojo, palanco, pan de árbol, jidonuna y pucre. En Ecuador, recibe el nombre de sande, mientras que en Perú es conocida como panguana. En Venezuela, se le denomina sande, palo de oso, árbol de vaca, cedro montañés, cabo, palo de vaca y mariana. En Costa Rica, se le llama mastale y palo de vaca; en Panamá, palo de leche. En Trinidad se le conoce como gatia, y en México, como ramos. Finalmente, en Guatemala se le denomina ujustle (WWF, 2013).

2.1.4.2. Descripción dendrológicas

Pertenece a la familia Moraceae y su distribución abarca las regiones de Amazonas y Loreto, en Perú, abarcando desde el nivel del mar hasta los 500 metros de altitud, aunque es menos abundante en la Amazonía peruana. Esta especie es un árbol grande que puede alcanzar alturas entre 35 y 40 metros, con un fuste cilíndrico que supera los 20 metros de longitud y un diámetro que puede alcanzar hasta un metro. Presenta aletones poco desarrollados y de grosor considerable. La superficie del fuste es lenticelada y abultada, con lenticelas dispuestas horizontalmente. La corteza muerta es amarilla, con un grosor aproximado de 1 milímetro, que se desprende en láminas muy delgadas. En contraste, la corteza viva tiene un grosor de

alrededor de 2 centímetros y se divide en dos capas, una de las cuales es marrón y segrega látex blanquecino (Sierra, 2020).

2.1.4.3. Usos de la madera

La madera de esta especie se utiliza en una amplia gama de productos, como mangos de herramientas, cañas para pescar, esquíes y otros artículos deportivos. También se emplea en la fabricación de cajonería, encofrados, tableros aglomerados, enlistonados y productos moldurados para revestimientos de interiores. Es comúnmente utilizada en carpintería, así como en la construcción de estructuras internas, implementos agrícolas y partes para muebles. Además, se considera un material potencialmente útil para la elaboración de tableros de partículas y muebles, y, si es inmunizada, puede ser utilizada en construcciones exteriores (WWF, 2013).

2.2. Planes de Manejo

El plan de manejo forestal se considera el instrumento técnico principal para la gestión y planificación de los bosques. De acuerdo con el artículo 54 del Reglamento de Gestión Forestal, este documento proporciona una guía dinámica para implementar, supervisar y controlar las actividades forestales, con el fin de garantizar la conservación sostenible del ecosistema. Su aprobación por la Autoridad Regional Forestal y de Fauna Silvestre (ARFFS) es un requisito indispensable para el inicio de operaciones.

La normativa distingue cuatro tipos de planes, según el nivel de planificación:

- Plan General de Manejo Forestal (PGMF): Documento estratégico de largo plazo, obligatorio para concesiones maderables, basado en inventarios forestales de la Unidad de Manejo Forestal (UMF).
- Plan de Manejo Forestal Intermedio (PMFI): Instrumento de planificación estratégica y operativa de nivel medio, empleado especialmente en concesiones de productos no maderables, ecoturismo o conservación.
- Plan Operativo (PO): Documento de corto plazo (uno a tres años) basado en censos forestales, que detalla las actividades a realizar dentro de las parcelas de corta.
- Declaración de Manejo (DEMA): Planificación simplificada para actividades de bajo impacto, con mínima afectación al ecosistema, de aplicación en concesiones menores.

2.2.1. Plan Operativo

El Plan Operativo (PO) representa la herramienta principal para la planificación forestal a corto plazo. La preparación de este plan se apoya en el censo forestal comercial, que produce mapas y listados de especies fundamentales para la legalidad del aprovechamiento y la supervisión en terreno. Su vigencia abarca de uno a tres años y, cuando se formula dentro de un Plan General de Manejo Forestal (PGMF), se deben respetar los ciclos de recuperación y las áreas de corta de la Unidad de Manejo Forestal (UMF).

Mediante el censo comercial se identifican, marcan y registran los árboles de especies comerciales con diámetros superiores al Diámetro Mínimo de Corta (DMC), determinado a 1,30 metros de altura desde el suelo (DAP).

El Diámetro Mínimo de Corta (DMC) es el valor mínimo de diámetro que debe alcanzar un árbol de determinada especie para que pueda ser legalmente aprovechado. Esta medición se realiza a 1.30 metros del suelo, en el tronco principal, altura conocida como diámetro a la altura del pecho (DAP). Los DMC para especies maderables comerciales están regulados por la Resolución Jefatural N.º 458-2002-INRENA, la cual busca asegurar la regeneración natural y la sostenibilidad del recurso forestal.

2.2.1.1. Concesiones Forestales en el Perú

Según John (2000), la concesión forestal es el instrumento fundamental para la asignación de derechos de aprovechamiento de los recursos forestales en muchos países, incluyendo aquellos en vías de desarrollo. En Perú, conforme a la Ley N° 29763 y su reglamento (MINAGRI, 2015), el Estado, a través de los gobiernos regionales, concede en tierras públicas la utilización sostenible de los recursos forestales y de fauna silvestre, junto con la titularidad de los productos extraídos de manera legal.

En Perú, la gestión de los recursos forestales se encuentra bajo el ámbito de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre, Ley N° 29763, y su reglamento, aprobado mediante el Decreto Supremo N° 018-2015-MINAGRI. Esta normativa establece los lineamientos, herramientas y requisitos para el uso sostenible de los recursos forestales, además de definir las funciones de las entidades responsables de su administración y control.

En esta investigación, el estudio de las propiedades físicas del fuste de *Osteophloeum platyspermum* (favorito) y *Brosimum utile* (panguana), se realiza en el contexto de una concesión maderable formal tal como la concesión forestal de la empresa Ucayali Wood SAC,

lo que no solo garantiza la trazabilidad y legalidad de las muestras obtenidas, sino que también aporta información relevante sobre la calidad de la madera proveniente de bosques manejados de forma sostenible.

2.2.1.2. Concesiones con fines maderables

Conforme al artículo 56 de la Ley, las concesiones forestales destinadas a fines maderables se asignan mediante concurso público en bosques de producción permanente, ya sean primarios o secundarios, clasificados como categoría I o II. Estas concesiones se extienden desde cinco mil hasta cuarenta mil hectáreas y tienen un plazo máximo de cuarenta años, prorrogable según lo que establece el reglamento. La promoción y delimitación de las unidades de aprovechamiento debe estar sustentada en estudios técnicos elaborados por el SERFOR y aprobados mediante resolución ministerial. Esta regulación busca asegurar un procedimiento técnico, equitativo y transparente, evitando la concentración de derechos en pocas manos y garantizando el acceso justo a los recursos forestales.

2.3. Estado del arte

2.3.1. Nivel internacional

En el estudio de 95 especies forestales del sur de Ecuador, Cartuche (2022) indicó que *Osteophloeum platyspermum* posee un contenido de humedad saturada de 57,26 %, densidad verde de 0,83 g/cm³, densidad en equilibrio de 0,55 g/cm³, densidad básica de 0,53 g/cm³ y una contracción volumétrica de 0,79 %.

Quemá (2015) examinó las propiedades físicas de dos especies forestales con muestras obtenidas en la provincia de Orellana, Amazonía ecuatoriana. Para *Vochysia leguiana*, se reportó un contenido de humedad del 121,73 %, contracción volumétrica total de 11,71 % y densidades de 0,85 g/cm³ en estado verde, 0,55 g/cm³ en madera seca al aire, 0,47 g/cm³ en madera seca al horno y 0,42 g/cm³ como densidad básica. En el caso de *Osteophloeum platyspermum*, los valores observados fueron un contenido de humedad del 65,88 %, contracción volumétrica de 8,95 % y densidades de 0,82 g/cm³ en estado verde, 0,58 g/cm³ en condición seca al aire, 0,55 g/cm³ en estado seco al horno y 0,48 g/cm³ como densidad básica.

Según el MAE (2014), los estudios realizados en Quito, Ecuador, sobre *Brosimum utile* revelaron un contenido de humedad saturada del 151,7 %, y un 12 % en estado seco al aire. Los valores de densidad obtenidos fueron 1,02 g/cm³ en verde, 0,49 g/cm³ al aire, 0,40 g/cm³ en

densidad básica y $0,46 \text{ g/cm}^3$ en condición anhidra. Las contracciones registradas fueron 3,8 % radial, 8,3 % tangencial, 1,8 % total y una relación tangencial/radial de 2,3 %.

De acuerdo con el Ministerio del Ambiente (MAE, 2014), se realizó un estudio sobre las propiedades físicas de diversas especies forestales en Ecuador, con el objetivo de evaluar parámetros como el contenido de humedad, la densidad y la contracción de la madera. El trabajo contempló la delimitación de las zonas de muestreo y la recolección de especímenes para análisis físico. En el caso de *Vochysia bracediniae*, se registró una densidad seca al aire entre $0,41$ y $0,92 \text{ g/cm}^3$, contracción volumétrica de 11 % y relación tangencial/radial (T/R) de 2,3. *Vochysia ferrugínea*, por su parte, mostró una densidad de $0,42 \text{ g/cm}^3$.

Según Moya y Tenorio (2013), en un estudio sobre especies forestales de Costa Rica se analizaron propiedades físicas de la madera, como densidad, contenido de humedad y contracción. Se definió un área de muestreo específica y se recolectaron muestras que fueron evaluadas en laboratorio. *Vochysia guatemalensis* presentó densidad en verde de $0,75 \text{ g/cm}^3$ y 66,32 % de humedad, mientras que *Terminalia oblonga* tuvo densidad de $0,95 \text{ g/cm}^3$ y contenido de humedad de 37,16 %.

Moya et al. (2009) llevaron a cabo un análisis de las propiedades físicas en tres especies maderables de Costa Rica: *Hyeronima alchorneoides*, *Vochysia guatemalensis* y *Terminalia amazonia*. Para ello, seleccionaron ejemplares de cada especie, a partir de los cuales se tomaron muestras que fueron analizadas según criterios establecidos para evaluar sus características físicas. En cuanto a los resultados, se reportó un contenido de humedad del 16,5 % para *Terminalia amazonia*, del 7,9 % para *Vochysia guatemalensis* y del 11,9 % para *Hyeronima alchorneoides*.

2.3.2. Nivel nacional

En su estudio sobre *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macb., recolectada en Imaza, Amazonas, Cano (2024) reportó un contenido de humedad saturada de 44,25 %. Respecto a la densidad, los resultados fueron $0,90 \text{ g/cm}^3$ en saturación, $0,65 \text{ g/cm}^3$ como densidad básica y $0,75 \text{ g/cm}^3$ en estado anhidro. Respecto a las contracciones, se registraron los siguientes valores: tangencial, 8,11 %; radial, 3,69 %; longitudinal, 0,31 %; y volumétrica, 12,11 %; con una relación T/R de 2,20. Debido a que las contracciones tangencial y radial superan el 3,1 %, esta especie presenta una contracción elevada y, por tanto, una estabilidad dimensional baja; sin embargo, la contracción volumétrica se clasifica como de nivel medio.

Rivera (2023) examinó las propiedades físicas de la madera de *Schizolobium amazonicum* proveniente de una plantación de once años situada en San Martín, Perú. El estudio determinó una densidad básica de $0,32 \text{ g/cm}^3$, valor que ubica a esta especie dentro del rango correspondiente a maderas de baja densidad. En relación con las contracciones totales, se registraron porcentajes de 2,55 % en dirección radial, 5,84 % en sentido tangencial y 8,19 % en volumen. Dichas características sugieren que esta madera presenta una inestabilidad dimensional que varía entre baja y moderada, siendo relevante la proporción tangencial/radial para comprender su comportamiento ante cambios higroscópicos.

En su estudio, Shapiama (2023) evaluó las propiedades físicas de *Dacryodes peruviana* (copal), considerando ambas orientaciones del fuste, longitudinal y transversal, en la localidad de Tingo María. Se reportó un contenido de humedad promedio del 71 % en estado de saturación, y de 14,81 % bajo condiciones de secado al aire. En relación con las densidades, se obtuvieron los siguientes valores: $0,94 \text{ g/cm}^3$ en estado saturado, $0,55 \text{ g/cm}^3$ como densidad básica y $0,61 \text{ g/cm}^3$ en condición anhidra. Respecto a las contracciones, los resultados fueron de 7,45 % en sentido tangencial, 4,69 % en dirección radial, 0,24 % en el plano longitudinal y 9,16 % en volumen total; mientras que la razón tangencial/radial arrojó un valor promedio de 1,61.

Julca (2021) llevó a cabo un estudio sobre la especie *Byrsonima schunkei* (Indano) en el sector de La Morada, ubicado en la región de Huánuco, mediante el cual identificó diversas propiedades físicas. El contenido de humedad en estado de saturación alcanzó un valor de 97,83 %, mientras que en estado seco al aire se registró un 15,61 %. En lo que respecta a las densidades, se obtuvieron los siguientes resultados: $1,09 \text{ g/cm}^3$ en condición saturada, $0,64 \text{ g/cm}^3$ para la densidad anhidra y $0,56 \text{ g/cm}^3$ como densidad básica. En cuanto a las contracciones promedio, la madera presentó un 9,20 % en sentido tangencial, 5,04 % en dirección radial, 0,50 % en el plano longitudinal y una contracción volumétrica de 13,00 %. La relación entre las contracciones tangencial y radial (T/R) fue de 1,91, lo que indica un comportamiento dimensional estable.

Pimentel (2021) evaluó las propiedades físicas de la madera de *Miconia minutiflora*, procedente del caserío de Macora, Huánuco. El estudio mostró variabilidad en el contenido de humedad seca al aire y en las contracciones tangenciales y longitudinales, mientras que otras propiedades no presentaron diferencias significativas. El contenido de humedad fue de 100,24 % en saturación y 16,12 % en condición seca al aire. La densidad alcanzó $1,14 \text{ g/cm}^3$ en saturado, $0,57 \text{ g/cm}^3$ como densidad básica y $0,65 \text{ g/cm}^3$ en estado anhidro. Las contracciones

radial y tangencial fueron de 4,11 % y 10,18 %, respectivamente, disminuyendo de la base al ápice del fuste; la contracción longitudinal fue de 0,41 % con comportamiento irregular. La contracción volumétrica alcanzó 12,11 %, y la relación tangencial/radial fue de 2,52, ambas mostrando tendencia ascendente.

En la región de Puno, Diaz et al. (2019) evaluaron las propiedades físicas de dos especies maderables. *Miconia amazónica* mostró un contenido de humedad promedio de 106,04 %, densidad básica de 0,57 g/cm³ y contracciones de 0,90 % longitudinal, 8,45 % radial y 9,46 % tangencial. La contracción volumétrica medida fue de 12,73 %, valor que corresponde a una clasificación media; la relación tangencial/radial (T/R) se ubicó en 1,12, lo que refleja una alta estabilidad dimensional y ubica a la madera en el grado I. En cuanto a *Erythrina ulei*, el contenido promedio de humedad registrado fue de 111,94 %, y su densidad básica alcanzó los 0,29 g/cm³, lo que la sitúa dentro del grupo de maderas de baja densidad. La contracción longitudinal fue de 0,69 %, mientras que la radial alcanzó 4,43 % y la tangencial 6,06 %, siendo esta última la más pronunciada, posiblemente influenciada por la disposición de los tejidos anatómicos. En términos de contracción volumétrica, se obtuvo un valor de 8,12 %, el cual también corresponde a una clasificación media. La relación T/R fue de 1,36.

Rosales et al. (2018) llevaron a cabo una investigación en la región de Madre de Dios, en la cual compararon cinco técnicas distintas de apilado en espacios cerrados, orientadas al proceso de secado de la madera aserrada de *Brosimum lactescens* (S. Moore) C. C. Berg, conocida comúnmente como manchinga. Al aplicar el método en caballete, se observó que, a los 14 días, se alcanzó un contenido de humedad del 12,42 %, lo que lo posicionó como el método más eficiente en comparación con los demás métodos de apilado. Asimismo, se observó que la madera, cuando se secó al estado natural bajo sombra, alcanzó un contenido de humedad de equilibrio de 11,61 % en promedio después de 28 días.

En Tournavista, Huánuco, Quispe (2016) evaluó las propiedades físicas y el contenido de humedad de *Zanthoxylum riedelianum* (Hualaja). El contenido de humedad en saturación mostró un promedio de 80,46 %, con valores superiores en el ápice (82,40 %) y en la sección interna del fuste (88,13 %). En condición seca al aire, el contenido medio fue de 14,78 %, observándose pequeñas variaciones entre las distintas alturas del fuste. En relación con las densidades, la madera mostró una densidad saturada de 0,85 g/cm³, con predominancia en la base del fuste, mientras que la densidad básica alcanzó los 0,47 g/cm³, clasificándola dentro del grupo de maderas de densidad media. En lo que respecta a las contracciones, se registraron valores de 4,48 % en la dirección radial, 7,91 % en sentido tangencial y 11,12 % en contracción

volumétrica. Estos resultados indican una buena estabilidad dimensional y una baja susceptibilidad al deformado durante el proceso de secado.

Morvely (2014) analizó las propiedades físicas de *Erisma uncinatum* y *Dacryodes peruviana*; el contenido de humedad fue de 121 % para *E. uncinatum* y de 73,35 % para *D. peruviana*; la densidad básica se determinó con valores de 0,47 g/cm³ y 0,43 g/cm³, correspondientemente.. La densidad anhidra fue de 0,53 g/cm³ para *E. uncinatum* y de 0,47 g/cm³ para *D. peruviana*. En relación con la contracción tangencial, *E. uncinatum* presentó 9,51 % y *D. peruviana*, 6,8 %; la contracción radial fue de 4,03 % y 3,47 %, respectivamente. Finalmente, la relación T/R fue de 2,4 para *E. uncinatum* y de 2,0 para *D. peruviana*, lo que sugiere una mayor anisotropía en la primera especie.

Aguirre (2014) evaluó las propiedades físicas de la madera de *Senefeldera inclinata* (Huangana caspi), procedente del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva en Tingo María. El contenido de humedad registrado fue 44,75 %. Respecto a la densidad, se obtuvieron 1,10 g/cm³ en saturado, 0,76 g/cm³ como densidad básica y 0,88 g/cm³ en estado anhidro, clasificando la especie como de alta densidad. Las contracciones promedio fueron 8,80 % tangencial, 5,36 % radial, 0,57 % longitudinal y 13,12 % volumétrica, con una relación T/R de 1,74.

En Tingo María, Gámez (2009) estudió las propiedades físicas de *Calycophyllum spruceanum*. Se encontró que el contenido de humedad variaba de 73,93 % en la base, 72,85 % en la zona intermedia y 65,36 % en el ápice. La densidad básica presentó valores decrecientes desde 0,675 g/cm³ en la base, 0,645 g/cm³ en el centro y 0,639 g/cm³ en la sección superior. Las mediciones de contracción arrojaron los siguientes datos: tangencial, 8,4 % en la base, 7,6 % en el medio y 7,2 % en el ápice; contracción radial de 3,9 %, 3,8 % y 3,8 %, respectivamente; contracción longitudinal de 0,4 %, 0,4 % y 0,3 %; y contracción volumétrica de 11,4 %, 10,6 % y 10,12 %. La relación T/R fue de 2,23 en la base, 2,04 en el punto medio y 1,91 en el ápice, lo que indica una tendencia a menor anisotropía conforme se asciende por el fuste.

2.3.3. Nivel regional

Cáceres (2024) investigó la especie *Simarouba amara* en Ucayali, Perú, proveniente de una plantación de nueve años, evaluando la variabilidad de los elementos anatómicos en tres posiciones axiales y radiales, y las propiedades físicas a lo largo del eje vertical. La densidad básica promedio fue 0,35 g/cm³, la contracción volumétrica 7,67 %, la radial 2,52 %, y la

relación T/R 2,24, mostrando una estabilidad dimensional media con ligera propensión al alabeo.

En Pucallpa, Fasanando (2023) analizó cómo los niveles a lo largo del fuste de *Simarouba amara* Aubl. (marupa) influyen en sus propiedades físicas, usando muestras de la plantación. El contenido de humedad máximo promedio fue de 78,76 %; registrándose mayor humedad en la base (83,27 %) y menor en el ápice (74,25 %); en el eje transversal, la sección central presentó el valor más alto (82,98 %). En equilibrio higroscópico, el contenido de humedad fue de 12,12 %, sin diferencias estadísticas entre niveles. Las densidades básicas, saturada, en equilibrio y anhidra fueron bajas, con valores de 0,33; 0,59; 0,40 y 0,38 g/cm³, respectivamente. En cuanto a la contracción, en el nivel basal, la tangencial fue de 5,86 %, la radial de 3,40 % y la longitudinal de 0,45 %; en el nivel apical, los valores fueron 5,42 %, 3,28 % y 0,36 %, respectivamente. La contracción volumétrica alcanzó 9,32 %, mientras que la relación T/R fue de 1,71 (longitudinal) y 1,70 (transversal), indicando estabilidad dimensional.

Dávila (2020) estudió la madera de *Pterygota amazónica* L.O. Williams ex Dorr (paujil ruro) en tres niveles longitudinales del fuste, en Ucayali. No se registraron diferencias estadísticas en el contenido de humedad, con valores de 41,87 % en saturado y 12,53 % en seco al aire. Las densidades fueron: saturada 1,01 g/cm³, seca al aire 0,90 g/cm³, seca al horno 0,87 g/cm³ y básica 0,75 g/cm³, clasificándose como madera de alta densidad

En la región de Ucayali, Porta (2019) analizó *Brosimum utile* de la comunidad nativa Yamino. El contenido de humedad seca al aire se situó entre 14,81 % y 14,95 %, y las densidades medidas fueron: saturada 0,88–0,94 g/cm³, básica 0,51–0,54 g/cm³ y anhidra 0,58–0,61 g/cm³. La contracción longitudinal presentó un aumento desde la base hasta la parte superior, mientras que el contenido de humedad saturada y las contracciones radial, tangencial y volumétrica descendieron a lo largo del eje. En la dirección transversal, la humedad saturada disminuyó hacia el centro y la seca al aire aumentó, siendo mayores las densidades y contracciones en la zona externa.

Jauregui et al. (2019) investigaron tres especies de la Concesión Forestal Mendoza en Pucallpa. *Anacardium giganteum* mostró un contenido de humedad de 105,22 %, densidad básica de 0,44 g/cm³, contracción volumétrica 11,19 % y T/R de 1,56, reflejando baja estabilidad dimensional. *Parkia pendula* tuvo 86,16 % de humedad, densidad básica 0,41 g/cm³, contracción 10,71 % y T/R 1,93, indicando mayor estabilidad. *Mezilaurus itauba* presentó 46,11 % de humedad, densidad básica 0,71 g/cm³, contracción 10,99 % y T/R 1,89. En conjunto,

las contracciones y relaciones T/R de estas especies sugieren que poseen estabilidad adecuada para aplicaciones estructurales de exigencia media.

Quispe (2018) llevó a cabo una comparación de *Clarisia biflora* entre un bosque de colina alta (Camanti – Cusco) y una terraza baja (Tambopata – Madre de Dios). Los resultados indicaron estabilidad en la contracción radial (5,08 %), volumétrica (12,21 %), longitudinal (0,48 %) y el índice de estabilidad (1,82), mientras que el contenido de humedad (99,34 %), la densidad básica (0,45 g/cm³) y la contracción tangencial (8,93 %) variaron significativamente entre ambos ecosistemas.

Huaynalaya (2018) evaluó las propiedades físicas de tres especies en Coronel Portillo, Ucayali, observando que el contenido máximo de humedad era de 77,24 % para *Caryocar glabrum*, 38,12 % para *Brosimum rubescens* y 49,47 % para *Diploptropis racemosa*. Solo *D. racemosa* mostró variaciones a lo largo del fuste. Las densidades medidas en sus diferentes estados también variaron: *C. glabrum* (0,63; 1,12; 0,78; 0,74 g/cm³), *B. rubescens* (0,94; 1,24; 1,10; 1,03 g/cm³) y *D. racemosa* (0,82; 1,22; 0,96; 0,92 g/cm³). De acuerdo con esto, *C. glabrum* se clasifica como madera de alta densidad, mientras que las otras especies presentan densidad muy alta.

Burga (2017) analizó la contracción de la madera a lo largo del fuste en diferentes niveles de dos especies forestales provenientes del Bosque Macuya, en Ucayali. Los resultados mostraron que no existieron diferencias estadísticamente significativas en las contracciones radial y tangencial; no obstante, se encontró una diferencia relevante en la contracción longitudinal. En este caso, *Hymenolobium pulcherrimum* (pashaco negro) presentó el valor más alto, con 0,38 %; mientras que *Tachigali setifera* Ducke (ucshaquiro colorado) alcanzó un valor menor, de 0,31 %. Asimismo, la contracción longitudinal mostró una variación estadísticamente significativa entre los niveles del fuste, siendo más acentuada en la parte apical; lo cual sugiere una influencia directa de la posición del fuste sobre el comportamiento dimensional de la madera.

Torres (2010) estudió las propiedades físicas de *Copaifera paupera* (copaiba) en Ucayali, analizando probetas tomadas de diferentes niveles longitudinales del fuste. Se observó que la densidad anhidra disminuyó desde la base (0,64 g/cm³), pasando por la sección media (0,60 g/cm³) hasta el ápice (0,58 g/cm³). La densidad básica mostró un patrón similar con valores de 0,63; 0,59 y 0,57 g/cm³. En cuanto a la contracción, la radial descendió ligeramente de 4,15 % en la base a 3,72 % en el ápice; la tangencial osciló entre 6,47 % y 5,67 %; la

longitudinal varió entre 0,32 % y 0,56 %; y la volumétrica disminuyó de 10,90 % a 9,82 %. Esto evidencia una ligera reducción en la estabilidad dimensional a lo largo del fuste.

En Ucayali, Torres (2010) analizó las características físico-mecánicas de la madera de *Cedrelinga cateniformis* (Tornillo) proveniente de plantaciones en franjas del Bosque Nacional Alexander von Humboldt. Se obtuvo una densidad básica promedio de 0,41 g/cm³, lo que clasifica la madera como de densidad media. Las contracciones observadas fueron 5,29 % radial, 7,92 % tangencial, 0,42 % longitudinal y 8,18 % volumétrica, indicando baja contracción volumétrica. La relación T/R fue de 1,50, reflejando estabilidad moderada; sin embargo, la densidad básica no resultó un buen predictor de las variaciones dimensionales durante el secado.

Vilcayauri (2009) examinó las características físicas de *Simarouba amara* en Pucallpa. La densidad básica fue de 0,35 g/cm³ en los niveles basal y medio, aumentando a 0,38 g/cm³ en el ápice, mientras que la densidad anhidra se situó en 0,37 g/cm³ para la base y sección media, y 0,40 g/cm³ en la parte superior. La contracción radial aumentó de 1,42 % a 2,15 %, la tangencial se mantuvo casi constante entre 4,29 % y 4,33 %, y la longitudinal presentó pequeñas fluctuaciones de 0,18 % a 0,20 %. Por su parte, la contracción volumétrica varió de 6,89 % a 7,67 %, reflejando ligeras diferencias a lo largo del fuste.

Zavaleta (2024) analizó las propiedades físicas de *Protium puncticulatum* y *Clarisia racemosa*. Los resultados mostraron que el contenido de humedad saturada fue mayor en *P. puncticulatum* (82,68 %) frente a *C. racemosa* (70,01 %), con valores máximos en la parte media del fuste y en la zona externa de la sección transversal. La densidad básica se registró en 0,51 g/cm³ para la primera especie y 0,53 g/cm³ para la segunda, mientras que la densidad saturada alcanzó 0,91 g/cm³ y 0,90 g/cm³, respectivamente, y la densidad anhidra fue de 0,53 g/cm³ y 0,59 g/cm³. En cuanto a la contracción, la tangencial fue de 5,66 % y 6,81 %, la radial de 3,70 % y 3,30 %, y la longitudinal de 0,42 % y 0,44 %, respectivamente. La contracción volumétrica fue de 9,53 % en *P. puncticulatum* y 13,00 % en *C. racemosa*, mientras que la relación tangencial/radial (T/R) fue de 1,64 y 2,28, indicando menor estabilidad dimensional en la segunda especie.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El estudio se realizó en dos regiones del país: en Ucayali, dentro del distrito de Tahuania, provincia de Atalaya, se llevó a cabo la extracción de las muestras, mientras que en la ciudad de Pucallpa se procedió a la preparación de las probetas. Posteriormente, los ensayos de laboratorio para determinar las propiedades físicas de la madera se realizaron en Tingo María, región Huánuco.

3.1.1. Lugar de extracción de muestras

Para el desarrollo de este estudio, se obtuvieron árboles de *Osteophloeum platyspermum* (favorito) y *Brosimum utile* (panguana) en la Parcela de Corta N°19, perteneciente al Plan Operativo N° 13, según el contrato 25-ATA/C-J-032-02.

Esta Parcela de Corta se encuentra ubicado en el sector “Quebrada Cumaria”, distrito de Tahuania, provincia de Atalaya, región de Ucayali; así mismo el área total es de 375.0457 ha. La Tabla N° 3 presenta las siete coordenados UTM de cada vértice presente en la PC.

Tabla 4. Coordenadas de la Parcelas de Corta 19

Vértices	Este (E)	Norte (N)
1	6.388.790.000	88.857.982.362
2	6.388.790.000	88.885.900.000
3	6.403.250.000	88.885.900.000
4	6.403.250.000	88.883.690.000
5	6.402.250.000	88.883.690.000
6	6.402.250.000	88.863.190.000
7	6.414.582.547	88.863.190.000

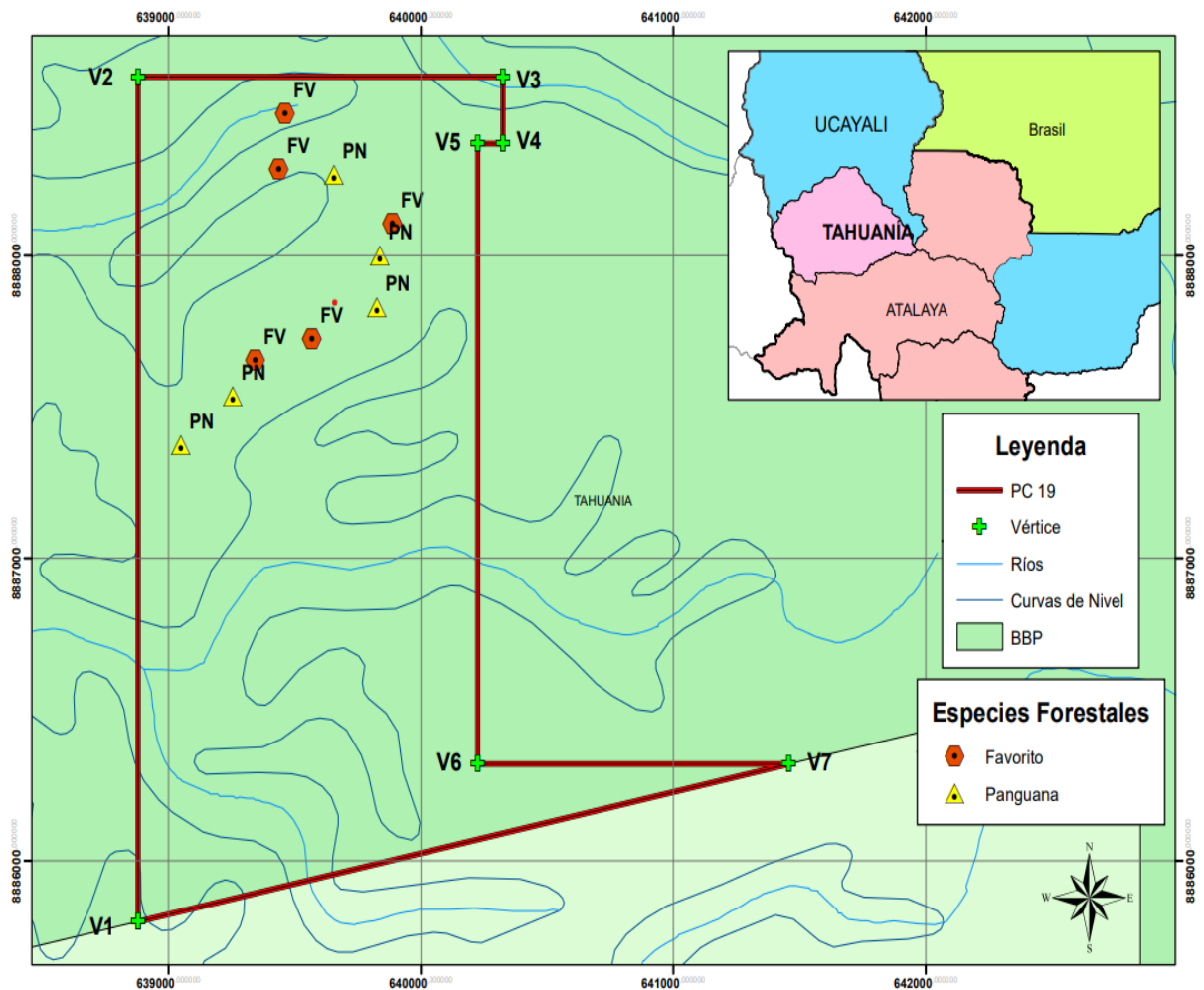


Figura 1. Mapa de localización

3.1.2. Lugar de habilitación de probetas

Para la habilitación de las probetas, se utilizó el Taller de Carpintería de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, situado en Callería, provincia de Coronel Portillo, en la región Ucayali.

3.1.3. Lugar de ejecución de ensayos de las propiedades físicas

Los ensayos de las propiedades físicas se llevaron a cabo en el Laboratorio de Anatomía de la Madera, perteneciente a la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Este laboratorio está ubicado en la ciudad de Tingo María, distrito de Rupa-Rupa, provincia de Leoncio Prado, en la región de Huánuco.

Según un estudio realizado por el GOREHCO (2016), esta ciudad registra 29.5°C de temperatura máxima anual y una H.R. promedio de 87 %. De igual manera, Holdridge (1987) clasificó esta zona como un bosque húmedo premontano tropical, que transita hacia un bosque muy húmedo premontano tropical (bh-PT/bmh-PT), perteneciente a la selva alta o rupa-rupa. En la Figura 2, se muestra el registro de las variaciones de la Humedad Relativa (H %) y la Temperatura (T°) durante los meses en que se realizaron las evaluaciones en el laboratorio.

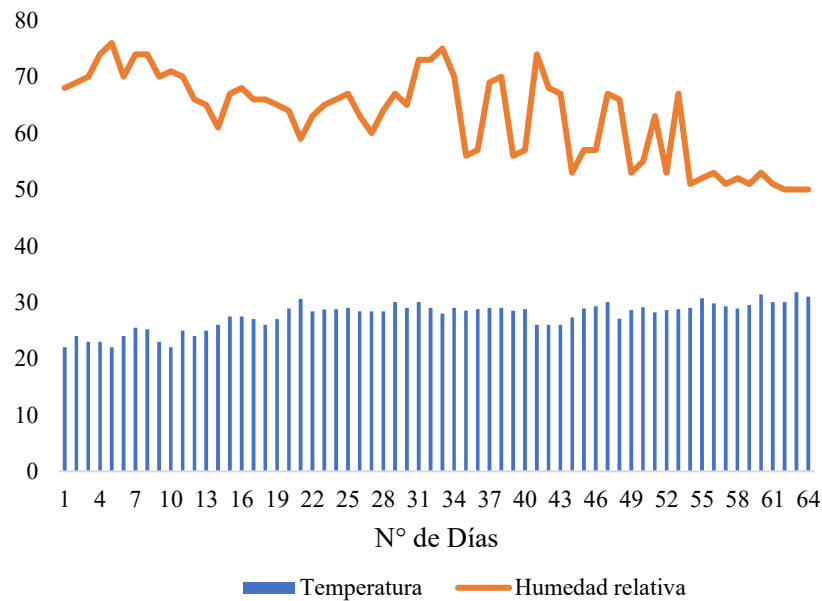


Figura 2. Gráfico de los principales parámetros climáticos durante la evaluación.

3.2. Materiales

3.2.1. Material vegetativo

- Probetas de *O. platyspermum*
- Probetas de *B. utile*

3.2.2. Material y equipos de campo

En la fase de campo se utilizaron los siguientes materiales y equipos: Cinta diamétrica para determinar el D.A.P. de los árboles seleccionados; para el registro de la información se requirió lápiz, lapicero, formato, tablero y borrador; se registraron las coordenadas con el GPS Garmin y con la brújula se determinó el norte magnético; durante la

tala de los árboles seleccionados se requirió una motosierra, aceite de 2 T, gasolina, lima para cadena y machete; en el trozado se usaron winchas de 5 metros, marcadores indelebles y crayones para madera los cuales se usaron para registrar la codificación y orientación de cada rodaja obtenida; las muestras botánicas fueron cortadas con tijera podadora y colocadas cuidadosamente en bolsas de polietileno, posteriormente estas fueron sumergidas en una solución de formol y alcohol para ser colocadas en papel periódico y realizar el montaje, finalmente se apilan en la prensa botánicas las muestras puestas en papel periódico sobre cartón, uno sobre otro.

3.2.3. Materiales y equipos para la habilitación de probetas

Para preparar las probetas se emplearon los siguientes materiales y equipos: tiza de diferentes colores y regla para marcar la orientación y las líneas de corte; las rodajas fueron cortadas con sierra cinta para luego ser dimensionadas en la sierra disco; con respecto a la codificación de las probetas se utilizó marcador indeleble.

3.2.4. Materiales y Equipos de Laboratorio

Para llevar a cabo la evaluación de las propiedades físicas, se emplearon los siguientes instrumentos y materiales: micrómetro mecánico marca Truper, , estufa, vernier digital Kamasa, punzón, soporte universal, vaso de precipitados, parafina de lenteja, balanza digital, agua destilada y cocina eléctrica.

3.3. Método

Con el propósito de seguir aspectos protocolares se siguieron algunas normas técnicas peruanas: Norma Técnica Peruana N° 251.008.2016 “Selección y colección de muestra”, Norma Técnica Peruana N° 251.010.2014 “Métodos para determinar el contenido de humedad”, Norma Técnica Peruana N° 251.011.2014 “Método para determinar la densidad”, Norma Técnica Peruana N° 251.012.2015 “Método de determinación de la contracción”.

3.3.1. Contenido de humedad saturado y seco al aire de *O. platyspermum* y *B. utile*

En la primera fase del estudio, se realizó la selección de los árboles de las dos especies bajo análisis, siguiendo la metodología establecida en la NTP 251.008 (2016) “Selección y colección de muestras”. Esta normativa señala que, para asegurar un margen de error del 5 % y una confianza estadística del 95 %, se debe seleccionar un total de 5 individuos que presenten un diámetro mayor a 30 cm.

Se seleccionaron al azar y aleatoriamente 5 árboles por cada especie (*O. platyspermum* y *B. utile*), los cuales fueron localizados dentro de la Parcela de Corta de la Concesión forestal Ucayali Wood. Es importante señalar que el diámetro mínimo de corta (DMC) establecido para ambas especies es de 41 cm, criterio que fue estrictamente respetado durante el censo comercial. Asimismo, el concesionario indicó que los individuos seleccionados debían corresponder a árboles juveniles o aquellos con menor diámetro registrados en la parcela. Además, los árboles seleccionados cumplían con condiciones fenotípicas óptimas, presentando fustes rectos y sin daños patológicos.

Tabla 5. Diámetros de los árboles seleccionados.

N°	D.A.P. (cm)	
	Favorito	Panguana
1	55,80	49,40
2	54,60	57,20
3	61,60	58,40
4	65,00	61,60
5	63,00	63,80

Una vez identificados los 10 árboles, se procedió a recolectar la información de los individuos tales como las coordenadas geográficas, la identificación y pintado del Norte Magnético en cada árbol y la medición del diámetro. Posterior a esto, con apoyo de un personal capacitado en el área se talaron los árboles, se midió la longitud con una cinta métrica y se dividió en tres secciones (base, medio y ápice), después se trozaron rodajas de 0,5 m de altura por cada nivel longitudinal con la finalidad de facilitar su transporte en campo y finalmente se realizó la codificación de cada rodaja, tal como se muestra en la **Figura 3**.

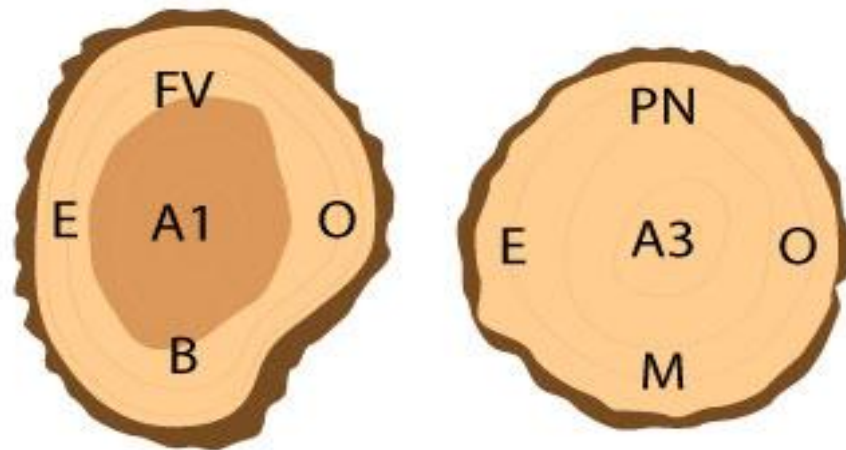


Figura 3. Codificación de las rodajas de Panguana y Favorito. Descripción: FV (favorito), PN (panguana), E (Este), O (Oeste), B (Base), M (Medio), A1 (Árbol N° 1).

Para la identificación botánica de las dos especies en estudio, se colectaron muestras de frutos, hojas e inflorescencia las cuales fueron puestas en bolsas de polietileno para su traslado, estas muestras botánicas fueron sumergidas en una solución de Alcohol y formol para luego realizar el montaje sobre las hojas de papel periódico, cartón y puestas en la prensa de madera, cada muestra fue previamente codificada. Finalmente fueron trasladadas para su identificación al Herbario de la Universidad Nacional de Ucayali.

Las rodajas fueron trasladadas al Taller de Carpintería de la UNU, donde se procesaron en la sierra cinta para carpintería, generando dos viguetas (Este y Oeste) por cada nivel de altura (base, medio y ápice). Posteriormente, en la sierra disco se dimensionaron a 2 cm × 2 cm × 10 cm, orientándolas correctamente en las tres secciones anatómicas (radial, tangencial y longitudinal), obteniéndose tres probetas por sección transversal (interior, centro y externo) por cada vigueta, totalizando 90 probetas por especie (**Figura 4**).

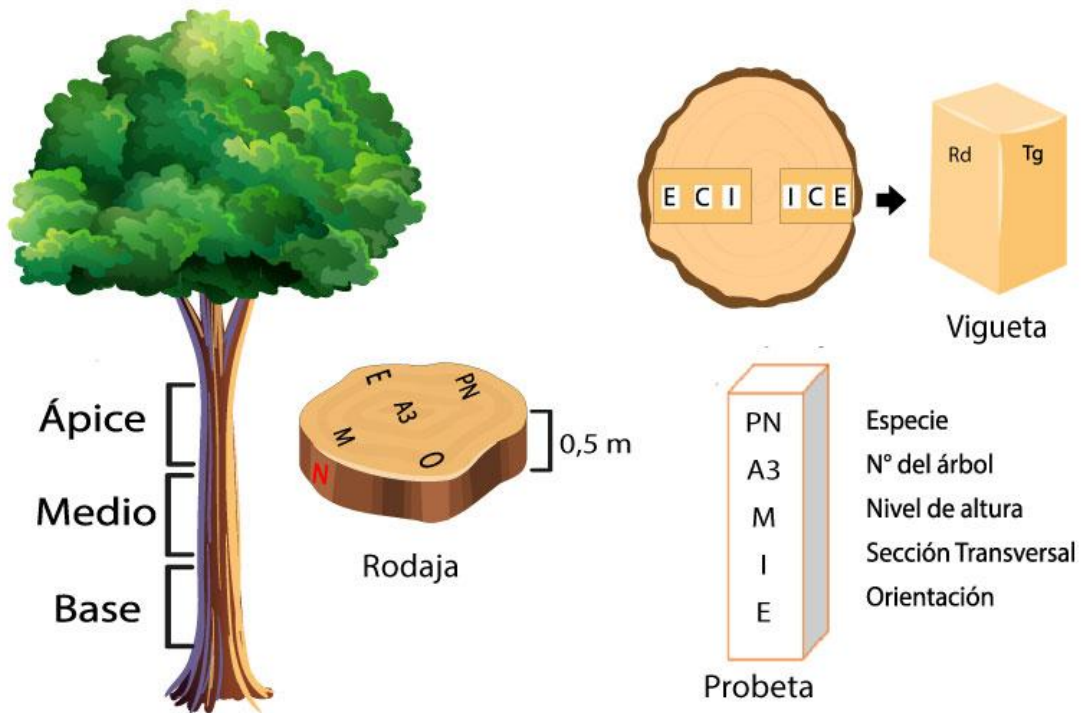


Figura 4. Codificación de probetas.

El procedimiento para determinar el contenido de humedad saturado se realizó bajo el procedimiento indicado en la NTP 251.010, de la siguiente manera: las probetas de *O. platyspermum* y *B. utile* fueron pesadas en una balanza digital con una precisión de 0.01 gr con la finalidad de obtener el peso inicial en estado verde (Ph), posterior fueron puestas en un ambiente libre por un periodo de cuatro meses hasta obtener un peso constante, luego fueron llevadas a la estufa con una temperatura gradual de 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 103 °C, al culminar el octavo día en la estufa fueron retiradas e inmediatamente puestas en el desecador con ayuda de una tenaza por un periodo de 10 a 15 min y se registró el peso seco al horno (Psh).

De acuerdo con la NTP 251.010 (2014), la metodología para calcular el contenido de humedad se basa en los procedimientos descritos en esta normativa:

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

Dónde:

CH(%): Contenido de humedad en estado saturado

Ph : Peso en estado saturado (g)

Psh : Peso seco al horno (g)

El procedimiento para determinar el contenido de humedad seco al aire se realizó mediante el pesaje de las probetas puestas en el ambiente, este se realizó hasta alcanzar un peso constante (Psa) durante los meses de evaluación y del proceso anterior se obtuvo el peso anhidro con el cual se determinará el C.H.S.

El cálculo del contenido de humedad seco al aire será de la siguiente manera:

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

Dónde:

CHS (%) : Contenido de humedad en estado seco al aire

Ph : Peso en seco al aire (g)

Psh : Peso seco al horno (g)

3.3.2. Densidad saturada, básica y anhidra de *O. platyspermum* y *B. utile*

Se realizó los ensayos siguiendo lo establecido por la NTP 251. 011 2014 “Método para determinar la densidad”.

- Densidad saturada

En la primera fase, se registró el peso inicial de las probetas en su estado húmedo. Luego, se midió el volumen húmedo (VH) empleando el principio de Arquímedes, que consistió en sumergir la probeta en un vaso de precipitado con agua destilada. Para garantizar que las probetas estuvieran completamente cubiertas y colocadas de manera perpendicular dentro del

agua, se emplearon un punzón y un soporte universal. Finalmente, se anotó el aumento de volumen generado por el desplazamiento del agua.

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

Dónde:

DS : Densidad saturada (g/cm³).

PH : Peso húmedo (g).

VH : Volumen húmedo (cm³).

- Densidad básica

La densidad básica se calculó a partir del peso de las probetas secadas al horno, las cuales se introdujeron en la estufa con incrementos diarios de temperatura que comenzaron en 30 °C y culminaron en 103 °C. Estas probetas fueron las mismas empleadas para determinar el contenido de humedad y se retiraron de la estufa al finalizar el proceso. Por otro lado, el volumen húmedo utilizado corresponde al registrado previamente para la densidad saturada.

$$DB = \frac{PSH}{VH}$$

Dónde:

DB : Densidad básica (g/cm³).

PSH : Peso seco al horno (g).

VH : Volumen húmedo (cm³).

- Densidad anhidra

La determinación de la densidad anhidra consideró el peso seco al horno de la densidad básica y el volumen seco medido por el principio de Arquímedes. Con el fin de prevenir la absorción de agua por los poros, las probetas se recubrieron con parafina antes del procedimiento. La fórmula utilizada fue:

$$DA = \frac{PSH}{VSH}$$

Dónde:

DA : densidad anhidra (g/cm³).

Psh : peso seco al horno (g).

Vsh : volumen seco al horno (cm³).

3.3.3. Contracción tangencial, radial, longitudinal, volumétrica y relación tangencial/radial de *O. platyspermum* y *B. utile*

Para determinar esta propiedad física se desarrolló siguiendo lo especificado en la norma la NTP 251.012 (2015) “Método de determinación de la contracción”.

Al culminar el habilitado de las probetas, se procedió a realizar el trazado de diagonales en cada sección (tangencial, radial y longitudinal) con la finalidad de obtener el punto central de estas ya que es ahí donde se tomarán las dimensiones. Para determinar la contracción en condición saturada o con humedad, se utilizó un micrómetro para medir las dimensiones en las secciones tangencial y radial, mientras que en la sección longitudinal se empleó un vernier digital. Cuando las probetas alcanzaron un peso constante, se colocaron en una estufa con incrementos de temperatura progresivos, comenzando en 30 °C y aumentando a 40, 50, 60, 70, 80, 90 y finalmente 103 °C. Luego, las probetas fueron retiradas y colocadas en un desecador durante 15 minutos, y finalmente se realizó registro de sus dimensiones en estado seco al horno, siguiendo la metodología descrita previamente.

- **Contracción tangencial**

Se utilizará la formula siguiente:

$$CTt = \frac{dth - dtsh}{dth} \times 100$$

Dónde:

CTt : Contracción tangencial total (%).

Dth : Dimensión tangencial humedad (cm).

Dtsh : Dimensión tangencial soca al horno (cm).

- **Contracción radial**

Se utilizará la formula siguiente:

$$CRt = \frac{drh - drsh}{drh} \times 100$$

Dónde:

CRt : Contracción radial total (%).

Drh : Dimensión radial humedad (cm).

Drsh : Dimensión radial soca al horno (cm).

- **Contracción longitudinal**

$$CLt = \frac{dlh - dlsh}{dlh} \times 100$$

Dónde:

CLt : Contracción longitudinal total (%).

Dlh : Dimensión longitudinal humedad (cm).

Dlsh : Dimensión longitudinal seca al horno (cm).

- Contracción volumétrica

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

Dónde:

CVt: Contracción volumétrica total (%)

Vh : Volumen húmedo (cm³).

Vsh : Volumen seca al horno (cm³).

- Relación tangencial/radial

$$Relación = \frac{CTt}{CRT}$$

Dónde:

CTt : Contracción tangencial total (%).

CRT: Contracción radial total (%).

3.4. Diseño de investigación

La investigación se clasificó como descriptiva, dado que no se realizaron manipulaciones sobre las variables, centrandó el estudio en las propiedades físicas de *Osteophloeum platyspermum* y *Brosimum utile*. Los datos se analizaron mediante un esquema trifactorial (2A × 3B × 3C) con cinco repeticiones, utilizando un 95 % de confianza. Para

identificar diferencias significativas entre los tratamientos se aplicó la prueba de Duncan según los resultados del ANVA. Descripción de los Factores evaluados en el trabajo de investigación:

Factor A: Especies (Panguana y Favorito)

Factor B: Niveles de Altura (Base, Medio y Ápice)

Factor C: Sección transversal (Interno, Centro y Externo)

Repeticiones: 5 árboles

Nº de unidades experimentales: 90

Nº de probetas/unidad experimental: 2

Nº de probetas totales: 180

Tabla 6. Interacción de los factores en estudio.

Especie	Nivel de Altura	Sección transversal	Interacción
Favorito (a ₁)	Base(b ₁)	Interno (c ₁)	a ₁ b ₁ c ₁
		Centro (c ₂)	a ₁ b ₁ c ₂
		Externo (c ₃)	a ₁ b ₁ c ₃
	Medio(b ₂)	Interno (c ₁)	a ₁ b ₂ c ₁
		Centro (c ₂)	a ₁ b ₂ c ₂
		Externo (c ₃)	a ₁ b ₂ c ₃
	Ápice(b ₃)	Interno (c ₁)	a ₁ b ₃ c ₁
		Centro (c ₂)	a ₁ b ₃ c ₂
		Externo (c ₃)	a ₁ b ₃ c ₃
Panguana (a ₂)	Base(b ₁)	Interno (c ₁)	a ₂ b ₁ c ₁
		Centro (c ₂)	a ₂ b ₁ c ₂

		Externo (c ₃)	a ₂ b ₁ c ₃
		Interno (c ₁)	a ₂ b ₂ c ₁
Panguana (a ₂)	Medio(b ₂)	Centro (c ₂)	a ₂ b ₂ c ₂
		Externo (c ₃)	a ₂ b ₂ c ₃
		Interno (c ₁)	a ₂ b ₃ c ₁
	Ápice(b ₃)	Centro (c ₂)	a ₂ b ₃ c ₂
		Externo (c ₃)	a ₂ b ₃ c ₃

Tabla 7. Esquema del ANVA

Fuente de Variación	GL
Especie (A)	a-1=1
Niveles (B)	b-1=2
Secciones (C)	c-1=2
Interacción(A*B)	(a-1)*(b-1)=2
Interacción(A*C)	(a-1)*(c-1)=2
Interacción(B*C)	(b-1)*(c-1)=4
Interacción(A*B*C)	(a-1)*(b-1)*(c-1)=4
Error	a*b*c(r-1)=72
Total	89

Variables en estudio

a. Variables independientes

- Especies: *O. platyspermum* y *B. utile*.
- Niveles: Base, medio y ápice.

- Secciones transversales: Interno, centro y externo.

b. Variables dependientes

- Contenido de humedad: Seco al aire y Saturada.

- Densidad: Básica, Saturada y Anhidra.

- Contracción: Tangencial, Radial, Longitudinal, Volumétrica y Relación tangencial/radial

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Contenido de humedad

4.1.1. Contenido de humedad saturada

En el análisis de varianza del contenido de humedad saturado (C.H.S. %) de las especies *O. platyspermum* y *B. utile*, con un 95 % de nivel de confianza, se observó diferencias significativas en el factor especie (P-valor = 0,0141) y en el nivel longitudinal diferencias altamente significativas (P-valor = 0,0037), lo que indica una influencia directa sobre el C.H.S. (%). En cambio, la sección transversal y las interacciones entre factores no presentaron diferencias significativas (P-valor > 0,05), sugiriendo una influencia no relevante sobre la variable evaluada (**Tabla 8**).

Tabla 8. ANVA del contenido de humedad saturada (%) de dos especies forestales (*O. platyspermum* y *B. utile*).

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Especie	1	4101,16	4101,16	6,32	0,0141*
Nivel Longitudinal	2	7868,22	3934,11	6,07	0,0037**
Sección Transversal	2	2423,97	1211,98	1,87	0,1617 ^{ns}
Especies*Niveles	2	1017,70	508,85	0,78	0,4602 ^{ns}
Especies*Secciones	2	511,95	255,97	0,39	0,6753 ^{ns}
Niveles*Secciones	4	403,83	100,96	0,16	0,9598 ^{ns}
Especies*Niveles*Secciones	4	626,43	156,61	0,24	0,9139 ^{ns}
Error	72	46693,67	648,52		
Total	89	63646,91			

*: Significativo; **: altamente significativo; ns: no significativo; CV (%): 27,18 %

Se presenta la prueba de comparación de medias de Duncan aplicada al contenido de humedad saturado (C.H.S.%) de las especies forestales evaluadas. Donde se evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre *Osteophloeum platyspermum* (favorito) y *Brosimum utile* (panguana), registrándose medias de 86,93 % y 100,43 %, respectivamente (**Figura 5**).

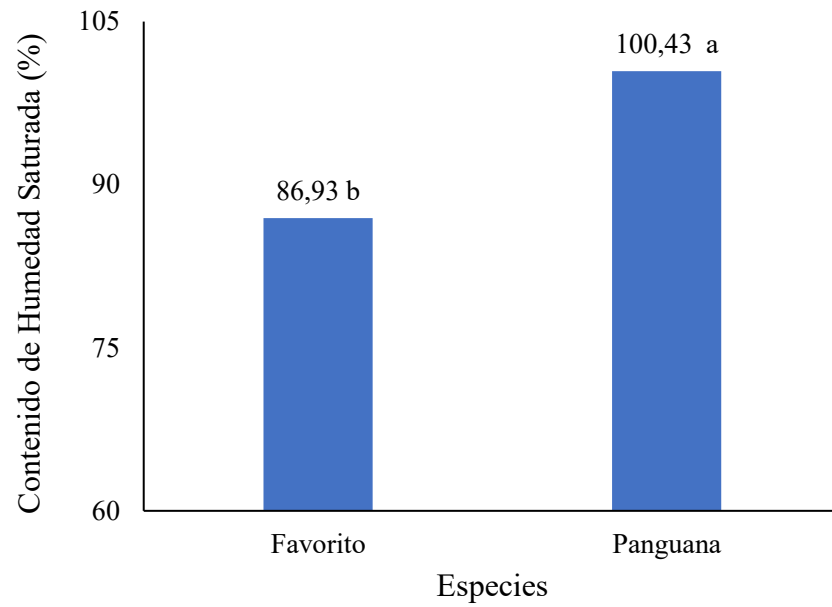


Figura 5. Prueba de comparación de medias de contenido de humedad saturada (%) de las especies.

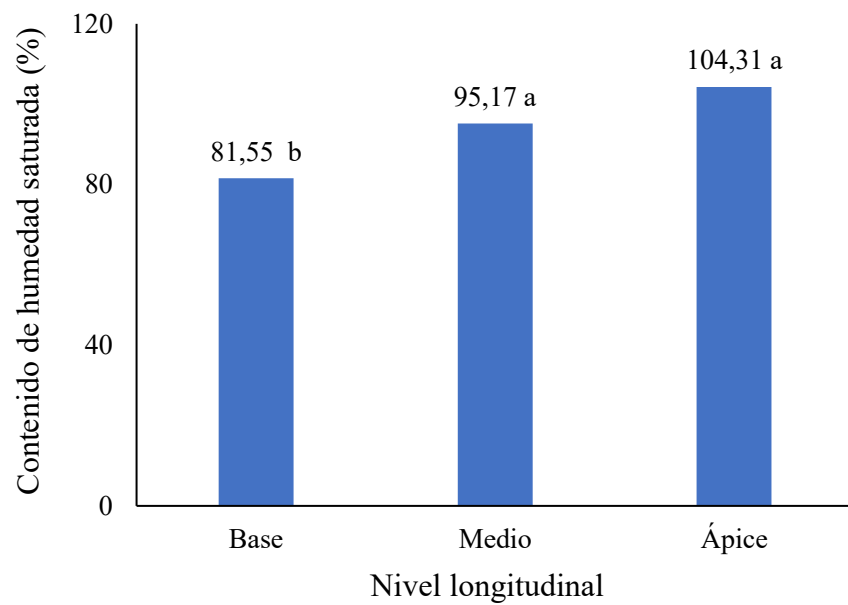


Figura 6. Prueba de comparación de medias de contenido de humedad saturada (%) en el nivel longitudinal.

Al aplicar la prueba de Duncan para comparar las medias del contenido de humedad saturado (C.H.S. %) según los niveles longitudinales del fuste, se observó que el nivel basal presentó el valor promedio más bajo (81,55 %), seguido por el nivel medio (95,17 %) y, finalmente, el nivel apical, con el valor más alto (104,31 %). Estos resultados indican un aumento significativo del contenido de humedad a lo largo del eje longitudinal, desde la base hacia el ápice del fuste. Además, se comprobó que el nivel basal difiere estadísticamente de los niveles medio y apical (**Figura 6**).

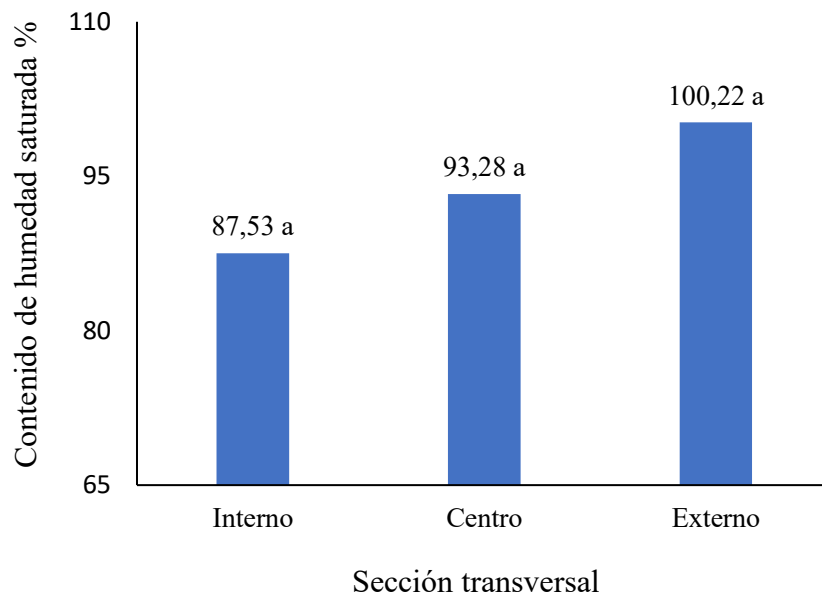


Figura 7. Prueba de comparación de medias de contenido de humedad saturada (%) en la sección transversal.

En la prueba de comparación de medias de Duncan, aplicada al contenido de humedad saturado en función de la sección transversal del fuste, no se evidenciaron diferencias significativas entre los grupos analizados. No obstante, a nivel numérico, la sección externa presentó el valor promedio más elevado (100,22 %), mientras que la sección interna mostró el valor más bajo (87,53 %) (**Figura 7**).

En relación con las investigaciones sobre las propiedades físicas de la especie *Osteophloeum platyspermum* (Mart. ex Miq.), Cartuche (2022) en el país de Ecuador reportó un contenido de humedad saturada promedio de 57,26 %, Por su parte, Quemá (2015), en su estudio sobre *Vochysia leguiana* (Mart.), determinó un contenido de humedad saturada de 121,73 %. Estos resultados presentan ciertas similitudes con los obtenidos en la presente investigación, cuyos promedios fueron de 86,93 % para la especie *Osteophloeum platyspermum*

y de 100,43 % para *Brosimum utile* (Kunth) Oken. En contraste, Pulucho (2024), en su análisis de las propiedades físicas de *Vochysia grandis* (Pohl), halló un contenido de humedad de 140,39 %. Finalmente, Porta (2019), en su estudio sobre *Brosimum utile* (Kunth) Oken, conocido como panguana, determinó un contenido de humedad saturada de 74,71 %, difiriendo con el valor promedio obtenido en la misma especie en la investigación.

Las diferencias observadas en el contenido de humedad pueden atribuirse a diversos factores biológicos, como la proporción entre albura y duramen, el tamaño de los poros, así como a condiciones edafoclimáticas. Asimismo, influyen variables como la edad de los árboles, el tipo de madera (liviana o pesada) y la época del año en que se efectuó la medición. En particular, en el nivel apical del fuste predomina la albura, que contiene una mayor proporción de células vivas responsables del transporte y conducción de agua, lo cual incrementa el contenido de humedad en comparación con el duramen. Cabe señalar que el porcentaje de agua en la madera varía según la especie, y que las variaciones en el contenido de humedad generan cambios dimensionales, los cuales tienden a ser más pronunciados en maderas de mayor densidad.

4.1.2. Contenido de humedad seco al aire

Con un nivel de confianza del 95 %, el ANVA aplicado a las probetas indicó diferencias altamente significativas en el contenido de humedad seco al aire para el factor especie ($p = 0,0001$). Se identificaron también diferencias significativas entre las secciones transversales del fuste ($p = 0,0108$), evidenciando variaciones importantes entre las especies *O. platyspermum* y *B. utile*. No obstante, el factor nivel longitudinal y las interacciones entre factores no mostraron efectos estadísticamente significativos ($p > 0,05$) (**Tabla 9**).

Tabla 9. ANVA del contenido de humedad seco al aire (%) de dos especies forestales (*O. platyspermum* y *B. utile*).

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Especie	1	2,56	2,56	28,38	0,0001**
Nivel Longitudinal	2	0,06	0,03	0,31	0,7349 ^{ns}
Sección Transversal	2	0,87	0,43	4,82	0,0108*
Especies*Niveles	2	0,02	0,01	0,10	0,9084 ^{ns}
Especies*Secciones	2	0,08	0,04	0,42	0,6596 ^{ns}
Niveles*Secciones	4	0,32	0,08	0,88	0,4817 ^{ns}
Especies*Niveles*Secciones	4	0,25	0,06	0,68	0,6082 ^{ns}
Error	72	6,49	0,09		
Total	89	10,63			

*: Significativo; **: altamente significativo; ns: no significativo; CV (%): 2,54 %

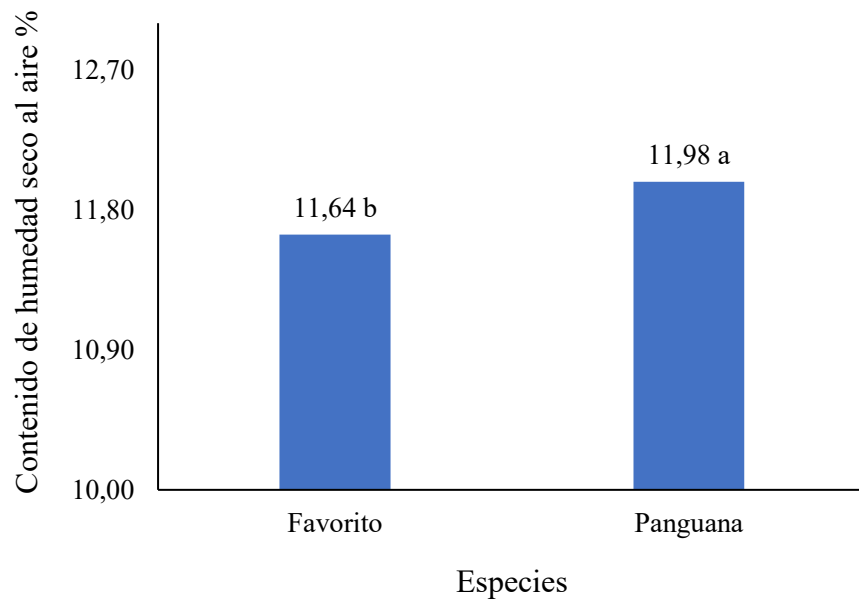


Figura 8. Prueba de comparación de medias de contenido de humedad seca al aire (%) de las especies.

Mediante la prueba de comparación de medias de Duncan para el contenido de humedad seca al aire, se evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre las especies evaluadas. *Brosimum utile* (panguana) presentó un valor promedio de 11,98 %, superior

numéricamente al registrado por *Osteophloeum platyspermum* (favorito), que alcanzó un promedio de 11,64 % (**Figura 8**).

Respecto al nivel longitudinal del fuste, la prueba de Duncan aplicada al contenido de humedad seco al aire no detectó diferencias significativas entre los niveles estudiados. Sin embargo, los datos muestran una tendencia descendente ligera, con valores promedio de 11,83 % en la base, 11,81 % en el nivel medio y 11,77 % en la sección apical (**Figura 9**).

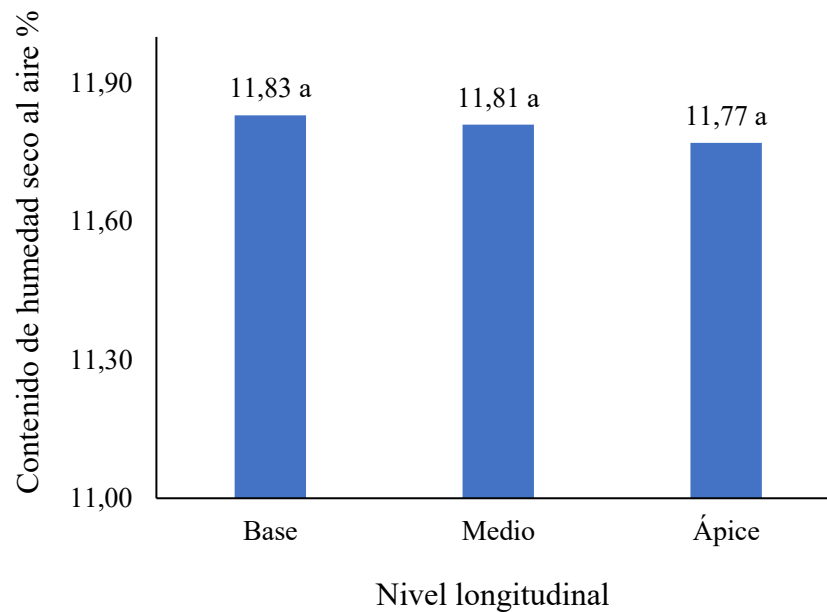


Figura 9. Prueba de comparación de medias de contenido de humedad seca al aire (%) en el nivel longitudinal.

Al visualizar los resultados de la prueba de comparación de medias de Duncan aplicada al contenido de humedad seca al aire en las secciones transversales del fuste, se presentan los valores correspondientes a cada sección evaluada. La sección externa presentó el mayor promedio (11,91 %), seguida de la central (11,84 %) y la interna (11,67 %). Estadísticamente, la sección central y la externa fueron similares, mientras que la sección interna mostró diferencias significativas respecto a ambas. (**Figura 10**).

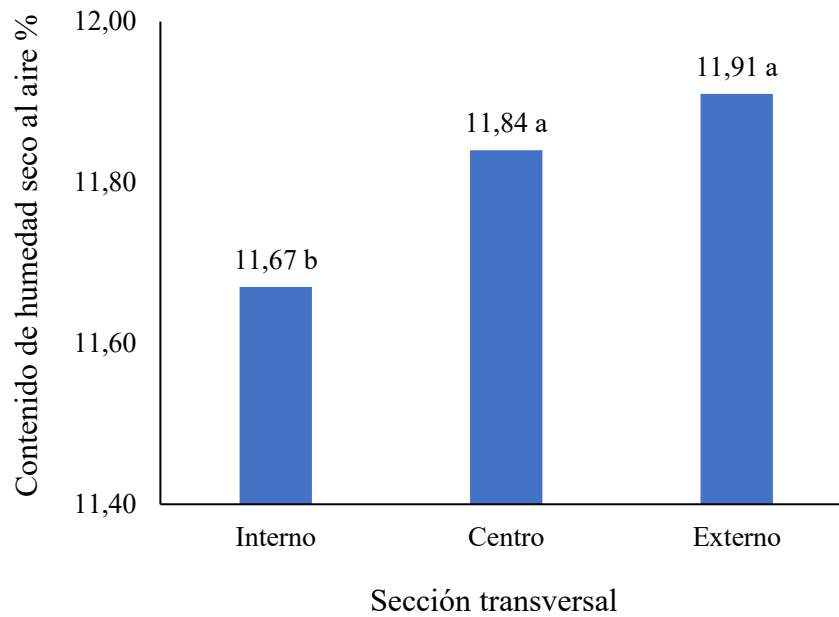


Figura 10. Prueba de comparación de medias de contenido de humedad seca al aire (%) en la sección transversal.

En referencia al contenido de humedad seco al aire, se encontró 11,64 % para *Osteophloeum platyspermum* y 11,98 % para *Brosimum utile*. Estos resultados tienen similitud con la investigación realizado por Quispe (2016) en su estudio sobre *Zanthoxylum riedelianum* (Hualaja) obtuvo un contenido de humedad seco al aire de 12,53 %, valor cercano al registrado para *Brosimum utile*, mientras que Dávila (2020) reportó un resultado similar para *Pterygota amazónica* (Paujil ruo), con un contenido de humedad seco de 12,53 %. Sin embargo, los resultados obtenidos por Pimentel (2021) para *Miconia minutiflora* mostraron un contenido de humedad seco al aire de 16,12 %, significativamente más alto. De manera similar, Julca (2021), en su investigación sobre *Byrsonima schunkei* (Indano), determinó un contenido de humedad seco al aire de 15,61 %, lo cual también difiere con los resultados obtenidos en esta investigación.

Estas variaciones podrían explicarse por factores como las condiciones ambientales, incluyendo temperatura y humedad relativa, además del tipo de madera y el método de secado empleado. Dado que la madera es un material higroscópico, su contenido de humedad se ajusta para alcanzar un equilibrio con el ambiente, el cual varía dependiendo del lugar y las condiciones específicas del secado.

4.2. Densidad

4.2.1. Densidad saturada

Los resultados del análisis de varianza (ANVA) aplicado a la densidad saturada, con un nivel de confianza del 95 %, evidenciaron efectos estadísticamente altamente significativos para los factores Especie ($p = 0,0046$) y Sección Transversal ($p = 0,0014$), lo que confirma su influencia sobre la variable dependiente. En contraste, el factor Nivel Longitudinal, así como las interacciones entre factores, no presentaron significancia estadística ($p > 0,05$) (Tabla 10).

Tabla 10. ANVA de la densidad saturada de dos especies forestales (*O. platyspermum* y *B. utile*).

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Especie	1	0,07	0,07	8,57	0,0046**
Nivel Longitudinal	2	0,02	0,01	1,11	0,3344 ^{ns}
Sección Transversal	2	0,12	0,06	7,19	0,0014**
Especies*Niveles	2	0,02	0,01	1,27	0,2861 ^{ns}
Especies*Secciones	2	0,00	0,00	0,13	0,8809 ^{ns}
Niveles*Secciones	4	0,01	0,00	0,32	0,8604 ^{ns}
Especies*Niveles*Secciones	4	0,00	0,00	0,06	0,9927 ^{ns}
Error	72	0,59	0,01		
Total	89	0,83			

*: Significativo; **: altamente significativo; ns: no significativo; CV (%): 10,34 %

Se visualiza la prueba de comparación de medias de Duncan correspondiente a la densidad saturada. Los resultados evidencian diferencias estadísticas significativas entre las especies evaluadas. *Osteophloeum platyspermum* (favorito) registró el menor valor promedio con $0,85 \text{ g/cm}^3$, mientras que *Brosimum utile* (panguana) alcanzó un promedio superior de $0,90 \text{ g/cm}^3$ (Figura 11).

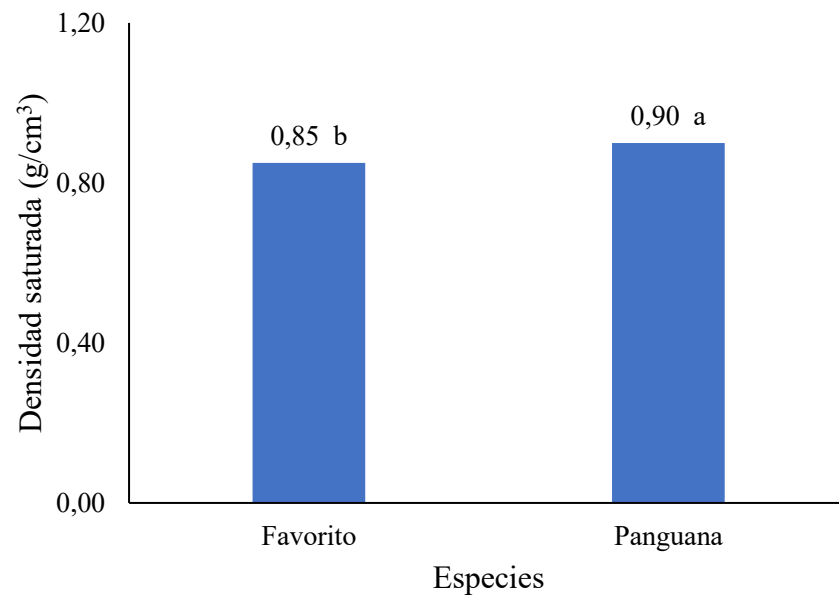


Figura 11. Prueba de comparación de medias de densidad saturada de las especies.

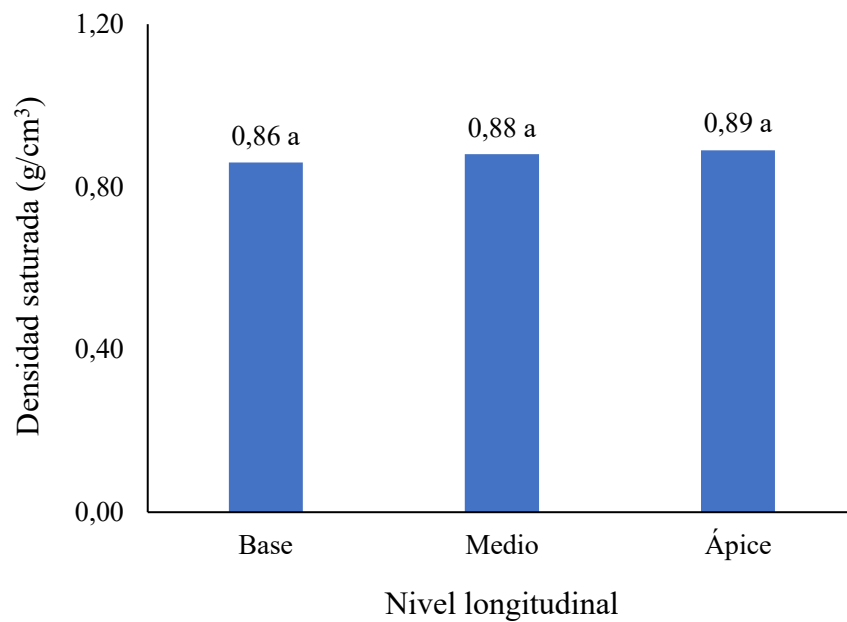


Figura 12. Prueba de comparación de medias de la densidad saturada en el nivel longitudinal.

La prueba de comparación de medias de Duncan correspondiente a la densidad saturada en los diferentes niveles longitudinales del fuste mostró que, a nivel comparativo, el nivel basal registró un valor promedio de 0,86 g/cm³, seguido por el nivel medio con 0,88 g/cm³

y el nivel apical con $0,89 \text{ g/cm}^3$. Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas relevantes entre los distintos niveles analizados (**Figura 12**).

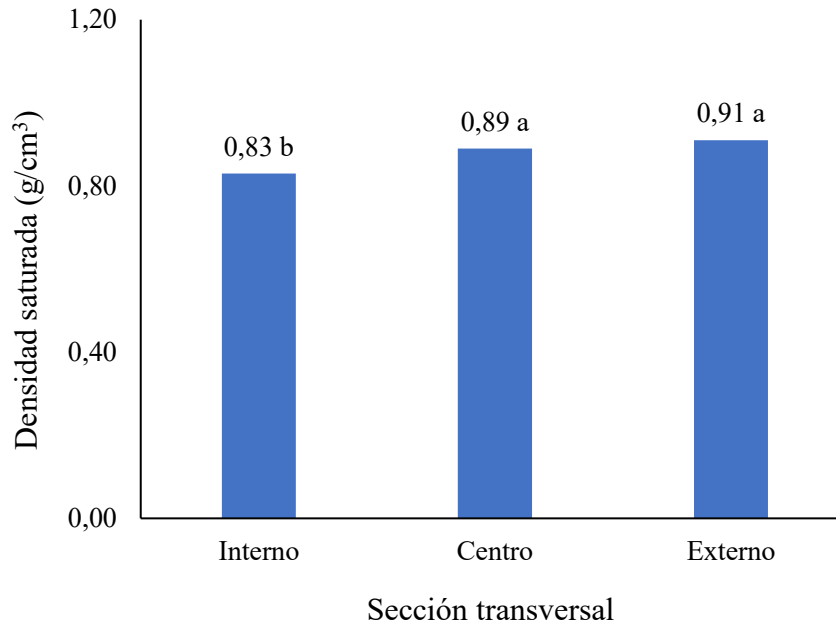


Figura 13. Prueba de comparación de medias de la densidad saturada en la sección transversal.

Al aplicar la prueba de comparación de Duncan, se observaron diferencias significativas entre las secciones transversales del fuste en cuanto a la densidad saturada. El valor promedio más alto correspondió a la sección externa, con $0,91 \text{ g/cm}^3$, seguido por la sección central con $0,89 \text{ g/cm}^3$, mientras que la sección interna presentó el valor más bajo, con $0,83 \text{ g/cm}^3$. Estadísticamente, no se encontraron diferencias significativas entre las secciones central y externa; sin embargo, ambas difirieron significativamente de la sección interna (**Figura 13**).

Los resultados muestran una densidad saturada de $0,85 \text{ g/cm}^3$ para *Osteophloeum platyspermum* y de $0,90 \text{ g/cm}^3$ para *Brosimum utile*. Al comparar estos valores con investigaciones previas, se observó que el valor obtenido para *O. platyspermum* es similar al reportado por Cartuche (2022), quien obtuvo $0,83 \text{ g/cm}^3$ para esta especie en Loja, Ecuador; la ligera diferencia entre los resultados podría explicarse por variaciones en las condiciones ambientales de ambos estudios, como el clima y el tipo de suelo. En el caso de *Brosimum utile*, los resultados obtenidos ($0,91 \text{ g/cm}^3$) coinciden con los reportados por Porta (2019), quien determinó también $0,91 \text{ g/cm}^3$, lo que sugiere una consistencia en las propiedades físicas de esta especie, especialmente considerando que ambas muestras fueron extraídas de la región de

Ucayali. Además, Zavaleta (2024), en su investigación sobre *Protium puncticulatum* y *Clarisia racemosa*, realizadas en la misma zona de Ucayali, determinó densidades saturadas de 0,91 g/cm³ y 0,90 g/cm³, respectivamente; valores cercanos a los encontrados en este estudio. Por otro lado, al contrastar los resultados con los de Julca (2021) para *Byrsonima schunkei* (1,09 g/cm³) y Aguirre (2014) para *Senefeldera inclinata* (1,10 g/cm³), se observa una diferencia significativa en la densidad saturada.

Esto posiblemente podría indicar que la variabilidad de esta característica puede variar entre especies, posiblemente afectada por aspectos biológicos, condiciones ambientales y procesos de desarrollo. Además, factores como la proporción de madera temprana y tardía, la amplitud de los anillos de crecimiento, el grosor de las paredes celulares, así como el tipo y tamaño de las células, también juegan un papel importante.

4.2.2. Densidad básica

La densidad básica de las especies evaluadas mostró, mediante ANVA con un nivel de confianza del 95 %, diferencias altamente significativas entre los factores especie, nivel longitudinal y sección transversal. Las interacciones entre factores, en cambio, no fueron significativas ($p > 0,05$), indicando que no ejercieron un efecto relevante sobre la densidad básica (**Tabla 11**).

Tabla 11. ANVA de la densidad básica de dos especies forestales (*O. platyspermum* y *B. utile*).

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Especie	1	0,04	0,04	23,27	0,0001**
Nivel Longitudinal	2	0,02	0,01	7,07	0,0016**
Sección Transversal	2	0,06	0,03	18,70	0,0001**
Especies*Niveles	2	0,01	0,00	2,64	0,0784 ^{ns}
Especies*Secciones	2	0,02	0,01	5,78	0,0547 ^{ns}
Niveles*Secciones	4	0,00	0,00	0,37	0,8303 ^{ns}
Especies*Niveles*Secciones	4	0,00	0,00	0,13	0,9726 ^{ns}
Error	72	0,11	0,00		
Total	89	0,25			

*: Significativo; **: altamente significativo; ns: no significativo; CV (%): 8,15 %

Según los valores obtenidos mediante la prueba de comparación de medias de Duncan, se observaron diferencias significativas en la densidad básica entre las especies evaluadas. *Osteophloeum platyspermum* (favorito) registró un valor promedio de $0,50 \text{ g/cm}^3$, mientras que *Brosimum utile* (panguana) presentó un promedio ligeramente menor, con $0,46 \text{ g/cm}^3$ (**Figura 14**).

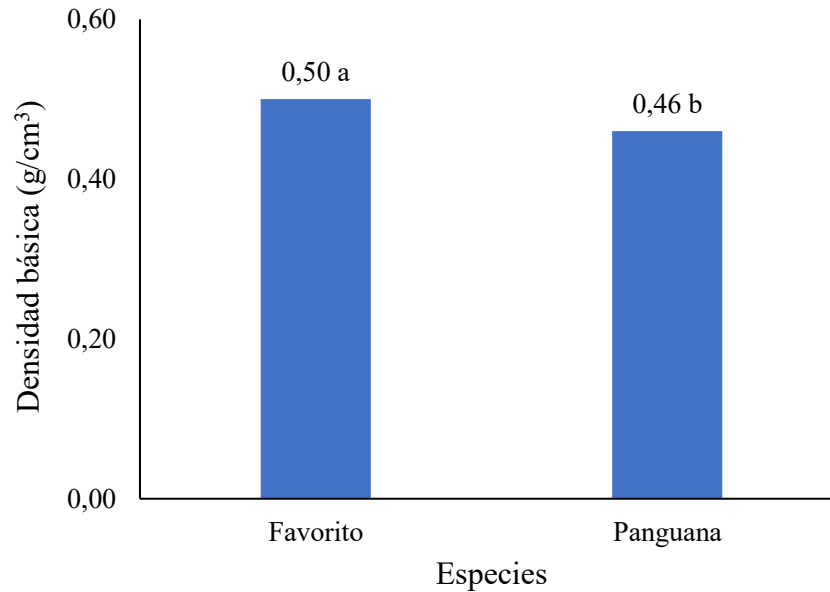


Figura 14. Prueba de comparación de medias de la densidad básica de las especies.

En el nivel longitudinal del fuste, la prueba de comparación de medias de Duncan aplicada a la densidad básica mostró similitud estadística entre los niveles medio y apical, mientras que el nivel basal presentó diferencias significativas respecto a ambos. Numéricamente, el nivel basal registró el valor más alto ($0,50 \text{ g/cm}^3$), seguido del nivel medio ($0,47 \text{ g/cm}^3$) y, finalmente, del nivel apical, que presentó el valor más bajo ($0,46 \text{ g/cm}^3$) (**Figura 15**).

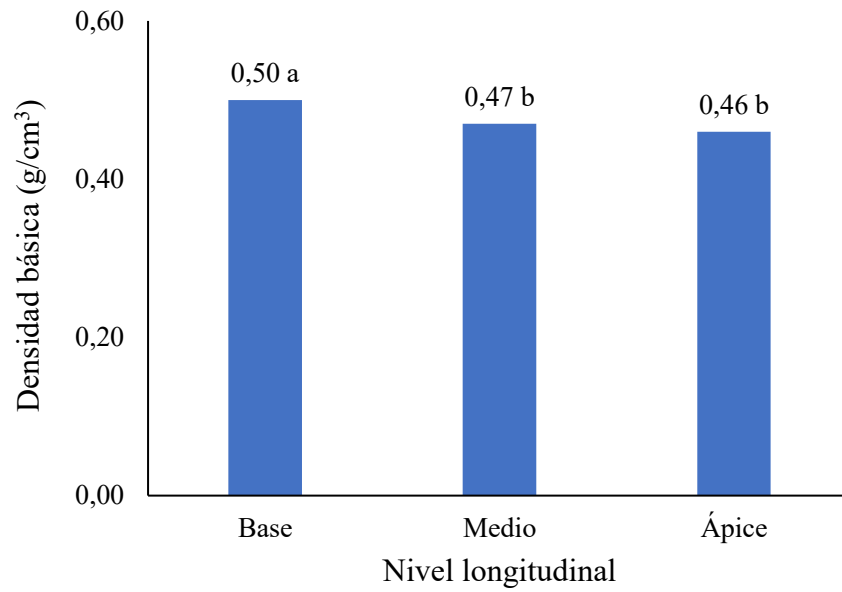


Figura 15. Prueba de comparación de medias de la densidad básica del nivel longitudinal.

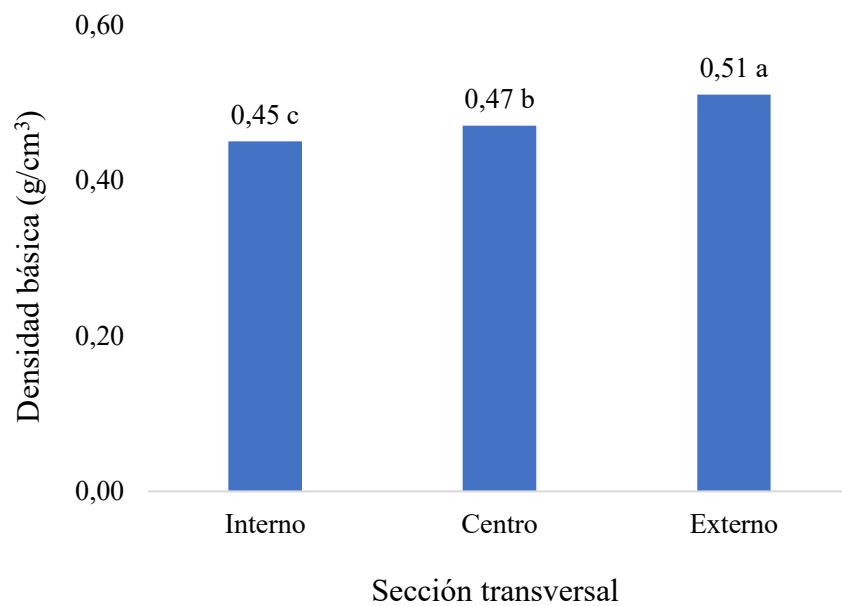


Figura 16. Prueba de comparación de medias de la densidad básica de la sección transversal.

La prueba de comparación de medias de Duncan aplicada a la densidad básica en las secciones transversales del fuste evidenció diferencias estadísticas entre los grupos evaluados. La sección externa presentó el valor promedio más alto ($0,51 \text{ g/cm}^3$), seguida por la

sección central (0,47 g/cm³), mientras que la sección interna registró el valor más bajo (0,45 g/cm³) (**Figura 16**).

En la presente investigación, se obtuvo una densidad básica promedio de 0,50 g/cm³ para la especie *Osteophloeum platyspermum* (favorito) y de 0,46 g/cm³ para *Brosimum utile* (panguana). Al comparar estos valores con los reportados en estudios anteriores sobre *O. platyspermum*, se encuentran coincidencias parciales. Cartuche (2022) indicó un valor de 0,53 g/cm³ para la misma especie. Por su parte, Diaz et al. (2019) registraron una densidad de 0,57 g/cm³ en *Miconia amazónica*, durante un estudio realizado en Puno. Igualmente, Julca (2021) halló un valor de 0,56 g/cm³ al analizar *Byrsonima schunkei* (Indano), lo cual se encuentra dentro de un rango cercano al obtenido en esta investigación. En cambio, estudios como el de Cano (2024), quien examinó *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macb., reportaron una densidad básica más elevada, de 0,65 g/cm³. Este mismo valor fue mencionado por Gámez (2009) para *Calycophyllum spruceanum* en la localidad de Tingo María.

En el caso de *Brosimum utile* (panguana), diversos estudios han mostrado una tendencia comparable. En Ecuador, un informe elaborado por el Ministerio del Ambiente indicó que esta especie presentó una densidad básica de 0,40 g/cm³. Por otro lado, Quispe (2018), al evaluar *Clarisia biflora*, obtuvo una densidad básica de 0,45 g/cm³. En contraste, Porta (2019) reportó un valor promedio más alto para *B. utile*, alcanzando los 0,52 g/cm³. De forma adicional, en la región de Ucayali, Perú, Cáceres (2024) encontró una densidad básica de 0,35 g/cm³ en *Simarouba amara*; mientras que Rivera (2023), en un análisis de *Schizolobium amazonicum* procedente de San Martín, registró un valor de 0,32 g/cm³, clasificándola como una madera de baja densidad.

Las diferencias en los valores obtenidos pueden deberse a múltiples factores, entre ellos la edad del árbol y el patrón de formación de los anillos de crecimiento, los cuales influyen directamente en la proporción de madera temprana y tardía. Otros elementos que inciden son las dimensiones y la inclinación de las fibras, el grosor de las paredes celulares y el contenido de extraíbles. Además, la diferencia entre especies, la edad del árbol y las condiciones ambientales también juegan un papel clave en esta variabilidad. En resumen, los resultados varían principalmente por la especie, la edad, los anillos de crecimiento y las características estructurales de la madera.

4.2.3. Densidad anhidra

Se presentan los resultados del análisis de varianza para la densidad anhidra, con un nivel de confianza del 95 %. El factor Nivel Longitudinal mostró diferencias altamente significativas (P-valor = 0,0003), lo que indica que este factor tiene un impacto considerable en la densidad anhidra de las especies evaluadas (*O. platyspermum* y *B. utile*). En contraste, no se observaron diferencias significativas en los factores Especie, Sección Transversal ni en las interacciones entre los factores, lo que sugiere que la influencia de estos factores es independiente y no está influenciada por sus interacciones (**Tabla 12**).

Tabla 12. ANVA de la densidad anhidra de dos especies forestales (*O. platyspermum* y *B. utile*).

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Especie	1	0,00	0,00	0,70	0,4058 ^{ns}
Nivel Longitudinal	2	0,04	0,02	9,13	0,0003 ^{**}
Sección Transversal	2	0,01	0,00	1,83	0,1673 ^{ns}
Especies*Niveles	2	0,01	0,00	1,34	0,2694 ^{ns}
Especies*Secciones	2	0,01	0,00	1,21	0,3035 ^{ns}
Niveles*Secciones	4	0,00	0,00	0,14	0,9664 ^{ns}
Especies*Niveles*Secciones	4	0,01	0,00	0,72	0,5783 ^{ns}
Error	72	0,15	0,00		
Total	89	0,22			

*: Significativo; **: altamente significativo; ns: no significativo; CV (%): 9,02 %

La prueba de comparación de medias de Duncan para la densidad anhidra no evidenció diferencias estadísticas significativas entre las especies evaluadas. *Osteophloeum platyspermum* (favorito) y *Brosimum utile* (panguana) registraron un valor promedio idéntico de 0,51 g/cm³, lo que sugiere un comportamiento similar en relación con esta propiedad física (**Figura 17**).

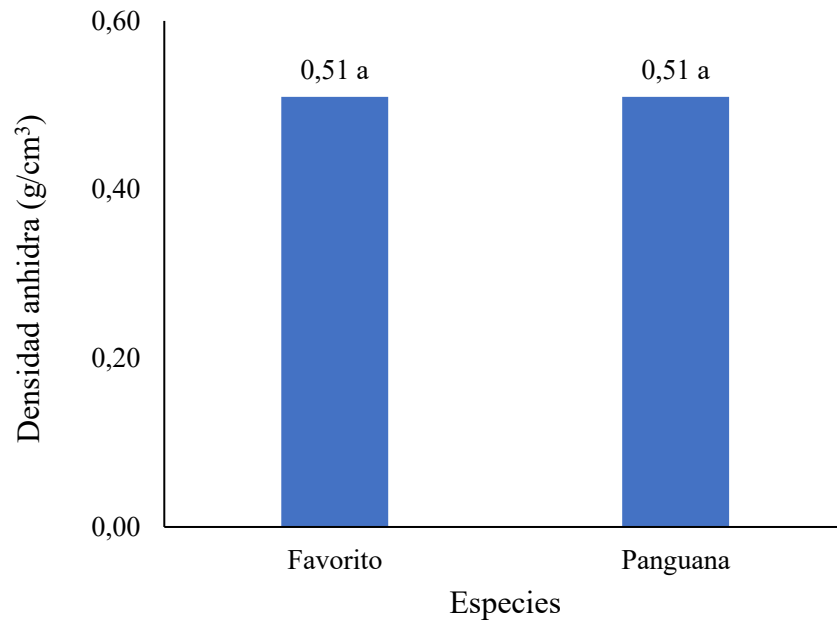


Figura 17. Prueba de comparación de medias de la densidad anhidra de las especies.

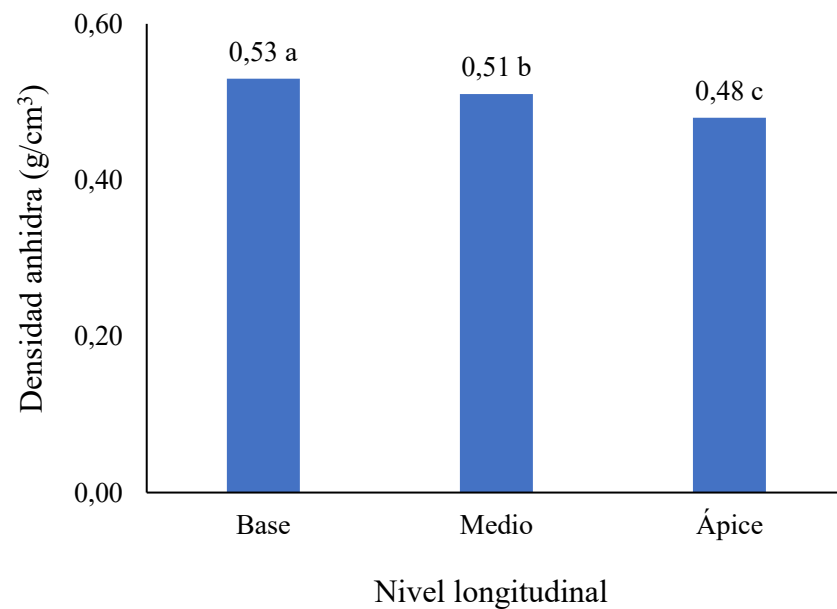


Figura 18. Prueba de comparación de medias de la densidad anhidra en el nivel longitudinal.

En la comparación de la densidad anhidra según los niveles longitudinales del fuste, el mayor promedio se observó en la base (0,53 g/cm³), mientras que el nivel medio y el

ápice mostraron valores de $0,51 \text{ g/cm}^3$ y $0,48 \text{ g/cm}^3$, respectivamente. Estas diferencias en los promedios no fueron estadísticamente significativas (**Figura 18**).

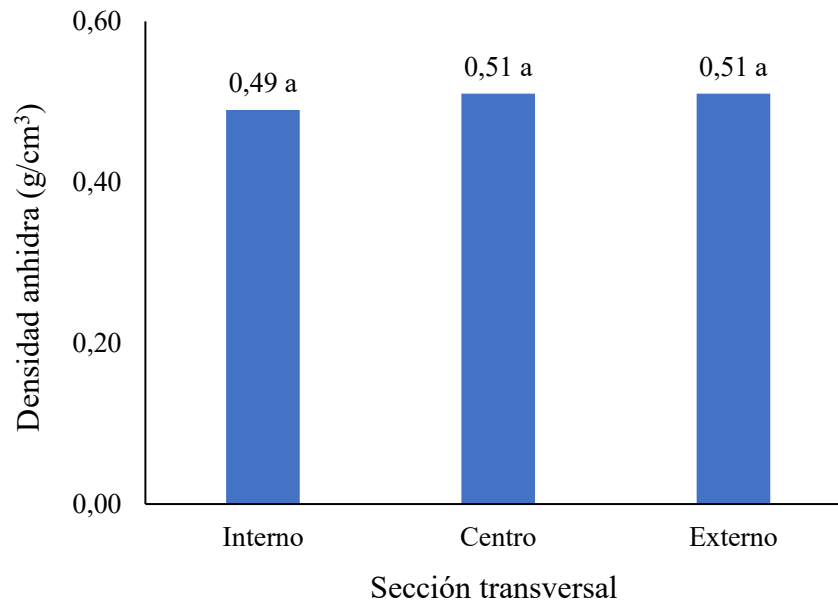


Figura 19. Prueba de comparación de medias de la densidad anhidra en la sección transversal.

En las secciones transversales del fuste, los valores promedio de densidad anhidra más elevados se registraron en las secciones externa y central, ambas con $0,51 \text{ g/cm}^3$, mientras que la sección interna presentó el valor más bajo con $0,49 \text{ g/cm}^3$. El análisis estadístico reveló diferencias significativas entre la sección interna y las otras dos, sin embargo, no se identificaron diferencias estadísticas entre la sección central y la externa, lo que sugiere un comportamiento similar respecto a esta propiedad (**Figura 19**).

La densidad anhidra obtenida en este estudio fue de $0,51 \text{ g/cm}^3$ tanto para *Osteophloeum platyspermum* como para *Brosimum utile*. Estos resultados son consistentes con investigaciones previas realizadas en especies similares. En el caso de *O. platyspermum*, los valores obtenidos pueden compararse con los reportados por Quemá (2015) en su estudio realizado en la ciudad de Ibarra, Ecuador, donde la densidad anhidra fue de $0,55 \text{ g/cm}^3$. De manera similar, Cartuche (2022) reportó una densidad anhidra de $0,57 \text{ g/cm}^3$ para esta especie. En cuanto a *Brosimum utile*, el valor obtenido de $0,51 \text{ g/cm}^3$ se alinea con el resultado de Porta (2019), quien reportó una densidad anhidra de $0,59 \text{ g/cm}^3$ en su investigación. Al contrastar

estos resultados con los de otras especies, se observan algunas diferencias. Por ejemplo, De la O (2016), en su estudio sobre *Eucalyptus globulus* en Huanchar (Junín), determinó una densidad anhidra de 0,63 g/cm³, mientras que López (2019), en la ciudad de Iquitos, reportó una densidad anhidra de 0,76 g/cm³ para *Manilkara bidentata* (Quinilla).

Las variaciones en la densidad anhidra entre especies pueden explicarse por diferencias en su estructura anatómica, como el grosor de las paredes celulares, la proporción de lumen, la presencia de extractivos naturales y la velocidad de crecimiento. Estas diferencias no solo son el resultado de factores genéticos, sino también de las condiciones ecológicas específicas del entorno en el que se desarrollan los árboles. Comprender la densidad anhidra, por lo tanto, permite predecir el comportamiento mecánico, la durabilidad, la resistencia al desgaste y la idoneidad para distintos usos industriales de la madera.

4.3. Contracción

4.3.1. Contracción tangencial

El análisis de varianza aplicado a la contracción tangencial evidenció diferencias estadísticamente significativas en los factores especie y sección transversal, con valores de p de 0,0422 y 0,0197, respectivamente, ambos inferiores al nivel de significancia del 5 %. Estos resultados indican que *Osteophloeum platyspermum* y *Brosimum utile* presentan comportamientos diferenciados respecto a esta propiedad, al igual que las secciones transversales evaluadas. En contraste, el nivel longitudinal y las interacciones entre factores no mostraron efectos significativos, con valores superiores a 0,05 (P-valor) (**Tabla 13**).

Tabla 13. ANVA de la contracción tangencial de dos especies forestales (*O. platyspermum* y *B. utile*).

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Especie	1	4,31	4,31	4,28	0,0422*
Nivel de Altura	2	0,72	0,36	0,36	0,6990 ^{ns}
Sección Transversal	2	8,36	4,18	4,15	0,0197*
Especies*Niveles	2	0,17	0,09	0,09	0,9170 ^{ns}
Especies*Secciones	2	0,18	0,09	0,09	0,9153 ^{ns}
Niveles*Secciones	4	0,53	0,13	0,13	0,9703 ^{ns}
Especies*Niveles*Secciones	4	1,87	0,47	0,46	0,7620 ^{ns}
Error	72	72,50	1,01		
Total	89	88,64			

*: Significativo; **: altamente significativo; ns: no significativo; CV (%): 13,62 %

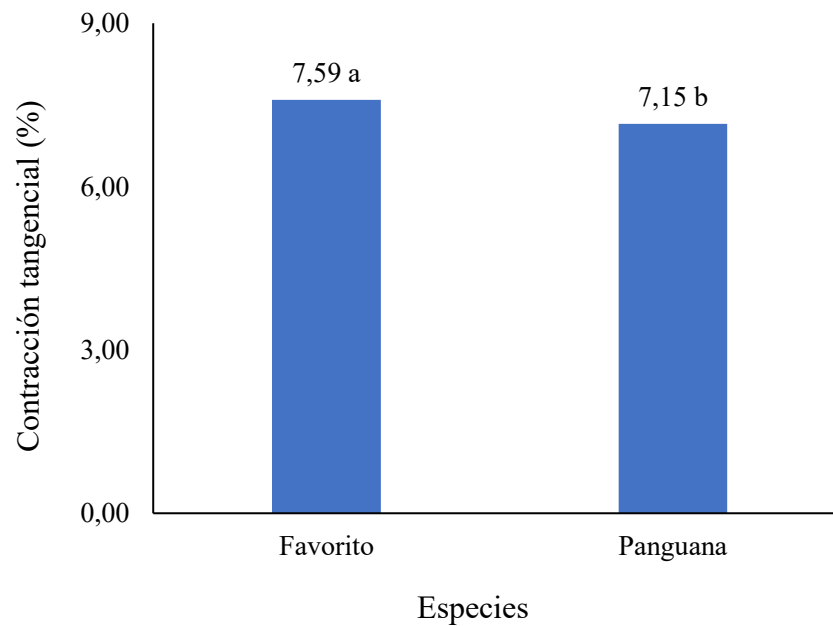


Figura 20. Prueba de comparación de medias de la contracción tangencial de las Especies.

Los resultados de la prueba de comparación de Duncan aplicada a la contracción tangencial en función de las especies evaluadas demuestran que, la especie panguana (*Brosimum utile*) registró el promedio más bajo, con un valor de 7,15 %, mientras que la especie

favorito (*Osteophloeum platyspermum*) alcanzó un promedio de 7,59 %. El análisis evidencia diferencias estadísticas significativas entre ambas especies para esta propiedad física (**Figura 20**).

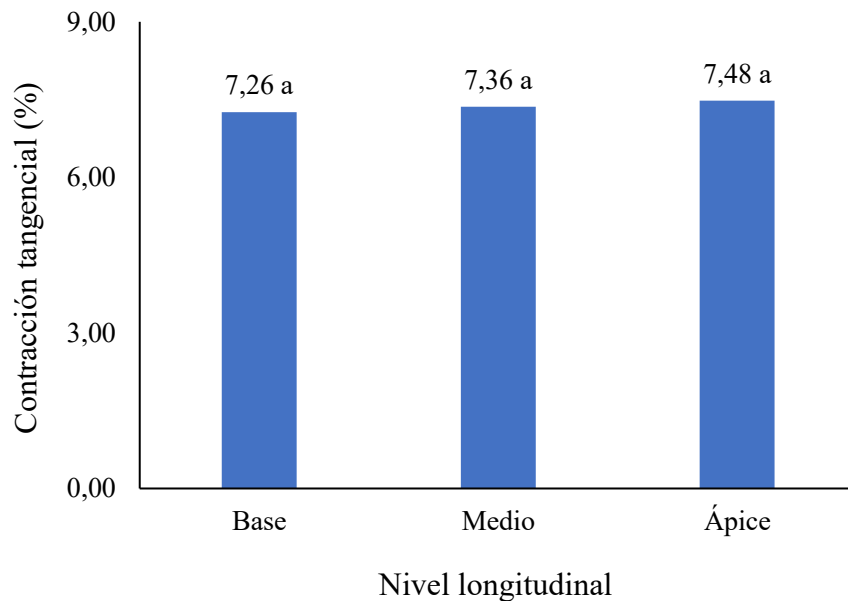


Figura 21. Prueba de comparación de medias de la contracción tangencial en el nivel longitudinal.

Se expone la comparación de las mediciones de contracción tangencial (%) en tres niveles de altura. A pesar de que no se registraron diferencias estadísticas significativas, cabe resaltar que, en términos numéricos, el nivel de altura ápice presentó el valor promedio más alto, con un 7,48 %, superando a los demás niveles, donde el nivel basal mostró un promedio de 7,26 % (**Figura 21**).

En la sección transversal, los resultados de la prueba de comparación de medias correspondiente a la contracción tangencial (%), se identificaron diferencias estadísticas significativas entre las secciones interna y externa, mientras que la sección central no difirió estadísticamente de las otras dos. En cuanto a los valores numéricos, se observa una tendencia creciente desde la sección interna hacia la externa: la sección interna registró un promedio de 7,02 %, la sección central alcanzó un valor de 7,31 %, y la sección externa presentó el promedio más elevado, con 7,76 % (**Figura 22**).

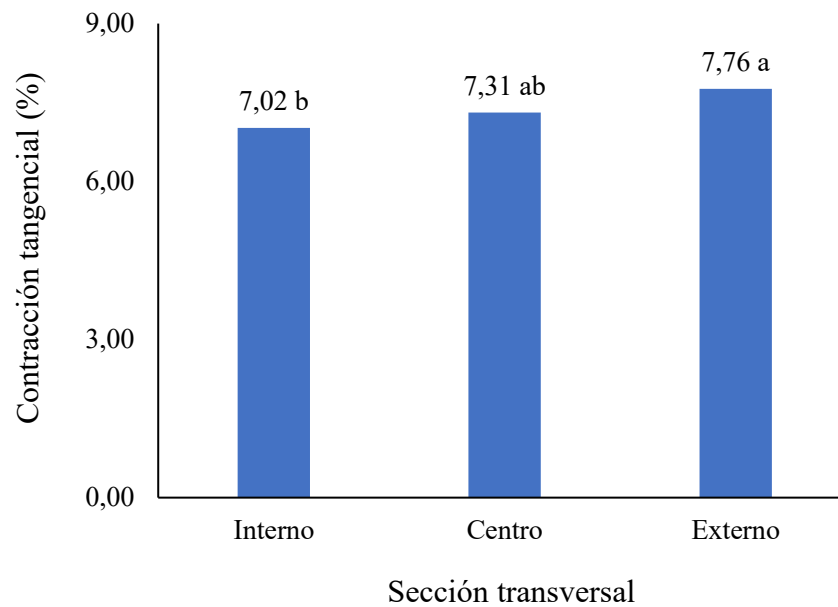


Figura 22. Prueba de comparación de medias de la contracción tangencial en la sección transversal.

Al evaluar la contracción tangencial de las especies analizadas, se obtuvo un promedio de 7,59 % para *Osteophloeum platyspermum* (favorito) y de 7,15 % para *Brosimum utile* (panguana). En el caso de favorito, estos valores guardan similitud con los reportados por Quemá (2015), quien halló 7,40 % para la misma especie. Shapiama (2023), al estudiar *Dacryodes peruviana*, reportó un valor de 7,45 %, cercano a lo obtenido en esta investigación. Para la especie panguana, Porta (2019) registró 6,91 % en *B. utile*, lo que también refleja una proximidad en el comportamiento de contracción. Sin embargo, estos valores difieren de lo observado en otras especies como *Apuleia leiocarpa* (8,11 %), *Zanthoxylum riedelianum* (7,91 %) y *Erisma uncinatum*, cuyas contracciones tangenciales fueron superiores a las halladas en el presente estudio (Quispe, 2016; Morvely, 2014).

Esta variación entre especies podría atribuirse a diferencias anatómicas del tejido leñoso, tales como la proporción de madera temprana y tardía, el tamaño celular y la cantidad de extractivos. Asimismo, factores externos como la edad del árbol, el clima local, la altitud y las condiciones del sitio podrían influir en la variabilidad de esta propiedad física.

4.3.2. Contracción radial

El análisis de varianza aplicado a la contracción radial del fuste de *Osteophloeum platyspermum* y *Brosimum utile* reveló una diferencia estadísticamente altamente significativa en el factor sección transversal (P-valor = 0,0001). En contraste, los factores especie, nivel de altura del fuste y las interacciones entre ellos no evidenciaron efectos significativos ($p > 0,05$), lo que sugiere una influencia limitada de estas variables sobre dicha propiedad (**Tabla 14**).

Tabla 14. ANVA de la contracción radial de dos especies forestales (*O. platyspermum* y *B. utile*).

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Especie	1	2,57	2,57	3,16	0,0798 ^{ns}
Nivel de Altura	2	3,67	1,84	2,25	0,1124 ^{ns}
Sección Transversal	2	17,40	8,70	10,68	0,0001**
Especies*Niveles	2	0,21	0,10	0,13	0,8808 ^{ns}
Especies*Secciones	2	0,39	0,19	0,24	0,7898 ^{ns}
Niveles*Secciones	4	2,05	0,51	0,63	0,6429 ^{ns}
Especies*Niveles*Secciones	4	0,85	0,21	0,26	0,9012 ^{ns}
Error	72	58,64	0,81		
Total	89	85,79			

*: Significativo; **: altamente significativo; ns: no significativo; CV (%): 19,73 %

Los resultados de la prueba de comparación de medias de Duncan aplicada a los valores de contracción radial no evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre *Osteophloeum platyspermum* (favorito) y *Brosimum utile* (panguana). La primera especie presentó un valor promedio de contracción radial de 4,41 %, mientras que la segunda alcanzó un promedio ligeramente superior, de 4,74 %, sin que esta diferencia resulte significativa en términos estadísticos (**Figura 23**).

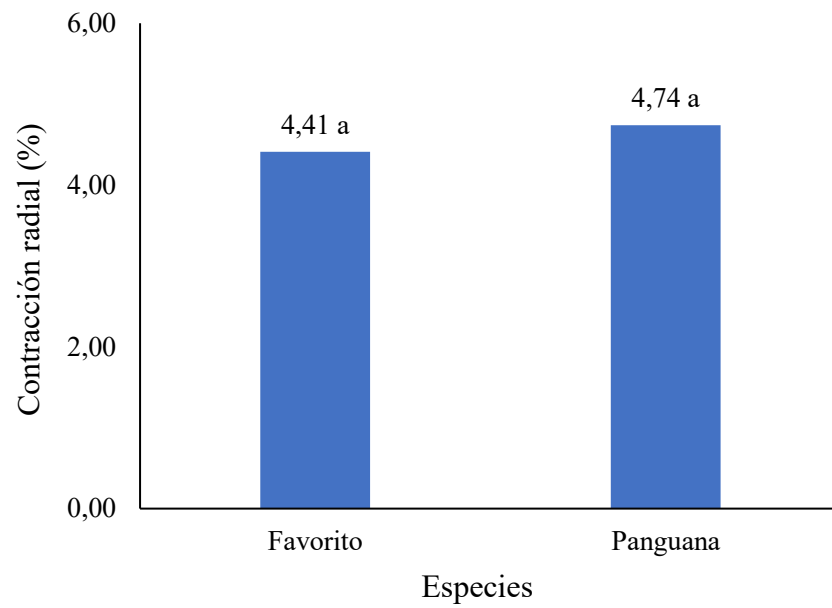


Figura 23. Prueba de comparación de medias de la contracción radial de las especies.

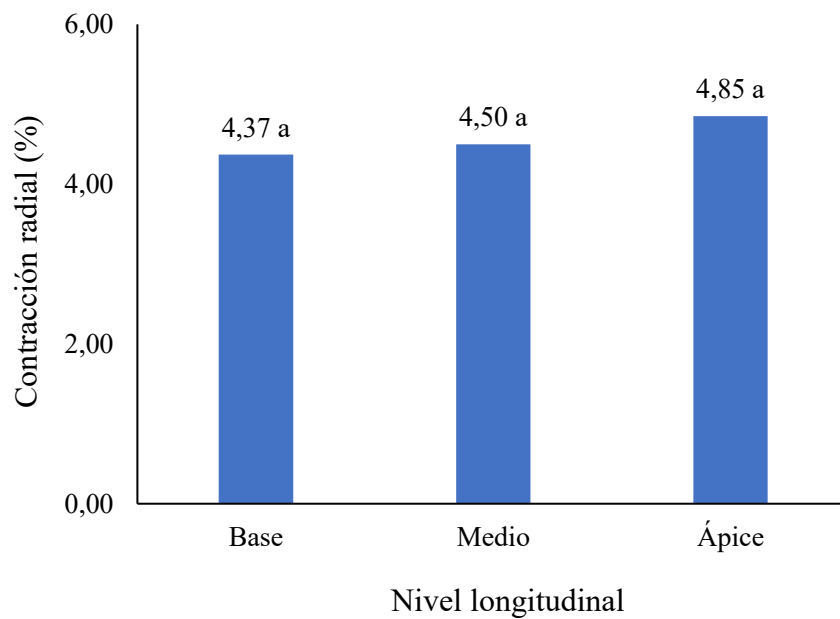


Figura 24. Prueba de comparación de medias de la contracción radial en el nivel longitudinal.

Al analizar la contracción radial (%) en los niveles longitudinales mediante comparación de medias, no se identificaron diferencias estadísticas relevantes; sin embargo, los valores promedio mostraron un aumento desde la base (4,37 %) hacia el ápice (4,85 %), pasando por el nivel medio con 4,50 % (**Figura 24**).

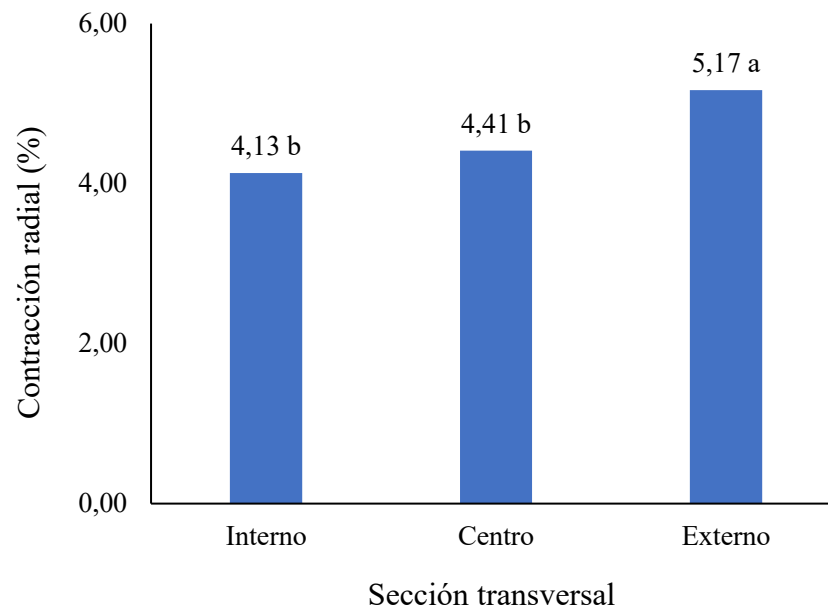


Figura 25. Prueba de comparación de medias de la contracción radial en la sección transversal.

En el análisis de las secciones transversales del fuste, los resultados de la prueba de comparación de medias de Duncan revelaron diferencias en los valores promedio de la contracción radial. La sección externa registró el mayor valor promedio (5,17 %), seguida por la sección central (4,41 %), mientras que la sección interna mostró el valor más bajo (4,13 %). Desde el punto de vista estadístico, no se observaron diferencias significativas entre las secciones interna y central; no obstante, la sección externa presentó diferencias significativas en comparación con ambas (**Figura 25**).

Se identificó la contracción radial en ambas especies estudiadas, con valores de 4,41 % para *Osteophloeum platyspermum* y 4,74 % para *Brosimum utile*. Estos resultados indican una diferencia apreciable en la respuesta de las especies frente a las condiciones de secado, posiblemente relacionada con sus características anatómicas o con las condiciones ecológicas en las que se desarrollan. Al comparar estos resultados con otros estudios, Pimentel (2022) reportó un valor promedio de 4,11 % para *Miconia minutiflora*; Quispe (2016) obtuvo 4,48 % para *Zanthoxylum riedelianum*; y Porta (2019), al evaluar *Brosimum utile*, registró también un valor de 4,48 % para esta propiedad física. En contraste, otros autores han reportado valores más bajos, Cáceres (2024) determinó una contracción radial de 2,52 % para *Simarouba amara*; Rivera (2023) mencionó un valor de 2,55 % en *Schizolobium amazonicum*; y Zavaleta (2024), con muestras provenientes de Tahuania (Ucayali), obtuvo 3,3 % para *Clarisia racemosa* (Mashonaste) y 3,7 % para *Protium puncticulatum* (Copal).

4.3.3. Contracción longitudinal

Los resultados del ANVA para la contracción longitudinal en las especies *Osteophloeum platyspermum* y *Brosimum utile*, con un nivel de confianza del 95 %, mostraron que los factores especie, nivel longitudinal y sección transversal tienen un efecto significativo sobre esta variable ($p < 0,05$). No obstante, las combinaciones de estos factores no generaron diferencias significativas (**Tabla 15**).

Tabla 15. ANVA de la contracción longitudinal de dos especies forestales (*O. platyspermum* y *B. utile*).

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Especie	1	0,13	0,13	25,61	0,0001**
Nivel Longitudinal	2	0,05	0,02	4,92	0,0099**
Sección Transversal	2	1,10	0,55	111,57	0,0001**
Especies*Niveles	2	0,02	0,01	2,10	0,1301 ^{ns}
Especies*Secciones	2	0,01	0,00	0,67	0,5149 ^{ns}
Niveles*Secciones	4	0,01	0,00	0,64	0,6343 ^{ns}
Especies*Niveles*Secciones	4	0,09	0,02	4,69	0,0020 ^{ns}
Error	72	0,36	0,00		
Total	89	1,77			

*: Significativo; **: altamente significativo; ns: no significativo; CV (%): 19,60 %

La prueba de comparación de medias de Duncan aplicada a la contracción longitudinal según la especie reveló diferencias estadísticas significativas. *Osteophloeum platyspermum* (favorito) presentó el menor valor promedio con 0,32 %, en tanto que *Brosimum utile* (panguana) mostró un promedio más elevado, alcanzando el 0,40 % (**Figura 26**).

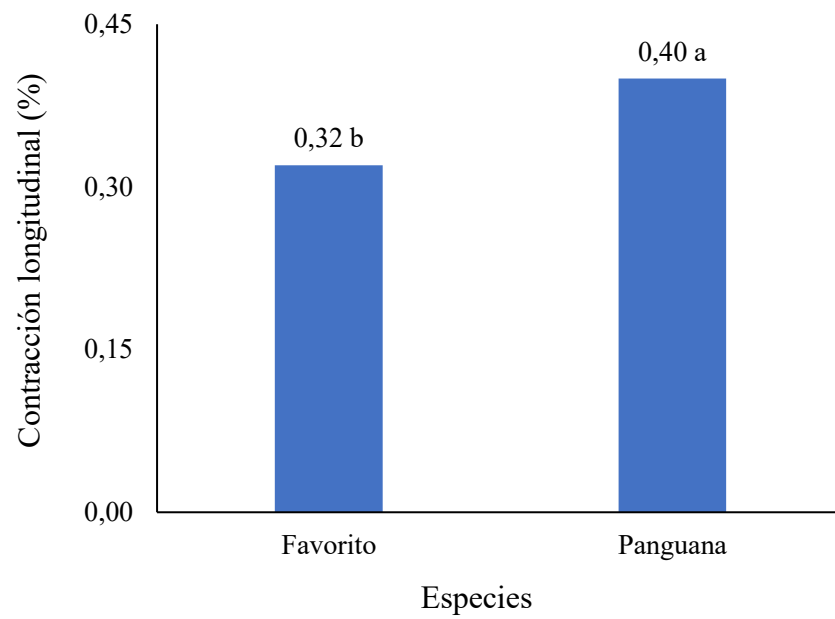


Figura 26. Prueba de comparación de medias de la contracción longitudinal de las especies.

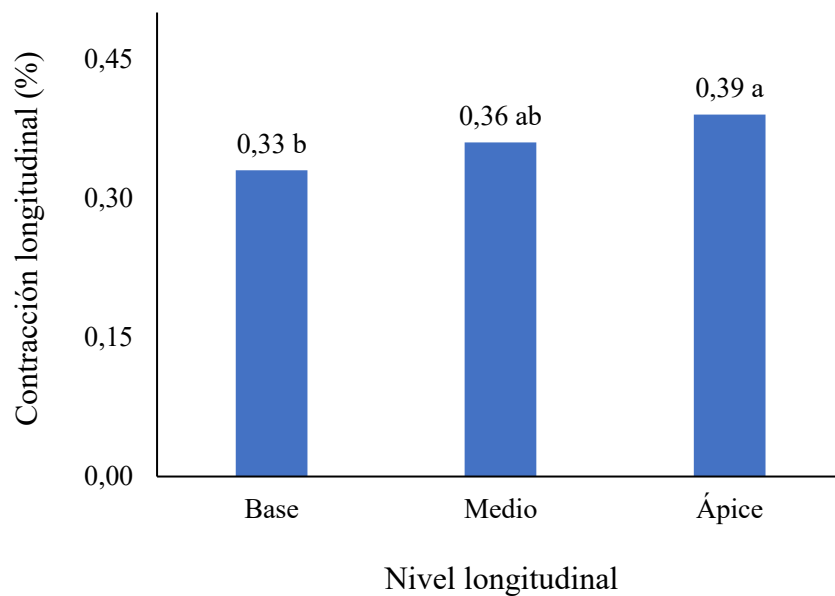


Figura 27. Prueba de comparación de medias de la contracción longitudinal en el nivel longitudinal.

En la contracción longitudinal del fuste, la prueba de Duncan indicó promedios de 0,33 % en el nivel basal, 0,36 % en el medio y 0,39 % en el ápice. Hubo diferencias significativas entre los niveles basal y apical, mientras que el nivel medio no presentó

diferencias con ninguno de los dos, mostrando una equivalencia estadística con ambos (**Figura 27**).

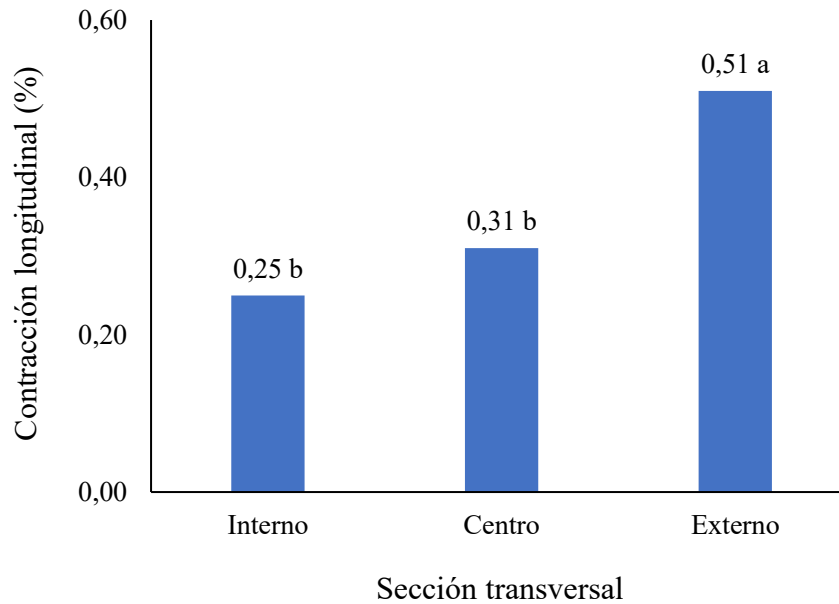


Figura 28. Prueba de comparación de medias de la contracción longitudinal en la sección transversal.

La comparación de medias de Duncan correspondiente a la contracción longitudinal en las distintas secciones transversales del fuste indica que, la sección interna registró el promedio más bajo con 0,25 %, seguida de la sección central con 0,31 %, mientras que la sección externa alcanzó el valor más alto, con un promedio de 0,51 %. En términos estadísticos, se observaron diferencias significativas entre las secciones transversales evaluadas (**Figura 28**).

Respecto a la contracción longitudinal, el estudio reveló que la especie favorito (*Osteophloeum platyspermum*) obtuvo un promedio de 0,32 %, mientras que panguana (*Brosimum utile*) alcanzó un valor de 0,40 %. Estos resultados son consistentes con lo reportado por Quemá (2015), quien determinó un valor de 0,36 % para *Osteophloeum platyspermum*, mostrando un valor cercano con el presente estudio. En cuanto a *Brosimum utile*, Porta (2019) informó una contracción longitudinal promedio de 0,36 %. Por su parte, Fasanando (2023), al evaluar las propiedades físicas de *Simarouba amara* (Marupa), determinó un promedio de 0,45

% en el nivel basal y 0,36 % en el nivel apical. En contraste, se reportaron valores superiores en otras especies, Diaz et al. (2019), en su estudio sobre *Miconia amazónica*, obtuvo un valor de 0,90 %; Puluche (2024), al analizar *Vochysia grandis* y *Laetia procera*, registró un promedio de 0,45 %; Shapiama (2023) encontró un valor inferior, de 0,24%; y Aguirre (2014), al estudiar *Senefeldera inclinata*, determinó una contracción longitudinal de 0,57 %.

En ambas especies, se registró una contracción longitudinal de baja magnitud, probablemente influenciada por la disposición axial de las fibras de la madera, lo que limita las variaciones dimensionales en dicha dirección. A diferencia de las contracciones radial y tangencial, esta propiedad se caracteriza por su escasa variación, lo cual contribuye a una mayor estabilidad dimensional durante el proceso de secado y en aplicaciones posteriores del material.

4.3.4. Contracción volumétrica

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado a los valores de contracción volumétrica, bajo un nivel de confianza del 95 %. Se identificaron diferencias estadísticamente altamente significativas en el factor nivel de altura, sección transversal y la interacción entre estos factores. En cambio, los factores especie, la interacción especies*niveles, especies*secciones y la interacción entre los factores especies*niveles*secciones no mostraron diferencias significativas (p -valor $> 0,05$), lo que sugiere que, de forma independiente, no ejercen un efecto relevante sobre la contracción volumétrica (**Tabla 16**).

Tabla 16. ANVA de la contracción volumétrica de dos especies forestales (*O. platyspermum* y *B. utile*).

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Especie	1	0,22	0,22	0,75	0,3891 ^{ns}
Nivel Longitudinal	2	3,91	1,95	6,62	0,0023**
Sección Transversal	2	38,22	19,11	64,70	0,0001**
Especies*Niveles	2	0,32	0,16	0,55	0,5821 ^{ns}
Especies*Secciones	2	1,53	0,76	2,59	0,0820 ^{ns}
Niveles*Secciones	4	4,41	1,10	3,73	0,0081**
Especies*Niveles*Secciones	4	2,60	0,65	2,20	0,0778 ^{ns}
Error	72	21,27	0,30		
Total	89	72,48			

*: Significativo; **: altamente significativo; ns: no significativo; CV (%): 4,76 %

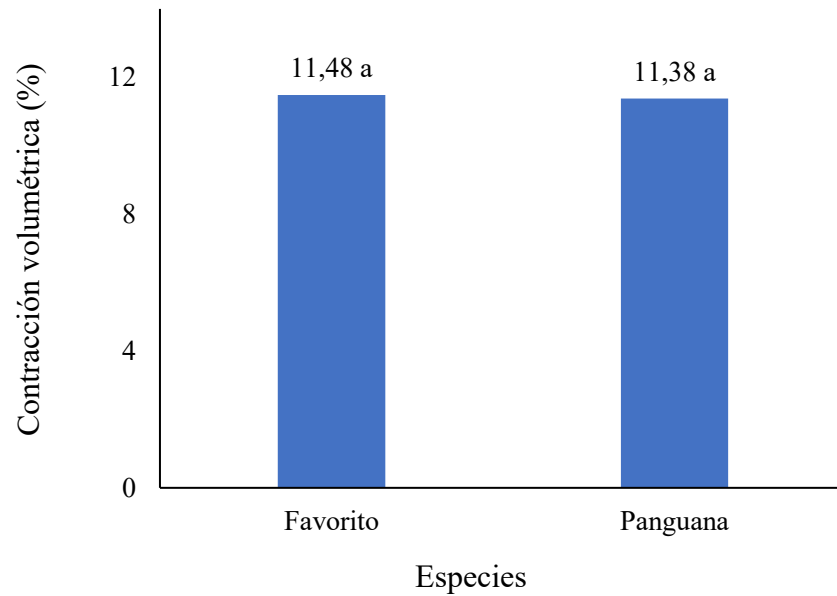


Figura 29. Prueba de comparación de medias de la contracción volumétrica de las especies

La prueba de comparación múltiple de Duncan aplicada a los valores de contracción volumétrica según las especies evaluadas no reveló diferencias estadísticamente significativas entre ellas. *Osteophloeum platyspermum* (favorito) presentó un valor promedio de 11,48 %, mientras que *Brosimum utile* (panguana) alcanzó un promedio ligeramente menor, con 11,38 % (**Figura 29**).

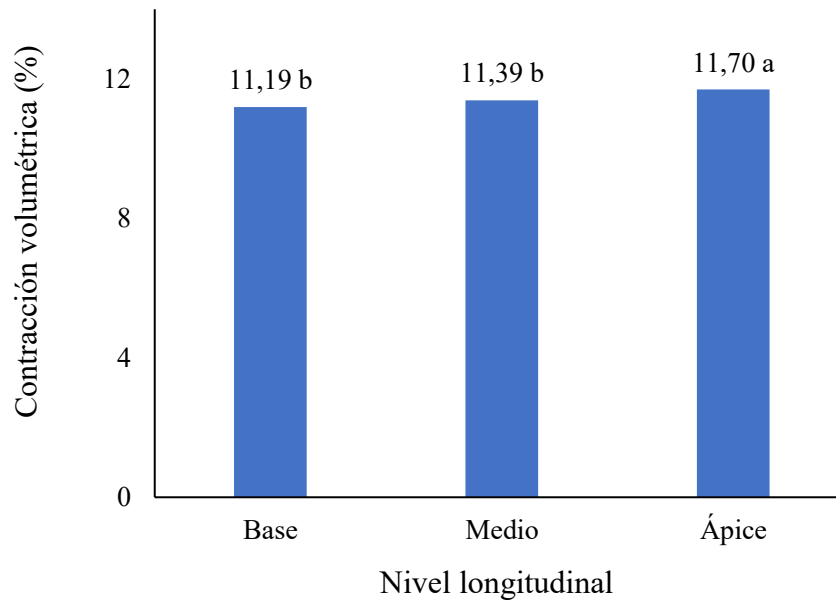


Figura 30. Prueba de comparación de medias de la contracción volumétrica en el nivel longitudinal.

La evaluación de la contracción volumétrica mediante la prueba de Duncan evidenció un incremento desde la base (11,19 %) hasta el ápice (11,70 %), pasando por 11,39 % en el nivel medio. Las diferencias fueron significativas únicamente para el ápice, comparado con los niveles basal y medio (**Figura 30**).

Los resultados de la prueba de Duncan aplicada a la contracción volumétrica en las distintas secciones transversales del fuste, muestra la sección interna registró un promedio de 10,82 %, seguida por la sección central con 11,13 %, mientras que la sección externa alcanzó el valor más alto, con un promedio de 12,33 %. Con base en los resultados de la comparación estadística, no se identificaron diferencias significativas entre las secciones transversales (**Figura 31**).

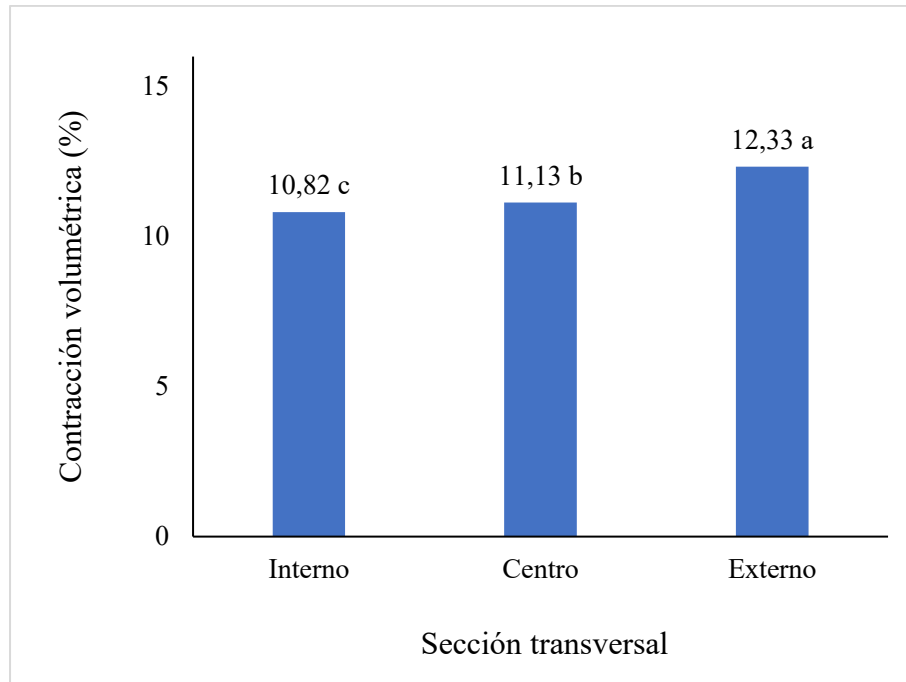


Figura 31. Prueba de comparación de medias de la contracción volumétrica en la sección transversal.

Tabla 17. Análisis entre los niveles longitudinales (base, medio y ápice) y secciones transversales (interno, centro y externo).

Fuente de Variación	Contracción Radial		
	GL	CM	P-Valor
Efectos simples de los Niveles Longitudinales			
Nivel Longitudinal en Interno	2	1,35	0,0157*
Nivel Longitudinal en Centro	2	0,12	0,7380 ^{NS}
Nivel Longitudinal en Externo	2	2,35	0,0044**
Efectos simples de las Secciones Transversales			
Sección Transversal en Base	2	3,59	0,0001**
Sección Transversal en Medio	2	7,15	0,0001**
Sección Transversal en Ápice	2	9,97	0,0001**

*: Significativo; **: altamente significativo; ns: no significativo

En el análisis de los efectos simples al abrir la interacción de los niveles longitudinales en la sección transversal del fuste en la contracción volumétrica, se evidenció diferencias estadísticamente significativas en la sección interna y diferencias altamente significativas en la sección externa, dentro del factor "nivel longitudinal del fuste". En contraste,

al evaluar el nivel longitudinal dentro de la sección externa, no se observaron diferencias estadísticamente significativas. Por otra parte, al analizar la variación de las secciones transversales dentro de cada nivel longitudinal, se identificaron diferencias altamente significativas en los tres niveles de altura del fuste, con un valor de $p = 0,0001$ (**Tabla 17**).

En cuanto al efecto simple del nivel de altura dentro del factor sección transversal sobre la contracción volumétrica, se observaron los siguientes resultados: en la sección interna, el nivel apical presentó diferencias estadísticamente significativas en comparación con los niveles basal y medio; en la sección central, no se evidenciaron diferencias significativas entre los niveles de altura evaluados; mientras que en la sección externa, los niveles basal y apical no mostraron diferencias entre sí, y el nivel medio no presentó diferencias significativas ni con la base ni con el ápice (**Tabla 18**).

Tabla 18. Contracción volumétrica con respecto al efecto simple del factor niveles longitudinales (base, medio y ápice) en el factor sección transversal (interno, centro y externo).

Clave	Promedio	Sig.
Base en Interno	10,59	b
Medio en Interno	10,64	b
Ápice en Interno	11,26	a
Base en Centro	11,14	a
Medio en Centro	11,21	a
Ápice en Centro	11,00	a
Base en Externo	11,85	a
Medio en Externo	12,33	ab
Ápice en Externo	12,84	b

Además, se observa la contracción volumétrica con respecto al efecto simple del factor sección transversal en el factor nivel de altura; donde en los tres niveles de altura del fuste estadísticamente, presentaron el mismo resultado, donde las secciones interna y centro no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí, pero la sección externa si presenta diferencia estadística con respecto a las otras secciones (**Tabla 19**).

Tabla 19. Contracción volumétrica con respecto al efecto simple del factor factor sección transversal (interno, centro y externo) en el factor niveles longitudinales (base, medio y ápice).

Clave	Promedio	Sig.
Interno en Base	10,59	b
Centro en Base	11,14	b
Externo en Base	11,85	a
Interno en Medio	10,64	b
Centro en Medio	11,21	b
Externo en Medio	12,33	a
Interno en Ápice	11,26	b
Centro en Ápice	11,00	b
Externo en Ápice	12,84	a

La contracción volumétrica promedio fue de 11,48 % para la especie favorito (*Osteophloeum platyspermum*) y de 11,38 % para panguana (*Brosimum utile*); estos valores se aproximan a lo reportado por Porta (2019), quien halló una contracción volumétrica de 12,20%; Quemá (2015) obtuvo un valor de 11,71 % en *Vochysia leguiana*; Gámez (2009), en su estudio sobre *Calycophyllum spruceanum*, registró un valor de 11,4 %; y Jauregui et al. (2019), al evaluar *Anacardium giganteum*, reportaron un promedio de 11,19 %. A diferencia de lo anterior, otros estudios presentaron valores que difieren con lo obtenido; Vilcayauri (2009), al analizar la especie *Simarouba amara*, encontró valores inferiores tales como 6,89 % en la base, 7,99 % en el nivel medio y 7,67 % en el ápice; Puluche (2024) evaluó las especies *Vochysia grandis* y *Laetia procera*, obteniendo un valor más elevado de 16,76 %; asimismo, Rivera (2023) reportó una contracción volumétrica de 8,19 % en *Schizolobium amazonicum*.

Tanto las diferencias entre *Osteophloeum platyspermum* y *Brosimum utile* como las variaciones respecto a lo informado por otros autores pueden relacionarse con las particularidades de cada especie. La edad del árbol, el entorno de crecimiento (suelo, altitud y clima), y las características anatómicas, como la proporción entre madera temprana y tardía y el patrón de los anillos de crecimiento, ejercen un efecto importante sobre la contracción volumétrica, determinando el comportamiento dimensional de la madera durante su secado y uso.

4.3.5. Relación Tangencial/Radial

El análisis de varianza (ANVA) aplicado a la relación tangencial/radial en las especies estudiadas fue realizado considerando un nivel de confianza del 95 %. Los resultados muestran que el factor especie presentó diferencias estadísticamente altamente significativas (P-valor = 0,0066). En contraste, los factores nivel longitudinal, sección transversal y las interacciones entre los factores no evidenciaron diferencias significativas, lo que indica que no influyen de manera relevante sobre esta relación (**Tabla 20**).

Tabla 20. ANVA de la relación Tangencial/Radial de dos especies forestales (*O. platyspermum* y *B. utile*).

FV	GL	SC	CM	F	P-valor
Especie	1	1,13	1,13	7,84	0,0066**
Nivel Longitudinal	2	0,54	0,27	1,87	0,1619 ^{NS}
Sección Transversal	2	0,66	0,33	2,30	0,1074 ^{NS}
Especies*Niveles	2	0,24	0,12	0,83	0,4398 ^{NS}
Especies*Secciones	2	0,11	0,06	0,39	0,6807 ^{NS}
Niveles*Secciones	4	0,16	0,04	0,27	0,8941 ^{NS}
Especies*Niveles*Secciones	4	0,12	0,03	0,20	0,9369 ^{NS}
Error	72	10,35	0,14		
Total	89	13,30			

*: Significativo; **: altamente significativo; ns: no significativo; CV (%): 21,99 %

La prueba de Duncan aplicada a los datos obtenidos para la relación Tangencial/Radial, revelan que ambas especies investigadas presentaron diferencias estadísticas, donde la especie favorito presentó una mayor media que fue de 1,84 y la especie panguana obtuvo un valor de 1,61 (**Figura 32**).

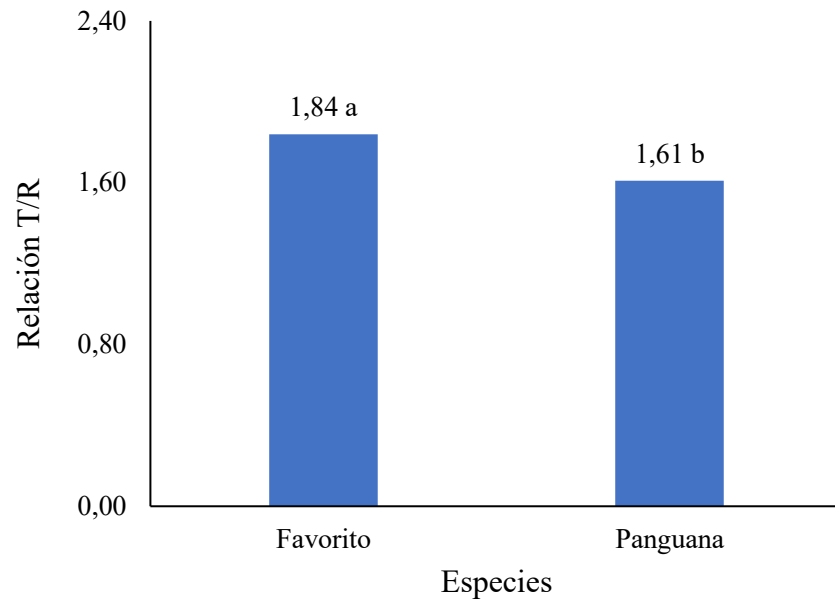


Figura 32. Prueba de comparación de medias de la relación T/R de las especies.

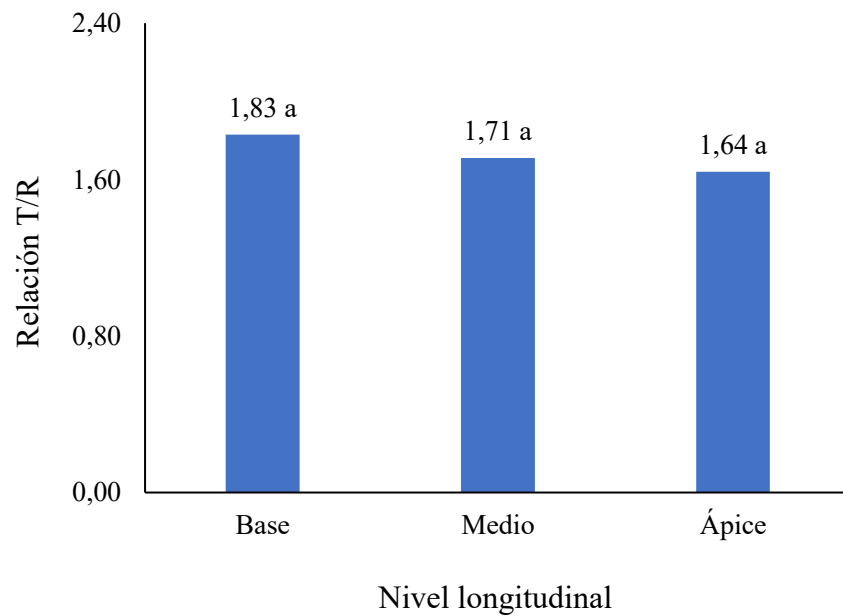


Figura 33. Prueba de comparación de medias de la relación T/R en el nivel longitudinal.

Los resultados de la relación Tangencial/Radial (%) en los distintos niveles del fuste muestran que no existen diferencias significativas entre ellos; no obstante, se observa una

tendencia descendente, siendo el nivel basal el de mayor valor (1,83 %), seguido del nivel medio (1,71 %) y finalmente el apical con 1,64 % (**Figura 33**).

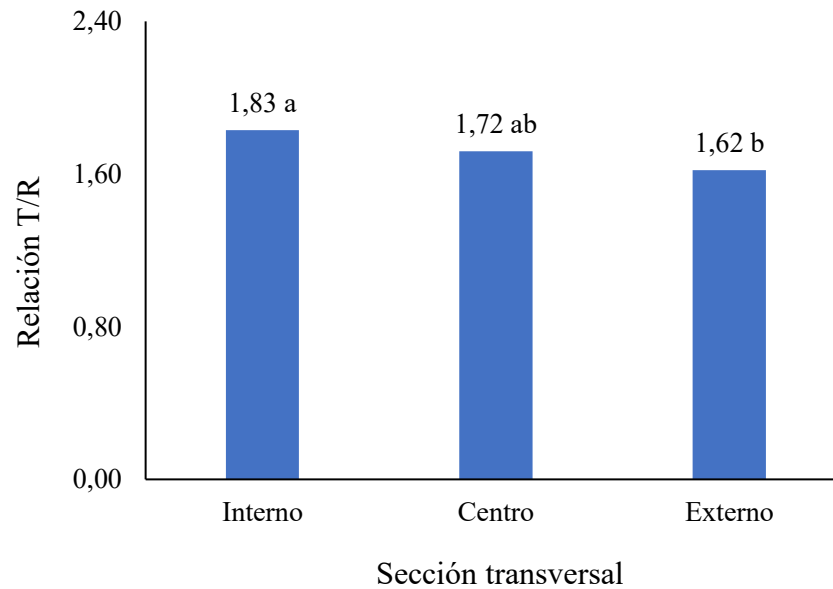


Figura 34. Prueba de comparación de medias de la relación T/R en la sección transversal.

En el análisis de la prueba de medias de Duncan de la relación T/R según las secciones transversales del fuste, se observó que la sección interna obtuvo el promedio más alto (1,83), seguida por la sección central (1,72), mientras que la sección externa registró el valor más bajo (1,62). El contraste estadístico evidenció diferencias significativas entre las secciones interna y externa; no obstante, la sección central presentó similitud estadística con ambas, sin mostrar diferencias significativas (**Figura 34**).

La especie favorito (*Osteophloeum platyspermum*) alcanzó un promedio total de 1,84 en la relación tangencial/radial; por su parte, la especie panguana (*Brosimum utile*) registró un valor de 1,61; Porta (2019), en un estudio previo sobre *Brosimum utile*, reportó un valor similar de 1,54; Shapiama (2023) encontró un promedio de 1,61 en *Dacryodes peruviana*; y Fasanando (2023) informó un valor de 1,71 en *Simarouba amara*. En contraste, otras especies mostraron relaciones T/R notablemente más elevadas; Puluche (2024) señaló que *Vochysia grandis* alcanzó un promedio de 2,92, mientras que *Laetia procera* obtuvo 2,47; Zavaleta (2024) indicó un valor de 2,28 en *Clarisia racemosa*; Pimentel (2021) reportó 2,52 en *Miconia minutiflora*; y López (2019) determinó un valor más bajo de 1,44 en *Manilkara bidentata*.

Las diferencias en la relación tangencial/radial (T/R) entre las especies estudiadas y en comparación con otros trabajos se atribuyen posiblemente a las características anatómicas propias de cada especie y a las condiciones del sitio de crecimiento. Factores como la proporción de madera temprana y tardía, la orientación de las fibras y la distribución de los anillos de crecimiento influyen directamente en esta propiedad. Cabe señalar que valores de T/R más cercanos a 1 indican una mayor estabilidad dimensional durante el secado. En ese sentido, los promedios obtenidos en la investigación reflejan un comportamiento aceptable, con menor propensión a deformaciones.

V. CONCLUSIÓN

1. El contenido de humedad saturada en la especie *Brosimum utile* presentó el mayor promedio con 100,43 %, superando a *Osteophloeum platyspermum* con 86,93 %; nivel longitudinal, aumentó de la base al ápice, mostrando diferencia estadística; en la sección transversal, también ascendió de la sección interna a la externa, aunque sin diferencia estadística. En cuanto al contenido de humedad al aire, *O. platyspermum* registró un promedio de 11,64 % y *B. utile* de 11,98 %; en el nivel longitudinal, la media disminuyó de la base al ápice sin diferencias estadísticas; mientras que, en la sección transversal, los valores aumentaron de la parte interna a la externa, presentando diferencia estadística.
2. La densidad saturada fue de 0,85 g/cm³ en *Osteophloeum platyspermum* y 0,90 g/cm³ en *Brosimum utile*, con incrementos desde la base hacia el ápice a nivel longitudinal y desde la parte interna hacia la externa en la sección transversal. La densidad básica registró promedios de 0,50 g/cm³ y 0,46 g/cm³ en *O. platyspermum* y *B. utile*, respectivamente; esta disminuyó longitudinalmente y aumentó transversalmente, en ambos casos con diferencias estadísticas. Por último, la densidad anhidra fue de 0,51 g/cm³ para ambas especies, también con un descenso de la base al ápice, ambos con significancia estadística.
3. La contracción tangencial en la especie *Osteophloeum platyspermum* presentó una media de 7,59 % y *Brosimum utile* de 7,15 %. Con respecto a la contracción radial, los valores fueron de 4,41 % para *O. platyspermum* y 4,74% en *B. utile*, respectivamente. La contracción longitudinal fue de 0,32 % en *O. platyspermum* y de 0,40 % en *B. utile*. En cuanto a la contracción volumétrica, los promedios fueron de 11,48% para *O. platyspermum* y de 11,38 % para *B. utile* (panguana). Respecto a la relación tangencial/radial, se registraron medias de 1,84 y 1,61, respectivamente. En función de estos resultados, ambas especies se clasifican como maderas con altos cambios dimensionales.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- Realizar estudios comparativos del contenido de humedad de equilibrio en diferentes épocas del año y bajo distintas condiciones de almacenamiento, con el objetivo de determinar su influencia en los procesos de secado natural y artificial de ambas especies.
- Investigar la relación entre la densidad (saturada, básica y anhidra) y las propiedades mecánicas de las especies *Osteophloeum platyspermum* y *Brosimum utile*, considerando además variables edafoclimáticas del sitio de procedencia. Asimismo, se sugiere estudiar su influencia en la trabajabilidad de la madera, con miras a identificar oportunidades de valor agregado para productos industriales como pisos, carpintería estructural o mobiliario.
- Analizar el comportamiento de las especies *Osteophloeum platyspermum* y *Brosimum utile* de contracción en función de tratamientos de secado artificial, con el propósito de mejorar la estabilidad dimensional de la madera y ampliar su aplicabilidad en productos de mayor valor agregado que requieren precisión dimensional y estabilidad en uso final.
- Implementar procedimientos de calibración periódica de instrumentos de medición, como el micrómetro y el vernier, a fin de minimizar errores sistemáticos y asegurar mayor confiabilidad en futuras investigaciones.
- Se recomienda que en futuras investigaciones se evalúe la variación de las propiedades físicas de la madera en diferentes épocas del año, comparando la estación lluviosa y la estación seca, así como en distintas zonas geográficas del Perú, con el fin de determinar la influencia de la estacionalidad y del entorno ecológico en el comportamiento dimensional de las especies.

VII. REFERENCIAS

- Aguirre Ruiz, 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 Pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/604>
- Baluarté Vásquez, J. R. (1993). Características dendrológicas de cinco especies forestales de selva baja. *Folia Amazónica*, 5(1-2), 59-74. <https://doi.org/https://doi.org/10.24841/fa.v5i1-2.221>
- Baluarté Vásquez, J. R., & Aróstegui Vargas, A. (1990). Identificación y descripción de diecinueve especies Forestales del Bosque Humedo Tropical (Bh-T) Colonia Angamos (Rio Yavari) y Jenaro Herrera. *Folia Amazónica*, 2(1-2), 37-69. <https://doi.org/https://doi.org/10.24841/fa.v2i1-2.104>
- Bárceñas Pazos, G., & Dávalos Sotelo, R. (1999). Importancia de la lignina en las contracciones de la madera: revisión bibliográfica. *Madera y Bosques*. 5 (1), 13-26. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61750103>
- Burga Wesember, V. A. (2017). *Influencia de los niveles longitudinales del fuste en los coeficientes de contracción y en el punto de saturación de las fibras de la madera de dos especies forestales del bosque de Macuya - UNU - región Ucayali*. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional de Ucayali] <https://repositorio.unu.edu.pe/items/e0c1f7dc-49a0-4145-9503-852405d452d2>
- Cáceres Huashuayo, D. J. (2024). *Anatomía y propiedades físicas de la madera de Simarouba amara de 9 años en Ucayali-Perú* [Tesis Pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina] <https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/abd1cb45-7cd7-4fb5-81d8-e0757d9326b0>
- Cano Valencia, C. D. (2024). *Determinación de las propiedades físicas de Juan Gil (Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macb.) en el distrito de Imaza, Amazonas – Perú*. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca].

<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/6333/Informe%20Tesis-Charles%20Cano-2024.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cartuche Peralta, K. M. (2022). *Caracterización de la madera de 95 especies forestales del Sur de Ecuador con base a sus propiedades físicas, organolépticas y anatómicas*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Loja] Repositorio UNL. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/24554>

Cisternas Pettinelli, A. G. (1994). Conversión de densidades de la madera. *Ciencia & Investigación Forestal*, 8(2), 301–315. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.1994.207>

Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo. (2004). *Maderas del Perú = Woods of Peru* [Archivo PDF]. https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/maderas_del_peru_5b1_5d_1.pdf

Córdoba Foglia, R. (2012). Conceptos básicos sobre el secado de la madera. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 2(5), 88–92. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/546>

Dávila García, V. P. (2020). *Propiedades físicas básicas de la madera de Pterygota amazónica Lo williams ex Dorr (paujil ruro) y su variabilidad en los tres niveles longitudinales del fuste, proveniente de la sub-cuenca Shahuanya – distrito de Masisea – provincia de Coronel Portillo - departamento de Ucayali*. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional de Ucayali] <https://repositorio.unu.edu.pe/items/9b4e70f5-7631-48ff-bbce-fe8a4aef6dd>

Decreto Supremo N° 018 de 2015 (MINAGRI). Que aprueba el reglamento para la Gestión Forestal. 29 de setiembre de 2015. <https://www.midagri.gob.pe/portal/decreto-supremo/ds-2015/13917-decreto-supremon-018-2015-minagri>

De La O Hinostroza, S. (2016). *Anatomía y propiedades físicas de la madera de primera y tercera corta de Eucalyptus Globulus Labillhuanchar –Concepción*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Centro] <http://hdl.handle.net/20.500.12894/3466>

De la Mata Jiménez, J. (2011). *Influencia de la humedad de la madera en la evaluación de las propiedades mecánicas del pino silvestre mediante técnicas no destructivas*. [Tesis

Pregrado, Universidad Politécnica de Madrid]
https://oa.upm.es/36492/1/PFC_JAIME_DE_LA_MATA_JIMENEZ.pdf

- Díaz A., A., Huanay C., J., Medina H., R., Aylas M., A., & Paucar C., J. (2019). Anatomía y propiedades físicas de la madera de dos especies del departamento de Puno. *Arnaldoa*, 26(2)(595-606). <https://doi.org/https://doi.org/10.22497/arnaldoa.262.26205>
- Fasanando Gonzales, K. V. (2023). *Influencia de los niveles del fuste en las propiedades físicas de la madera de Marupa (Simarouba amara Aubl.) de una plantación de 11 años de edad en Pucallpa*. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional de Ucayali]. <https://repositorio.unu.edu.pe/items/971900db-df59-4141-8164-08b6b512560c>
- Flores Bendezú, Y. (2018). *Árboles nativos de la Región Ucayali (1.ª ed.)*. Estación Experimental Agraria Pucallpa. https://www.researchgate.net/profile/Ymber-Flores-Bendezu-2/publication/328145898_Arboles_nativos_de_la_Region_Ucayali/links/5bbb686a299bf1049b74f03c/Arboles-nativos-de-la-Region-Ucayali.pdf
- Giménez, A. M., Moglia, J. G., Hernández, P., & Gerez, R. (2000). *Anatomía de la madera*. Universidad Nacional de Santiago del Estero. <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/sd-1-anatomia-de-madera.pdf>
- Holdridge, L., Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas & Jiménez Saa, H. (1987). *Ecología basada en zonas de vida*. <https://hdl.handle.net/11324/7936>.
- Huaynalaya Marcos, F. E. (2018). *Evaluación de las propiedades físicas de la madera de tres especies forestales y su variación por niveles longitudinales del fuste, provenientes de la cuenca del río Utuquinia - provincia Coronel Portillo - región Ucayali*. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional de Ucayali] <https://repositorio.unu.edu.pe/items/3bd73023-cdcd-4297-b8c0-7563c118956f>
- Juela Quizhpe, T. C. (2015). *Caracterización de las propiedades físicas de la madera de Eucalyptus saligna Smith en la provincia de Loja*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Loja] <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/10310>

- Julca Peña, E. H. (2021). *Caracterización anatómica y física de la madera de *Byrsonima schunkei* W. R. Anderson (INDANO), distrito La Morada – Huánuco*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva] <https://hdl.handle.net/20.500.14292/2038>
- Ley N° 29763 de 2015. Ley forestal y de fauna silvestre N.º 29763 y sus reglamentos. 24 de setiembre del 2015. <https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-sanmartin/archivos/public/docs/lffs-y-sus-reglamentos.pdf>
- López Varas, B. J. (2019). *Propiedades físicas y mecánicas de la madera "Quinilla" *Manilkara bidentata* como material de construcción en estado verde, Iquitos 2019*. [Tesis de pregrado, Universidad Científica del Perú] <http://hdl.handle.net/20.500.14503/1269>
- López Camacho, R. & Montero González, M. I. (2005). *Manual de identificación de especies forestales en Bosques Naturales con manejo certificable por comunidades*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas. https://sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/Manual_identificacion.pdf
- Mediavilla Mediavilla, F. V. (2016). *Propiedades físicas, químicas y de trabajabilidad de la madera de *Alnus nepalensis* D. Don en Intag, zona Andina del Ecuador*. [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica del Norte] <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/5352>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2014). *Propiedades anatómicas, físicas y mecánicas de 93 especies forestales*. [Archivo PDF] <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/e38440e9-a137-43cb-bdcf-f8fa1c8c6dce/content>
- Ministerio del Ambiente y Agua, Ministerio de Agricultura y Ganadería & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2021. *Guía para la identificación dendrológica y anatómica de 29 especies maderables*. Programa Integral Amazónico de Conservación de Bosques y Producción Sostenible. https://www.proamazonia.org/wp-content/uploads/2021/05/GUIA-DENDROLOGIA-Y-ANATOMIA-DE-LA-MADERA-V4-WEB-1_compressed.pdf

- Morvely Veintemilla, W. D. (2014). *Determinación de las características anatómicas y propiedades físicas de la madera de las especies *Erismia uncinatum* Warm y *Dacryodes peruviana* (Loes) H.J. LAM proveniente de la provincia de Tambopata- Madre de Dios*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios] <http://hdl.handle.net/20.500.14070/97>
- Moscoso, J., Gutiérrez, C., Bardales, F., Benavente, C., Bravo de Rueda, D., Pérez, R., Sánchez, M., & Ugarte, J. (2009). *Técnicas de secado de la madera (Serie 1: Competencias Básicas para la Producción Industrial de Muebles de Madera)*. Centro de Innovación Tecnológica de la Industria de la Madera. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/571600/03._T%C3%A9cnicas_de_secado.pdf
- Moya Roque, R., Muñoz Acosta, F., Salas Garita, C., Berrocal Jiménez, A., Leandro Zúñiga, L., & Esquivel Segura, E. (2010). Tecnología de madera de plantaciones forestales: Fichas técnicas. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 7(18-19), 1–208. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/383>
- Mopán Palechor, L. M., Echeverri Bucheli, D. E., Ocampo Triviño, I., Gómez Gómez, S., Alegría Ocampo, B. S., Hoyos Londoño, C., Gómez Meneses, G. A., Aguilar Piamba, J. C., Tejada Espinosa, I. C., Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, Fundación para la Orientación Familiar. (2014). *Identificación de necesidades y fortalecimiento de la actividad artesanal en el departamento del Cauca: Guapi*. Artesanías de Colombia. <https://repositorio.artesaniadescolombia.com.co/handle/001/4802>
- NTP (Norma Técnica Peruana 251.011). (2014). Método de determinación de la densidad. Lima-Perú.
- NTP (Norma Técnica Peruana 251.008.). (2016). Método para selección y colección de muestras. Lima-Perú.
- NTP (Norma Técnica Peruana 251.010). (2014). Método para determinar el contenido de humedad. Lima-Perú.
- NTP (Norma Técnica Peruana 251.012). (2015). Método de determinación de la contracción. Lima- Perú.

- Ordoñez García, P. K., & Lugo Chávez, Y. K. (2016). *Estructuras de madera aplicadas al sector de la construcción en el Perú*. [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú] <http://hdl.handle.net/20.500.12404/6834>
- Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre. (2018). *Fichas de identificación de especies forestales maderables y silvicultura tropical*. OSINFOR. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1016215/fichas-de-identificaci%C3%B3n-de-especies-final-201820200716-31706-1167p5k.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2014). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2014: La innovación en la agricultura familiar*. FAO. <https://www.fao.org/3/i4036s/i4036s.pdf>
- Paguay Peña, I. P. (2013). *Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de tres especies forestales Andina. platuquero (Styloceras sp), yagual (polylepis racemosa), nogal (Juglans neotropica)*. [Tesis de Pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo] <https://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2788>
- Pimentel Villar, D. (2021). *Variabilidad de las propiedades físicas de la madera de "Shalluche" (Miconia minutiflora (Blonpl.) DC, Melastomataceae) provenientes del caserío de Macora, Chinchao-Huánuco*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva] <https://hdl.handle.net/20.500.14292/2096>
- Porta Santa Cruz, J. M. (2019). *Evaluación de las propiedades físicas de Brosimum utile (Kunth) Oken "Panguana", proveniente de la parcela de corta N°05, plan operativo N°03 de la comunidad nativa Yamino – Ucayali*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva] <https://hdl.handle.net/20.500.14292/1622>
- Puluche Shapiama, W. A. (2024). *Caracterización de las propiedades físicas de Vochysia grandis Mart y Laetia procera (Poepp.) Eichler en el distrito La Morada – Huánuco*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva] <https://hdl.handle.net/20.500.14292/2740>

- Quemá Taimal, G. N. (2015). *Evaluación de características anatómicas, y propiedades físicas - químicas de dos especies forestales de la Amazonia Ecuatoriana*. [Tesis pregrado, Universidad técnica del Norte] <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/5704>
- Quispe Escobar, 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 pregrado, Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía] <https://api-repositorio.unia.edu.pe/server/api/core/bitstreams/63ea04cd-63b6-41a0-bca5-a8ce27c534a3/content>
- Quispe Rosado, D. A. (2021). *Dendrología de cuatro especies de la familia Myristicaceae del sector Unión Siria – Puerto Bermúdez, Pasco*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú] <http://hdl.handle.net/20.500.12894/7659>
- Resolución Jefatural N.º 458 de 2002 [Instituto Nacional de Recursos Naturales]. Por la cual se establecen los Diámetros Mínimos de Corta para las especies forestales. 13 de diciembre de 2002. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/per213881.pdf>
- Resolución de Dirección Ejecutiva N.º 086 de 2016 [Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre]. Lineamientos para la elaboración del Plan de Manejo Forestal Intermedio (PMFI) para permisos de aprovechamiento forestal en comunidades nativas y campesinas. 22 de abril de 2016.
- Rivera Canales, M. R. (2023). *Anatomía y propiedades físicas de la madera de *Schizolobium amazonicum* de once años asociada con cacao en San Martín, Perú*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/6044>
- Rosales, E., Salas, A., Tuesta, Y., Trinidad, D. (2018). Comparación de cinco métodos de apilado en ambiente cerrado para el secado de madera aserrada de *Brosimum lactescens* (S. Moore) C. C. Berg (manchinga), Las Piedras, Tambopata – Madre de Dios. *Rev. CEPROSIMAD*. 6 (2): 29-35.
- Rosales Solórzano, E. R., Salas Choquehuanca, A. J., Tuesta Ramírez, Y. A., & Dea Hidalgo, T. M. (2018). Comparación de Cinco Métodos de Apilado en Ambiente Cerrado para el

Secado de Madera Aserrada de *Brosimum lactescens* (S. Moore) C. C. Berg (manchinga), Las Piedras, Tambopata – Madre De Dios. *Revista El CEPROSIMAD*, 6(2), 30–36. <https://doi.org/10.56636/ceprosimad.v6i2.67>

Sierra Solis, R. (2020) *Identificación de especies maderables comerciales mediante características organolépticas, Irazola – Ucayali*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú] <http://hdl.handle.net/20.500.12894/6595>

Shapiama Flores, S. (2023). *Propiedades físicas en el eje longitudinal y transversal del fuste de Dracryodes peruviana (copal), zona-Tingo María*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/2768>

Spavento, E., Keil, G., Murace, M., Lujan, M., & Bertoli, B. (2008). *Usos potenciales de la madera de roble europeo y fresno americano cultivados en la provincia de Buenos Aires, Argentina*. Universidad de Talca. <https://repositorio.utralca.cl/repositorio/server/api/core/bitstreams/a51c86c0-72ac-45bc-bacf-5249f5766b7a/content>

Torres Meléndez, J. (2017) *Influencia de los niveles longitudinales del fuste en algunas propiedades físicas de la madera de dos especies forestales: Lonchocarpus guilleminianus (tul.) malme (maría buena) y Ziziphus cinnamomum Tr. & Pl. (achuni caspi) provenientes del bosque CICFOR Macuya-2016*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Ucayali] <https://hdl.handle.net/20.500.14621/3391>

WWF-Colombia. (2013). *Maderas de Colombia* [Archivo PDF]. <https://www.wwf.org.co/?213040/Maderas-de-Colombia>

WWF-Colombia. (2013). *Maderas de Colombia: Fichas técnicas para la identificación de especies maderables de Colombia* [Archivo PDF] https://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/maderas_de_colombia_15_version_aprobada.pdf

Zavaleta Muñoz, 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 pregrado, Universidad Nacional de Ucayali] <https://hdl.handle.net/20.500.14621/7434>

Ugarte Oliva, J., & Stöffler, K.-H. (2017). *Manual para operadores de secadores convencionales para madera*. Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica de la Madera <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/569887/Manual-de-Secado-1.pdf>

ANEXO

Tabla 21. Promedio de contenido de humedad saturada (%) de las dos especies forestales investigadas (*O. platyspermum* y *B. utile*).

Especie	Nivel	Sección	Repeticiones					
			I	II	III	IV	V	
Favorito	Base	Interno	63,78	65,53	111,06	63,76	51,51	
		Centro	61,28	82,36	80,42	75,29	58,35	
		Externo	72,90	65,77	117,02	65,44	64,22	
	Medio	Interno	85,74	100,17	93,08	61,13	55,72	
		Centro	71,89	97,90	107,71	74,15	69,52	
		Externo	78,64	92,11	124,32	90,25	77,31	
	Ápice	Interno	68,79	98,09	112,02	86,32	80,58	
		Centro	65,41	99,38	124,51	129,28	65,71	
		Externo	95,60	106,70	158,74	153,45	88,82	
	Panguana	Base	Interno	73,40	64,60	72,28	101,15	117,43
			Centro	84,83	80,90	70,34	74,99	141,38
			Externo	77,27	91,98	69,09	92,00	136,23
Medio		Interno	73,40	122,57	79,76	83,70	127,07	
		Centro	110,27	122,36	70,40	107,14	130,95	
		Externo	112,90	114,50	70,77	104,32	145,51	
Ápice		Interno	78,30	131,11	65,71	112,92	125,23	
		Centro	133,83	120,83	57,57	84,83	144,66	
		Externo	117,50	123,57	73,89	75,89	150,00	

Tabla 22. Promedio de contenido de humedad seco al aire (%) de las dos especies forestales investigadas (*O. platyspermum* y *B. utile*).

Especie	Nivel	Sección	Repeticiones				
			I	II	III	IV	V
	Base	Interno	11,62	11,65	12,15	11,19	10,66
		Centro	11,69	11,76	12,12	11,51	11,86
		Externo	11,61	11,86	11,91	11,28	11,81
		Interno	11,20	11,52	12,09	11,57	11,37

Favorito	Medio	Centro	11,22	11,47	11,52	11,63	11,73
		Externo	11,29	11,81	12,22	12,23	11,89
		Interno	11,29	11,31	11,77	11,54	11,06
	Ápice	Centro	11,84	11,56	12,02	11,84	11,74
		Externo	11,59	11,41	11,91	11,74	11,66
		Interno	12,27	12,00	11,61	11,86	11,81
Panguana	Base	Centro	12,47	12,43	11,57	11,98	11,91
		Externo	12,51	12,22	12,10	12,00	11,60
		Interno	12,34	12,07	11,64	12,17	11,53
		Centro	11,97	12,11	11,85	12,00	11,82
Panguana	Medio	Externo	12,01	12,36	11,91	12,12	11,74
		Interno	12,06	11,83	11,71	11,90	11,43
		Centro	12,19	12,25	11,94	11,84	11,34
	Ápice	Externo	12,23	12,33	11,97	12,27	11,66

Tabla 23. Promedio de densidad saturada (g/cm^3) de las dos especies forestales investigadas (*O. platyspermum* y *B. utile*).

Especie	Nivel	Sección	Repeticiones				
			I	II	III	IV	V
Favorito	Base	Interno	0,79	0,86	0,86	0,81	0,77
		Centro	0,82	0,87	0,87	0,89	0,83
		Externo	0,86	0,84	0,94	0,85	0,83
		Interno	0,71	0,84	0,86	0,78	0,71
	Medio	Centro	0,68	0,90	0,92	0,87	0,78
		Externo	0,78	0,83	1,10	0,95	0,80
		Interno	0,72	0,79	0,84	0,83	0,84
	Ápice	Centro	0,76	0,86	0,98	0,98	0,86
		Externo	0,74	0,86	1,05	0,98	0,88
		Interno	0,77	0,82	0,74	0,96	0,83
Base	Centro	0,95	0,98	0,73	0,94	0,89	
	Externo	0,80	0,97	0,77	0,98	0,89	
	Interno	0,74	1,01	0,86	0,83	0,89	

Panguana	Medio	Centro	0,91	1,05	0,85	1,07	0,89
		Externo	0,95	1,03	0,85	1,07	1,00
		Interno	0,73	1,01	0,76	0,96	0,87
Ápice	Centro	0,90	1,06	0,76	0,99	0,98	
	Externo	0,99	1,04	0,84	0,88	0,95	

Tabla 24. Promedio de densidad básica (g/cm^3) de las dos especies forestales investigadas (*O. platyspermum* y *B. utile*).

Especie	Nivel	Sección	Repeticiones						
			Longitudinal	Transversal	I	II	III	IV	V
Favorito	Base	Interno			0,48	0,52	0,41	0,49	0,51
		Centro			0,51	0,50	0,50	0,51	0,53
		Externo			0,59	0,60	0,58	0,60	0,60
	Medio	Interno			0,48	0,42	0,45	0,49	0,45
		Centro			0,50	0,45	0,44	0,50	0,46
		Externo			0,54	0,55	0,54	0,54	0,55
	Ápice	Interno			0,43	0,42	0,40	0,45	0,46
		Centro			0,46	0,45	0,45	0,47	0,49
		Externo			0,50	0,50	0,51	0,50	0,52
	Panguana	Base	Interno			0,44	0,50	0,43	0,48
Centro					0,45	0,51	0,46	0,51	0,38
Externo					0,52	0,54	0,43	0,54	0,38
Medio		Interno			0,43	0,46	0,48	0,45	0,40
		Centro			0,43	0,47	0,50	0,52	0,39
		Externo			0,45	0,48	0,50	0,52	0,41
Ápice		Interno			0,41	0,44	0,46	0,45	0,39
		Centro			0,39	0,48	0,48	0,53	0,40
		Externo			0,46	0,47	0,49	0,50	0,38

Tabla 25. Promedio de densidad anhidra (g/cm³) de las dos especies forestales investigadas (*O. platyspermum* y *B. utile*).

Especie	Nivel	Sección	Repeticiones					
			I	II	III	IV	V	
Favorito	Base	Interno	0,54	0,57	0,45	0,55	0,57	
		Centro	0,56	0,53	0,53	0,56	0,58	
		Externo	0,56	0,57	0,49	0,58	0,57	
	Medio	Interno	0,43	0,47	0,50	0,55	0,51	
		Centro	0,45	0,50	0,49	0,56	0,51	
		Externo	0,48	0,48	0,54	0,56	0,51	
	Ápice	Interno	0,48	0,45	0,45	0,50	0,52	
		Centro	0,51	0,48	0,49	0,48	0,57	
		Externo	0,43	0,47	0,45	0,43	0,52	
	Panguana	Base	Interno	0,50	0,56	0,49	0,54	0,43
			Centro	0,50	0,56	0,51	0,57	0,43
			Externo	0,57	0,60	0,47	0,60	0,42
Medio		Interno	0,48	0,51	0,53	0,50	0,44	
		Centro	0,48	0,53	0,56	0,58	0,44	
		Externo	0,50	0,53	0,55	0,58	0,45	
Ápice		Interno	0,41	0,48	0,46	0,51	0,41	
		Centro	0,43	0,50	0,50	0,54	0,43	
		Externo	0,51	0,52	0,53	0,55	0,44	

Tabla 26. Promedio de contracción tangencial (%) de las dos especies forestales investigadas (*O. platyspermum* y *B. utile*).

Especie	Nivel	Sección	Repeticiones				
			I	II	III	IV	V
Favorito	Base	Interno	7,17	7,45	7,18	6,23	7,23
		Centro	7,67	7,14	6,52	8,46	8,31
		Externo	8,01	7,32	7,20	10,07	7,11
	Medio	Interno	6,32	9,48	7,53	7,19	5,54
		Centro	7,77	8,61	6,93	6,43	6,93
		Externo					

		Externo	8,27	7,80	7,77	7,92	8,83
		Interno	9,52	8,87	6,65	6,24	6,80
	Ápice	Centro	9,41	8,74	6,67	6,27	7,18
		Externo	8,06	9,79	6,99	7,51	6,25
	Base	Interno	5,23	7,44	5,85	7,23	6,74
		Centro	6,05	7,44	6,36	6,12	8,14
		Externo	7,69	7,77	8,57	6,87	7,14
Panguana	Medio	Interno	5,85	6,91	7,92	6,93	7,08
		Centro	6,28	6,59	8,81	6,71	7,87
		Externo	6,52	7,89	8,35	7,10	6,83
	Ápice	Interno	5,79	5,69	6,79	8,15	7,68
		Centro	6,57	6,63	7,84	7,80	7,12
		Externo	7,11	7,13	9,08	8,49	7,51

Tabla 27. Promedio de contracción radial (%) de las dos especies forestales investigadas (*O. platyspermum* y *B. utile*).

Especie	Nivel	Sección	Repeticiones						
			Longitudinal	Transversal	I	II	III	IV	V
	Base	Interno			4,58	4,54	2,65	2,44	3,52
		Centro			3,51	6,13	4,53	3,90	2,83
		Externo			4,86	4,21	6,04	4,34	4,12
Favorito	Medio	Interno			3,99	4,74	3,65	2,73	4,40
		Centro			4,91	4,89	3,74	4,23	3,97
		Externo			5,22	5,14	3,17	5,33	4,78
	Ápice	Interno			5,01	6,40	3,27	3,32	3,40
		Centro			5,24	5,41	3,86	3,94	3,97
		Externo			6,73	6,63	4,18	5,84	3,92
	Base	Interno			3,64	3,44	3,77	5,75	3,65
		Centro			3,55	3,05	3,98	4,88	5,27
		Externo			6,43	4,27	6,14	5,67	5,46
Panguana	Medio	Interno			2,92	4,72	3,84	5,62	4,89
		Centro			5,78	3,85	5,30	4,28	4,32

	Externo	4,28	5,09	5,53	4,44	5,23
	Interno	4,13	5,79	3,80	5,18	4,21
Ápice	Centro	4,17	5,34	4,46	4,62	4,51
	Externo	5,81	6,01	5,17	5,62	5,56

Tabla 28. Promedio de contracción longitudinal (%) de las dos especies forestales investigadas (*O. platyspermum* y *B. utile*).

Especie	Nivel Longitudinal	Sección Transversal	Repeticiones				
			I	II	III	IV	V
Favorito	Base	Interno	0,31	0,38	0,17	0,15	0,14
		Centro	0,40	0,21	0,20	0,28	0,20
		Externo	0,32	0,38	0,45	0,41	0,59
	Medio	Interno	0,24	0,19	0,21	0,24	0,22
		Centro	0,36	0,23	0,27	0,31	0,22
		Externo	0,52	0,40	0,56	0,37	0,58
	Ápice	Interno	0,20	0,24	0,19	0,24	0,21
		Centro	0,13	0,22	0,41	0,27	0,20
		Externo	0,59	0,46	0,55	0,49	0,57
Panguana	Base	Interno	0,20	0,22	0,25	0,24	0,29
		Centro	0,27	0,26	0,24	0,24	0,41
		Externo	0,58	0,56	0,57	0,61	0,44
	Medio	Interno	0,16	0,33	0,30	0,26	0,31
		Centro	0,40	0,35	0,27	0,36	0,20
		Externo	0,47	0,54	0,69	0,59	0,52
	Ápice	Interno	0,39	0,35	0,33	0,42	0,28
		Centro	0,46	0,43	0,49	0,48	0,52
		Externo	0,50	0,50	0,55	0,47	0,55

Tabla 29. Promedio de contracción volumétrica (%) de las dos especies forestales investigadas (*O. platyspermum* y *B. utile*).

Especie	Nivel	Sección	Repeticiones					
			I	II	III	IV	V	
Favorito	Base	Interno	10,45	10,52	10,56	10,69	10,87	
		Centro	11,52	10,94	11,26	11,84	11,13	
		Externo	11,62	11,56	11,55	11,54	11,53	
	Medio	Interno	10,65	10,50	10,94	10,34	11,72	
		Centro	12,95	10,21	10,41	11,00	11,08	
		Externo	12,26	12,61	12,36	12,51	13,22	
	Ápice	Interno	12,62	12,40	10,90	11,28	11,34	
		Centro	11,30	11,35	10,55	10,73	10,67	
		Externo	12,68	13,46	12,43	12,83	11,66	
	Panguana	Base	Interno	10,30	10,87	10,11	10,59	10,78
			Centro	11,22	11,17	10,96	10,98	10,80
			Externo	11,40	13,82	11,66	11,61	11,97
Medio		Interno	10,30	10,88	10,03	10,58	10,44	
		Centro	12,09	12,39	10,38	11,09	10,47	
		Externo	11,67	12,71	12,11	11,62	12,25	
Ápice		Interno	10,71	10,66	10,78	11,08	10,85	
		Centro	10,94	10,98	11,53	10,84	11,08	
		Externo	13,30	13,31	12,75	12,91	13,12	

Tabla 30. Promedio de relación T/R de las dos especies forestales investigadas (*O. platyspermum* y *B. utile*).

Especie	Nivel	Sección	Repeticiones				
			I	II	III	IV	V
Favorito	Base	Interno	1,56	1,65	2,71	2,61	2,20
		Centro	2,22	1,18	1,44	2,17	2,98
		Externo	1,69	1,75	1,45	2,53	1,81
	Medio	Interno	1,58	2,00	2,06	2,84	1,26
		Centro	1,59	1,76	1,87	1,57	1,74
		Externo					

		Externo	1,64	1,59	2,45	1,49	2,00
		Interno	1,90	1,41	2,07	2,01	2,03
	Ápice	Centro	1,80	1,63	1,73	1,59	1,80
		Externo	1,20	1,48	1,69	1,33	1,59
		Interno	1,45	2,18	1,69	1,25	1,85
	Base	Centro	1,82	2,44	1,68	1,26	1,53
		Externo	1,43	2,00	1,66	1,24	1,32
		Interno	2,01	1,47	2,10	1,36	1,45
Panguana	Medio	Centro	1,09	1,72	1,67	1,58	1,82
		Externo	1,52	1,54	1,63	1,62	1,31
		Interno	1,40	0,98	1,86	2,06	1,91
	Ápice	Centro	1,59	1,25	1,87	1,69	1,59
		Externo	1,28	1,18	1,76	1,97	1,48



Figura 35. Selección y reconocimiento de los árboles.



Figura 36. Tala de los árboles seleccionados de la especie Favorito.



Figura 37. Tala de los árboles seleccionados de la especie Panguana.



Figura 38. Codificación de las rodajas.



Figura 39 Colecta de muestras botánicas.



Figura 40. Montaje y prensado de las muestras botánicas.



Figura 41. Trazado del área que se habilitará en la sierra cinta.



Figura 42. Habilitado de las dimensiones de las probetas para los ensayos físicos.



Figura 43. Codificación de las probetas obtenidas.



Figura 44. Medición de probetas.

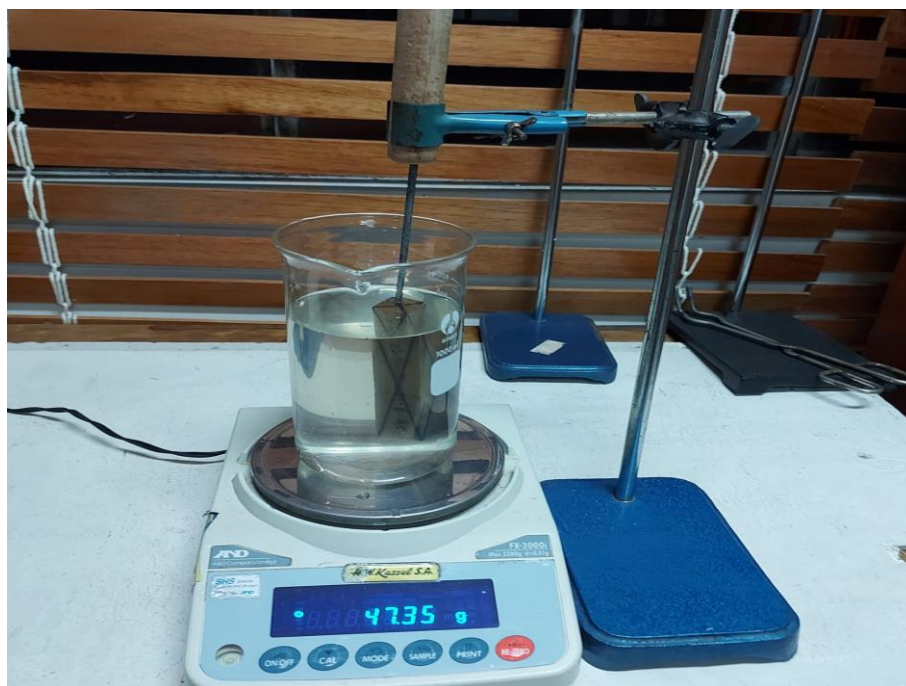


Figura 45. Medición del volumen por el principio de Arquímedes.

Constancia de Identificación botánica de la especie *Osteophloeum platyspermum*



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



CONSTANCIA N° 005-FCFyA-UNU

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

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

DIVISIÓN : MAGNOLIOPHYTA

CLASE : MAGNOLIOPSIDA

ORDEN : MAGNONIALES

FAMILIA : MYRISTICACEAE

GENERO : *Osteophloeum* Warb.

ESPECIE : *Osteophloeum platyspermum* (Spruce ex A. DC.) Warb.

Determinada por : Dr. Víctor Augusto Araujo Abanto

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

Pucallpa, 20 de diciembre del 2022



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

Constancia de Identificación botánica de la especie *Brosimum utile*



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



CONSTANCIA N° 004-FCFyA-UNU

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

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

DIVISIÓN : MAGNOLIOPHYTA

CLASE : MAGNOLIOPSIDA

ORDEN : ROSALES

FAMILIA : MORACEAE

GENERO : BROSIMUM Sw.

ESPECIE : *Brosimum utile* (Kunth)m Oken ex J.Presl.

Determinada por : Dr. Víctor Augusto Araujo Abanto

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

Pucallpa, 20 de diciembre del 2022



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

Constancia de habilitación de probetas en el Taller Carpintería de la UNU



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES



Pucallpa, 21 de agosto de 2025

Señores

Miembros del Jurado de Tesis
 Escuela Profesional de Ingeniería Forestal
 Universidad Nacional Agraria de la Selva
 Presente.-

De mi consideración:

Por medio de la presente, yo, **Dra. María Angélica Flores Romayna**, docente responsable del **Taller de Carpintería de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali**, certifico que la Bachiller **Gabriela Jesús Luna Puchuri**, egresada de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, habilitó sus probetas de ensayo en este taller en el mes de febrero del 2023, cumpliendo con los procedimientos correspondientes durante el desarrollo de su trabajo de investigación para la tesis titulada: **“PROPIEDADES FÍSICAS DEL FUSTE *Osteophloeum platyspermum* (FAVORITO) Y *Brosimum utile* (PANGUANA), PROVENIENTES DE LA CONCESIÓN FORESTAL UCAYALI WOOD”**.

Es cuanto tengo a bien certificar, a solicitud de la interesada, para los fines académicos que estime conveniente.

Atentamente,

Dra. María Angélica Flores Romayna
 Docente Responsable del Taller de Carpintería FCF yA-UNU