

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



**PROPIEDADES FÍSICAS EN EL EJE LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL DEL
FUSTE DE *Dracryodes peruviana* (COPAL), ZONA-TINGO MARÍA**

TESIS

Para optar el título profesional de:

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR:

SHIRLEY SUSAN SHAPIAMA FLORES

Tingo María – Perú

2023



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



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 025-2024-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 11 de octubre de 2023, a horas 10:00 a.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

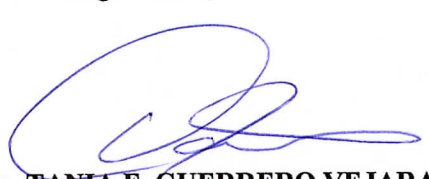
**“PROPIEDADES FÍSICAS EN EL EJE LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL
DEL FUSTE DE *Dracryodes peruviana* (COPAL), ZONA – TINGO MARÍA”**

Presentado por la Bachiller: **SHAPIAMA FLORES, SHIRLEY SUSAN**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“BUENA”**.

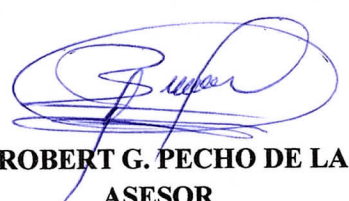
En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

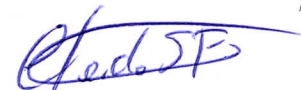
Tingo María, 05 de marzo de 2024


Ing. MSc. RICARDO OCHOA CUYA
PRESIDENTE


Dra. TANIA E. GUERRERO VEJARANO
MIEMBRO


Ing. JORGE L. VERGARA PALOMINO
MIEMBRO


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


Ing. MSc. CLEIDE SANTOS FLORES
ASESOR





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

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 107 - 2024 - CS-RIDUNAS

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

CERTIFICA QUE:

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

Programa de Estudio:

Ingeniería Forestal

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
PROPIEDADES FÍSICAS EN EL EJE LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL DEL FUSTE DE <i>Dracryodes peruviana</i> (COPAL), ZONA-TINGO MARÍA	SHIRLEY SUSAN SHAPIAMA FLORES	14 % Catorce

Tingo María, 25 de marzo de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



Título : Propiedades físicas en el eje longitudinal y transversal del fuste de *D. peruviana* (copal), zona-Tingo María.

Programa de investigación : Ciencia básica forestal (Química, Física, Biotecnología Forestal, Anatomía)

Línea de investigación : Física forestal

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

Autor : SHAPIAMA FLORES, Shirley Susan

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

Lugar de ejecución : BRUNAS

Duración : 6 meses

Financiamiento : S/ 3 551,00

FEDU: No

Propio: SI

Otros: No

Tingo María- Perú

2024

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme despertar cada mañana, por bendecir mi vida y la de mis padres, brindándome la oportunidad de estar y disfrutar al lado de las personas que amo y me aman, rodeándome de buenas personas que influyeron en mi vida e hicieron un sueño posible. El éxito y la satisfacción de esta investigación es gracias a Dios por el regalo de la sabiduría, amor y paciencia.

A mis padres Wilyth Flores Torres y Santos Shapiama Hernández por estar siempre conmigo, por confiar y creer en mí, por hacerme sentir orgullosa todos los días de mi vida, el llegar al final de mi investigación es recordar un inicio donde tuvieron que trabajar mucho y tener que haber pasado tanto, esto es para ustedes y por ustedes a la promesa que les hice, su compañía no solo me ayudó con el proceso y realización de esta tesis sino de mi vida entera.

A mis abuelitos: Manuela y Ortencio, por creer en mí, por las palabras de aliento a mi propósito como hija, estudiante, profesional y persona, en cada paso de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por la bendición de cada día y permitirme tener y disfrutar de mi familia, amigos durante mi formación profesional y a todas aquellas personas que contribuyeron en todo lo posible para el desarrollo de la presente tesis.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva y docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, en especial a la Escuela Profesional de ingeniería Forestal por compartir sus conocimientos en mi formación profesional.

A mis asesores, Ing. M. Sc. Robert Gilbert Pecho De la Cruz y M. Sc. Cleide Santos Flores, por compartir sus conocimientos y orientación para poder desarrollar mi investigación.

A mi tío Nelson Rojas Prada, por orientarme a cumplir con mis objetivos planteados hasta terminar la investigación.

A la señora Roció Santa Cruz Prado, por alentarme siempre a no rendirme a ser mejor día a día a superar mis miedos y por la confianza en mi persona

A Pedro Quispe, María Meza, Shane Zavala y Claudia Robles, por su valioso aporte en mi proceso como estudiante y ejecución de mi tesis, fueron fundamentales para cumplir con el objetivo.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general.....	1
1.1.1. Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Marco teórico.....	3
2.1.1. La madera	3
2.1.2. Propiedades físicas de la madera	3
2.1.3. <i>Dacryodes peruviana</i> (copal).....	7
2.2. Estado del arte.....	8
III. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1. Lugar de ejecución.....	16
3.1.1. Ubicación política	16
3.1.2. Ubicación geográfica	16
3.2. Materiales	16
3.2.1. Material vegetativo	16
3.2.2. Material y equipos para elaboración de probetas.....	16
3.2.3. Material y equipos de laboratorio	17
3.2.4. Condiciones climáticas del laboratorio.....	17
3.3. Método.....	17
3.3.1. Contenido de humedad saturado y seco al aire de <i>D. peruviana</i>	17
3.3.2. Densidad saturada, básica y anhidra de <i>D. peruviana</i>	19
3.3.3. Contracción tangencial, radial, longitudinal, volumétrica y relación tangencial/radial de <i>D. peruviana</i>	20
3.4. Criterios de la investigación	22
3.4.1. Tipo de investigación.....	22
3.4.2. Diseño de investigación.....	22
3.4.3. Características del diseño factorial	23
3.4.4. Variables en estudio.....	23
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
4.1. Contenido de humedad	24
4.1.1. Contenido de humedad saturada (%)	24

4.1.2.	Contenido de humedad seca al aire (%).....	27
4.2.	Densidad	29
4.2.1.	Densidad saturada	29
4.2.2.	Densidad básica	32
4.2.3.	Densidad anhidra	34
4.3.	Contracción de <i>D. peruviana</i>	36
4.3.1.	Contracción tangencial	36
4.3.2.	Contracción radial.....	39
4.3.3.	Contracción longitudinal.....	42
4.3.4.	Relación T/R.....	44
4.3.5.	Contracción volumétrica.....	46
V.	CONCLUSIONES	50
VI.	PROPUESTAS A FUTURO.....	51
VII.	REFERENCIAS.....	52
	ANEXO.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Clasificación de la madera según la densidad básica.	5
2. Clasificación según la contracción volumétrica (CV).....	6
3. Clasificación de la madera según la relación de contracción tangencial y radial.....	7
4. Coordenadas UTM de los árboles seleccionados del BRUNAS	16
5. Análisis de varianza del contenido de humedad saturada (%) de <i>D. peruviana</i>	24
6. Análisis de varianza del contenido de humedad seca al aire (%) de <i>D. peruviana</i>	27
7. Análisis de varianza de la densidad saturada de <i>D. peruviana</i>	29
8. Análisis de varianza de la densidad básica de <i>D. peruviana</i>	32
9. Análisis de varianza de la densidad anhidra de <i>D. peruviana</i>	34
10. Análisis de varianza de la contracción tangencial.	37
11. Análisis de varianza de la contracción radial.	39
12. Análisis de varianza de la contracción longitudinal.	42
13. Análisis de varianza de la relación T/R.....	44
14. Análisis de varianza de la contracción volumétrica.	47
15. Promedio de contenido de humedad saturado (%).	58
16. Promedios de contenido de humedad seco al aire (%).	58
17. Promedios de la densidad saturada (g/cm ³).....	58
18. Promedios de la densidad básica (g/cm ³).....	59
19. Promedios de la densidad anhidra (g/cm ³).....	59
20. Contracción tangencial (%).	59
21. Promedios de la contracción radial (%).	60
22. Promedio de la contracción longitudinal.....	60
23. Promedios de la contracción volumétrica (%).	60
24. Promedios de la relación T/R.	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Datos de Temperatura y humedad relativa del Laboratorio de Anatomía de la Madera.....	17
2. Esquema de obtención de probetas desde el árbol en sus tres niveles y secciones transversales.	18
3. Esquema de factores y niveles en estudio.	22
4. Comparación de medias del contenido de humedad saturada (%) de la especie <i>D. peruviana</i> en los diferentes niveles de altura.....	25
5. Comparación de medias del contenido de humedad satura (%) de la especie <i>D. peruviana</i> en las diferentes secciones transversales.	26
6. Comparación de medias del contenido de humedad seca al aire (%) de la especie <i>D. peruviana</i> en los diferentes niveles de altura.	28
7. Comparación de medias del contenido de humedad seca al aire de la especie <i>D. peruviana</i> en las diferentes secciones transversales.	28
8. Comparación de medias de la densidad saturada de la especie <i>D. peruviana</i> en los diferentes niveles de altura.....	30
9. Comparación de medias de la densidad saturada de la especie <i>D. peruviana</i> en las diferentes secciones transversales.	31
10. Comparación de medias de la densidad básica de la especie <i>D. peruviana</i> en los diferentes niveles de altura.....	32
11. Comparación de medias de la densidad básica de la especie <i>D. peruviana</i> en las diferentes secciones transversales.	33
12. Comparación de medias de la densidad anhidra de la especie <i>D. peruviana</i> en los diferentes niveles de altura.....	35
13. Comparación de medias de la densidad básica de la especie <i>D. peruviana</i> en las diferentes secciones transversales.	36
14. Comparación de medias de la contracción tangencial (%) de la especie <i>D. peruviana</i> en los diferentes niveles de altura.	37
15. Comparación de medias de la contracción tangencial (%) de la especie <i>D. peruviana</i> en las diferentes secciones transversales.	39
16. Comparación de medias de la contracción radial (%) de la especie <i>D. peruviana</i> en los diferentes niveles de altura.	40

17.	Comparación de medias de la contracción radial (%) de la especie <i>D. peruviana</i> en las diferentes secciones transversales.	41
18.	Comparación de medias de la contracción longitudinal (%) de la especie <i>D. peruviana</i> en los diferentes niveles de altura.	43
19.	Comparación de medias de la contracción longitudinal (%) de la especie <i>D. peruviana</i> en las diferentes secciones transversales.	44
20.	Comparación de medias de la relación T/R de la especie <i>D. peruviana</i> en los diferentes niveles de altura.	45
21.	Comparación de medias de la relación T/R de la especie <i>D. peruviana</i> en las diferentes secciones transversales.	46
22.	Comparación de medias de la contracción volumétrica (%) de la especie <i>D. peruviana</i> en los diferentes niveles de altura.	47
23.	Comparación de medias de la contracción volumétrica de la especie <i>D. peruviana</i> en las diferentes secciones transversales.	48
24.	Toma de datos referenciales de los árboles seleccionados.	61
25.	Colecta de muestras botánicas para su identificación.	62
26.	Prensado de las muestras botánicas.	62
27.	Registro de la altura de los árboles apeados.	63
28.	Selección y codificado del árbol a derribar.	63
29.	Apeado de los árboles seleccionados.	64
30.	Obtención de probetas.	64
31.	Registro de los pesos de las probetas.	65
32.	Principio de Arquímedes para la obtención del volumen.	65
33.	Registro de las dimensiones longitudinales.	66
34.	Probetas sometidas a la estufa.	66
35.	Parafinado de las probetas.	67

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue estudiar las propiedades y su variación en el eje longitudinal y transversal del fuste de *Dracryodes peruviana*, del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María - Huánuco, para lo cual se tomaron tres (03) árboles para los diversos ensayos físicos, así mismo se hizo uso de las siguientes Normas Técnicas Peruanas (NTP), 251.008(2016), 251.010(2014), 251.011(2014), 251.012(2015) para la selección y colección de muestras, así mismo para la determinación del contenido de humedad, densidad y contracción. Dando como resultado: El contenido de humedad en la especie *D. peruviana* en el eje longitudinal y transversal fue: en el contenido de humedad saturada promedio de 71%, en el contenido de humedad seca al aire promedio de 14,81%. Las densidades en la especie *D. peruviana* en el eje longitudinal y transversal fue: en la densidad saturada promedio de 0,94 g/cm³, en la densidad básica promedio 0,55 g/cm³, la densidad anhidra promedio de 0,61 g/cm³. En la contracción y relación en la especie *D. peruviana* en el eje longitudinal y transversal fue: en la contracción tangencial promedio de 7,45%, en la contracción radial de 4,69%, en la contracción longitudinal promedio de 0,24%, en la contracción volumétrica promedio de 9,16%, en la relación T/R promedio de 1,61.

Palabras clave: Propiedades físicas, fuste, *Dracryodes peruviana*.

ABSTRACT

The objective of the research was to study the properties and their variation in the longitudinal and transverse axis of the stem of *Dracryodes peruviana*, from the Reserved Forest of the National Agrarian University of the Selva, Tingo María - Huánuco, for which three (03) were taken trees for the various physical tests, likewise, the following Peruvian Technical Standard (NTP), 251.008 (2016), was used for the selection and collection of samples, 251.010 to determine the moisture content, 251.011 (2014) to determine density and finally 251,012 (2015) to determine the contraction. Resulting in: The moisture content in the species *D. peruviana* in the longitudinal and transverse axis was: in the average saturated moisture content of 71%, in the average air dry moisture content of 14.81%. The densities in the species *D. peruviana* in the longitudinal and transverse axis were: in the average saturated density of 0.94 g/cm³, in the average basic density 0.55 g/cm³, the average anhydrous density of 0.61 g /cm³. In the contraction and relationship in the species *D. peruviana* in the longitudinal and transverse axis was: in the average tangential contraction of 7.45%, in the radial contraction of 4.69%, in the average longitudinal contraction of 0.24%, in the average volumetric contraction of 9.16%, in the average T/R ratio of 1.61.

Keywords: physical properties, shank, *Dracryodes peruviana*

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo, existe un aprovechamiento selectivo de especies maderables con alto valor comercial trayendo como consecuencia una disminución de los bosques y plantaciones forestales; sin embargo, en los bosques secundarios existen especies de menor valor comercial, con grandes potencialidades para pensar en la industria forestal, una de estas especies es la *D. peruviana* (copal).

Dentro del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS), existen varias especies de copal, las cuales a la fecha no han sido estudiadas, no tienen estudio de sus propiedades tecnológicas siendo una de las más importantes, las propiedades físicas.

El interés de hacer estudio relacionados al comportamiento de las propiedades físicas de cualquier especie nos brinda información importante para el diseño estructural en madera, ya que este material lignocelulósico cuenta con excelentes características que la diferencian de otros materiales de construcción, asimismo estas propiedades varían de una zona a otra, de un árbol a otro árbol, y también dentro del mismo árbol, en el sentido longitudinal y transversal del fuste.

A pesar que en la región abarca con una gran variedad de especies forestales, no todas son utilizadas de la mejor manera, debido a que existe escasa información tecnológica sobre los usos adecuados de cada especie, por lo cual emerge la necesidad de hacer estudio de las propiedades físicas de la madera para poder asignarle un valor económico y utilidad en base a estudios, por lo cual se genera la siguiente interrogante ¿Cuáles serán las propiedades físicas en el eje longitudinal y transversal del fuste de *D. peruviana* (copal) zona - Tingo María? Contrastando la hipótesis de que las propiedades físicas de la madera no variarán en el sentido longitudinal y transversal del fuste de *D. peruviana* (copal).

En tal sentido, la presente investigación brinda información sobre las propiedades físicas de *D. peruviana*, mediante ensayos de contenido de humedad, densidad y contracción, de esta manera incentivar a la población y al sector forestal, para un aprovechamiento sostenible de las especies bajas de valor comercial, para que así conservar las especies más valiosas de la zona.

1.1. Objetivo general

Estudiar las propiedades físicas en el eje longitudinal y transversal del fuste de *D. peruviana* (copal), zona-Tingo María.

1.1.1. Objetivos específicos

- Determinar el contenido de humedad saturada y seca al aire en el eje longitudinal y transversal del fuste de *D. peruviana* (copal), zona-Tingo María.
- Determinar la densidad saturada, básica y anhidra en el eje longitudinal y transversal del fuste de *D. peruviana* (copal), zona-Tingo María.
- Determinar la contracción tangencial, radial, longitudinal, volumétrica y relación tangencial/radial en el eje longitudinal y transversal del fuste de *D. peruviana*, zona-Tingo María.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. La madera

López (2021) afirma que se le da el nombre de madera al material orgánico natural y que presenta una estructura celular con un grupo de tejidos que constituyen el tronco, del mismo modo presentan raíces y ramas. En tal sentido la madera es un material resistente, que además presenta características que influyen en su uso potencial para las actividades de construcción, por otro lado, como resultado de investigaciones se afirma que las variedades de especies influyen en cuanto a características del material leñoso dependiendo de la zona y las variantes del clima. Asimismo, está formada por estructuras en diferente formato, con una pared de espesor con variación y dispuestos de acuerdo con el espécimen, con una orientación en dirección ortogonal principalmente. Dichas estructuras conforman al material leñoso, y da una explicación en la naturalidad.

2.1.2. Propiedades físicas de la madera

Paguay (2013) hace mención que la estructura de la madera influye en su comportamiento, del mismo modo para la variación de las condiciones que influyen en el entorno determinan las propiedades físicas. En tal sentido, la densidad resulta ser la sustancia que se encuentra presente en la pared celular, asimismo esta propiedad resulta ser muy importante para definir el comportamiento de la madera. En cuanto, a las paredes celulares existe una porción de agua influye a fondo en el comportamiento, ya que la densidad y sus dimensiones pueden variar debido a esto, además de otras variables como la flexibilidad y en transferir la materia energética del material leñoso. La proporción en composición por la composición química primaria de las paredes celulares y cantidades de componentes en el material leñoso, en el caso de la propiedad especial, de forma como la variación que desarrolla una conducta cuantitativa.

García (2003) menciona que, en las variaciones de las características del material leñoso se debe a las variaciones durante el proceso de la formación del material leñoso y de acuerdo a la existencia de los componentes ajenos, también en el caso del espesor de la pared celular, y las longitudes de los componentes de su estructura. Del mismo modo, añade que el material leñoso se muestra en varias características, de manera que la variabilidad se presenta en una misma especie vegetal, dependiendo del árbol y las características del material leñoso.

2.1.4.1. Contenido de la humedad en la madera

Al respecto, Acuña y Casado (2005) manifiestan que el material leñoso presenta higroscopicidad, de tal modo que, la característica de absorción de agua desde la superficie. Del mismo modo, esta característica se realiza por motivos esenciales:

- El interés que muestran los componentes polares que se presentan en las paredes celulares del material leñoso encima de las estructuras, que habitan dentro de orbita, en específico del agua.
- En motivo a la consecuencia de los acontecimientos de característica físicas capilares.

Los valores de la humedad de alguna muestra de madera se relacionan con el medio ambiente, en el cual se emplea el material leñoso, lo equitativo en la higroscopicidad presenta una modificación por la variación en factores de clima (Silva, 2008).

Por otra parte, al hablar del contenido de humedad en equilibrio, esto se da cuando este porcentaje se encuentra inferior al punto de saturación de las fibras (PSF), dada una propiedad del clima que es influencia por la variable (Acuña y Casado, 2005).

2.1.4.2. Densidad

Densidad básica. Sánchez (2021) manifiesta que esta expresado teniendo en cuenta la relación de la muestra después de retirar de la estufa una vez eliminado el agua (masa anhidra) y el volumen de la misma muestra saturado (contenido de humedad mínimo de 30%). Esta densidad permite obtener valores que indican su posible comportamiento mecánico; asimismo, esta varía con respecto a la especie y edad de los árboles, su relación es a mayor edad, entonces se tendrá valores altos de densidad.

Jost (2006) señala que las diversas propiedades físicas en especial la densidad básica facilita poder caracterizar tecnológicamente a las maderas de especies forestales para posibles usos en la industria forestales, que la fluctuación de los valores que se obtiene en la densidad básica va a influir en la resistencia mecánica. Teniendo en cuenta la dirección axial del tronco, la densidad básica varía con los niveles de altura. El mismo autor manifiesta que el cambio dimensional (merma) con respecto al volumen se da más en la parte inferior del fuste (base) y esta decrece considerablemente con la altura. Esto también explica la mayor pérdida de volumen de madera en la base del fuste, que disminuye significativamente con la altura.

Mientras Figueroa (2007) manifiesta que la densidad básica, siendo la más importante en la utilidad de la madera, debido a que tiene una mejor expresión

en cuanto a la calidad del material leñoso, en este sentido, se determina y realiza una presentación de correlacionar con diferentes propiedades del material leñoso.

Walker (2006) menciona que el sentido de determinar la densidad del material leñoso se refiere a la cantidad de humedad del material leñoso, esto se debe por las variaciones que la humedad tiene como influencia en el material leñoso afectando su volumen y masa. Por otro lado, también se hace referencia como una densidad sin agua con un porcentaje de 0 en el contenido de humedad, una densidad normal con un porcentaje de 12 en el contenido de humedad o alguna humedad diferente. Por su parte Aróstegui (1982) clasifica a la densidad básica en cinco (5) grupos basándose en rangos dependiendo su uso final y su utilidad (**Tabla 1**).

Tabla 1. Clasificación de la madera según la densidad básica.

Grupos	Rangos (g/cm³)	Nominación
Grupo I	Menor a 0,30	Muy bajas
Grupo II	entre 0,31 hasta 0,40	Bajas
Grupo III	Entre 0,41 hasta 0,60	Medias
Grupo IV	Entre 0,61 hasta 0,80	Altas
Grupo V	Mayor a 0,81	Muy altas

Fuente: Aróstegui (1982).

Densidad saturada. La densidad en estado verde (saturado) viene hacer la relación teniendo en cuenta el peso y el volumen de la muestra de madera, ambos en estado saturado (verde), siendo superior a 30% de humedad (Sánchez, 2021).

La densidad saturada o en estado verde obtienen valores más determinados debido al estado fenológico esta densidad depende del estado fisiológico de los árboles.

El uso de la densidad saturada es un parámetro condicional que ocurre naturalmente en estado verde de árboles y madera envejecida. La densidad verde es la densidad de la madera en las plantas vivas, que puede considerarse como su volumen máximo. Esta relación es muy utilizada para calcular el transporte de las trozas hacia los lugares de transformación (Eduardo, 1985).

Densidad anhidra. Con respecto a la densidad en estado anhidro, Sánchez (2021) indica que es la relación, teniendo en cuenta tanto la masa y el volumen en estado seco al horno (sin agua).

2.1.4.3. Contracción

Cuevas (2003) manifiesta que la contracción es la reducción del volumen del material leñoso, donde el punto de saturación de fibra, la cual se da por una expresión donde existe la reducción del material leñoso en estado saturado. En tal sentido, la contracción se general mediante el punto de saturación de la fibra, lo que significa que la reducción del volumen como un hecho posterior al encogimiento de la pared celular que al momento que pierde la masa con celulosa, pierde su forma y se aproxima a las demás microfibrillas. Se concluye que la porción que contiene la humedad es por los puntos de saturación de las fibras.

La contracción, según Igartua *et al.* (2009) mencionan que esta variación es producida por diversos fenómenos en su saturación en cuanto a la dirección de sus contracciones. Por otro lado, el grado de cambios son caracterizados por cómo se comporta el material leñoso en las variaciones de la humedad y en el lugar de secado.

Ananías (1992) afirma que la forma de comportarse el material leñoso es la anisotropía, y las variaciones son en diversa dirección tangencial, radial y longitudinal. Del mismo modo, las contracciones tangenciales tienen una variación, al igual que las contracciones radiales y las contracciones longitudinales. Existe una limitación en las contracciones longitudinales esto se da por las orientaciones longitudinales de los tejidos básicos que constituyen el material leñoso. Aróstegui (1982) categoriza la contracción volumétrica entre muy baja, baja, media, alta y muy alta (**Tabla 2**).

Tabla 2. Clasificación según la contracción volumétrica (CV).

Grupos	Rangos (%)	Nominación
Grupo I	Menor a 9,0	Muy bajas
Grupo II	De 9,1 a 11,0	Bajas
Grupo II	De 11,1 a 13,0	Medias
Grupo IV	De 13,1 a 15,0	Altas
Grupo V	Mayor a 15,1	Muy altas

Fuente: Arostegui (1982).

Así mismo Aróstegui (1982) clasifica a la relación T/R, con el fin de estudiar la estabilidad dimensional mediante cinco rangos (**Tabla 3**).

Coronel (1994) afirma que dentro del procedimiento de hincharse y contraerse el material leñoso se toma como una consecuencia con la transmisión de

agua en el entorno, esto tiende a poder localizar una variación con equitatividad del agua. En cuanto, a la humedad se ubica en el material leñoso en diversas formas: a) se presenta como agua libre, que ocupa lugares intercelulares y celulares. b) se presenta como agua que se impregna y absorbe, la cual se ubica en las zonas pequeñas microscópicas de las paredes celulares, c) se presenta como agua que constituye, y forma los componentes de las células.

Tabla 3. Clasificación de la madera según la relación de contracción tangencial y radial.

Grupos	Rangos (%)	Nominación	Estabilidad
Grupo I	Menor de 1,50	Muy bajas	Muy estables
Grupo II	De 1,51 a 2,00	Bajas	Estables
Grupo II	De 2,10 a 2,50	Medias	Moderadam. estables
Grupo IV	De 2,51 a 3,00	Altas	Inestables
Grupo V	mayor de 3,10	Muy altas	Muy inestables

Fuente: Aróstegui (1982).

2.1.3. *Dacryodes peruviana* (copal)

2.1.3.1. Clasificación taxonómica

Orden	: Sapindales
Subclase	: Rosidae
Género	: <i>Dacryodes</i>
Especie	: <i>Dacryodes peruviana</i>
Reino	: Plantae
Familia	: BURSERACEAE

2.1.3.2. Características botánicas

La especie *D. peruviana* (copal), también llamado uguna, tabonuco o guana, se encuentra dentro de la familia de las burseráceas, que se desarrolla en condiciones húmedas en los países de Ecuador, Colombia y Perú (Jorgensen, 1999).

Árbol con diámetros que varía de 50 a 120 cm, y con alturas de 20 a 35 m, siendo el tronco recto, ramas en tres lados, la base del tronco constante o con pequeñas aletas, que puede llegar hasta 50 cm (Neill, 1989).

Corteza externa: Lenticelada con una tonalidad marrón claro, las lenticelas circulares, de unos 3-5 mm de diámetro, espaciadas regularmente, ligeramente elevadas (Alvarez, 2017).

Corteza interna: Uniforme, de color rosa blanquecino, con un fuerte olor resinoso, que recuerda al incienso o la trementina; al cortarlo emite una oleorresina transparente con el fuerte olor descrito, emite muy lentamente y en forma de gotas; la resina es inflamable cuando está seca (Álvarez, 2017).

Ramitas terminales: Con sección circular, colores marrones rojizo cuando están secas, de 4-8 mm de diámetro, glabrescentes y lenticeladas (Alvarez, 2017).

Hojas compuestas: Presenta hojas imparipinnadas, alternas y dispuestas en espiral, donde el largo varío de 45 a 70 cm; la longitud del peciolo es de 18 a 25 cm, aplanada, teniendo por hoja de 7 a 9 foliolos, los peciolos obtienen valores de longitud de aproximada de 1 cm, pulvinulados, el ancho de las láminas oblongas varia de 8 a 10 cm, la longitud va de 20 a 30 cm, enteras, cuenta con 14 a 16 pares de los nervios secundarios, promínulos por ambas caras, el ápice presenta un acumen longitudes de 1 a 1,5 cm, la nerviación terciaria, la base aguda, algo asimétrica en los foliolos laterales y las hojas glabras (Alvarez, 2017).

Inflorescencias: En panículas terminales a subterminales de 12 a 20 cm de longitud, multifloras (Alvarez, 2017).

Flores pequeñas: Sépalos y pétalos, trilobulados, unisexuales, debido a la reducción de una hembra, pedicelo de 7 mm de largo, sépalo de 2 mm de diámetro, sépalos parcialmente fusionados, pétalos de 2 mm de largo, libres, blancos, 6 estambres, disco interno de la antera descartado, pistilo con ovario superior, estilo corto y estigma cónico (Alvarez, 2017).

Fruto: Oval, 1,5-2,0 cm de largo, superficie lisa, rojiza, goteando, no separada; el fruto es carnoso y balsámico, conteniendo un leñoso o piendocarpio, con 2-3 cavidades y que se deshace bajo la influencia de otras (Alvarez, 2017).

2.1.3.3. Usos

Holm-Nielsen (1990) menciona que se emplea para la construcción de casa en lugares locales, presenta una coloración en la albura blanco con tonalidad gris, en el caso del duramen es crema blanquecina. Para el caso de la resina o los extracticos, son empleados como pegamentos con aroma, además de usarlo como combustible para prender fuego. Así mismo hace mención que la pulpa del fruto en estado maduro se ingiere y se consume de forma abundante por la población indígena.

2.2. Estado del arte

Cartuche (2022) en su estudio sobre las características del material leñoso de especies forestales en sus características físicas, anatómicas y organolépticas en Ecuador, donde

se analizó a 95 especies forestales con el fin de obtener las propiedades de la madera. Este estudio se realizó en las provincias de Loja y Zamora-Chinchipe, mediante el estudio y evaluación de probetas de dichas especies, en los resultados se obtuvo a la especie *D. peruviana* con un contenido de humedad de 52,10%, una densidad básica de 0,55 g/cm³, y una contracción volumétrica de 0,34%.

Julca (2021) realizó un estudio sobre las propiedades en la especie *Byrsonima schunkei* en Huánuco, se realizó la selección de los árboles con características deseadas para posteriormente obtener las probetas y la evaluación de las características. Como resultado se muestra una humedad saturada en la base con 97,72%, en el medio con 95,17% y en el ápice con 91,18%; en el parte transversal interno un 108,16%, en el centro un 91,83% y en el externo de 84,08%, para la humedad seca al aire en el nivel de altura base de 15,65%, en el medio con 15,60% y en el ápice con 15,59%; en la sección transversal interno con 15,45 %, en el centro con 15,61% y en el externo con 15,79%. La densidad saturada en el nivel de altura base con 1,09 g/cm³, en el medio con 1,09 g/cm³ y en el ápice con 1,08 g/cm³, en la sección transversal interno con 1,08 g/cm³, en el centro con 1,09 g/cm³ y en el externo con 1,11 g/cm³; la densidad básica en la base con 0,58 g/cm³, en el medio con 0,61 g/cm³ y en el ápice con 0,58 g/cm³; en la sección transversal interno con 0,56 g/cm³, en el centro con 0,57 g/cm³ y en el externo con 0,59 g/cm³, para la densidad anhidra en el nivel de altura base con 0,63 g/cm³, en el medio con 0,64 g/cm³ y en el ápice con 0,66 g/cm³, en la sección transversal interno con 0,59 g/cm³, en el centro con 0,65 g/cm³ y en el externo con 0,69 g/cm³, para la contracción tangencial del nivel de altura basal con 8,92%, en el medio con 9,27% y en el ápice con 9,51%, en la sección transversal interno con 8,62%, en el centro con 9,38% y en el externo con 9,70%, para la contracción radial en el nivel de altura base con 4,85%, en el medio con 5,07% y en el ápice con 5,15%, en la sección transversal interno con 5,13%, en el centro con 4,57% y en el externo con 5,37%, para la contracción longitudinal en el nivel de altura base con 0,55%, en el medio con 0,50% y en el ápice con 0,44 %, en la sección transversal interno con 0,54%, en el centro con 0,50% y en el externo con 0,46%, para la contracción volumétrica en el nivel de altura base con 12,91%, en el medio con 12,93% y en el ápice con 13,15%, en la sección transversal interno con 12,65%, en el centro con 12,92% y en el externo con 13,42%, para la relación T/R en el nivel de altura base con 2,01, en el medio con 1,81 y en el ápice con 1,90, en la sección transversal interno con 1,78, en el centro con 2,07 y en el externo 1,87.

Tacuche (2020) investigó sobre la variabilidad en el eje transversal y longitudinal de las características físicas de *Bixa platycarpa* en la región de Huánuco, la metodología consistió en la preparación de las muestras para la posterior evaluación. Como resultado se

obtuvo en la variable contenido de humedad saturada en los niveles de altura basal, media y apical un 107,256, 108,098 y 109,478% respectivamente, en las secciones transversal interna, central y externa un 113,18, 109,60 y 103,03% respectivamente, para la cantidad de humedad seca al aire en los niveles de altura basal, media y apical un 14,69, 15,46 y 14,66% respectivamente, en las secciones transversal interna, central y externa un 14,93, 14,81 y 14,79% respectivamente, para la densidad saturada en los niveles de altura basal, media y apical un 0,67, 0,68 y 0,71 g/cm³ respectivamente, en las secciones transversal interna, central y externa un 0,69, 0,69 y 0,68 g/cm³ respectivamente, para la densidad básica en los niveles de altura basal, media y apical un 0,32, 0,33 y 0,34 g/cm³ respectivamente, en las secciones transversal interna, central y externa un 0,32, 0,33 y 0,34 g/cm³ respectivamente, para la densidad anhidra en los niveles de altura basal, media y apical un 0,35, 0,37 y 0,37 g/cm³ respectivamente, en las secciones transversal interna, central y externa un 0,36, 0,36 y 0,39 g/cm³ respectivamente, para la contracción radial en los niveles de altura basal, media y apical un 4,79, 5,13 y 5,68% respectivamente, en las secciones transversal interna, central y externa un 4,91, 4,99 y 5,70% respectivamente, para la contracción tangencial en los niveles de altura basal, media y apical un 8,37, 9,00 y 8,02% respectivamente, en las secciones transversal interna, central y externa un 8,27, 8,89 y 8,23% respectivamente, para la contracción longitudinal en los niveles de altura basal, media y apical un 0,239, 0,232 y 0,384% respectivamente, en las secciones transversal interna, central y externa un 0,33, 0,29 y 0,24% respectivamente, para la contracción volumétrica en los niveles de altura basal, media y apical un 9,06, 9,40 y 10,05% respectivamente, en las secciones transversal interna, central y externa un 9,58, 9,32 y 9,66% respectivamente, para la relación T/R en los niveles de altura basal, media y apical un 2,36, 2,09 y 1,85 respectivamente, en las secciones transversal interna, central y externa un 2,59, 2,11 y 1,63 respectivamente.

Porta (2019), en la metodología de su estudio respecto a las propiedades físicas de *Brosimun utile*, llevó a cabo la selección de los árboles para la producción de las probetas (3 x 3 x 10 cm) que posteriormente fueron evaluadas contantemente. Como resultado se obtuvo en la variable contenido de humedad saturada en los niveles de altura basal, media y apical un 75,15, 76,45 y 72,53% respectivamente, en las secciones transversal interna, central y externa un 80,27, 73,55 y 70,32% respectivamente, para la cantidad de humedad seco al aire en los niveles de altura basal, media y apical un 14,81, 14,75 y 14,95 % respectivamente, en las secciones transversal interna, central y externa un 14,52, 14,81 y 15, 17 % respectivamente, para la densidad saturada en los niveles de altura basal, media y apical un 0,88, 0,90 y 0,94 g/cm³ respectivamente, en las secciones transversal interna, central y externa un 0,88, 0,93 y

0,92 g/cm³ respectivamente, para la densidad básica en los niveles de altura basal, media y apical un 0,51, 0,51 y 0,54 g/cm³ respectivamente, en las secciones transversal interna, central y externa un 0,49, 0,54 y 0,54 g/cm³ respectivamente, para la densidad anhidra en los niveles de altura basal, media y apical un 0,58, 0,58 y 0,61 g/cm³ respectivamente, en las secciones transversal interna, central y externa un 0,56, 0,61 y 0,60 g/cm³ respectivamente, para la contracción radial en los niveles de altura basal, media y apical un 4,84, 5,38 y 4,37% respectivamente, en las secciones transversal interna, central y externa un 5,56, 4,70 y 4,32% respectivamente, para la contracción tangencial en los niveles de altura basal, media y apical un 7,25, 6,83 y 6,67% respectivamente, en las secciones transversal interna, central y externa un 7,33, 6,84 y 6,58% respectivamente, para la contracción longitudinal en los niveles de altura basal, media y apical un 0,33, 0,37 y 0,39% respectivamente, en las secciones transversal interna, central y externa un 0,32, 0,40 y 0,36% respectivamente, para la contracción volumétrica en los niveles de altura basal, media y apical un 12,67, 12,41 y 11,53% respectivamente, en las secciones transversal interna, central y externa un 13,32, 12,28 y 11,00% respectivamente, para la relación T/R en los niveles de altura basal, media y apical un 1,59; 1,45 y 1,57 respectivamente, en las secciones transversal interna, central y externa un 1,41, 1,54 y 1,67 respectivamente.

Llerena (2018) en su investigación referido a las propiedades anatómicas de las especies maderables, en dicha investigación se detalló y comparo las propiedades microscópicas y macroscópicas de las especies. Como resultado para la especie de *D. peruviana* una densidad básica de 0,65 g/cm³.

Montenegro (2018) investigó las propiedades de *D. kukachkana*; donde obtuvo resultados como 0,56 g/cm³ de densidad básica, una contracción tangencial de 5,3%, con una contracción radial de 4,5% y 10,3% de contracción volumétrica.

Murillo (2018) en su investigación en la especie *Handroanthus chrysanthus* en el contenido de humedad en la albura fue de 38,69%, en el duramen fue de 19%, para la densidad anhidra en la albura fue de 0,86 g/cm³, en el duramen 1,14 g/cm³, para la contracción transversal en la albura fue de 2,69%, en el duramen 3,53%, para la contracción radial en la albura fue de 7,97%, en el duramen fue de 6,52%, para la contracción tangencial en la albura fue de 6,91%, en el duramen fue de 6,39 %; por otro lado, la especie *Myroxylon balsamum* en el contenido de humedad en la albura fue de 35,57%, en el duramen fue de 34,3%, para la densidad anhidra en la albura fue de 0,93 g/cm³, el duramen 1,02 g/cm³, para la contracción transversal en la albura fue de 0,81%, en el duramen 5,48%, para la contracción radial en la albura fue de 8,7%, en el duramen fue de 4,96%, para la contracción tangencial en la albura fue de 6,35%, en el duramen

fue de 4,39%, de la misma forma, la especie *Prosopis pallida* en el contenido de humedad en la albura fue de 40,36%, el duramen fue de 35,27%, para la densidad anhidra en la albura fue de 0,88 g/cm³, el duramen 0,99 g/cm³, para la contracción transversal en la albura fue de 2,26%, el duramen 8,15%, para la contracción radial en la albura fue de 3,79%, en el duramen fue de 5,5%, para la contracción tangencial en la albura fue de 5,96%, en el duramen fue de 4,89%.

Alvis (2017) investigó a *Ocotea brevipetiolata* en Colombia, con el objetivo de determinar las variables de las propiedades físicas de la madera, se realizó la colección de las muestras botánicas, posterior se elaboraron los listones, luego las probetas de madera para la evaluación de las propiedades. Para los resultados en la densidad verde obtuvo un 0,73 g/cm³, para densidad anhidra 0,59 g/cm³, para la densidad básica un 0,54 g/cm³, para la contracción longitudinal se obtuvo un 0,31%, para la contracción radial un 6,19%, para la contracción tangencial un 6,62%, para la contracción volumétrica un 13,17%, para la relación T/R un 1,07.

Sotelo (2016) en su trabajo de investigación en las propiedades físicas en la especie *Carapa amorphocarpa*, Ecuador, con la finalidad de determinar las propiedades se realizó la siguiente metodología: se procedió a fijar el lugar de estudio donde se realizó la elaboración de las muestras para su posterior evaluación. Como resultado en el contenido de humedad se presentó un 63,82%, para la densidad básica se obtuvo un 0,55 g/cm³, para contracción volumétrica se obtuvo un 13,66%, para la relación T/R se obtuvo un 2,24.

Aguirre *et al.* (2015) en su estudio de especies forestales aprovechadas en Ecuador, donde se evaluaron y describieron 59 especies, las características de cada especie. Donde se obtuvo para la especie *D. peruviana* una densidad básica de 0,61 g/cm³.

Salazar (2015) en su investigación de la especie *Gmelina arborea*. en Costa Rica, con la finalidad para determinar sus características y propiedades de la especie, donde se llevó a cabo la siguiente metodología: se realizó un estudio del lugar donde se llevó la investigación, se procedió a la recolección de muestras para su posterior evaluación. Para los resultados se presentó lo siguiente: en el contenido de humedad en el nivel medio fue de 130,48%, en el nivel base fue de 120,25%, en la albura fue de 121,13%, para la densidad en el nivel medio fue de 0,33 g/cm³, nivel base fue de 0,45 g/cm³, en la albura fue de 0,33 g/cm³.

Morvely (2014) en su investigación en Madre de Dios, con el fin de evaluar las propiedades macroscópicas, microscópicas y físicas de la madera mediante probetas. En los resultados de la especie *D. peruviana* se obtuvo un contenido de humedad de 73,35%, una densidad básica de 0,43 g/cm³, una densidad anhidra de 0,47 g/cm³, una contracción radial de 3,47%, una contracción tangencial de 6,8%, una contracción longitudinal de 0,17%, una contracción volumétrica de 8,99%.

Aguirre (2014) describió a *Senefeldera inclinata* en el BRUNAS donde colectó probetas mediante la elección de árboles con características deseadas, las cuales fueron evaluadas constantemente. Como resultado se obtuvo un contenido de humedad en los niveles de altura basal, media y apical de 43,17, 44,80 y 46,27% respectivamente, una densidad saturada en los niveles de altura basal, media y apical de 1,11, 1,10 y 1,09 g/cm³ respectivamente, una densidad básica en los niveles de altura basal, media y apical de 0,77, 0,76 y 0,75 g/cm³ respectivamente, una densidad anhidra en los niveles de altura basal, media y apical de 0,90, 0,88 y 0,87 g/cm³ respectivamente, una contracción tangencial en los niveles de altura basal, media y apical de 9,02, 8,71 y 8,69% respectivamente, una contracción radial en los niveles de altura basal, media y apical de 5,02, 5,37 y 5,68% respectivamente, una contracción longitudinal en los niveles de altura basal, media y apical de 0,6, 0,61 y 0,49% respectivamente, una contracción volumétrica en los niveles de altura basal, media y apical de 13,57, 12,76 y 13,02% respectivamente, una relación de T/R en los niveles de altura basal, media y apical de 1,91, 1,68 y 1,62.

Barreto (2013) en su estudio de árboles maderables, con la finalidad de realizar protocolos para el análisis de dichas propiedades. Se obtuvo para la especie de *D. canalensis*, una densidad básica de 0,60 g/cm³.

Aguirre (2009) en su investigación sobre determinar propiedades físicas *Jacaranda copaia*, procedente del BRUNAS donde se seleccionaron árboles con buenas características para las probetas a evaluar. Como resultado se obtuvo un contenido de humedad en el nivel base, medio y ápice de 98,72, 98,42 y 92,49% respectivamente, una densidad saturada en los niveles de altura basal, media y apical de 0,58, 0,58 y 0,65 g/cm³ respectivamente, una densidad básica en los niveles de altura basal, media y apical de 0,29, 0,29 y 0,34 g/cm³ respectivamente, una densidad anhidra en los niveles de altura basal, media y apical de 0,35, 0,34 y 0,38 g/cm³ respectivamente, una contracción tangencial en los niveles de altura basal, media y apical de 9,78, 8,29 y 6,59% respectivamente, una contracción radial en los niveles de altura basal, media y apical de 5,29, 5,09 y 4,24% respectivamente, una contracción longitudinal en los niveles de altura basal, media y apical de 0,40, 0,39 y 0,40% respectivamente, una contracción volumétrica en los niveles de altura basal, media y apical de 18,39, 15,68 y 12,26% respectivamente, una relación de T/R en los niveles de altura basal, media y apical de 1,91, 1,65 y 1,57.

Arechaga (2009) en su investigación sobre estudio el comportamiento físico de la madera obtenida del fuste de la especie *Guatteria hyposericea*, en el BRUNAS, con el objetivo de evaluar sus características se eligieron árboles con características de árboles plus (físicas y

fitosanitarias), de los cuales se obtuvieron las probetas de cada nivel (base, medio y ápice). Como resultado se obtuvo un contenido de humedad en los niveles de altura basal, media y apical de 95,97, 87,34 y 79,74% respectivamente, una densidad saturada en los niveles de altura basal, media y apical de 0,76, 0,74 y 0,86 g/cm³ respectivamente, una densidad básica en e los niveles de altura basal, media y apical de 0,39, 0,40 y 0,48 g/cm³ respectivamente, una densidad anhidra en los niveles de altura basal, media y apical de 0,44, 0,45 y 0,54 g/cm³ respectivamente, una contracción tangencial en los niveles de altura basal, media y apical de 8,65, 9,25 y 7,86% respectivamente, una contracción radial en los niveles de altura basal, media y apical de 5,74, 4,44 y 4,70% respectivamente, una contracción volumétrica en los niveles de altura basal, media y apical de 12,62, 12,08 y 11,15% respectivamente, una relación de T/R en los niveles de altura basal, media y apical de 2,01, 2,65 y 2,13.

Navarro *et al.* (2005) investigó las propiedades tecnológicas de la madera en *Peltogyne mexicana*, en México. Se realizó la localización del área, posteriormente se elaboraron las muestras para su evaluación. Para los resultados se obtuvo: en la variable contenido de humedad para la parte de albura un 45,66 %, para el duramen un 37,41 %, para la densidad básica se presentó en el duramen un 0,84 g/cm³, en la albura un 0,71 g/cm³, para la densidad verde en el duramen un 1,29 g/cm³, en la albura un 1,24 g/cm³, para la densidad anhidra se presentó en el duramen un 0,95 g/cm³, en la albura 0,84 g/cm³, para la contracción radial se presentó en el duramen un 4,10 %, en la albura un 4,70%, para la contracción tangencial en el duramen 6,04%, en la albura un 8,85%, para la contracción volumétrica en el duramen 11,60%, en la albura 14,81%.

Najera *et al.* (2005) investigaron las propiedades físicas de *Quercus laeta*, en Durango, México, con el fin de determinar sus variables de las propiedades físicas se llevó a cabo la siguiente metodología, previamente se realizó la verificación del área donde se seleccionó los árboles que posteriormente fueron empelados para las muestras y finalmente se determinó las propiedades físicas. Para el resultado se obtuvo en la densidad básica en el duramen un 0,72 g/cm³, en la albura 0,64 g/cm³, para la contracción radial se presentó un 6,4%, para la contracción tangencial se obtuvo un 10,7%, para la contracción volumétrica presento un 18,2%.

Arévalo y Londoño (2005) en su estudio de identificación de especies que se comercializan en Tolima, en dicho estudio se recopiló información de 43 maderas de alto valor comercial, donde se presentó a la especie *D. colombiana*. se obtuvo una densidad verde 0,73 g/cm³, una densidad seca al aire 0,54 g/cm³, una densidad anhidra 0,51 g/cm³, una densidad básica 0,44 g/cm³, una contracción normal radial de 4,3%, una contracción normal tangencial

de 6,9%, una contracción normal volumétrica de 11,3%, una relación CT/CR de 1,6, una contracción total radial de 5,8%, una contracción total tangencial de 7,9%, una contracción total volumétrica de 14,2%, una relación CT/CR de 1,4.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El desarrollo de la investigación se ejecutó en el ámbito de la ciudad de Tingo María, las muestras de *D. peruviana*, fueron extraídas del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS), que cuenta con un área de 217,22 ha aproximadamente, la elaboración de probetas fue en el Laboratorio Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal - LATAMF que pertenece a la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal - EPIF de la Facultad de Recursos Naturales Renovables - FRNR de la Universidad Nacional Agraria de la Selva - UNAS, con respecto a la determinación de las propiedades físicas se realizó en el Laboratorio de Anatomía de la madera de la EPIF.

3.1.1. Ubicación política

El BRUNAS, se localiza ubicado en las instalaciones de la Universidad Nacional Agraria de la Selva en el distrito de Rupa Rupa de la provincia de Leoncio Prado en la región Huánuco.

3.1.2. Ubicación geográfica

Respecto a la **Tabla 4**, se muestra las coordenadas UTM de los tres árboles de *D. peruviana* ubicadas en el BRUNAS.

Tabla 4. Coordenadas UTM de los árboles seleccionados del BRUNAS.

Árbol	DAP	Coordenadas		Altitud
		Este	Norte	
1	41,33	391 617	8 970 385	861
2	47,00	391 427	8 970 719	887
3	49,00	390 517	8 970 385	892

3.2. Materiales

3.2.1. Material vegetativo

Se utilizó como unidad de estudio a las probetas provenientes del fuste de *D. peruviana*.

3.2.2. Material y equipos para elaboración de probetas

Se consideró el uso del machete, soga, motosierra, gasolina, aceite 2 tiempos, tablero metálico, corrector, plumón indeleble, sierra disco, garlopa y formón.

3.2.3. Material y equipos de laboratorio

Micrómetro mecánico, vernier digital, punzón, soporte universal, vaso de precipitado, balanza digital, parafina de lenteja, agua destilada, estufa, cocina eléctrica.

3.2.4. Condiciones climáticas del laboratorio

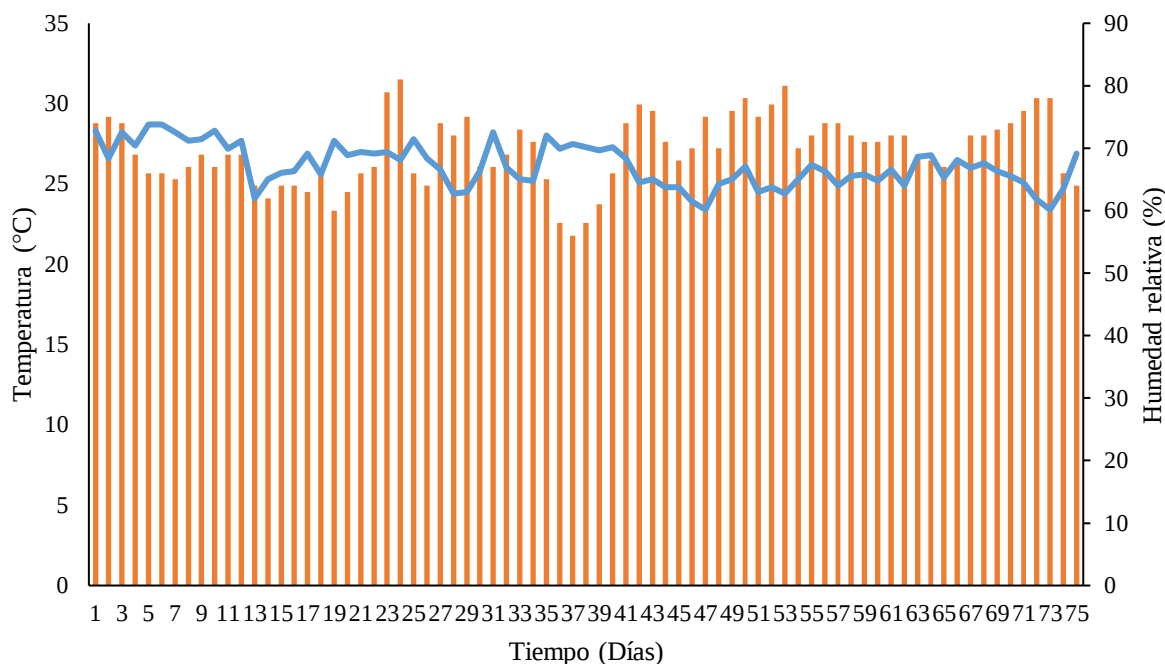


Figura 1. Datos de Temperatura y humedad relativa del Laboratorio de Anatomía de la Madera.

3.3. Método

3.3.1. Contenido de humedad saturado y seco al aire de *D. peruviana*

En base a lo que establece la Norma técnica peruana (NTP) 251.008. (2016) correspondiente a la selección y colección de muestras, se seleccionó de tres (3) árboles de la especie *D. peruviana* que se encontraban dentro del BRUNAS.

Previo a talar los árboles, se solicitó un permiso de autorización, al jefe del BRUNAS a través de la F.R.N.R. – Tingo María, posterior se ubicó los árboles en pie, para después ser cortados, para lo cual, se tomaron muestras de hojas, flores y ramas los cuales fueron colocados en una prensa botánica para su respectivo secado y posterior identificación botánica.

Una vez talado los tres (03) árboles se consideró la sección para comercializar, donde se obtuvo por árbol tres (3) trozas de 50 cm de largo aproximado (base, medio y ápice), posteriormente las trozas fueron transformadas en tabloncillos con dos tapas en la

parte lateral de la ubicación central (con la orientación este a oeste). Asimismo, se codificó cada tablón en referencia al número de árbol y nivel de altura.

Una vez obtenidas las viguetas (9 muestras), se trasladaron hacia el Laboratorio Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal – UNAS, donde se hizo uso de la sierra disco para el cote de la madera y para nivelar se hizo uso de la garlopa, obteniendo probetas con medidas de 2 cm x 2 cm x 10 cm, las cuales fueron cortadas prosiguiendo sus secciones (Radial, tangencial y longitudinal en los niveles del fuste muestreado), y por las secciones transversales (Interno, centro y externo), obteniendo 108 probetas/árbol (**Figura 1**).

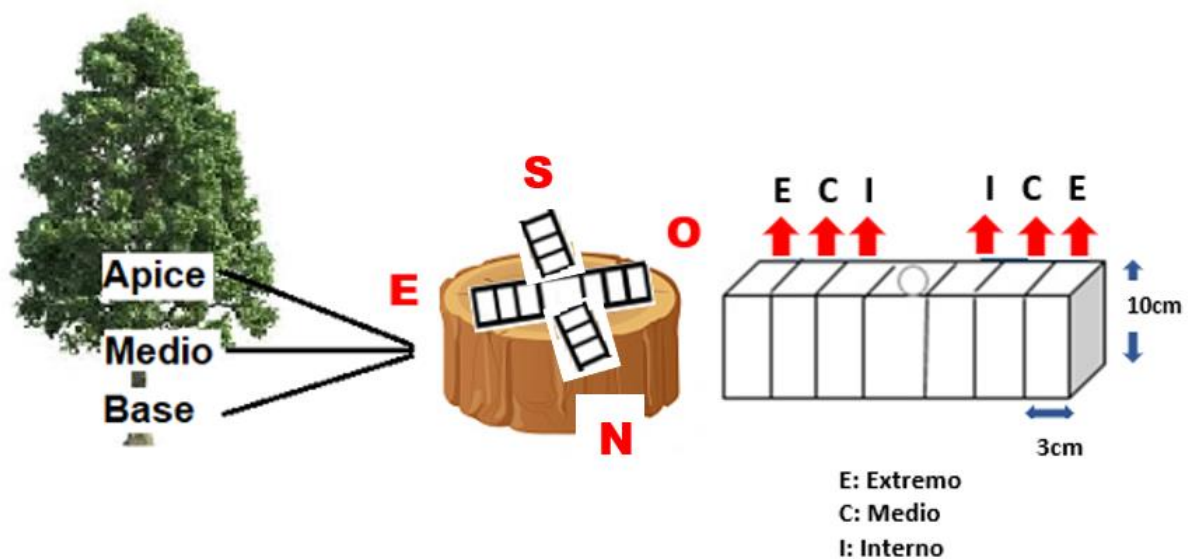


Figura 2. Esquema de obtención de probetas desde el árbol en sus tres niveles y secciones transversales.

Para conocer la cantidad de agua contenida en las muestras de madera, se registraron los pesos de las probetas con una balanza digital con precisión centesimal en estado húmedo (recién obtenido las probetas), después fueron pesados en un periodo de tiempo prolongado, hasta que se alcanzó un peso constante al ambiente, para después ser llevados a la estufa, donde se aumentó la temperatura desde los 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 103°C, las probetas fueron retiradas y dejadas a enfriar en un desecador por 15 min, y se obtuvo el peso seco al horno (NTP 251.011, 2014).

La fórmula para determinar el contenido de humedad basada en la NTP 251.010 (2014) respecto a los métodos para determinar el contenido de humedad concernía a:

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

Siendo:

- CH (%) : Contenido de humedad en estado saturado
 Ph : Peso en gramos cuando se encuentra en estado saturado.
 Psh : Peso en gramos cuando se encuentra seco al horno.

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

Donde:

- CHS (%) : Cantidad de humedad en porcentaje cuando está seco al aire
 PSaire : Peso en gramos cuando se encuentra seco al aire.
 Psh : Peso en gramos cuando se encuentra seco al horno.

3.3.2. Densidad saturada, básica y anhidra de *D. peruviana*

Se realizó los ensayos de las densidades de *D. peruviana*, se trabajó teniendo con la NTP 251. 011 2014 denominado método para determinar la densidad.

3.3.2.1. Densidad saturada

Como etapa inicial se determinó el peso inicial (estado húmedo) de cada probeta, seguidamente se registró el volumen húmedo, que fue determinado a través del principio de Arquímedes, para lo cual se usó un soporte universal, que sujetó a la probeta por medio de un punzón aun vaso de precipitado con agua destilada, que estuvo en la balanza digital, donde se registró el incremento de volumen por desplazamiento.

$$Ds = \frac{Ph}{Vh}$$

Siendo:

- Ds : Densidad saturada de cada probeta (g/cm³).
 Ph : Peso en gramos cuando se encuentra en estado húmedo.
 Vh : Volumen de la probeta en estado húmedo (cm³).

3.3.2.2. Densidad básica

Se obtuvo en cuenta el peso de las muestras en estado anhidro después de retirarlos de la estufa, para lo cual se colocó las probetas dentro del horno con una temperatura gradual de manera diaria, iniciando desde los 30 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C, 80 °C, 90 °C, y 103 °C, estas fueron las mismas probetas que se utilizaron para el contenido de humedad, las cuales fueron retiradas del horno, estas se enfriaron dentro del desecador en un tiempo de 15 minutos con el fin que se enfríe para luego obtener la masa anhidra. Mientras que el volumen húmedo se registró de igual manera que la densidad saturada.

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

Donde:

Db : Densidad básica de las probetas (g/cm³).

Psh : Peso en gramos en estado seco al horno.

Vh : Volumen húmedo de las probetas (cm³).

3.3.2.3. Densidad anhidra

Se determinó la densidad anhidra, se registró la masa en estado anhidro (sin agua) teniendo en cuenta lo mencionado para la determinación de las densidades básicas, y los volúmenes secos al horno se registró mediante el principio de Arquímedes, pero antes fueron parafinadas las probetas, la fórmula planteada fue:

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

Donde:

Da : Densidad anhidra (g/cm³).

Psh : Peso en gramos en estado seco al horno.

Vsh : Volumen seco al horno (cm³).

3.3.3. Contracción tangencial, radial, longitudinal, volumétrica y relación tangencial/radial de *D. peruviana*

Se desarrolló siguiendo lo especificado en la NTP 251.012 (2015) cuya nominación es el método de determinación de la contracción.

Para lo cual, las probetas son marcadas en todas sus (tangencial, radial y longitudinal) empleando un micrómetro, además se registró las dimensiones en estado húmedo, donde para la sección tangencial y radial, mientras para la sección longitudinal fue con el vernier digital, posteriormente se colocó las muestras a la estufa con un calentamiento gradual desde los 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, y 103 °C), luego se retiró cada probeta dentro del desecador por 15 min y se registró las probetas en estado seco al horno.

3.3.3.1. Contracción tangencial

Se utilizó la fórmula siguiente:

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

Donde:

Ctt : Contracción tangencial (%).

dth : Longitud tangencial (cm) húmedo.

dtsh : Longitud tangencial (cm) seca en el horno.

3.3.3.2. Contracción radial

Se utilizó la fórmula siguiente:

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

Siendo:

Crt : Contracción radial total (%).

drh : Longitud radial (cm) humedad.

drsh : Longitud radial (cm) seco en el horno.

3.3.3.3. Contracción longitudinal

Se utilizó la fórmula siguiente:

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

Siendo:

Cl_t : Contracción longitudinal total (%).

dlh : Extensión longitudinal (cm) húmedo.

dlsh : Extensión longitudinal (cm) seco en el horno.

3.3.3.4. Contracción volumétrica

La fórmula considerada para esta variable fue:

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

Siendo:

Cvt : Contracción volumétrica total (%)

vh : Valor volumétrico en estado húmedo (cm³).

vsh : Valor volumétrico en estado seco en el horno (cm³).

3.3.3.5. Relación tangencial/radial

Se utilizó la siguiente fórmula:

$$Relación = \frac{C_{tt}}{C_{rt}}$$

Siendo:

C_{tt} : Valor total que se contrae en la sección tangencial (%).

C_{rt} : Valor total que se contrae en la sección radial (%).

3.4. Criterios de la investigación

3.4.1. Tipo de investigación

Es básico, ya que buscó generar e incrementar las teorías que concierne a las características físicas de *D. peruviana*, asimismo el estudio fue descriptivo de corte transversal, porque se determinó el valor de las variables en un solo momento.

3.4.2. Diseño de investigación

Se hizo uso de un diseño completo randomizado, con arreglo factorial, siendo el factor A el nivel de altura (basal, media y apical) y el factor B que es la sección transversal (interna, central y externa). Fue considerado 3 repeticiones, se utilizó el análisis de la variancia y la prueba de comparación de medias de Tukey con un 95% de confiabilidad.

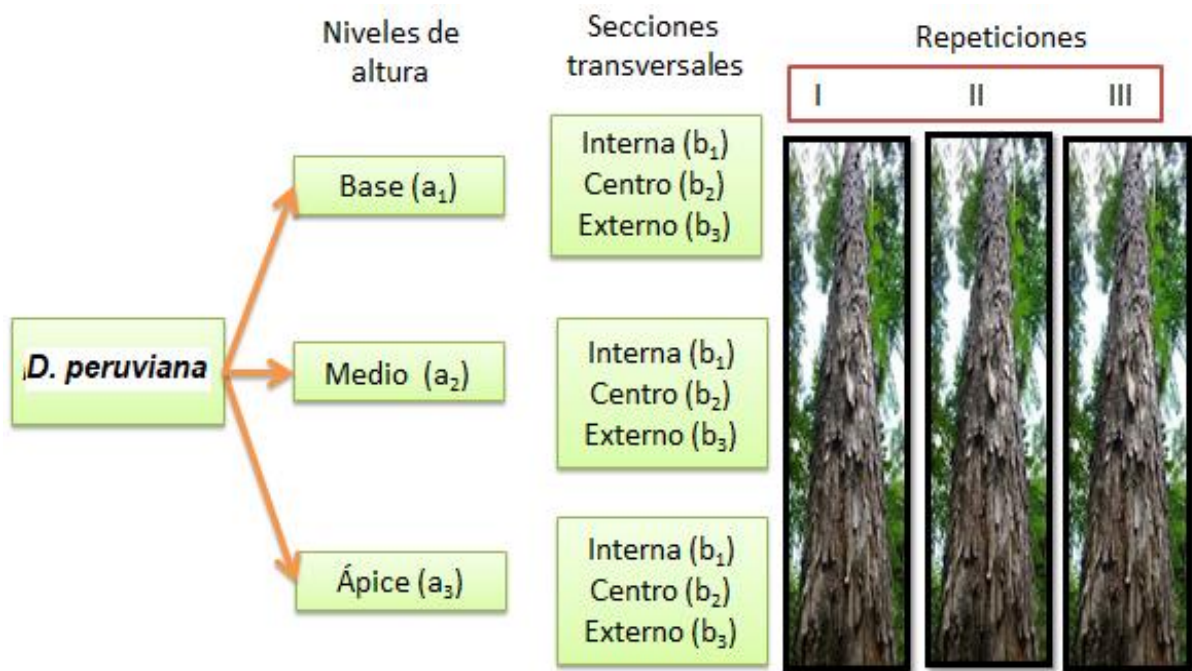


Figura 3. Esquema de factores y niveles en estudio.

El trabajo de investigación prosiguió la siguiente ecuación matemática

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + b_j + ab_{ij} + e_{ijk}$$

Siendo:

- Y_{ijk} : Variables dependientes.
- μ : Promedio aritmético de la población
- a_i : Efectos i-ésimos nivel de altura
- b_j : Efectos j-ésimos sección transversal
- e_{ij} : Un componente del error aleatorio.

3.4.3. Características del diseño factorial

Factor a	: Niveles de altura
Factor b	: Sección transversal
Nº probetas	: 108 probetas

3.4.4. Variables en estudio**a. Variables independientes**

- Nivel de altura (Basal, media y apical)
- Sección transversal (Interna, central y externa)

b. Variables dependientes

- Contenido de humedad, densidad y contracción

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Contenido de humedad

4.1.1. Contenido de humedad saturada (%)

La **Tabla 5** muestra el análisis de la variancia al 95% de confiabilidad para los factores estudiados, que entre el nivel de altura y la sección transversal de la especie *D. peruviana* no existieron significancia estadística en relación con el contenido de humedad saturada ($P\text{-valor} > 0,05$); asimismo, se observa que no existió diferencias estadísticas respecto a la interacción entre ambos factores estudiados con respecto al contenido de humedad debido a que el p-valor obtenido fue 0,9552.

Tabla 5. Análisis de varianza del contenido de humedad saturada (%) de *D. peruviana*.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F	P-valor
Nivel de altura	2	317,74	158,87	0,37	0,6961 ^{NS}
Secciones	2	125,47	62,74	0,15	0,8652 ^{NS}
Niveles de altura*Secciones	4	277,42	69,36	0,16	0,9552 ^{NS}
Error	18	7736,09	429,78		
Total	26	8456,73			

GL: Grado de libertad; SC: Sumas de cuadrado; CM: Cuadrados medio; NS: Sin significancia; CV:29,24%

Al comparar estadísticamente el contenido de humedad saturada (%) en los niveles de la altura del fuste para la especie forestal *D. peruviana*, en la **Figura 4** se observa que se reportaron valores similares en dichos niveles de altura, donde el promedio obtenido de las probetas extraídas del nivel base presentaban un valor de 74,89%, el nivel medio un 71,26% y el nivel ápice un 66,52%.

Por lo cual, de acuerdo con los resultados de la investigación tenemos que en la especie estudiada, el contenido de humedad saturada (%) en nivel base, medio y ápice es 74,89, 71,26 y 66,52% respectivamente; valores similares encontró Morvely (2014) con la misma especie *D. peruviana*, obtuvo un 73,35%, dicho resultado se asemeja al de la investigación realizada, sin embargo, la variedad del contenido de humedad saturada en las mismas especies, probablemente sean generadas por factores climáticos del sitio o hábitat, además existen factores de edad, altura, entre otros que podrían influenciar en la variedad de dicha variable.

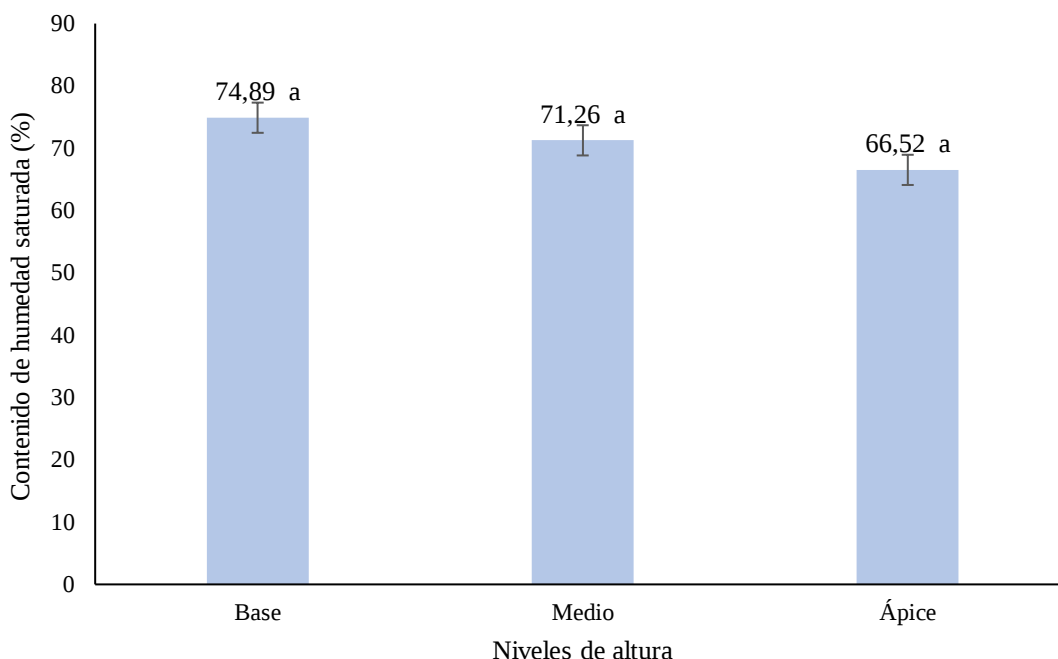


Figura 4. Comparación de medias del contenido de humedad saturada (%) de la especie *D. peruviana* en los diferentes niveles de altura.

Por otro lado, en investigaciones de otras especies realizadas en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, el autor Aguirre (2009) en la especie *Jacaranda copaia*, obtuvo en el nivel base, medio y ápice un 98,72, 98,42 y 92,49% respectivamente; asimismo, Arechaga (2009) en la especie *Guatteria hyposericea*, obtuvo en el nivel base, medio y ápice un 95,97, 87,34 y 79,74% respectivamente, valores inferiores se reportó a lo estudiado por Aguirre (2014) en la especie *Senefeldera inclinata*, obtuvo en el nivel base, medio y ápice un 43,17, 44,80 y 46,27% respectivamente, por lo tanto, los resultados se muestran superior al de la investigación realizada, esta diferencia en el contenido de humedad saturada de las diferentes especies estudiadas, pueden ser resultado de los factores como: lugar de procedencia, la edad del árbol (árboles jóvenes mayor contenido de humedad es más alto que los árboles longevos).

Por otra parte, en estudios realizados en diferentes especies forestales enmarcadas en la región Huánuco, Julca (2021) al estudiar la especie *Byrsonima schunkei*, obtuvo en los niveles de altura basal, media y apical un 97,72, 95,17 y 91,18% respectivamente, también, Tacuche (2020) en la especie *Bixa platycarpa*, obtuvo en los niveles de altura basal, media y apical un 107,256, 108,098 y 109,478% respectivamente; en los resultados en general existe una variación del contenido de humedad saturada en los niveles de altura debido a que en el nivel ápice, la humedad que es generada por la existencia de células vivas, se encargan de

transportar los nutrientes y el agua, lo que influye a que la humedad disminuya de la base al ápice.

En la **Figura 5** se puede observar por medio de la prueba de comparación de medias de las secciones transversales de la especie *D. peruviana*, no se registró diferencia estadística, asimismo, muestra a la sección externo con un 72,81%, la sección interna con 71,98% y la sección centro con 67,88% de contenido de humedad saturada.

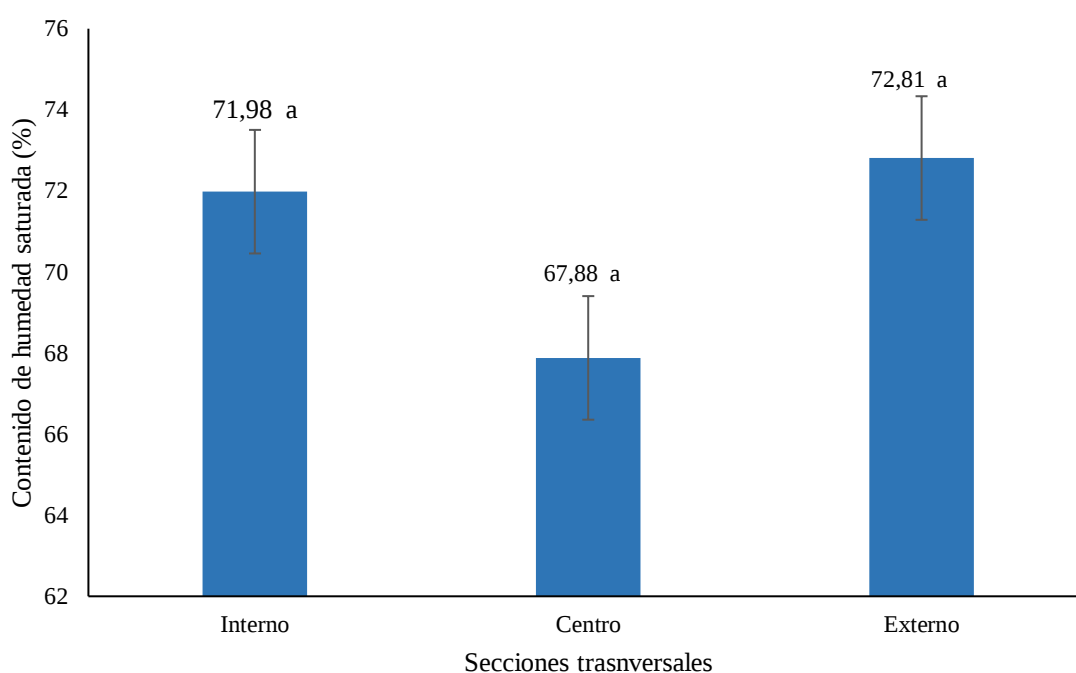


Figura 5. Comparación de medias del contenido de humedad saturada (%) de la especie *D. peruviana* en las diferentes secciones transversales.

En tal sentido, en investigaciones de otras especies, Julca (2021) en la especie *Byrsonima schunkei*, obtuvo en el contenido de humedad saturado en las secciones transversales interna, central y externa un 108,16, 91,83 y 84,08% respectivamente, asimismo, Tacuche (2020) en la especie *Bixa platycarpa*, obtuvo en la variable contenido de humedad saturada en las secciones transversales interna, central y externa un 113,18, 109,60 y 103,03% respectivamente, de igual modo, Porta (2019) en la especie *Brosimun utile*, obtuvo en la variable contenido de humedad saturada en las secciones transversal interna, central y externa un 80,27, 73,55 y 70,32 % respectivamente, la variación que existe en estos resultados se genera probablemente a que, en los árboles jóvenes se presenta un contenido de humedad superior cerca a la médula, de tal forma que en la sección transversal externa es influenciada con respecto a esta variable.

4.1.2. Contenido de humedad seca al aire (%)

La **Tabla 6** muestra el análisis de la variancia respecto al contenido de humedad seca al aire (%) donde se contrastó las hipótesis y se determinó que, entre las probetas extraídas de distintos niveles de altura, las que procedían de distintas secciones transversales y la interacción referida a los niveles de altura por las secciones de muestreo no repercutieron de manera diferente, no mostrando diferencias estadísticas significativas donde el P-valor obtenido superó a 0,05 que fue el nivel de significancia.

Tabla 6. Análisis de varianza del contenido de humedad seca al aire (%) de *D. peruviana*.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F	P-valor
Nivel de altura	2	0,34	0,17	0,41	0,6692 ^{NS}
Secciones	2	0,22	0,11	0,27	0,7690 ^{NS}
Niveles de altura*Secciones	4	1,18	0,29	0,7	0,6005 ^{NS}
Error	18	7,54	0,42		
Total	26	9,28			

GL: Grado de libertad; SC: Sumas de cuadrado; CM: Cuadrados medio; NS: Sin significancia; CV:4,37%

Como se observa en la **Figura 6**, al realizar la comparación estadística del contenido de humedad seca al aire en porcentajes del nivel de altura del fuste para la especie forestal *D. peruviana*, se ratifica la ausencia de diferencia estadística significativa, del mismo modo, se reportaron valores similares en dichos niveles de altura del fuste, donde las probetas extraídas del nivel base presentan en promedio 14,93 % de contenido de humedad, en caso del nivel medio fue del 14,83 % y el nivel ápice del fuste obtuvo un valor de 14,66 % respecto a la variable indicada.

En relación con lo anterior, con la cualidad contenido de humedad seco al aire en investigaciones de otras especies, Julca (2021) en la especie *Byrsonima schunkei*, obtuvo en los niveles de altura basal, media y apical un 15,65, 15,60 y 15,59% respectivamente, además, Porta (2019) en la especie *Brosimun utile*, obtuvo en el nivel de altura basal, media y apical un 14,81, 14,75 y 14,95% respectivamente, de igual manera, Tacuche (2020) en la especie *Bixa platycarpa*, obtuvo en los niveles de altura basal, media y apical un 14,69, 15,46 y 14,66% respectivamente, en los reportes muestra que el contenido de humedad seca al aire actúa al contrario que la humedad saturada, donde dicha humedad disminuye del ápice hacia la base, asimismo, este factor podría ser influenciado por la edad del árbol en estudio, así como también de factores edafoclimáticos.

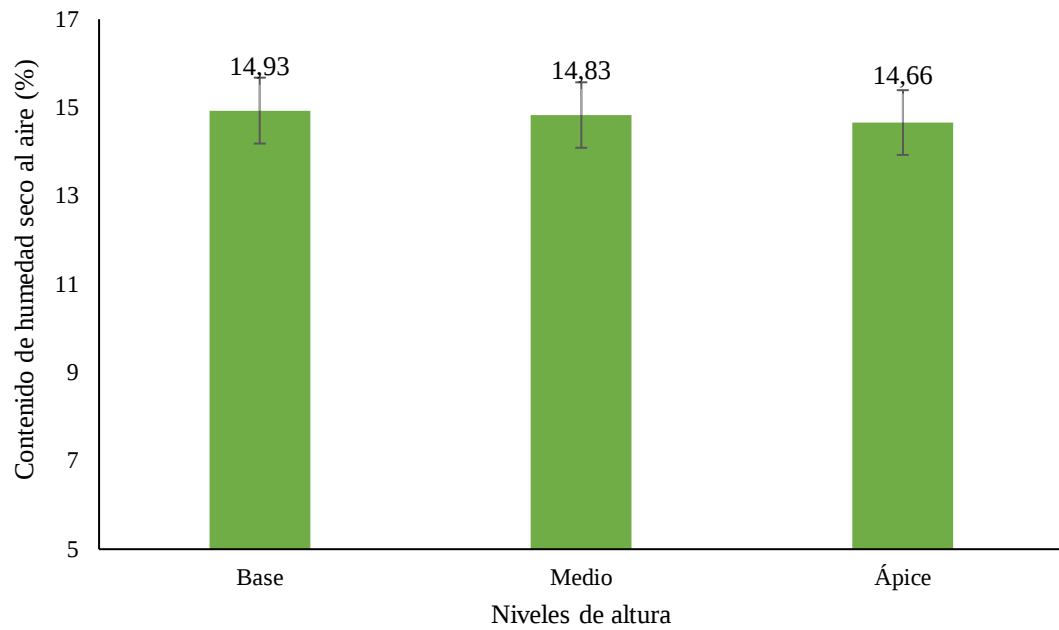


Figura 6. Comparación de medias del contenido de humedad seca al aire (%) de la especie *D. peruviana* en los diferentes niveles de altura.

En la **Figura 7** se observa la comparación de promedios del contenido de humedad seca al aire (%) en las secciones transversales de la especie *D. peruviana* donde la sección centro registró un 14,89%, la sección interna un 14,85% y la sección externa un 14,68%, de tal modo, se concluye que hay ausencia de diferencia significativa.

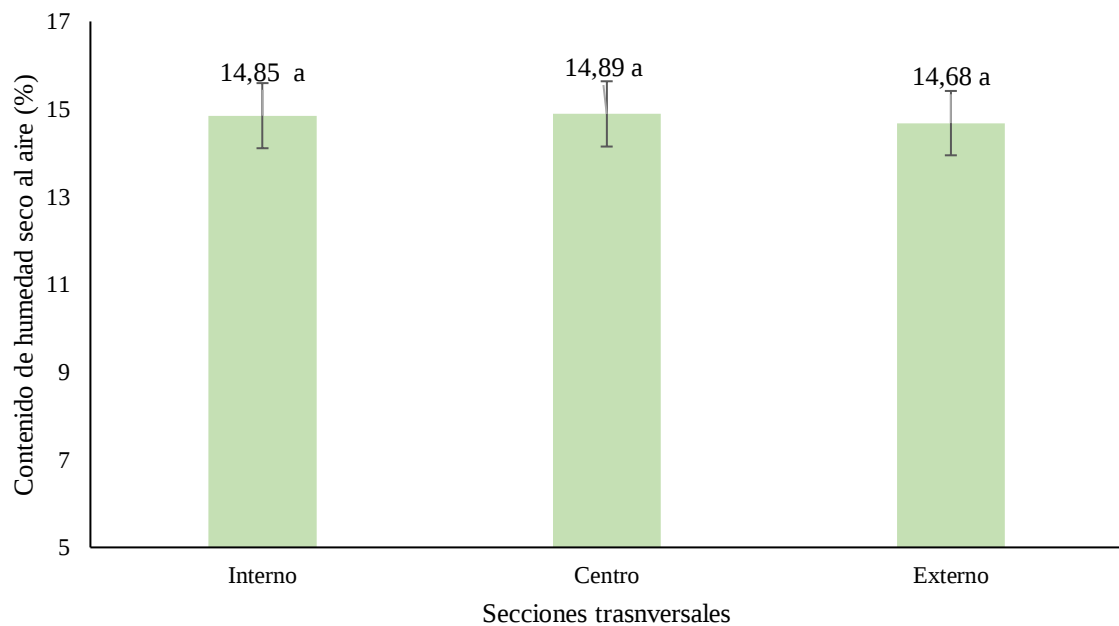


Figura 7. Comparación de medias del contenido de humedad seca al aire de la especie *D. peruviana* en las diferentes secciones transversales.

En tal sentido, con los resultados de la investigación muestra la sección centro un 14,89%, la sección interno un 14,85% y la sección externo un 14,68%, valores similares obtuvieron, Tacuche (2020) en la especie *Bixa platycarpa*, obtuvo en las secciones transversal interna, central y externa un 14,93, 14,81 y 14,79% respectivamente, de la misma manera, Porta (2019) en *Brosimum utile*, obtuvo en las secciones transversal interna, central y externa un 14,52, 14,81 y 15,17% respectivamente, sin embargo, existe una variación en la humedad en cada sección, por otro lado, Julca (2021) en la especie *Byrsonima schunkei*, obtuvo en las secciones transversal interna, central y externa un 15,45, 15,61 y 15,79% respectivamente, siendo superior y con variación en el contenido de humedad, esto probablemente se inflencia debido a que la sección interna es superior en humedad en la mayoría de casos, debido a los elementos de conducción presentes en la madera.

4.2. Densidad

4.2.1. Densidad saturada

Para el caso de la variable densidad saturada (g/cm^3) se observa en la **Tabla 7** que de acuerdo con el análisis de la variancia elaborado a un 95% de confiabilidad, se registra para fuente de variación niveles de altura, secciones transversales e interacción entre el factor niveles de altura del fuste por el factor secciones transversales, no se presentan diferencias estadísticas significativas los mismos que fueron determinados por el p-valor obtenidos que fueron superiores a 0,05 o 5%.

Tabla 7. Análisis de varianza de la densidad saturada de *D. peruviana*.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F	P-valor
Nivel de altura	2	0,01	0,01	1,27	0,3051 ^{NS}
Secciones	2	0,01	0,01	1,14	0,3410 ^{NS}
Niveles de altura*Secciones	4	0,02	0	0,74	0,5788 ^{NS}
Error	18	0,1	0,01		
Total	26	0,14			

GL: Grado de libertad; SC: Sumas de cuadrado; CM: Cuadrados medio; NS: Sin significancia; CV: 7,91%

Se observa en la **Figura 8** con la finalidad de comparar los promedios de las densidades en los niveles de altura para la especie forestal *D. peruviana*, para la densidad saturada presenta el nivel base un promedio aritmético de $0,97 \text{ g/cm}^3$, numéricamente muy superior respecto a los demás niveles del fuste, en los niveles medio y ápice se obtuvieron promedios de $0,93$ y $0,91 \text{ g/cm}^3$ respectivamente.

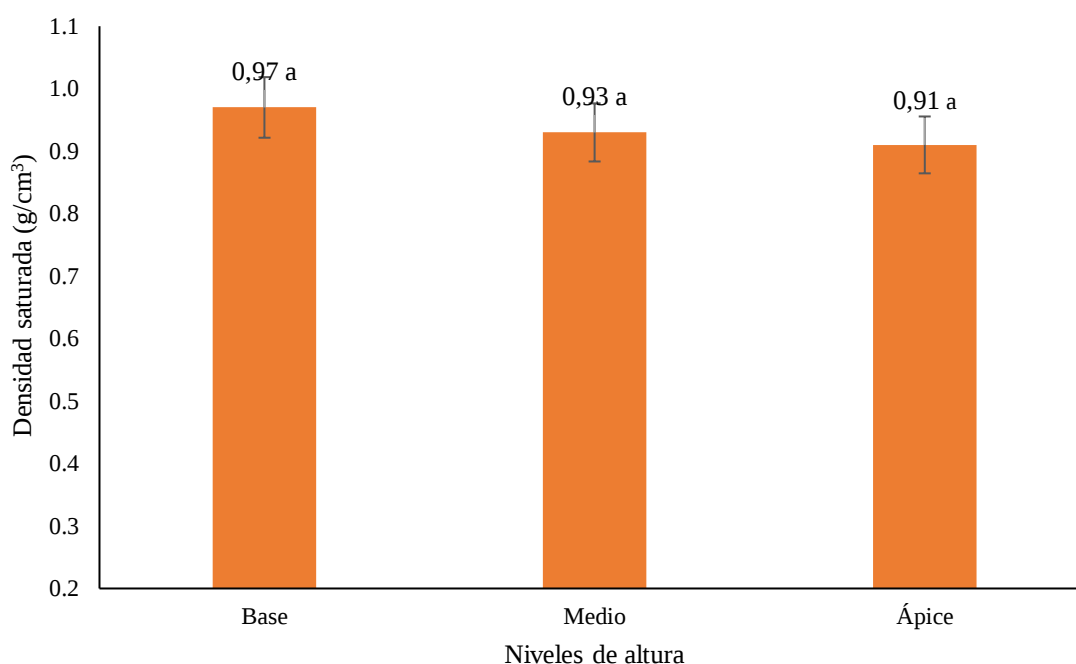


Figura 8. Comparación de medias de la densidad saturada de la especie *D. peruviana* en los diferentes niveles de altura.

En tal sentido, en las investigaciones de los siguientes autores se obtienen resultados inferiores, Arévalo y Londoño (2005) en la especie *Dacryodes colombiana*, obtuvo un $0,73 \text{ g/cm}^3$, asimismo, Aguirre (2009) en la especie *Jacaranda copaia*, obtuvo en los niveles de altura basal, media y apical de $0,58$, $0,58$ y $0,65 \text{ g/cm}^3$ respectivamente, de la misma forma, Arechaga (2009) en la especie *Guatteria hyposericea*, obtuvo en los niveles de altura basal, media y apical de $0,76$, $0,74$ y $0,86 \text{ g/cm}^3$ respectivamente, además, Tacuche (2020) en la especie *Bixa platycarpa*, obtuvo en los niveles de altura basal, media y apical un $0,67$, $0,68$ y $0,71 \text{ g/cm}^3$ respectivamente, adicional a esto, Porta (2019), en la especie *Brosimun utile*, obtuvo en los niveles de altura basal, media y apical un $0,88$, $0,90$ y $0,94 \text{ g/cm}^3$ respectivamente.

Por otro lado, los siguientes autores obtuvieron resultados superiores con respecto a la investigación realizada, Aguirre (2014) al utilizar probetas correspondiente a la especie *Senefeldera inclinata*, obtuvo resultados para los niveles de altura basal, media y apical de $1,11$, $1,10$ y $1,09 \text{ g/cm}^3$ respectivamente, asimismo, Julca (2021) al analizar las probetas de la especie *Byrsonima schunkei*, obtuvo como resultados para los niveles de la altura del fuste correspondiente a la basal, media y apical promedios de $1,09$, $1,09$ y $1,08 \text{ g/cm}^3$ respectivamente, estas variaciones en la densidad, pueden ser influenciadas por los elementos que constituyen la madera, que generan una influencia sobre los valores de densidad, además de la edad de los árboles.

Para la **Figura 9** se observa la comparación de promedios obtenidas para las densidades saturadas correspondientes a las probetas que fueron extraídas de las secciones transversales de la especie *D. peruviana* donde la densidad saturada presenta valores superiores en la sección externo con una media de $0,97 \text{ g/cm}^3$ a diferencia de las demás probetas que fueron extraídas de las secciones interno y centro con promedios de $0,92$ y $0,93 \text{ g/cm}^3$, respectivamente.

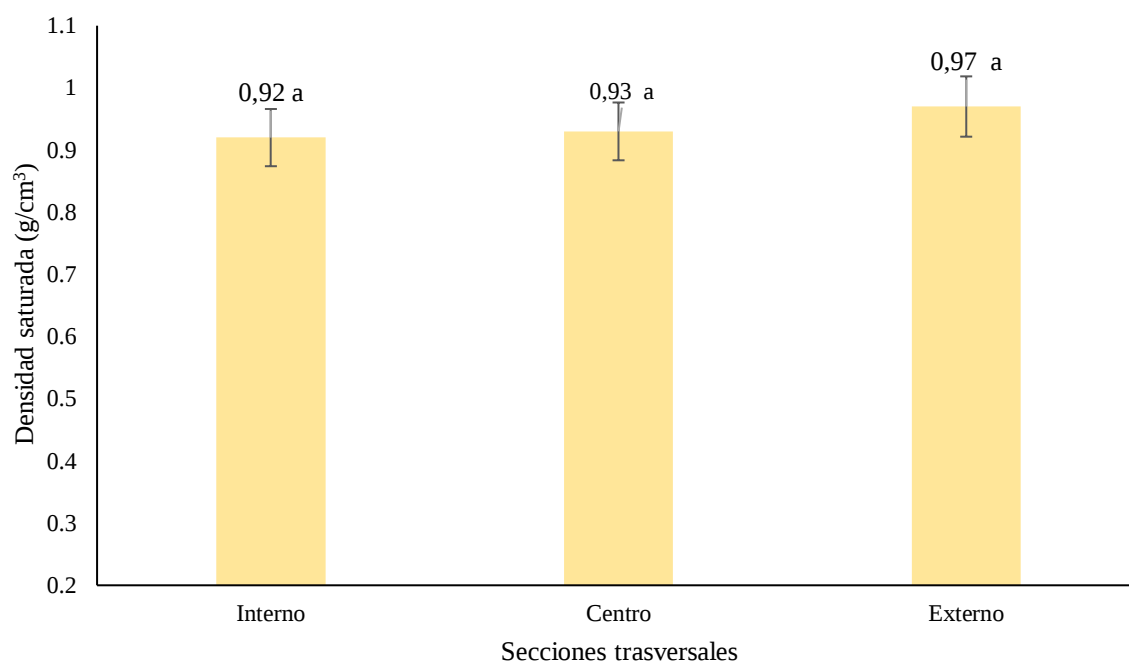


Figura 9. Comparación de medias de la densidad saturada de la especie *D. peruviana* en las diferentes secciones transversales.

En tal sentido, para la investigación correspondiente a otras especies forestales, Porta (2019) al analizar a las muestras de leño procedentes de la especie *Brosimum utile*, obtuvo en las secciones transversal interna, central y externa un $0,88$, $0,93$ y $0,92 \text{ g/cm}^3$ respectivamente, de la misma forma, Tacuche (2020) en la especie *Bixa platycarpa*, obtuvo en las secciones transversal interna, central y externa un $0,69$, $0,69$ y $0,68 \text{ g/cm}^3$ respectivamente, dichos resultados presentan una variación mínima en los valores con respecto a dicha variable, por otro lado, Julca (2021) en la especie *Byrsonima schunkei*, obtuvo en las secciones transversal interna, central y externa un $1,08$, $1,09$ y $1,11 \text{ g/cm}^3$ respectivamente; presenta una mayor variación en sus resultados, lo cual podría ser generado por la densidad influenciada por la existencia de elementos constituyentes, como las fibras, además, de las variaciones existentes por la diferencia de especies y edades del árbol en estudio.

4.2.2. Densidad básica

Como se muestra en la **Tabla 8**, en el análisis de la variancia con respecto a la densidad básica (g/cm^3), en el cual se determina que no hubo diferencias estadísticas significativas en los niveles de altura, secciones transversales e interacción (niveles de altura*secciones transversales) con un P-valor (0,8494, 0,4299, 0,9779) respectivamente.

Tabla 8. Análisis de varianza de la densidad básica de *D. peruviana*.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	P valor
Niveles de altura	2	0,00065	0,00033	0,16	0,8494 ^{NS}
Secciones	2	0,0035	0,0018	0,89	0,4299 ^{NS}
Niveles de altura*Secciones	4	0,00086	0,00022	0,11	0,9779 ^{NS}
Error	18	0,04	0,0022		
Total	26	0,04			

GL: Grado de libertad; SC: Sumas de cuadrado; CM: Cuadrados medio; NS: Sin significancia; CV: 8.07%

Por consiguiente, en la **Figura 10** para la densidad básica presenta en el nivel de altura basal un $0,56 \text{ g/cm}^3$ que se registra superior, y los niveles de altura media y apical con una media de $0,55 \text{ g/cm}^3$ para ambos casos.

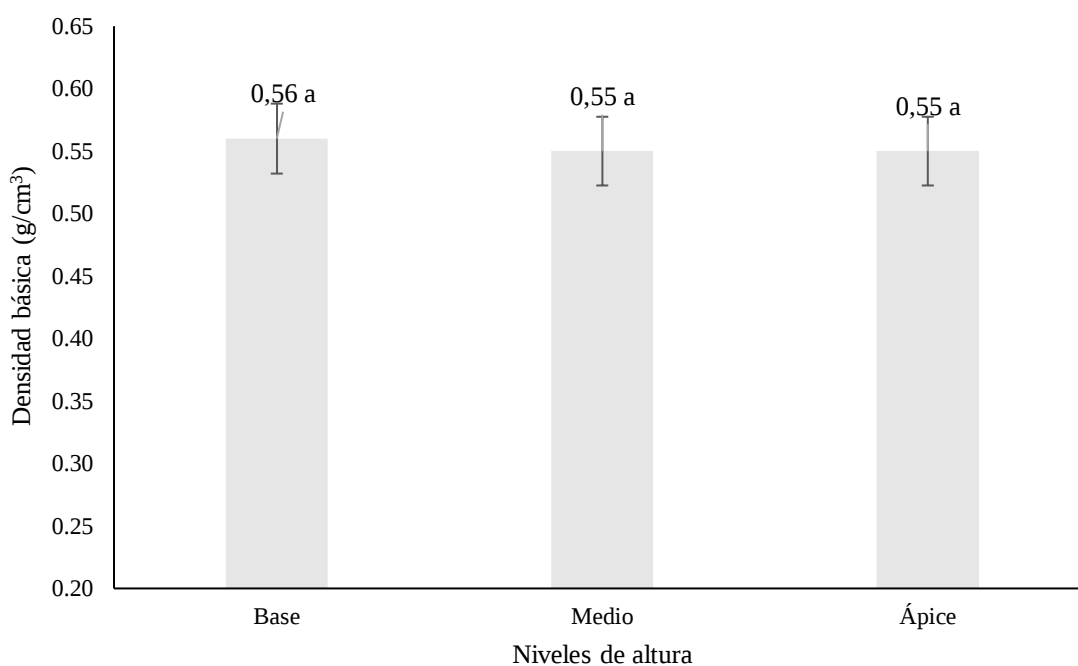


Figura 10. Comparación de medias de la densidad básica de la especie *D. peruviana* en los diferentes niveles de altura.

En ese contexto, en investigaciones para la densidad básica del género *Dacryodes*, los autores obtuvieron valores superiores, Aguirre *et al.* (2015) obtuvo un $0,61 \text{ g/cm}^3$, Llerena (2018) obtuvo un $0,65 \text{ g/cm}^3$, Barreto (2013) obtuvo un $0,60 \text{ g/cm}^3$, resultando valores similares con respecto a dicha variable, sin embargo, coincide a los resultados obtenidos por, Cartuche (2022) obtuvo un $0,55 \text{ g/cm}^3$, Morvely (2014) obtuvo un $0,43 \text{ g/cm}^3$, Arévalo y Londoño (2005) obtuvo un $0,44 \text{ g/cm}^3$, Montenegro (2018) obtuvo un promedio de $0,56 \text{ g/cm}^3$, considerando que, probablemente la diferencia entre estos valores sea influenciada por la edad del árbol en estudio.

Por otra parte, en otras especies, Aguirre (2009) en la especie *Jacaranda copaia*, obtuvo en los niveles de altura basal, media y apical un $0,29$, $0,29$ y $0,34 \text{ g/cm}^3$ respectivamente, asimismo, Julca (2021) en la especie *Byrsonima schunkei*, obtuvo en los niveles de altura basal, media y apical un $0,58$, $0,61$ y $0,58 \text{ g/cm}^3$ respectivamente, además, Porta (2019) en la especie *Brosimun utile*, obtuvo en los niveles de altura basal, media y apical un $0,51$, $0,51$ y $0,54 \text{ g/cm}^3$ respectivamente, estos valores en dicha variable son diferentes debido a la especie forestal, además de tener influencia de la altura y el diámetro del árbol.

Como se observa en la **Figura 11**, la densidad básica, presenta que la sección transversal externa tiene un valor de $0,56 \text{ g/cm}^3$, que se registra superior con respecto a los demás ($0,54 \text{ g/cm}^3$ en la sección interno y $0,55 \text{ g/cm}^3$ en la sección centro).

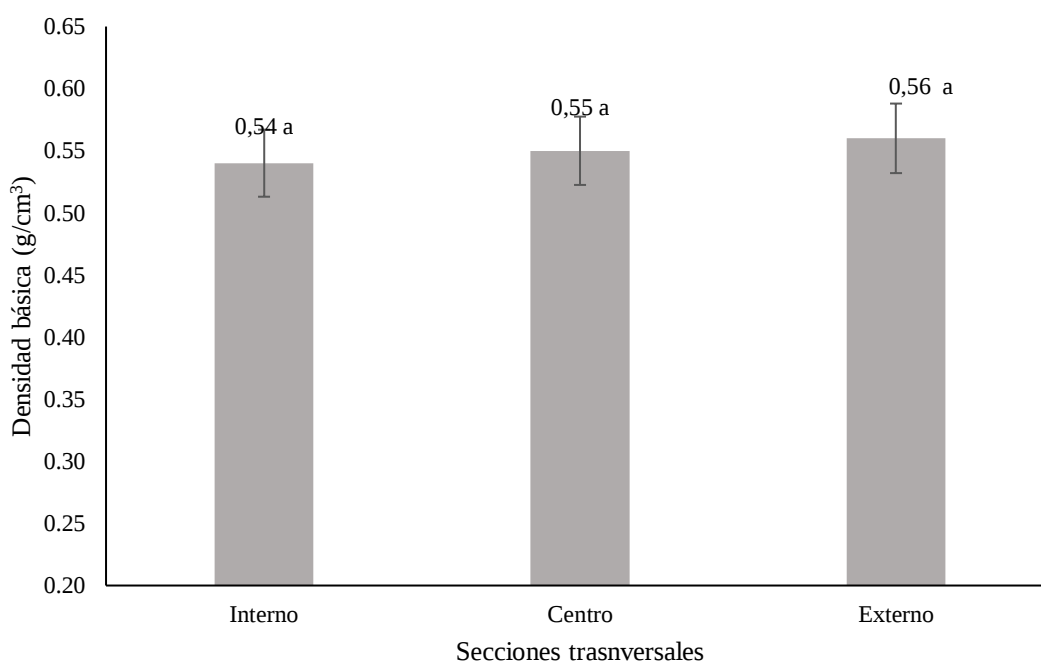


Figura 11. Comparación de medias de la densidad básica de la especie *D. peruviana* en las diferentes secciones transversales.

Con respecto a lo anterior, en investigación de diferentes especies, Julca (2021) en la especie *Byrsonima schunkei*, obtuvo en las secciones transversal interna, central y externa un 0,56, 0,57 y 0,59 g/cm³ respectivamente, de la misma manera, Porta (2019) en *Brosimun utile*, obtuvo en las secciones transversal interna, central y externa un 0,49, 0,54 y 0,54 g/cm³ respectivamente, dichos valores se asemejan a los resultados obtenidos, sin embargo, el autor Tacuche (2020) al analizar muestras de madera correspondiente a la especie *Bixa platycarpa*, obtuvo en las secciones transversal interna, central y externa un 0,32, 0,33 y 0,34 g/cm³ respectivamente, datos que resultan en un rango inferior, la variación existente entre dicha variable, puede corresponder principalmente a la diferencia de especie, a la edad del árbol en estudio, adicional a esto, el desarrollo de los elementos que constituyen al árbol con relación al medio ambiente. También se puede ver influenciada por el tipo de fibras que existe en la parte externa e interna del árbol.

4.2.3. Densidad anhidra

En la **Tabla 9**, con fines de que se evalúen las fuentes de variación en la cualidad densidad anhidra (g/cm³), se determinó en el análisis de la variancia similares conclusiones, siendo para el caso de los niveles de la altura del fuste, las secciones transversales y la interacción originado por los factores niveles de altura con el factor secciones transversales no presentan diferencias estadísticas significativa ratificada por el valor obtenido en el p-valor que fue superior al 0,05.

Tabla 9. Análisis de varianza de la densidad anhidra de *D. peruviana*.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	P valor
Niveles de altura	2	0,0041	0,00011	0,52	0,6051 ^{NS}
Secciones	2	0,0014	0,00071	0,34	0,7161 ^{NS}
Niveles de altura*Secciones	4	0,0005	0,00014	0,06	0,9926 ^{NS}
Error	18	0,04	0,00021		
Total	26	0,04			

GL: Grado de libertad; SC: Sumas de cuadrado; CM: Cuadrados medio; NS: Sin significancia; CV: 7,49%

Asimismo, para el caso de la densidad anhidra obtenidos de las muestras de madera que fueron extraídas en los niveles de altura base presenta en promedio 0,62 g/cm³, siendo el valor superior en comparación a los resultados encontrados en las probetas que fueron extraídas de los niveles medio y ápice donde en promedio se determinó 0,60 g/cm³ para ambos niveles del fuste (**Figura 12**).

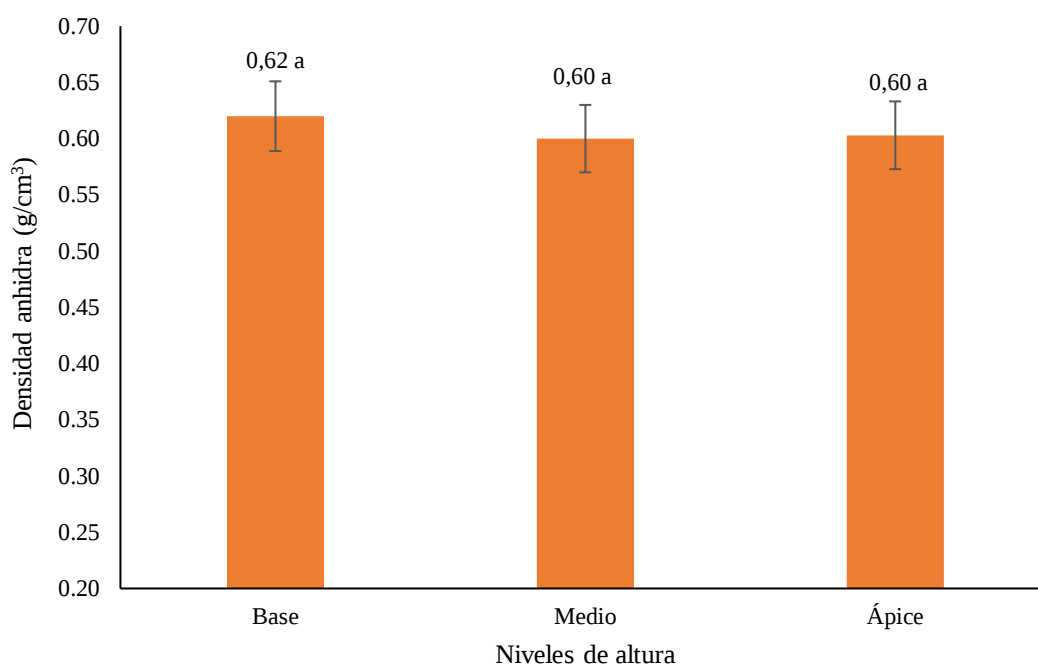


Figura 12. Comparación de medias de la densidad anhidra de la especie *D. peruviana* en los diferentes niveles de altura.

En relación con la variable densidad anhidra en el género *Dacryodes*, se encontró reportes del autor Morvely (2014) en donde como resultados obtuvo en promedio 0,47 g/cm³ de densidad anhidra, de igual manera, autores como Arévalo y Londoño (2005) obtuvieron un promedio de 0,51 g/cm³, estos valores se encuentran en un rango inferior, esto posiblemente se debe a la cantidad de madera juvenil que se encuentra presente en los niveles de altura del árbol.

Por otra parte, en otras especies, Aguirre (2009) en la especie *Jacaranda copaia*, obtuvo en los niveles de altura basal, media y apical de 0,35, 0,34 y 0,38 g/cm³ respectivamente, asimismo, Arechaga (2009) en la especie *Guatteria hyposericea*, obtuvo en los niveles de altura basal, media y apical de 0,44, 0,45 y 0,54 g/cm³ respectivamente, de igual forma, Aguirre (2014) en la especie *Senefeldera inclinata*, obtuvo en los niveles de altura basal, media y apical de 0,90, 0,88 y 0,87 g/cm³ respectivamente, además, Julca (2021) en la especie *Byrsonima schunkei*, obtuvo en los niveles de altura basal, media y apical un 0,63, 0,64 y 0,66 g/cm³ respectivamente, también, Porta (2019) en la especie *Brosimun utile*, obtuvo en los niveles de altura basal, media y apical un 0,58, 0,58 y 0,61 g/cm³ respectivamente, en dichos resultados de los autores existe una diferencia en las densidades, esto principalmente debido a la especie, tal característica es de gran influencia para la densidad, además, el factor edad del árbol, habitat, clima, entre otros factores que intervienen en dicha variable.

De igual manera, en la **Figura 13**, para la densidad anhidra, muestra en la sección transversal externo con un $0,62 \text{ g/cm}^3$, registrándose como superior ante las demás secciones transversal (interno y centro con $0,60$ y $0,61 \text{ g/cm}^3$, respectivamente).

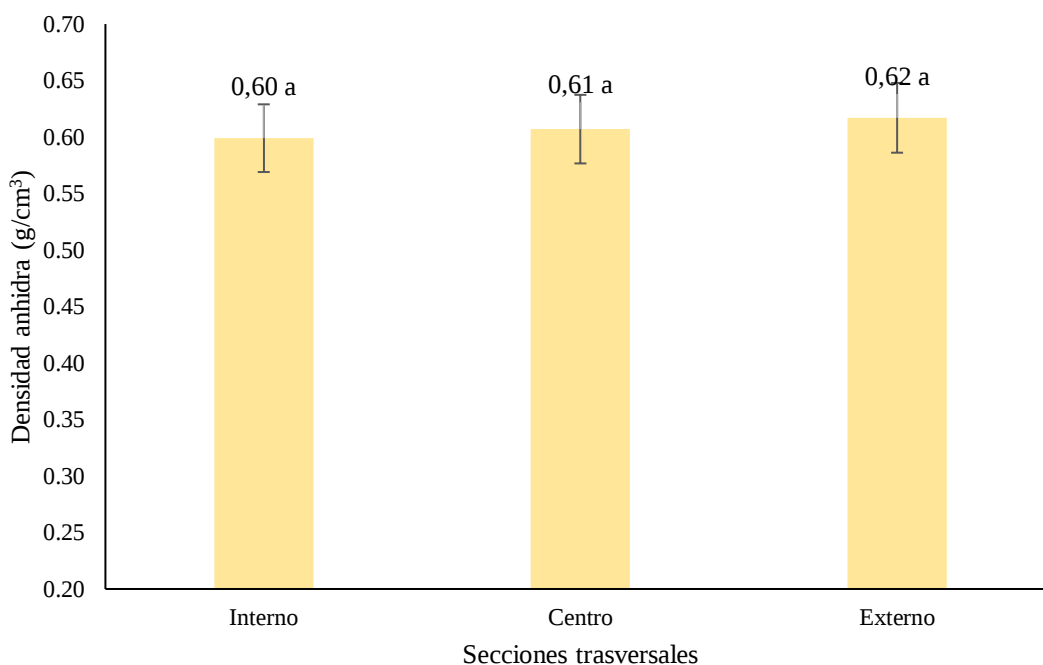


Figura 13. Comparación de medias de la densidad anhidra de la especie *D. peruviana* en las diferentes secciones transversales.

Por consiguiente, en otras especies, Julca (2021) en la especie *Byrsonima schunkei*, obtuvo en las secciones transversal interna, central y externa un $0,59$, $0,65$ y $0,69 \text{ g/cm}^3$ respectivamente, de la misma manera, Porta (2019) en *Brosimum utile*, obtuvo en las secciones transversal interna, central y externa un $0,56$, $0,61$ y $0,60 \text{ g/cm}^3$ respectivamente, datos que concuerdan con los obtenidos en la investigación, por otra parte, Tacuche (2020) en la especie *Bixa platycarpa*, obtuvo en las secciones transversal interna, central y externa un $0,36$, $0,36$ y $0,39 \text{ g/cm}^3$ respectivamente, valores inferiores con respecto a la investigación realizada, esto puede darse posiblemente por la existencia en la sección interna de fibras pequeñas e inclinadas, a diferencia de las fibras largas y poco inclinadas que se encuentran en la sección externa, además, principalmente la diferencia de especie y edad del árbol.

4.3. Contracción de *D. peruviana*

4.3.1. Contracción tangencial

Como se puede mostrar en la **Tabla 10**, mediante el análisis de la variancia a un 95% con respecto a la contracción tangencial (%), en el cual se determinó que no hubo

diferencia estadística significativa en los niveles de altura, secciones transversales e interacción (niveles de altura* secciones transversales) con un P-valor (0,878, 0,673 y 0,161) respectivamente, que resulta ser superior al 5%.

Tabla 10. Análisis de varianza de la contracción tangencial.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F	P-valor
Nivel de altura	2	0,16	0,08	0,13	0,878 ^{NS}
Secciones	2	0,5	0,25	0,4	0,673 ^{NS}
Niveles de altura*Seccione	4	4,580	1,140	1,86	0,161 ^{NS}
Error	18	11,07	0,61		
Total	26	16,3			

GL: grado de libertad; SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadrado medio; NS: no significativo; CV: 10,52%

Además, en la **Figura 14**, al comparar estadísticamente los niveles de altura de *D. peruviana*, se observa que no presenta diferencia estadística, del mismo modo, se reportaron valores similares en dichos niveles de altura, donde el nivel medio presenta un valor numéricamente superior con 7,56%, con respecto a los demás.

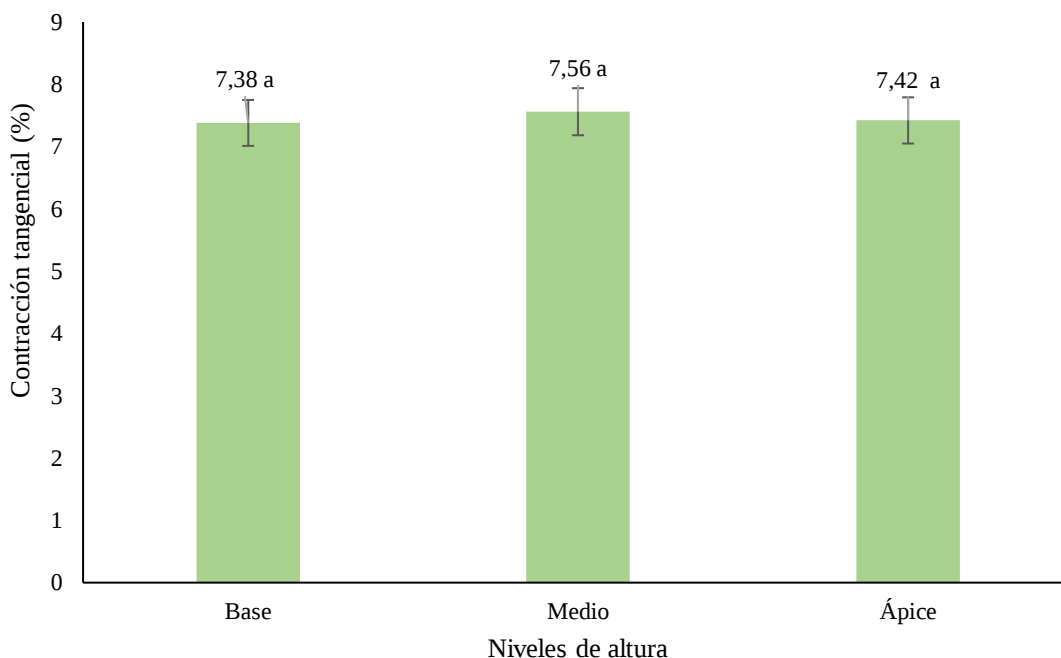


Figura 14. Comparación de medias de la contracción tangencial (%) de la especie *D. peruviana* en los diferentes niveles de altura.

Por consiguiente, existen investigaciones en el mismo género *Dacryodes*, donde el autor Morvely (2014) obtuvo un valor de 6,8 %, asimismo, Arévalo y Londoño (2005)

encontró un valor de 7,9 %, de igual forma, Montenegro (2018) con un valor de 5,3 %, la diferencia de valores que existe entre el mismo género puede verse influencia por el habitat en el que se desarrolló el árbol, factores climatológicos, además, los elementos que constituyen al árbol, como las fibras, paredes celulares, entre otros.

Por otro lado, en investigaciones de otras especies en el BRUNAS, el autor Aguirre (2009) en la especie *Jacaranda copaia*, en el nivel base, medio y ápice obtuvo un 9,78, 8,29 y 6,59% respectivamente, de igual manera, Arechaga (2009) en la especie *Guatteria hyposericea*, en el nivel base, medio y ápice presento un 8,65, 9,25 y 7,86 % respectivamente, también, Aguirre (2014) en la especie *Senefeldera inclinata*, en los niveles de altura basal, media y apical de 9,02, 8,71 y 8,69% respectivamente, estos valores presentan una variación, a pesar de habitar en un mismo ambiente.

Del mismo modo, en diferentes especies desarrolladas en la región Huánuco, el autor Julca (2021) en la especie *Byrsonima schunkei*, presento en el nivel de altura base, medio y ápice un 8,92, 9,27 y 9,51% respectivamente, asimismo, Tacuche (2020) en la especie *Bixa platycarpa*, presento en el nivel de altura base, medio y ápice un 8,37, 9,00 y 8,02% respectivamente, también, Porta (2019) en la especie *Brosimun utile*, presento en el nivel de altura base, medio y ápice un 7,25, 6,83 y 6,67% respectivamente, esta variación en la variable contracción se podría generar por las características de cada especie, entre ellos los elementos que los constituyen (anillos de crecimiento, fibras, entre otros), además, la edad del árbol también puede influenciar en la contracción del árbol.

En la **Figura 15**, se presenta la comparación de medias en la variable contracción tangencial (%) en las secciones transversales, se obtuvo como resultado que no se encontraron diferencias estadísticas significativas, asimismo, la sección transversal centro fue superior con 7.64%, con respecto a los demás, sección transversal interno y externo con 7,41 y 7,32% respectivamente.

En relación con lo anterior, en investigaciones de diferentes especies en la región Huánuco, en autor Julca (2021) en la especie *Byrsonima schunkei*, obtuvo en la sección transversal interno, centro y externo un 8,62, 9,38 y 9,70% respectivamente, asimismo, Tacuche (2020) *Bixa platycarpa* en la sección transversal interno, centro y externo un 8,27, 8,89 y 8,23% respectivamente, además, la autora Porta (2019) al analizar a la especie forestal *Brosimun utile*, reportó como resultados en la sección transversal interno, centro y externo un promedio de 7,33, 6,84 y 6,58% respectivamente, la diferencia en los valores de esta variable, pueden darse probablemente a la influencia del factor edad que existió en cada árbol, además de elementos como los anillos de crecimiento donde su distribución juega un papel importante,

adicional a esto, otros elementos como fibras, pared celular contribuyen a las características de la contracción tangencial.

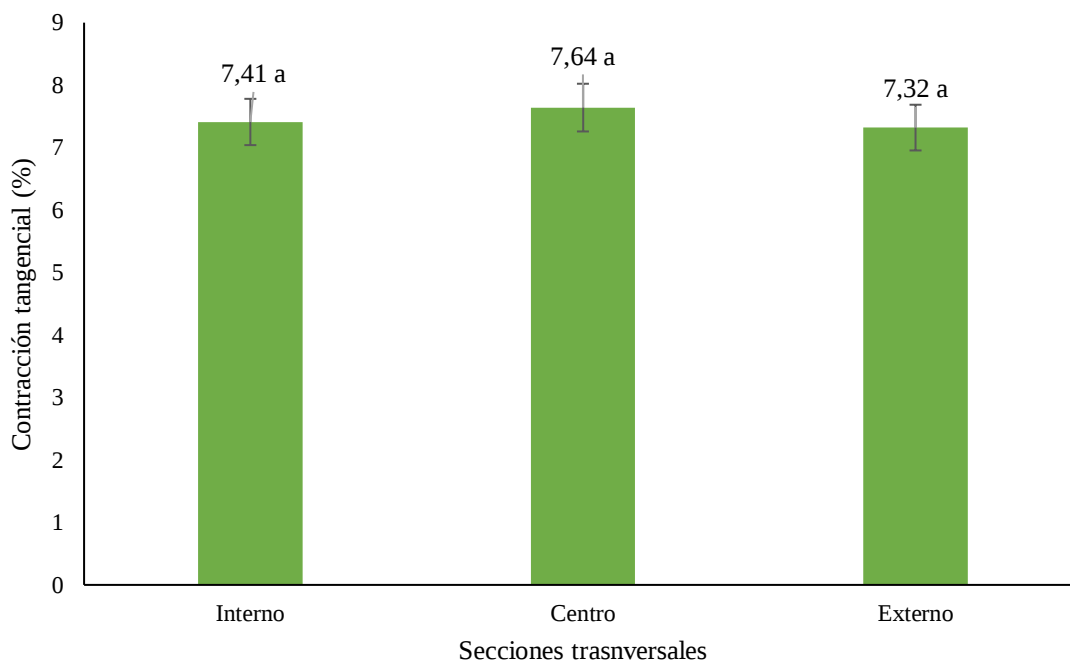


Figura 15. Comparación de medias de la contracción tangencial (%) de la especie *D. peruviana* en las diferentes secciones transversales.

4.3.2. Contracción radial

Para el caso de la variable contracción radial se puede observar en la **Tabla 11** de acuerdo con el análisis de varianza a un 95% de nivel de confianza, con el objetivo de evaluar el efecto entre los niveles de altura y las secciones transversales, no se registran diferencias estadísticas significativas con un ($p\text{-valor} > 0,05$), asimismo, para los niveles de altura un $p\text{-valor}$ de (0,292), para las secciones un $p\text{-valor}$ de (0,980) e interacción (niveles de altura*secciones) con un $p\text{-valor}$ (0,209).

Tabla 11. Análisis de varianza de la contracción radial.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	P valor
Niveles de altura	2	0,58	0,29	1,32	0,292 ^{NS}
Secciones	2	0,01	0,004,4	0,02	0,980 ^{NS}
Niveles de altura*Seccione	4	1,43	0,36	1,63	0,209 ^{NS}
Error	18	3,93	0,22		
Total	26	5,94			

GL: grado de libertad; SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadrado medio; NS: no significativo; CV: 9,95%

Como se muestra en la **Figura 16**, al comparar estadísticamente la contracción radial (%) en los niveles de altura de la especie *D. peruviana*, se observa que no presenta diferencias estadísticas, del mismo modo, se reportaron valores similares en dichos niveles de altura, donde el nivel base presenta un 4,83%, el nivel medio un 4,76 % y el nivel ápice un 4,49 %.

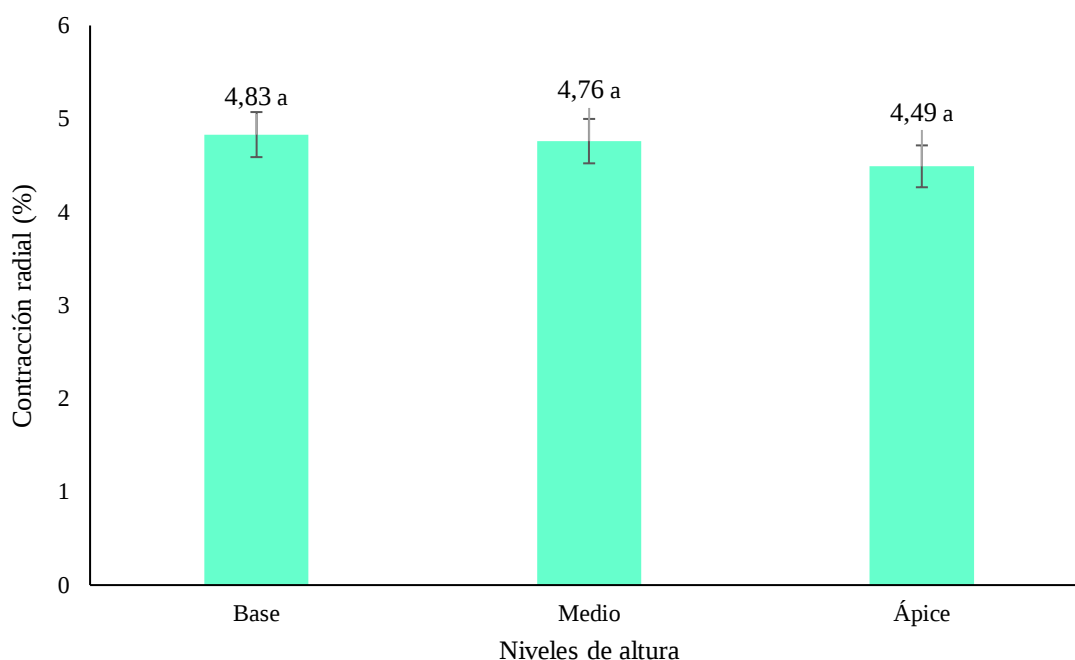


Figura 16. Comparación de medias de la contracción radial (%) de la especie *D. peruviana* en los diferentes niveles de altura.

En tal sentido, en estudios desarrollados en el género *Dacryodes*, el autor Morvely (2014) presento un 3,47 %, asimismo, Montenegro (2018) obtuvo un 4,5 %, del mismo modo, Arévalo y Londoño (2005) presento un 4,3 %, valores estudiados en un mismo género presentan una disimilitud en la variable contracción radial.

En otras especies, Aguirre (2009) en la especie *Jacaranda copaia*, presento en el nivel base, medio y ápice un 5,29, 5,09 y 4,24 % respectivamente, de la misma forma, Arechaga (2009) en la especie *Guatteria hyposericea*, en el nivel base, medio y ápice de 5,74, 4,44 y 4,70% respectivamente, además, Aguirre (2014) en la especie *Senefeldera inclinata*, en el nivel base, medio y ápice de 5,02, 5,37 y 5,68% respectivamente. Por otro lado, investigación desarrollada en la región de Huánuco, el autor Julca (2021) en la especie *Byrsonima schunkei*, en el nivel de altura base, medio y ápice un 4,85, 5,07 y 5,15% respectivamente, también, Porta (2019) en la especie *Brosimun utile*, obtuvo en el nivel de

altura base, medio y ápice un 4,84, 5,38 y 4,37% respectivamente, finalmente, Tacuche (2020) en la especie *Bixa platycarpa* en el nivel de altura base, medio y ápice un 4,79, 5,13 y 5,68% respectivamente, la variación que existe entre estos valores esto puede darse probablemente por el habitat donde se desarrolla cada árbol, ya que esto en relación con los factores climáticos, influyen en la estructura anatómica de la madera.

Como se muestra en la **Figura 17**, al comparar estadísticamente las secciones transversales de la especie *D. peruviana*, se observa que no presenta diferencias estadísticas, del mismo modo, se reportaron valores similares en dichas secciones, donde la sección interna presenta un valor numéricamente superior con 4,72%, con respecto a los demás.

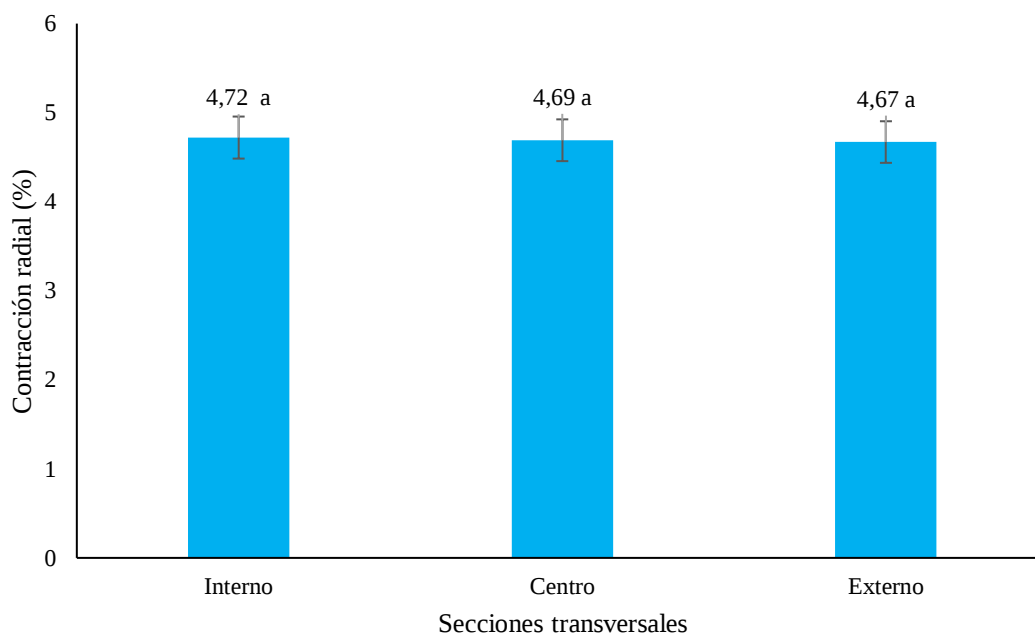


Figura 17. Comparación de medias de la contracción radial (%) de la especie *D. peruviana* en las diferentes secciones transversales.

Con respecto a lo anterior, Julca (2021) al analizar la especie forestal *Byrsonima schunkei*, reportó resultados correspondientes a las muestras de la sección transversal interno, centro y externo con promedios de 5,13, 4,57 y 5,37% respectivamente, también, Porta (2019) en la especie *Brosimum utile*, obtuvo en la sección transversal interno, centro y externo un 5,56, 4,70 y 4,32% respectivamente, asimismo, Tacuche (2020) en la *Bixa platycarpa*, encontró en la sección transversal interno, centro y externo un 4,91, 4,99 y 5,70% respectivamente, dichos resultados se diferencian de los obtenidos en la investigación, esto puede verse influenciado por la especie, su estructura anatómica, debido a que aquí los radios juegan

un papel importante, además, la edad del árbol y las características edafoclimáticas del ambiente en el que se desarrolló.

4.3.3. Contracción longitudinal

Para el caso de la variable contracción longitudinal (%) se puede observar en la **Tabla 12** de acuerdo con el análisis de varianza a un 95% de nivel de confianza, para fuente de variación niveles de altura, secciones transversales e interacción (niveles de altura*secciones transversales) no se presentan diferencias estadísticas significativas con un p-valor superior al 5%.

Tabla 12. Análisis de varianza de la contracción longitudinal.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	P valor
Niveles de altura	2	0,01	0,01	0,38	0,687 ^{NS}
Secciones	2	0,01	0,0039	0,27	0,765 ^{NS}
Niveles de altura*Secciones	4	0,01	0,0021	0,14	0,963 ^{NS}
Error	18	0,26	0,01		
Total	26	0,29			

GL: grado de libertad; SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadrado medio; NS: no significativo; CV: 14,26%

Se observa en la **Figura 18** con la finalidad de comparar las medias de la fuente de variación contracción longitudinal en los niveles de altura de la especie *D. peruviana*, no se registraron diferencias estadísticas significativas, asimismo, para el nivel base se registran un valor superior con 0,27 %, por otro lado, para el nivel medio un 0,23% y para el nivel ápice un 0,22%. Por consiguiente, Morvely (2014) en estudio de la especie *Dacryodes peruviana* se obtuvo un 0,17%, que resulta inferior al resultado obtenido, lo cual evidencia que existe una variación en el mismo tipo de especie.

Por otro lado, Aguirre (2009) en su investigación sobre determinar propiedades físicas de la especie *Jacaranda copaia*, en el nivel base, medio y ápice de 0,40, 0,39 y 0,40% respectivamente, además, Aguirre (2014) en la especie *Senefeldera inclinata*, obtuvo en el nivel base, medio y ápice de 0,61, 0,61 y 0,49% respectivamente, asimismo, Julca (2021) realizó un estudio sobre la características anatómicas y físicas de la especie *Byrsonima schunkei*, para la contracción longitudinal en el nivel de altura base, medio y ápice un 0,55, 0,50 y 0,44% respectivamente, del mismo modo, Porta (2019) en la especie *Brosimum utile*, para la contracción longitudinal en el nivel de altura base, medio y ápice un 0,33, 0,37 y 0,39% respectivamente, las variación de esta variable, probablemente puede verse influencia por la

existencia de madera juvenil, además del factor edad, procedencia, especie. Cabe mencionar también que, las variaciones en los valores correspondientes a la contracción longitudinal pueden estar relacionados con el aumento en la longitud de las células y también la presencia de celulosa.

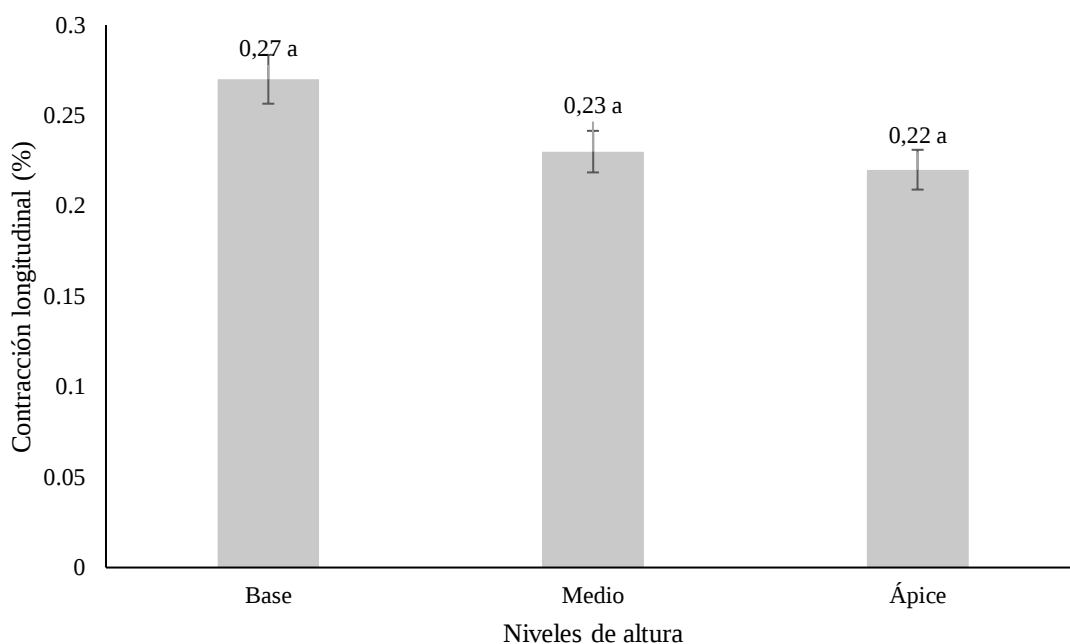


Figura 18. Comparación de medias de la contracción longitudinal (%) de la especie *D. peruviana* en los diferentes niveles de altura.

En la **Figura 19**, mediante la comparación de medias para la contracción radial (%), no reportan diferencias estadísticas donde se presenta para la especie *D. peruviana* un 0,25 % en la sección externa que resulta ser superior con respecto de los demás. De acuerdo con lo anterior, Julca (2021) en la especie *Byrsonima schunkei*, en la sección transversal interno, centro y externo un 0,54, 0,50 y 0,46% respectivamente, asimismo, Porta (2019) en la especie *Brosimun utile*, en la sección transversal interno, centro y externo un 0,32, 0,40 y 0,36% respectivamente, de la misma forma, Tacuche (2020) en las características físicas de *Bixa platycarpa* en la sección transversal interno, centro y externo un 0,33, 0,29 y 0,24% respectivamente, resultados que varían en cuanto a los obtenidos en la investigación, esto probablemente sea influencia por la especie, edad y procedencia, además debido a que la madera juvenil presenta una contracción longitudinal en incremento en la sección interna, lo contrario sucede con la sección exterior que va disminuyendo, esto se puede observar en los valores de los autores.

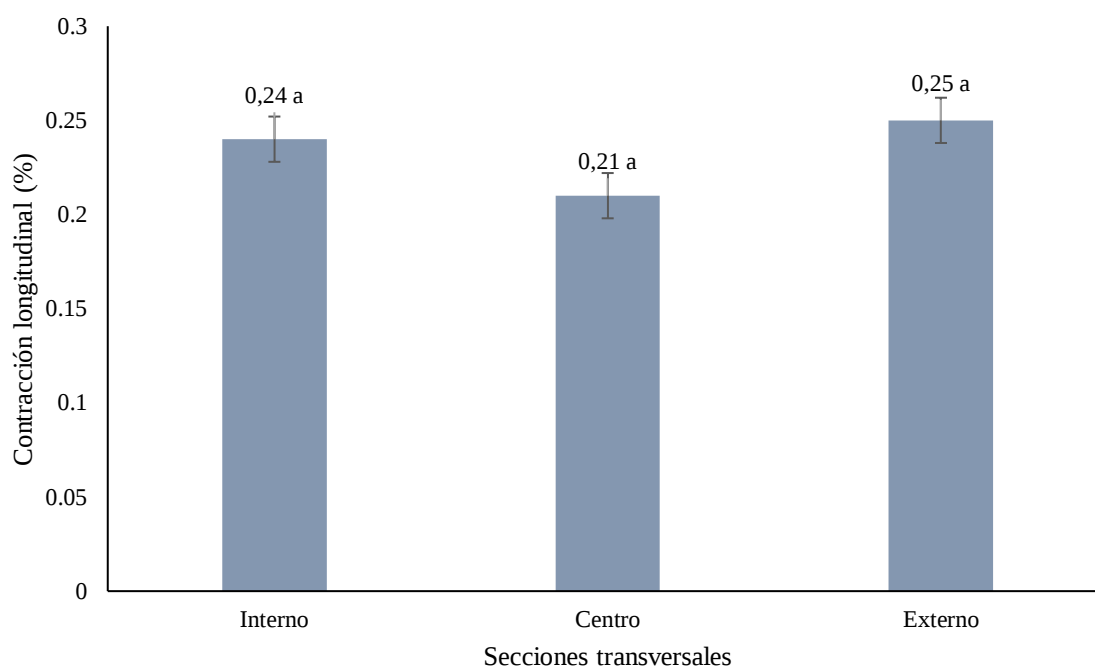


Figura 19. Comparación de medias de la contracción longitudinal (%) de la especie *D. peruviana* en las diferentes secciones transversales.

4.3.4. Relación T/R

En la **Tabla 13**, con la finalidad de evaluar las fuentes de variación en la relación T/R, se observa en el análisis de varianza al 95% que, para el caso de niveles de altura, secciones transversales e interacción (niveles de altura* secciones transversales) no presentan diferencias estadísticas significativa con un p-valor superior al 5%.

Tabla 13. Análisis de varianza de la relación T/R.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	P valor
Niveles de altura	2	0,06	0,03	1,4	0,272 ^{NS}
Secciones	2	0,02	0,01	0,44	0,653 ^{NS}
Niveles de altura*Secciones	4	0,06	0,02	0,7	0,603 ^{NS}
Error	18	0,39	0,02		
Total	26	0,53			

GL: grado de libertad; SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadrado medio; NS: no significativo; CV:9,11%

Como se muestra en la **Figura 20**, al comparar estadísticamente la relación T/R en los niveles de altura del fuste para la especie *D. peruviana*, se observa que no presenta diferencias estadísticas significativas, del mismo modo, se reportaron valores similares en

dichos niveles de altura en el fuste, donde el nivel de la base presenta un promedio de 1,56, el nivel medio un valor de 1,61 y el nivel ápice una media de 1,67.

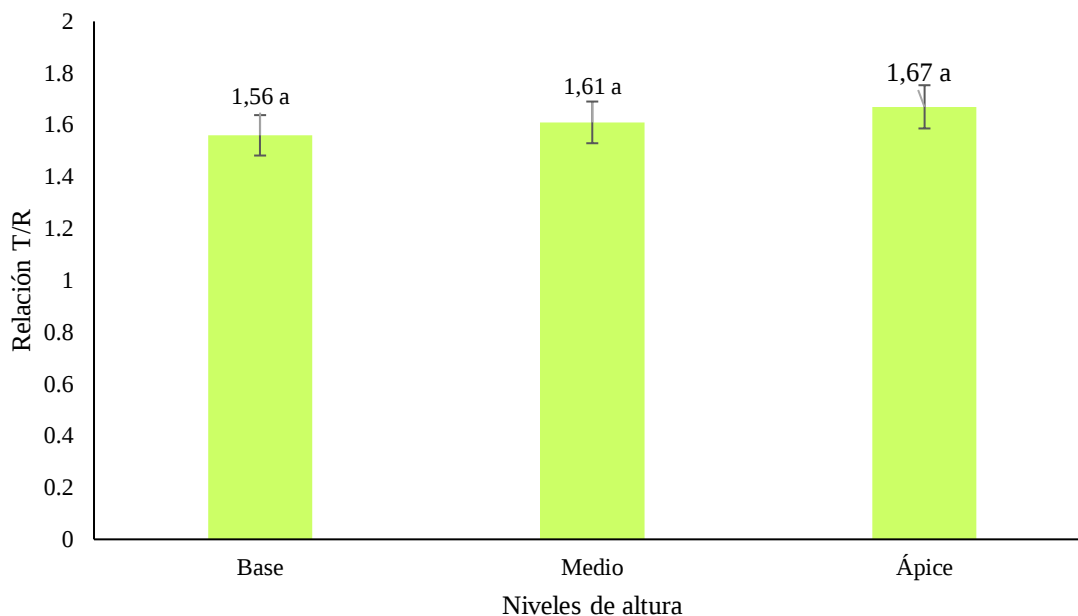


Figura 20. Comparación de medias de la relación T/R de la especie *D. peruviana* en los diferentes niveles de altura.

De tal forma, Porta (2019) en la especie *Brosimun utile*, registró en el nivel de altura base, medio y ápice un 1,59, 1,45 y 1,57 respectivamente, donde se visualiza que existe una semejanza en los resultados, asimismo, Aguirre (2009) en la especie *Jacaranda copaia*, obtuvo en el nivel base, medio y ápice un 1,91, 1,65 y 1,57, muestra valores cercanos a los obtenidos, por otro lado, Arechaga (2009) en la especie *Guatteria hyposericea*, presentó en el nivel base, medio y ápice un 2,01, 2,65 y 2,13, del mismo modo, Julca (2021) en la especie *Byrsonima schunkei*, obtuvo en el nivel de altura base, medio y ápice un 2,01, 1,81 y 1,90 respectivamente, adicionalmente, Tacuche (2020) en la especie *Bixa platycarpa*, obtuvo en el nivel de altura base, medio y ápice un 2,36, 2,09 y 1,85 respectivamente, obtuvieron resultados superiores a los obtenidos en la investigación, esto podría estar influenciado por las diferencias de especies en estudio, además de la edad y la procedencia. Además, cabe mencionar que la relación T/R, también llamada anisotropía, representa un índice de la estabilidad de la madera.

En la siguiente **Figura 21**, se presenta la comparación de medias en la variable relación T/R en las secciones transversales, se obtuvo como resultado que no se encontraron diferencias estadísticas significativas, asimismo, la sección transversal centro fue

superior con 1,65 con respecto a los demás, sección transversal interno y externo con 1,60 y 1,59 respectivamente.

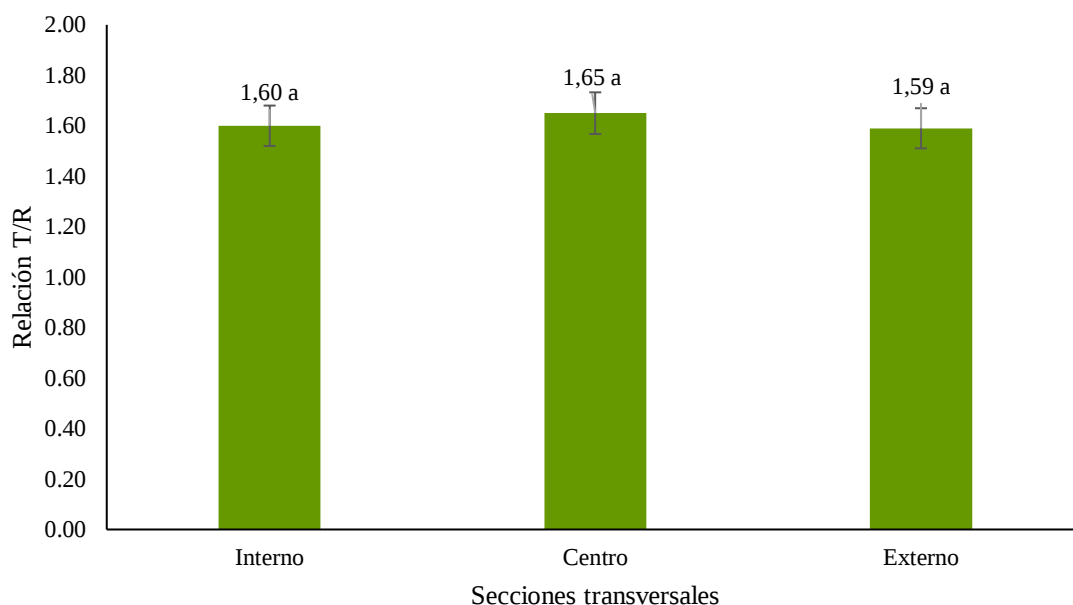


Figura 21. Comparación de medias de la relación T/R de la especie *D. peruviana* en las diferentes secciones transversales.

En tal sentido, Porta (2019) en la especie *Brosimun utile*, en la sección transversal interno, centro y externo un 1,41, 1,54 y 1,67 respectivamente, dichos resultados son similares a los obtenidos en la investigación, por otro lado, Julca (2021) en la especie *Byrsonima schunkei*, obtuvo en la sección transversal interno, centro y externo un 1,78, 2,07 y 1,87 respectivamente, del mismo modo, Tacuche (2020) en la especie *Bixa platycarpa*, registró en la sección transversal interno, centro y externo un 2,59, 2,11 y 1,63 respectivamente, quienes registraron valores superiores, estos posiblemente influenciados por la diferencia de especie, edad, procedencia y estructura anatómica.

4.3.5. Contracción volumétrica

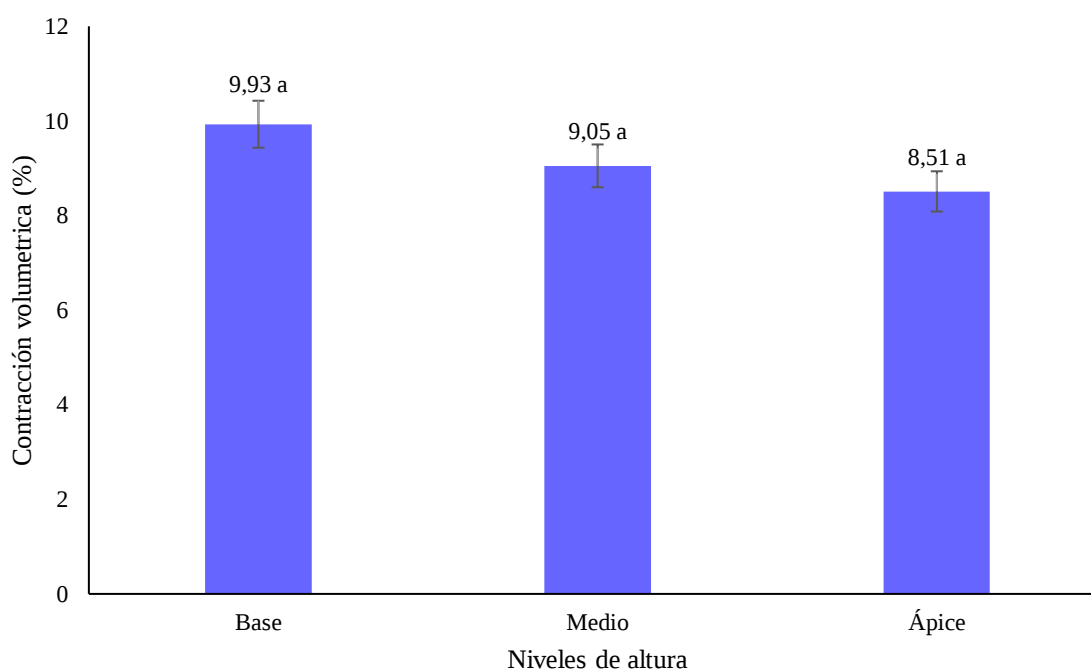
Para el caso de la variable contracción volumétrica (%) se puede observar en la **Tabla 22** de acuerdo con el análisis de varianza a un 95% de nivel de confianza, con el objetivo de evaluar el efecto entre los niveles de altura y las secciones transversales, para la fuente de variación secciones transversales se registran diferencias estadísticas significativas con un p-valor (0,012), por otro lado, para los niveles de altura e interacción (niveles de altura*secciones) no existen diferencias estadísticas significativas debido a que el valor del p-valor fue superior al 5%.

Tabla 14. Análisis de varianza de la contracción volumétrica.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	P valor
Niveles de altura	2	9,22	4,61	2,7	0,094 ^{NS}
Secciones	2	19,66	9,83	5,75	0,012*
Niveles de altura*Seccione	4	4,31	1,08	0,63	0,647 ^{NS}
Error	18	30,77	1,71		
Total	26	63,97			

GL: grado de libertad; SC: Suma de cuadrados; CM: Cuadrado medio; NS: no significativo; *: Significativo

Además, en la **Figura 22**, al comparar estadísticamente la contracción volumétrica (%) en los niveles de altura de la especie *D. peruviana*, se observa que no presenta diferencias estadísticas, del mismo modo, se reportaron valores similares en dichos niveles de altura, donde el nivel base presenta un valor numéricamente superior con 9,93%, con respecto a los demás.

**Figura 22.** Comparación de medias de la contracción volumétrica (%) de la especie *D. peruviana* en los diferentes niveles de altura.

De acuerdo a la información anterior, en investigación del género *Dacryodes* en la contracción volumétrica (%), Morvely (2014) presentó un 8,99 %, asimismo, Montenegro (2018) obtuvo un 10,3%, de la misma forma, autores como Arévalo y Londoño

(2005) presentaron como resultado un promedio de 14,2%, donde se visualiza que existe una diferencia con el ultimo autor, siendo un valor superior con relación a los resultados de la investigación.

Por otro lado, en investigaciones de otras especies en el BRUNAS, Arechaga (2009) en la especie *Guatteria hyposericea*, registró en el nivel base, medio y ápice de 12,62, 12,08 y 11,15% respectivamente, asimismo, Aguirre (2014) en la especie *Senefeldera inclinata*, obtuvo en el nivel base, medio y ápice de 13,57, 12,76 y 13,02% respectivamente. Por consiguiente, también existe investigación en la región Huánuco, Julca (2021) en la especie *Byrsonima schunkei*, en el nivel de altura base, medio y ápice un 12,91, 12,93 y 13,15% respectivamente, asimismo, Porta (2019) en la especie *Brosimun utile*, en el nivel de altura base, medio y ápice un 12,67, 12,41 y 11,53% respectivamente, de la misma forma, Tacuche (2020) *Bixa platycarpa* en el nivel de altura base, medio y ápice un 9,06, 9,40 y 10,05% respectivamente, esta variación se puede atribuir a la existencia de propiedades en la estructura de la pared celular, además de la orientación de la punteaduras y de cómo se compone químicamente.

En la siguiente **Figura 23**, se presenta la comparación de medias en la variable contracción volumétrica (%) correspondientes a las secciones transversales, como resultado se encontraron diferencias estadísticas significativas, de tal modo, que la sección transversal interno es estadística y numéricamente superior con 10,36% con respecto a los demás.

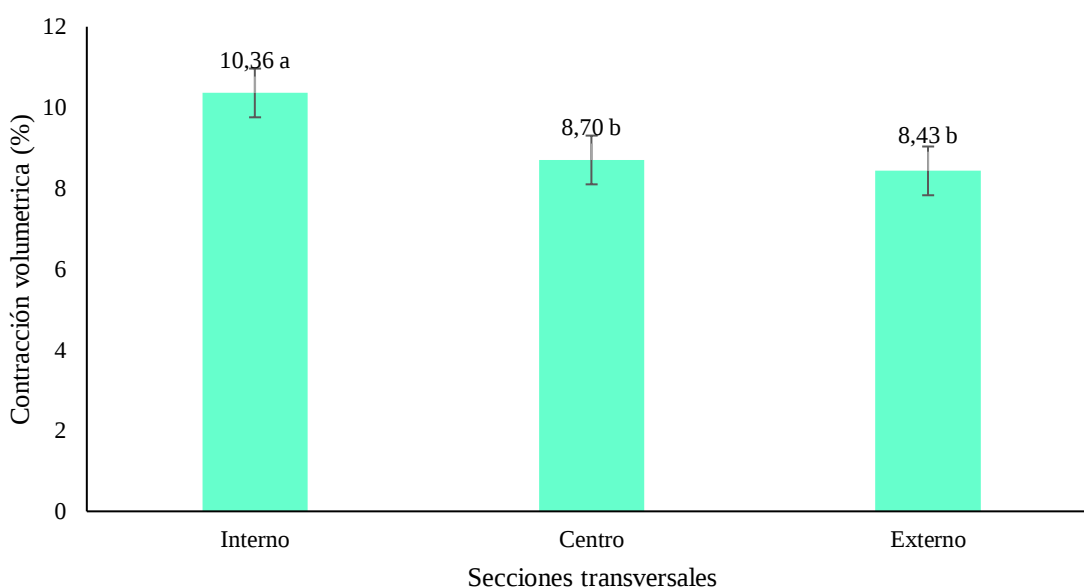


Figura 23. Comparación de medias de la contracción volumétrica de la especie *D. peruviana* en las diferentes secciones transversales.

De acuerdo con lo anterior, Julca (2021) en la especie *Byrsonima schunkei*, presento en la sección transversal interno, centro y externo un 12,65, 12,92 y 13,42%, asimismo, Porta (2019) en la especie *Brosimun utile*, registró en la sección transversal interno, centro y externo un 13,32, 12,28 y 11,00% respectivamente, de igual forma, Tacuche (2020) en la especie *Bixa platycarpa*, presentó en la sección transversal interno, centro y externo un 9,58, 9,32 y 9,66% respectivamente, en dichos valores existe una diferencia, esto puede originarse por el factor edad, y las forma en la que se distribuyen los anillos de crecimiento, además del tipo y diámetro de las células y la presencia de extraíbles.

V. CONCLUSIONES

1. El contenido de humedad saturada en *D. peruviana* fluctuó desde 74,89% en la parte basal hasta 66,52% en la parte apical, en el caso de la sección transversal fue desde 71,98% en la parte interna y 72,81% en la parte externa. En el caso de la humedad saturada con 14,93% en la base hasta 14,66% en la parte apical y en la sección transversal fue de 14,85% en el punto interno hasta un 14,68% en la parte externa, no mostrando diferencias estadísticas significativas, similares comportamientos se registraron en el contenido de humedad seca al aire.
2. Respecto a las densidades en la especie *D. peruviana*, se determinó que en el eje longitudinal y transversal, la densidad saturada promedio fue 0,94 g/cm³, la densidad básica promedio es 0,55 g/cm³ y la densidad anhidra promedio de 0,61 g/cm³.
3. En la contracción y relación en la especie *D. peruviana* en el eje longitudinal y transversal fue: en la contracción tangencial promedio de 7,45%, en la contracción radial de 4,69%, en la contracción longitudinal promedio de 0,24%, en la contracción volumétrica promedio de 9,16%, en la relación T/R promedio de 1,61.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Promover más estudios tecnológicos de la madera con el fin de poder considerarlas en el mercado nacional e internacional.
2. En posibles investigaciones realizar estudios sobre el contenido de humedad de equilibrio en todo un año en función a los meses, debido a que las condiciones en la región son muy variables.
3. Realizar estudios sobre la variación de la contracción respecto al contenido de humedad.

VII. REFERENCIAS

- Acuña, L., y Casado, M. (2005). *Material de apoyo del curso Tecnología de la madera*. Universidad de Valladolid.
- Aguirre, A. (2009). *Determinación de las propiedades físicas a tres alturas del fuste Huamanzamana (Jacaranda copaia (Aubl.) D. Don.) procedente del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva -Tingo María* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/560/T.FRS-162.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alvarez, D. (2017) *Caracterización morfológica e identificación de zonas potenciales de conservación de copal (Dacryodes peruviana) en los siete transectos del proyecto banco de germoplasma* [Tesis pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio UTC. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4204>
- Aguirre, Y. (2014). *Determinación de las propiedades físicas a tres alturas del fuste de Senefeldera inclinata Mart. (Huangana caspi) procedente del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/604/T.FRS-206.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Aguirre, Z., Loja, A., Solano, M., y Aguirre, N. (2015). *Especies forestales más aprovechadas en la región sur del Ecuador*. EDILO.
- Alvis, J., Cabas, L., y Valencia, D. (2017). Propiedades físico-mecánicas de la madera de Uraco (*Ocotea brevipetiolata* van der Werff), Municipio de Sibundoy, Putumayo. *Rev. Bio. Agro.* 15(1), 66-75.
- Ananías, R. (1992). *Física de la madera*. Departamento de ingeniería en maderas. Universidad del Bio-Bio.
- Arechaga, H. (2009). *Determinación de las propiedades físicas en el fuste y ramas de la especie Carahuasca (Guatteria hyposericea Diels) en Tingo María* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/639/T.FRS-258.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Arévalo, R., y Londoño, A. (2005). *Manual para la identificación de maderas que se comercializan en el Departamento del Tolima*. Impresiones Conde.
- Aróstegui, A. (1982). *Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas* (Vol. 2). Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional Forestal y de Fauna.
- Barreto, J. (2013). *Estudio de propiedades físico mecánicas (corte y flexión) de la especie de madera tropical teca (Tectona grandis) en el sistema de laminado pegado estructural* [Tesis de posgrado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/11895>
- Cartuche, K. (2022). *Caracterización de la madera de 95 especies forestales del sur de Ecuador con base a sus propiedades físicas, organolépticas y anatómicas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio Institucional de UNL. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/24554>
- Chambergó, A., y Aróstegui, A. (1984). Influencia de los elementos xilemáticos en las Propiedades físico – mecánicas de 45 maderas del Perú. (F. d. CEDINFOR, Ed.) *Revista Forestal del Perú*, 12, 16. [http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol12_no1-2_84_\(16\)/vol12_art1.pdf](http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol12_no1-2_84_(16)/vol12_art1.pdf)
- Coronel, E. (1994). *Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas, 1º parte, fundamentos de las propiedades físicas de las maderas*. Instituto de Tecnología de la Madera. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Santiago del Estero.
- Cuevas, E. (2003). *Propiedades físicas y mecánicas de la madera. Material de apoyo en propiedades físicas y mecánicas*. Universidad de Talca.
- Eduardo, C. (1985). *Programa de investigación de celulosa y papel*. Universidad Nacional de Misiones. <http://www.celuloseonline.com.br/imagembank!Docs/Doc8ankldc/dc040.pdf>.
- Figueró, A. (2007). *Variación de densidad básica en la madera de Pinus taeda L.* [Tesis de pregrado, Universidad Austral de Chile].
- Fuentes A., Miranda, T., Araujo, A., Cayola, L., Macía, M. J., y Jorgensen, P. M. (2009). Novedades florísticas de la Región Madidi, La Paz, Bolivia. *Revista de la Sociedad Boliviana de Botánica*, 4(2), 293-313.
- García, L. (2003). *La madera y su anatomía: anomalías y defectos, estructura microscópica de coníferas y frondosas, identificación de maderas, descripción de especies y pared celular*. Fundación Conde del Valle de Salazar, Mundi-Prensa.
- Holm-Nielsen, R. S. (1990). Flowering plants of Amazonian Ecuador. A checklist. *AAU Rep.*, 24(1), 1-241.

- Igartúa, D., Monteoliva, S., y Piter, J. (2009). Estudio de algunas propiedades físicas de la madera de *Acacia melanoxylon* en Argentina. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 11(1), 3-18.
- Jorgensen, P. M. (1999). *Catálogo de plantas vasculares del Ecuador*, Monogr. Syst. Bot. Miss. Bot. Gard. Missouri Botanical Garden, St. Louis.
- Jost, F. (2006). *Propiedades Físicas y Mecánicas de la Araucaria angustifolia proveniente de plantaciones de Oxapampa* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional UNALM. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/407/K50.J6-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Julca, E. (2021). *Caracterización anatómica y física de la madera de Byrsonima schunkei W. R. Anderson (INDANO), distrito la Morada- Huánuco* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/2038/TS_EHJP_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Llerena, E. (2018). *Caracterización anatómica de Ilex guayusa, Dacryodes peruviana, Terminalia amazónica, Triplaris americana, mediante tinciones, procedentes del parque botánico Sucua, ubicado en la provincia de Morona Santiago* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio Institucional ESPOCH. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8735/1/33T0186.pdf>
- López, B. (2021). *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]. Repositorio Institucional UCP. <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1269>
- Miranda, I., Almeida, M. H., y PEREIRA, H. (2001). Provenance and site variation of wood density in *Eucalyptus globulus* Labill. at harvest age and its relation to a non-destructive early assessment. *Forest Ecology and Management*, 149(1-3), 235-240. DOI 10.1016/S0378-1127(00)00560-0.
- Montenegro, R. (2018). *Clasificación de especies forestales maderables de la Amazonía Peruana aplicando análisis clúster con algoritmo clara* [Tesis de posgrado, Universidad Nacional Agraria de la Molina]. Repositorio Institucional UNALM. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3759/montenegro-muro-rolando-antonio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Morvely, W. (2014). *Determinación de las características anatómicas y propiedades físicas de la madera de las especies Erisma 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]. Repositorio Institucional UNAMAD. <https://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14070/97/004-2-3-022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Murillo, V. (2018). *Determinación de las propiedades físicas de tres especies forestales del Bosque Seco Tropical de Manabí* [Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Repositorio Institucional UNESUM. <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1135/1/UNESUM-ECU-FORESTAL-2018-06.pdf>
- Najera, J., Vargas, Z., Méndez, J., y Graciano, J. (2005). Propiedades físicas y mecánicas de la madera en *Quercus laeta* Liemb. De el Salto, Durango. *Revista Ra Ximhai*. 1(3), 559-576.
- Navarro, J., Borja, A., y Machuca, R. (2005). Características tecnológicas de la madera de palo morado (*Peltogyne mexicana* Martínez) de tierra colorada Guerrero, México. *Revista Chapingo*. 11(1), 73-82.
- Neill, J. (1989). *Árboles de la Amazonía Ecuatoriana*. USAID-Missouri Botinical Garden.
- NTP (Norma Técnica Peruana 251.011). (2014). *Método de determinación de la densidad*. NTP.
- NTP (Norma Técnica Peruana 251.008). (2016). *Método para selección y colección de muestras*. NTP
- NTP (Norma Técnica Peruana 251.010). (2014). *Método para determinar el contenido de humedad*. NTP.
- NTP (Norma Técnica Peruana 251.012). (2015). *Método de determinación de la contracción*. NTP.
- Paguay, I. (2013). *Determinación de las Propiedades Físicas y mecánicas de tres especies Forestales Andinas: Platuquero (Styloceras sp), YAGUAL (Polylepis racemosa), NOGAL (Juglans neotropica)* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio Institucional ESPOCH. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2788>
- Porta, J. (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 de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1622/TS_PSCJM_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Rivera, S. (2014). *Variación del contenido de humedad y cambio dimensional en diferentes alturas de fuste de bolaina blanca (Guazuma crinita Mart.) en la zona Tingo María* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Academia. http://www.academia.edu/9766041/TESIS_JHONY (Consultado enero 20, 2015)
- Salazar, E. (2015). Influencia de altas densidades de plantación en el poder calorífico y propiedades físicas de la madera para la especie *Gmelina arborea* Roxb. Ex Sm. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*. 13(30), 51-56.
- Sánchez, J. (2021). *Análisis de las propiedades mecánicas de la madera de eucalipto (EUCALYPTUS), provenientes de la provincia de Tungurahua y su factibilidad como material estructural de acuerdo a la norma ecuatoriana de la construcción 2015 (NEC 2015)* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato] Repositorio institucional UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/33541/1/Tesis%20I.%20C.%201523%20-%20S%C3%A1nchez%20Dahua%20Jos%C3%A9%20Luis.pdf>
- Sotelo, E. (2016). *Propiedades físicas, químicas y de trabajabilidad de Carapa amorphocarpa W. Palacios, en el noroccidente del Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Institucional de UTN. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5332/1/03%20FOR%20242%20TESIS%20DE%20GRADO.pdf>
- Tacuche, Y. (2021). *Variabilidad longitudinal y transversal de las propiedades físicas de Bixa platycarpa Ruiz & Pav. Ex G Don. (Achotillo), en codo de Pozuzo, Huánuco* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1959/TS_TCYM_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Walker, J. (2006). *Water in wood. Primary Wood Processing*. Springer Netherlands.

ANEXO

Tabla 15. Promedio de contenido de humedad saturado (%).

Niveles de altura	Secciones	Repeticiones		
		I	II	III
Base	Interno	109,45	71,02	57,28
	Centro	102,98	57,64	55,39
	Externo	97,06	60,17	63,05
Medio	Interno	103,66	58,61	51,03
	Centro	101,19	58,42	55,88
	Externo	85,46	59,35	67,77
Ápice	Interno	74,89	71,05	50,82
	Centro	66,17	55,69	57,55
	Externo	88,78	66,13	67,56

Tabla 16. Promedios de contenido de humedad seco al aire (%).

Niveles de altura	Secciones	Repeticiones		
		I	II	III
Base	Interno	14,79	15,16	14,79
	Centro	14,86	15,18	14,69
	Externo	15,09	15,18	14,65
Medio	Interno	14,55	14,88	14,62
	Centro	14,93	15,11	14,52
	Externo	15,08	15,23	14,53
Ápice	Interno	14,93	15,15	14,73
	Centro	15,18	15,06	14,52
	Externo	15,49	12,12	14,77

Tabla 17. Promedios de la densidad saturada (g/cm³).

Niveles de altura	Secciones	Repeticiones		
		I	II	III
Base	Interno	1,089	0,967	0,868
	Centro	1,082	0,944	0,884
	Externo	0,985	0,961	0,936
Medio	Interno	0,990	0,874	0,826
	Centro	1,018	0,937	0,849
	Externo	0,911	0,993	0,964
Ápice	Interno	0,844	0,984	0,823
	Centro	0,861	0,908	0,854
	Externo	0,955	1,034	0,969

Tabla 18. Promedios de la densidad básica (g/cm³).

Niveles de altura	Secciones	Repeticiones		
		I	II	III
Base	Interno	0,52	0,57	0,55
	Centro	0,53	0,60	0,57
	Externo	0,51	0,60	0,57
Medio	Interno	0,49	0,55	0,55
	Centro	0,51	0,59	0,54
	Externo	0,49	0,62	0,57
Ápice	Interno	0,49	0,58	0,55
	Centro	0,52	0,58	0,54
	Externo	0,51	0,62	0,58

Tabla 19. Promedios de la densidad anhidra (g/cm³).

Niveles de altura	Secciones	Repeticiones		
		I	II	III
Base	Interno	0,61	0,63	0,61
	Centro	0,58	0,66	0,63
	Externo	0,58	0,65	0,63
Medio	Interno	0,54	0,61	0,61
	Centro	0,56	0,65	0,60
	Externo	0,53	0,68	0,62
Ápice	Interno	0,54	0,63	0,61
	Centro	0,56	0,63	0,59
	Externo	0,56	0,67	0,62

Tabla 20. Contracción tangencial (%).

Niveles de altura	Secciones	Repeticiones		
		I	II	III
Base	Interno	7,79	7,04	7,31
	Centro	7,87	7,39	7,72
	Externo	6,80	7,27	7,28
Medio	Interno	8,84	8,72	7,02
	Centro	7,39	8,28	6,50
	Externo	6,51	8,62	6,17
Ápice	Interno	6,73	6,62	6,59
	Centro	9,07	7,49	7,04
	Externo	8,54	7,56	7,11

Tabla 21. Promedios de la contracción radial (%).

Niveles de altura	Secciones	Repeticiones		
		I	II	III
Base	Interno	5,22	5,09	4,53
	Centro	4,76	5,15	4,75
	Externo	4,77	4,78	4,37
Medio	Interno	5,14	5,39	4,57
	Centro	4,25	5,57	4,51
	Externo	3,55	5,31	4,59
Ápice	Interno	4,05	4,10	4,34
	Centro	4,57	4,27	4,41
	Externo	5,44	4,73	4,51

Tabla 22. Promedio de la contracción longitudinal.

Niveles de altura	Secciones	Secciones		
		I	II	III
Base	Interno	0,37	0,37	0,08
	Centro	0,40	0,27	0,12
	Externo	0,29	0,30	0,20
Medio	Interno	0,19	0,34	0,12
	Centro	0,16	0,24	0,16
	Externo	0,42	0,30	0,10
Ápice	Interno	0,20	0,32	0,21
	Centro	0,23	0,28	0,08
	Externo	0,34	0,29	0,06

Tabla 23. Promedios de la contracción volumétrica (%).

Niveles de altura	Secciones	Repeticiones		
		I	II	III
Base	Interno	13,56	9,61	9,48
	Centro	8,43	8,88	9,75
	Externo	12,78	8,25	8,64
Medio	Interno	10,41	9,94	10,43
	Centro	9,26	8,62	9,54
	Externo	7,58	8,31	7,40
Ápice	Interno	10,76	8,20	10,87
	Centro	7,59	7,87	8,39
	Externo	8,20	7,27	7,47

Tabla 24. Promedios de la relación T/R.

Niveles de altura	Secciones	Repeticiones		
		I	II	III
Base	Interno	1,49	1,43	1,62
	Centro	1,66	1,46	1,70
	Externo	1,43	1,53	1,69
Medio	Interno	1,81	1,65	1,53
	Centro	1,74	1,52	1,43
	Externo	1,85	1,63	1,35
Ápice	Interno	1,69	1,62	1,59
	Centro	1,99	1,75	1,60
	Externo	1,61	1,62	1,59

**Figura 24.** Toma de datos referenciales de los árboles seleccionados.



Figura 25. Colecta de muestras botánicas para su identificación.



Figura 26. Prensado de las muestras botánicas.



Figura 27. Registro de la altura de los árboles apeados.



Figura 28. Selección y codificado del árbol a derribar.



Figura 29. Apeado de los árboles seleccionados.



Figura 30. Obtención de probetas.



Figura 31. Registro de los pesos de las probetas.



Figura 32. Principio de Arquímedes para la obtención del volumen.



Figura 33. Registro de las dimensiones longitudinales.



Figura 34. Probetas sometidas a la estufa.



Figura 35. Parafinado de las probetas.