

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



CARACTERIZACIÓN ANATÓMICA Y FÍSICA DE LA MADERA DE *Byrsonima schunkei* W. R. Anderson (INDANO), DISTRITO LA MORADA – HUÁNUCO

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR:

ELAYNE HAYDEE JULCA PEÑA

Tingo María – Perú

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María – Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 045-2021-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 16 de noviembre de 2021, a horas 5:10 p.m. en la Sala virtual Microsof Teams de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal para calificar la Tesis titulada:

“CARACTERIZACIÓN ANATÓMICA Y FÍSICA DE LA MADERA DE *Byrsonima schunkei* W. R. Anderson (INDANO), DISTRITO LA MORADA – HUÁNUCO”

Presentado por la Bachiller: **JULCA PEÑA, Elayne Haydee**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADA** con el calificativo de **“BUENO”**

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, 14 de Diciembre de 2021

Ing. Mg. RICARDO OCHOA CUYA
PRESIDENTE

Dra. TANIA ELIZABETH GUERRERO VEJARANO
MIEMBRO

Ing. JORGE LUIS VERGARA PALOMINO
MIEMBRO




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

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



CARACTERIZACIÓN ANATÓMICA Y FÍSICA DE LA MADERA DE *Byrsonima schunkei* W. R. Anderson (INDANO), DISTRITO LA MORADA – HUÁNUCO

Autor : Elayne Haydee Julca Peña

Asesor (es) : Ing. Mg. Sc. Robert Gilbert Pecho de la Cruz 

Programa de investigación : Química, física y anatomía

Líneas de investigación : Anatomía y física forestal

Ejes temáticos : Características organolépticas, macroscópicas y propiedades físicas de la madera y otros materiales lignocelulósicos

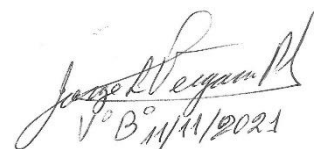
Lugar de ejecución : Laboratorio de Anatomía de la Madera

Duración : Fecha de inicio : noviembre 2020
Fecha de término : julio 2021

Financiamiento : S/ 4 363,70

FEDU: No

Propio: Si


V° B. N. / 11 / 2021


07-12-21



Tingo María – Perú

2021

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso, por bendecir e iluminar mi camino para llegar a cumplir todas mis metas mostrándome siempre la luz de la esperanza al final del túnel.

A mis padres Filomeno Julca Ramírez y Reina Peña Ríos, por su inconmensurable amor, buenos consejos y su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, en mi formación profesional y por hacer de mí, una mejor persona cada día.

A mis hermanos Junior y Jennifer, por su inmenso amor, confianza brindada y por estar presente en cada momento de mi vida inspirándome a seguir adelante.

A mi prima Carla Julca, buena amiga, confidente, por su apoyo incondicional y buenos deseos en mi crecimiento personal y profesional.

AGRADECIMIENTO

- A Dios, gracias por llenarme de fortaleza, voluntad, valor, salud y guiarme siempre por el camino correcto durante mi vida personal y profesional.
- A mis padres, por el apoyo financiero, emocional y los buenos consejos que me encaminaron, para salir adelante cumpliendo mis metas.
- A mi alma máter, Universidad Nacional Agraria de la Selva, institución donde me formé.
- A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, por contribuir en mi formación profesional, compartiendo sus conocimientos y experiencias.
- Al Ing. Mg. Sc. Robert Gilbert Pecho De La Cruz, por el asesoramiento y orientación en la presente investigación, por las sugerencias, los aportes, el apoyo y la confianza depositada durante todo el proceso de la elaboración de tesis.
- A mis jurados: Ing. Mg. Sc. Ricardo Ochoa Cuya, Dra. Tania Elizabeth Guerrero Vejarano y al Ing. Jorge Luis Vergara Palomino, por sus contribuciones, orientaciones, sugerencias, consejos y apoyo para realizar un buen trabajo de investigación.
- Al Ing. Cleide Santos Flores, técnico del Laboratorio de Anatomía de la Madera, por brindarme el apoyo técnico y compartir su experiencia profesional con el fin de cumplir los objetivos de la investigación.
- Al señor Carlos Edmundo Muñoz Landa, titular de la concesión forestal, por el apoyo y facilidades brindadas durante la extracción y transporte de las muestras de madera y muestras dendrológicas.
- Al señor Mario Soza Shapiama, por los buenos consejos y su valiosa contribución en el proceso de tala, trozado y habilitado de las muestras de madera en la presente tesis.
- A mis tíos Vicente, Fortunato, Santos y demás familiares, por su apoyo incondicional.
- A mis amigos: Yuvis Vallejos, Mariela Baldeon, Deny Pimentel, Arnold Puluche, Carla Julca y demás amigos; por su contribución durante todo el proceso de ejecución de la presente investigación.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Marco teórico.....	3
2.1.1. Taxonomía.....	3
2.1.2. Descripción de la especie <i>Byrsonima schunkei</i> (indano).	3
2.1.3. Características organolépticas de la madera.....	4
2.1.3.1. Color.....	4
2.1.3.2. Sabor.....	5
2.1.3.3. Olor.....	5
2.1.3.4. Grano	6
2.1.3.5. Veteado.....	6
2.1.3.6. Brillo.....	7
2.1.3.7. Textura	7
2.1.4. Características macroscópicas de la madera.....	7
2.1.4.1. Poros.....	8
2.1.4.2. Parénquima.....	8
2.1.4.3. Radios.....	10
2.1.4.4. Anillos de crecimiento	10
2.1.5. Propiedades físicas de la madera.....	11
2.1.5.1. Contenido de humedad.....	11
2.1.5.2. Densidad.....	12
2.1.5.3. Contracción	14
2.2. Estado del arte.....	16
2.2.1. Anatomía de la madera: Organoléptico y macroscópico.....	16
2.2.2. Propiedades físicas	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1. Lugar de ejecución.....	24
3.1.1. Lugar de obtención de muestras	24
3.1.2. Lugar de habilitación y evaluación de muestras.....	24
3.1.3. Datos ecológicos.....	25

3.2.	Materiales y equipos	25
3.2.1.	Material vegetativo	25
3.2.2.	Materiales y equipos	25
3.3.	Metodología.....	26
3.3.1.	Determinación de las características anatómicas de la madera <i>B. schunkei</i>	26
3.3.1.1.	Determinación de las características organolépticas	28
3.3.1.2.	Determinación de las características macroscópicas.....	31
3.3.2.	Determinación de las propiedades físicas de la madera <i>B. schunkei</i>	32
3.3.2.1.	Contenido de humedad saturado y seco al aire	33
3.3.2.2.	Determinación de las densidades: saturada, básica y anhidra ...	34
3.3.2.3.	Determinación de las contracciones: tangencial, radial, longitudinal, volumétrica, y relación T/R.	35
3.4.	Tipo y Diseño de investigación	37
3.4.1.	Tipo y nivel.....	37
3.4.2.	Diseño	38
3.4.3.	Variables en estudio	40
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.1.	Determinación de las características anatómicas: organoléptica y macroscópica de la madera de <i>B. schunkei</i>	41
4.1.1.	Características organolépticas	41
4.1.1.1.	Color	41
4.1.1.2.	Sabor.....	42
4.1.1.3.	Olor.....	42
4.1.1.4.	Veteado.....	42
4.1.1.5.	Grano	43
4.1.1.6.	Brillo.....	44
4.1.1.7.	Textura	44
4.1.2.	Características macroscópicas	45
4.1.2.1.	Poros.....	45
4.1.2.2.	Parénquima.....	46
4.1.2.3.	Radios.....	46
4.1.2.4.	Anillo de crecimiento	47

4.2. Determinación de las propiedades físicas: contenido humedad, densidad y contracción de la madera de <i>B. schunkei</i>	48
4.2.1. Contenido de humedad saturado y seco al aire	48
4.2.1.1. Contenido de humedad saturado	48
4.2.1.2. Contenido de humedad seco al aire	50
4.2.2. Densidad saturada, básica y anhidra.....	52
4.2.2.1. Densidad saturada	52
4.2.2.2. Densidad básica.....	54
4.2.2.3. Densidad anhidra.....	59
4.2.3. Contracción tangencial, radial, longitudinal, volumétrica y relación tangencial/radial.	62
4.2.3.1. Contracción tangencial	62
4.2.3.2. Contracción radial	64
4.2.3.3. Contracción longitudinal	66
4.2.3.4. Contracción volumétrica	68
4.2.3.5. Relación tangencial/radial	70
V. CONCLUSIONES	73
VI. PROPUESTAS A FUTURO	74
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
ANEXO	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Clasificación de la madera según la densidad básica.	13
2. Clasificación según la contracción volumétrica.	15
3. Clasificación de la estabilidad según la relación tangencial/radial.	16
4. Medidas dasométricas y coordenadas de los árboles talados.	28
5. Interacción de los factores en estudio.	38
6. Esquema del ANVA.	39
7. Promedios de la cantidad de poros en la madera de <i>B. schunkei</i>	45
8. ANVA del contenido de humedad saturado de la madera de <i>B. schunkei</i>	48
9. ANVA del contenido de humedad seco al aire de la madera de <i>B. schunkei</i>	50
10. ANVA de la densidad saturada de la madera de <i>B. schunkei</i>	53
11. ANVA de la densidad básica de la madera de <i>B. schunkei</i>	55
12. Análisis entre los niveles de altura y secciones transversales, para la densidad básica.	56
13. Densidad básica con respecto al efecto simple del factor nivel de altura (base, medio y ápice), en el factor sección transversal (interno, centro y externo).	57
14. Densidad básica con respecto al efecto simple del factor sección transversal (interno, centro y externo), en el factor nivel de altura (base, medio y ápice).	58
15. ANVA de la densidad básica de la madera de <i>B. schunkei</i>	59
16. ANVA de la contracción tangencial de la madera de <i>B. schunkei</i>	62
17. ANVA de la contracción radial de la madera de <i>B. schunkei</i>	64
18. ANVA de la contracción longitudinal de la madera de <i>B. schunkei</i>	66
19. ANVA de la contracción volumétrica de la madera de <i>B. schunkei</i>	69
20. ANVA de la relación tangencial/radial de la madera de <i>B. schunkei</i>	71
21. Evaluación de las características macroscópicas.	85
22. Color de la madera por nivel de altura y sección transversal.	87
23. Contenido de humedad saturado de los cinco árboles de la madera de <i>B. schunkei</i>	87
24. Contenido de humedad seco al aire de los cinco árboles de la madera de <i>B. schunkei</i>	88
25. Densidad saturada de los cinco árboles de la madera de <i>B. schunkei</i>	88
26. Densidad básica de los cinco árboles de la madera de <i>B. schunkei</i>	88
27. Densidad anhidra de los cinco árboles de la madera de <i>B. schunkei</i>	89
28. Contracción tangencial de los cinco árboles de la madera de <i>B. schunkei</i>	89
29. Contracción radial de los cinco árboles de la madera de <i>B. schunkei</i>	89

30. Contracción longitudinal de los cinco árboles de la madera de <i>B. schunkei</i>	90
31. Contracción volumétrica de los cinco árboles de la madera de <i>B. schunkei</i>	90
32. Relación Tangencial/Radial de los cinco árboles de la madera de <i>B. schunkei</i>	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Curva de los principales parámetros climáticos en el Laboratorio de Anatomía de la madera durante la evaluación.	24
2. Tala, medición y trozado del fuste por niveles de altura.	27
3. Obtención de probetas para características organolépticas y macroscópicas.	29
4. Proceso de obtención de las probetas para la evaluación de las propiedades físicas.	32
5. Tamaño de probetas y su codificación.	33
6. Rodajas de la especie <i>B. schunkei</i> en condición húmedo y seco al aire.	41
7. Veteado en el corte radial de la especie <i>B. schunkei</i>	43
8. Grano en la sección transversal y longitudinal de la especie <i>B. schunkei</i>	44
9. Visualización de los anillos de crecimiento en la sección transversal de la rodaja.	47
10. Humedad saturada de la madera de <i>B. schunkei</i> por nivel de altura.	49
11. Humedad saturada de la madera de <i>B. schunkei</i> por sección transversal.	50
12. Contenido de humedad seca al aire de la madera de <i>B. schunkei</i> por nivel de altura.	51
13. Contenido de humedad seco al aire de la madera de <i>B. schunkei</i> por sección transversal.	52
14. Densidad saturada de la madera de <i>B. schunkei</i> por nivel de altura.	53
15. Densidad saturada de la madera de <i>B. schunkei</i> por sección transversal.	54
16. Efecto de la interacción niveles de altura en el factor sección transversal, con respecto a la densidad básica.	57
17. Efecto de la interacción sección transversal (interno, centro y externo) en el factor nivel de altura (base, medio y ápice), con respecto a la densidad básica.	59
18. Densidad anhidra de la madera de <i>B. schunkei</i> por nivel de altura.	60
19. Densidad anhidra de la madera de <i>B. schunkei</i> por sección transversal.	61
20. Contracción tangencial de la madera de <i>B. schunkei</i> por nivel de altura.	63
21. Contracción tangencial de la madera de <i>B. schunkei</i> por sección transversal.	64
22. Contracción radial de la madera de <i>B. schunkei</i> por nivel de altura.	65
23. Contracción radial de la madera de <i>B. schunkei</i> por sección transversal.	66
24. Contracción longitudinal de la madera de <i>B. schunkei</i> por nivel de altura.	67
25. Contracción longitudinal de la madera de <i>B. schunkei</i> por sección transversal.	68
26. Contracción volumétrica de la madera de <i>B. schunkei</i> por nivel de altura.	69
27. Contracción volumétrica de la madera de <i>B. schunkei</i> por sección transversal.	70
28. Relación tangencial/radial de la madera de <i>B. schunkei</i> por nivel de altura.	71

29. Relación tangencial/radial de la madera de <i>B. schunkei</i> por sección transversal.	72
30. Características macroscópicas por nivel de altura (base “A”, medio “B” y ápice “C”) y sección transversal (interno “D”, centro “E” y externo “F”) de la especie <i>B. schunkei</i>	84
31. Georreferenciación del árbol seleccionado.....	91
32. Obtención y codificación de rodajas de la madera <i>B. schunkei</i>	91
33. Colecta y prensado de muestras botánicas.	92
34. Secado y montaje de muestras botánicas.....	92
35. Habilitado y codificación de muestras.....	93
36. Determinación del grano.	93
37. Determinación del color en muestras de xilotecas y rodajas.....	94
38. Registro de peso seco al aire de las probetas.....	94
39. Secado de las probetas en estufa.....	95
40. Probetas colocadas en el desecador después de ser retiradas de la estufa.....	95
41. Medición y registro de las dimensiones de cada probeta.	96
42. Parafinado de probetas.....	96
43. Determinación del volumen mediante el principio de Arquímedes.	97

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de estudiar las características anatómicas y físicas de la madera de *Byrsonima schunkei*, provenientes de la concesión forestal Carlos Edmundo Muñoz Landa; según lo estipulado en la NTP 251.008.2016, se seleccionó 5 árboles de donde se obtuvo viguetas por niveles (base, medio y ápice). Para la caracterización anatómica por cada nivel de altura se elaboraron dos cubos, tres xilotecas y una rodaja, y el análisis se realizó según la norma COPANT 30:1-19 1974; con respecto a las propiedades físicas se habilitaron probetas por niveles de altura y secciones transversales, donde la evaluación se determinó de acuerdo con la NTP 251.010, 251.011 y 251.012. Los resultados evidencian que la madera presenta una coloración rosa (7,5YR 7/3) a rosada (5YR 8/3) en estado húmedo y en estado seco marrón fuerte (7,5YR 5/6) a marrón (7,5YR 5/4; 7,5YR 4/4); sin transición entre albura y duramen, olor característico, sabor ausente, vetado en bandas paralelas, grano recto, brillo y textura media, anillos de crecimiento visibles, poros en forma ovalada, distribución de porosidad difusa, agrupación solitarios y múltiples radiales de 2-4 células, parénquima paratraqueal vasicéntrico y apotraqueal difuso en agregados y radios de distribución no estratificado de espesor mediano. En cuanto al contenido de humedad saturada presentó un promedio de 97,83%, contenido de humedad seco al aire de 15,61%, densidad saturada de 1,09 g/cm³, densidad anhidra de 0,64 g/cm³ y densidad básica de 0,56 g/cm³. Con respecto, a las contracciones presentaron, para la contracción tangencial un promedio de 9,20%, radial 5,04%, longitudinal 0,50%, volumétrica 13,00% y relación T/R 1,91. En conclusión, la especie *B. schunkei* es una madera de color marrón fuerte, olor característico, grano recto, vetado de bandas paralelas, brillo y textura media, anillos anuales visibles, poros excesivos, con pocos radios, parénquima vasicéntrico y difuso en agregados, de densidad y contracción volumétrica media y estable.

Palabras clave: *Byrsonima schunkei*, organoléptico, macroscópico y propiedades físicas.

ABSTRACT

The present research was done with the objective of studying the anatomical and physical characteristics of *Byrsonima schunkei* wood, originating from the Carlos Edmundo Muñoz Landa Forest concession. According to the stipulations in NTP 251.008.2016, five trees were selected from which joists were obtained from different levels (base, middle and apex). For the anatomical characterization at each height level two cubes, three xylotheque specimens and a wood round were elaborated; the analysis was done according to the COPANT 30:1-19 1974 norm. With respect to the physical properties, test tubes were put in by height levels and cross-sectional sections, where the evaluation was done according to NTP 251.010, 251.011 and 251.012. The results show that the wood presented a dark pink (7.5YR 7/3) to pink (5YR 8/3) coloration when in a humid state and in a dry state it was dark brown (7.5YR 5/6) to brown (7.5YR 5/4; 7.5YR 4/4); there was no transition between sapwood and heartwood, a characteristic smell, absent of flavor, parallel bands of veins, a straight grain, an average shine and texture, visible growth rings, oval shaped pores, a diffusely porous distribution, solitary and multiple radial groupings of 2-4 cells, and diffuse paratracheal, vasicentric and apotracheal parenchyma in aggregates and medullary rays of a non-stratified distribution and medium thickness. With respect to the saturated moisture content, the average was 97.83%, the air-dry moisture content was 15.61%, the saturated density was 1.09 g/cm³, the anhydrous density was 0.64 g/cm³ and the basic density was 0.56 g/cm³. With respect to the contractions, for the tangential contraction there was an average of 9.20%, a radial of 5.04%, a longitudinal of 0.50%, a volumetric of 13.00%, and a T/R relation of 1.91. In conclusion, the specie *B. schunkei* is a dark brown colored wood, with a characteristic smell, straight grain, veins in parallel band, average shine and texture, visible annual rings, excessive pores, few medullary rays, vasicentric parenchyma, diffuse aggregates, and an average and stable density and volumetric contraction.

Keywords: *Byrsonima schunkei*, organoleptic, macroscopic, physical properties

I. INTRODUCCIÓN

En los bosques de la amazonia peruana existe una fuerte demanda de especies de alto valor comercial, por ende, vienen siendo afectados por las actividades antrópicas, principalmente por el aprovechamiento insostenible; sin embargo, albergan especies que no cuentan con estudios tecnológicos, por ello no están considerados en la industria forestal, motivo por el cual existe el aprovechamiento irracional de especies conocidas.

La madera, a comparación de otros materiales de construcción, cuenta con características que la hacen categóricamente diferente, ya que es un material higroscópico, anisotrópico y biológico, también se sabe que es un material biodegradable, combustible, tiene una alta resistencia con respecto a su peso y posee una buena trabajabilidad.

Por ello, realizar estudios de las características organolépticas y macroscópicas, son importantes en el proceso de identificación en una pieza de madera y para la determinación de los probables usos industriales; asimismo, conocer las propiedades físicas de cada especie es primordial ya que contribuye con información tecnológica de las especies en la amazonia.

En la concesión forestal Carlos Edmundo Muñoz Landa, la especie *B. schunkei* “indano” como otras, no es considerado en el aprovechamiento maderable, ya que cuenta con investigaciones escasas sobre las características organolépticas, macroscópicas y sus propiedades tecnológicas de especies no catalogadas en el mercado, la escasa información que existe son generales, por ende es importante estudiarlo, a lo largo y ancho del fuste dado que las propiedades de la madera son variables entre árboles y dentro del mismo árbol, desde lo interno hacía el exterior o de la base del tronco hacia el ápice, por lo cual se planteó la interrogante ¿Cuál será la caracterización anatómica y física de la madera de *B. schunkei* (indano), provenientes de la concesión forestal Carlos Edmundo Muñoz Landa, distrito La Morada – Huánuco?.

El desconocimiento de las características tecnológicas de la madera de las especies aun no estudiadas hace que se esté desaprovechando, sin saber su uso adecuado, ya que estas pueden tener un buen comportamiento y ser fáciles de trabajarlas. Por lo tanto, conocer las características organolépticas, macroscópicas y propiedades físicas de la madera, nos permitirá trabajar adecuadamente en la industria forestal, facilitando su utilización correcta beneficiará en generar un mejor valor agregado, y de esta manera se elevará el precio y permitirá su ingreso en el mercado; asimismo generará fuentes de trabajo.

Objetivo general

- Estudiar las características anatómicas y físicas de la madera de *B. schunkei*, distrito La Morada – Huánuco.

Objetivos específicos

- Determinar las características anatómicas: organoléptica y macroscópica de la madera de *B. schunkei*, distrito La Morada – Huánuco.
- Determinar las propiedades físicas: contenido de humedad, densidad y contracción de la madera de *B. schunkei*, distrito La Morada – Huánuco.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. Taxonomía

Según la identificación del Centro de Información sobre Biodiversidad Global (GBIF) (Russell, 1982). La *Byrsonima* se ubica taxonómicamente en:

Reino: Plantae

Filo: Spermatophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Malpighiales

Familia: Malpighiaceae

Género: *Byrsonima*

Especie: *Byrsonima schunkei* W. R. Anderson

2.1.2. Descripción de la especie *Byrsonima schunkei* (indano)

Malpighiaceae es una familia de plantas tropicales más diversas de arbustos, árboles y lianas que albergan 75 géneros con 1 300 especies, la mayoría de ellas son endémicas del Neotrópico, principalmente en el país brasileño donde presentan 45 géneros y 530 especies; asimismo, son identificadas por su notable conservación floral, con flores que tienen un par de glándulas secretoras de aceite en la base de los sépalos y los pétalos con garras en la base diferenciados en los cuatro laterales restantes (Davis y Anderson, 2010; Almeida *et al.*, 2016).

El género *Byrsonima*, se localiza desde México hasta el Norte de Sudamérica, ya que determinados individuos soportan todo tipo de condiciones climáticas; donde, se adapta en alturas comprendidas entre los 0 y 1 600 metros, principalmente se encuentran entre los rangos de cero a los 500 metros (Martínez-Vazquez *et al.*, 1999); asimismo, es el segundo género más grande de la familia con 135 especies de arbustos y se conocen popularmente como murici en Brasil, y como nanche en los restantes países de América Latina, donde sus frutos son consumidos en gran parte por las poblaciones (Anderson *et al.*, 2006; Almeida *et al.*, 2016).

Además, Brako y Zarucchi (1993) mencionan que la madera de *Byrsonima schunkei* pertenece a la familia Malpighiaceae; en el Perú se puede encontrar aproximadamente 21 géneros y más de 145 especies, representado mayormente por lianas y bejucos.

Flores (2018) indica que, esta especie presenta hojas de color verde oscuro brillantes en el haz con envés pubescente, nervaduras pronunciadas, con flores amarillas y frutos anaranjados; esta especie se distribuye por los países de Bolivia, Brasil y Perú; mientras que, en nuestro país se desarrolla en las provincias de Loreto, Pasco, San Martín y Ucayali.

2.1.3. Características organolépticas de la madera

Las propiedades físicas y anatómicas son indispensables y necesarias conocer, ya que se puede predecir los probables usos de la madera según su comportamiento, ya sea en coníferas o latifoliadas, quienes son diferenciados por su forma, tamaño y dirección de las fibras, la compactación molecular, el tamaño y disposición de los poros y compuestos químicos; también, el contenido de humedad y la densidad (Bravo, 2008).

2.1.3.1. Color

Bravo (2008) menciona que, las tonalidades que presentan las distintas especies son producto de la presencia de compuestos químicos como el aceite, resina, colorantes y sales; asimismo, Nutsch (1999) y Campos (2007) añaden que, los factores indispensables son los pigmentos almacenados en las células, cantidad de lignina, celulosa, el efecto de la luz, el oxígeno y el grano de mineralización.

Esta característica es importante en el proceso de identificación, debido a que se puede predecir la resistencia y durabilidad de la madera, puesto que el tono claro indica que es menos durable y densa, mientras que la tonalidad oscura es más durable y densa (Bravo, 2008).

A cierta edad los árboles inician un proceso de transición, es decir la albura se transforma en duramen. La albura es la parte viva y activa de la madera, que se extiende hacia el exterior de la madera mostrando un matiz claro, el duramen se desarrolla hacia el interior de la madera y se caracteriza por presentar una tonalidad más oscura (Espinoza, 2001).

Por su parte, Chavesta (2006) menciona que, el color varía no sólo entre diferentes familias, géneros, especies, también varía en el interior de una misma especie y dentro una

misma pieza de madera, por ello, es importante considerar si la madera se encuentra en estado húmedo o seco, puesto que varía según la condición en que se encuentre.

2.1.3.2. Sabor

Al momento de determinar esta característica se debe realizar con mucha precaución, ya que algunas especies almacenan sustancias tóxicas para el ser humano; además, no funciona adecuadamente como clave de identificación, debido en su gran mayoría no es claramente distintivo (Espinoza, 2001; García, 2003).

Posada *et al.* (2009), el sabor depende de la presencia de sustancias volátiles que se encuentran concentrados en el duramen. Además, empieza a mermar en el exterior de la madera y se puede percibir raspando, cortando o humedeciendo una pieza de madera.

Ganzhi (2006) añade que, el sabor está vinculado con el olor, ya que los mismos componentes son responsables de ambos; donde son influenciados por los productos de impregnación siendo más penetrante en la madera húmeda que en la seca, en la albura que en el duramen y en superficies recién cortadas.

2.1.3.3. Olor

Sánchez (2010) menciona que, el olor se clasifica en muy desagradable y característico; quien es producido por almacenar aceites y resinas, prediciendo la especie durante la identificación; asimismo, el olor refleja el estado fitosanitario del árbol, puesto que al emanar un olor desagradable es signo de que la madera se encuentra en proceso de descomposición.

El olor es provocado por el desprendimiento de sustancias químicas como: resinas, aceites y aromas, que se encuentren impregnados en la madera, los cuales al volatilizarse producen olores característicos y más pronunciados en estado verde; pero cuando está en condición seca se determina humedeciendo la parte cortada. Se describe como distintivo y no distintivo (Paucar, 2002; Taquire, 2000).

Moglia *et al.* (2014) añaden que, el olor debe ser descrito con mucho cuidado al estar presente, debido a que este carácter es muy variable, disminuye con el tiempo, se oxida y las percepciones pueden diferir entre las personas; asimismo, menciona que al estar presente las sustancias volátiles impiden o limitan el uso de las maderas y en otros casos incrementa su valor comercial, debido al aroma agradable del leño.

2.1.3.4. Grano

El tipo de quiebre se observa en la cara radial y tangencial, siendo producto de la disposición de los elementos leñosos (vasos, fibras, parénquima, etc.) con respecto al eje del árbol. Además, esta característica se desarrolla durante el proceso de crecimiento y afecta directamente en la trabajabilidad de la madera (Chavesta, 2006; Taquire, 2000; Vásquez, 2011).

El grano es la dirección, arreglo, ubicación de los elementos leñosos. Esta característica se clasifica en: grano recto (los elementos son paralelas al eje del árbol), grano oblicuo (la disposición de los elementos xilemáticos forman un ángulo agudo con respecto al eje del árbol), grano entrecruzado (los elementos se encuentran en dirección alterna u opuesta) (García, 2003; León, 2010); asimismo, Jost (2006) menciona que, el grano entrecruzado se visualiza en la sección radial como hebras de fibras con quiebre irregular en forma discontinua; en la cual dificulta la trabajabilidad de la madera, afectando de forma directa a las maquinarias y equipos en el proceso de cepillado, fresado y torneado.

2.1.3.5. Veteado

El veteado se diferencia según la disposición de las células, quien se ve reflejado en los anillos de crecimiento, así como también el veteado puede ser producto de anomalías o posibles accidentes que afectaron durante el crecimiento del árbol. Esta característica se manifiesta de forma diferente según la sección de corte, donde los poros, fibras y anillos de crecimiento se visualiza en forma de círculos concéntricos en el plano transversal (Tuset, 1979); asimismo, Sánchez (2010) refiere que, el veteado depende de la distribución de fibras que se reflejan hacia afuera. En pocas especies es visible a simple vista, mientras que en otros individuos no se visualiza con nitidez.

Además, esta variable se produce por la disposición, tamaño y volumen de los elementos leñosos, tipo de grano, variación en los colores y por la dirección de la sección radial y tangencial; donde se originan figuras o diseños en la veta que se muestran en la superficie longitudinal en una pieza de madera; asimismo, el veteado juega un papel primordial en el proceso de identificación y sobre todo es importante en la clasificación (Chavesta, 2006; Taquire, 2000).

Por su parte, García (2003) manifiesta que, el veteado jaspeado se distingue con los reflejos en la cara radial por medio de la observación directa a contraluz; mientras que, los arcos

superpuestos se visualizan en la sección tangencial, quien está definido por los límites de los anillos anuales.

2.1.3.6. Brillo

El brillo se percibe en la sección radial mediante la observación directa a contraluz, en la cual es producido por la disposición y distribución de los radios. Esta característica juega un papel secundario en la identificación de la madera y se clasifican en: brillo mediano, brillo moderado, brillo elevado o intenso (Espinoza, 2001; García, 2003).

Esta característica es propia de algunas especies que se reflejan al ser expuesto a la luz; puesto que, el brillo se produce debido a la presencia de los elementos que conforman los radios, esta variable es visible en la sección o corte radial (Paucar, 2002; Campos, 2007).

2.1.3.7. Textura

La textura se percibe por el tamaño y cantidad proporcional de las células leñosas presentes en una muestra de madera, donde se observa en la sección transversal con la ayuda de una lupa de 10 aumentos, pero también se visualiza en la sección longitudinal de la madera (Chavesta, 2006).

Por su parte, García (2003) menciona que, la textura se distingue por los elementos xilemáticos (poros, parénquima y fibras), esta característica es primordial dado que influye en el proceso de acabado de la madera. Es visible en las secciones transversales, en la cual están presentes en tres tipos: gruesa, media y fina; la textura gruesa tiene elementos leñosos grandes, poros con diámetro mayor a 250 micras; textura media posee elementos leñosos medianos, poros con diámetro entre 150 y 205 micras; textura fina con elementos leñosos pequeños, poros con diámetro menor a 150 micras.

2.1.4. Características macroscópicas de la madera

La caracterización macroscópica se efectúa mediante la observación directa (simple vista o con una lupa de 10x). Los elementos xilemáticos se expresan de diferente manera en cada especie, dentro de un mismo árbol; por ello es posible identificar la especie mediante las características macroscópicas ya sea en trozas, madera aserrada o en producto terminado (Gonzales, 2008).

Asimismo, la determinación de las características macroscópicas se realiza mediante muestras de xilotecas con dimensiones de 2 cm x 10 cm x 15 cm, bien orientadas (transversal, radial y tangencial), para ello se tiene que cortar el plano transversal con ayuda de una cuchilla, realizando un corte limpio, seguidamente se humedece la parte cortada, visualiza (simple vista o lupa de 10 x) la variable que se desea evaluar y finalmente se describe (Gonzales, 2008).

2.1.4.1. Poros

Gonzales (2008) manifiesta que, se visualiza en la sección transversal y se les denomina poros a los vasos o a una traqueida vascular que toman aspectos de pequeños agujeros. En la cual hay dos tipos: poros solitarios (rodeado por otro elemento) y poros múltiples (existe dos o más poros).

Los poros solitarios se presentan cuando se encuentran aislados o separados de los demás elementos xilemáticos, en su gran mayoría son de forma redonda y ovalada, siendo observables en el sentido radial. En cuanto a los poros múltiples se encuentran agrupados de dos a más poros, esta variable se presenta en forma redondeada en el sentido radial (García, 2003; Taquire, 2000; Vásquez, 2011).

Chavesta y Sibille (2006) mencionan que, los poros son orificios de células tubulares visibles en la cara transversal, en su gran mayoría se encuentra abierto, donde son expuestos al realizar un corte limpio en la sección transversal en una pieza de madera; su función principal es la conducción del agua libre y las sustancias alimenticias a lo largo del fuste de la madera. Se presentan tres tipos: porosidad difusa (se visualiza poros de distintos tamaños, distribuidos de forma irregularmente en la madera), porosidad circular (se distingue el tamaño de los poros en madera de primavera y de verano), y porosidad semi circular (se visualiza una transición gradual en cuanto al tamaño de los poros).

2.1.4.2. Parénquima

El parénquima es de color más claro que el tejido fibroso cuya función es de almacenamiento y conducción de sustancias. La proporción de parénquima varía en especies frondosas; pues en algunas especies presentan escaso parénquima longitudinal, mientras que en otras se encuentra mayor cantidad de leño (Chavesta y Sibille, 2006).

Además, esta variable se presenta de diferentes tipos y se visualiza en la sección transversal, asimismo, el parénquima es una pieza fundamental en la identificación de maderas (Chavesta y Sibille, 2006).

Gonzales (2008), el parénquima es un tejido de paredes delgadas cuya función principal es de almacenamiento, disposición de los carbohidratos y sustancias orgánicas. En la cual se encuentran dispuestas longitudinalmente por el eje del árbol. Esta variable se observa en la sección transversal con ayuda de una lupa de 10x o a simple vista, por ello, es indispensable en el proceso de la identificación. Asimismo, menciona que el parénquima se encuentra dispuesto en los siguientes tipos:

- **Apotraquial**

El parénquima apotraquial no rodea los poros, se mantienen alrededor de ella de manera libre y autónoma. Este parénquima se puede encontrar de la siguiente forma: difuso (se presenta de manera dispersa sin contacto con los poros) y difuso en agregados (las células se agrupan formando líneas cortas tangenciales discontinuas u oblicuas).

- **Paratraquial**

El parénquima paratraquial se caracteriza por localizarse bordeando o asociado a los poros de forma incompleta o rodeando en su totalidad este elemento xilemático. El parénquima se encuentra de la siguiente forma: vasicéntrico (se encuentran rodeando los poros de forma circular u ovalado), aliforme (se presenta rodeando completamente a los poros, pero con amplitudes laterales agudas en forma de alas) y aliforme confluyente (similar a un parénquima paratraqueal aliforme, pero con amplitudes sucesivos que reflejan la unión de varios poros).

- **Marginal**

Esta característica se presenta de forma aglomerada, formando líneas anchas y reducidas cerca o al límite de los anillos anuales, donde se pueden encontrar cercanos o no a los poros. Se muestran en cinco tipos: bandas delgadas (se presenta en forma de bandas continuas), bandas anchas (se observa como bandas continuas visibles), reticulado (se encuentran formando una malla), escaleriforme (se encuentran ordenados horizontalmente, produciendo un arreglo similar al de una escalera) y marginal (se presentan en los límites de los anillos anuales) (Chavesta, 2006).

2.1.4.3. Radios

García (2003) aduce que, los radios son importantes en el proceso de identificación e influye en las propiedades físicas y mecánicas principalmente en la contracción de la madera. La contracción y resistencia en la sección radial es menor que la sección tangencial, esto se debe a la disposición de los radios leñosos quienes producen una gran desigualdad, puesto que la contracción tangencial es mayor porque los radios se encuentran paralelo a determinada sección; en cambio, las propiedades mecánicas con lo que respecta a la compresión, los radios leñosos afectan de manera positiva dado que aumenta la resistencia.

Arostegui (1982) menciona que, los radios son líneas débiles por estar conformados de parénquima la cual se desplazan desde la médula hasta la corteza del fuste del árbol, siendo visible en la sección transversal del tronco.

2.1.4.4. Anillos de crecimiento

Los anillos de crecimiento son importantes en la determinación de la edad del árbol, esta variable se determina contando los anillos presentes en una muestra obtenida en la zona más cercana a las raíces. La variación de los anillos anuales es influenciada por las condiciones ambientales (García, 2003; Chavesta, 2006). Kollmann (1959) indica que, los anillos anuales visibles en la cara transversal del fuste del árbol son producidos por el tejido celular que proviene del cambium ubicado entre la zona de la madera y la corteza del fuste cuya función es producir la división celular que origina el xilema hacia el interior y el floema hacia el exterior.

Por otra parte, Winandy (1994) menciona que, los anillos conformados durante las temporadas secas son más finas en comparación de aquellos que son formados cuando las condiciones de las zonas sean positivas.

Giménez *et al.* (2005) indica que un anillo de crecimiento consta de leño de primavera o temprano y leño de otoño o tardío.

- Leño de primavera o temprano

Es el crecimiento del árbol al comienzo del período vegetativo, generalmente en primavera, tiempo en el que las plantas reinician su actividad vital con toda la intensidad después de un período de tiempo. Las células producidas en esta fase tienen paredes delgadas, un lumen amplio y presentan un color claro (Giménez *et al.*, 2005).

- Leño de Otoño o Tardío

Se produce al final del período vegetativo, es decir en estación del otoño, las células reducen su actividad, por lo tanto, las paredes son más gruesas y sus lúmenes más pequeños y toman todo el aspecto más oscuro (Giménez *et al.*, 2005).

2.1.5. Propiedades físicas de la madera

2.1.5.1. Contenido de humedad

La madera es un material higroscópico, ya que tiene la capacidad de ganar o perder humedad, dependiendo del ambiente (temperatura y humedad relativa) en que se encuentre. En el material leñoso se encuentra tres tipos de agua, el agua libre se encuentra en el lumen y se elimina completamente en cierto tiempo por medio de la evaporación, permaneciendo aun el agua higroscópica en las paredes celulares que se pierde mediante la difusividad; por último, la madera presenta el agua de constitución impregnadas en la estructura molecular de la madera donde solo se pierde el agua destruyendo la madera (Gonzales, 1996).

La humedad de los árboles en pie varía de 30% mayor o igual a 400%, esta variabilidad depende de la especie, estación del año, procedencia, edad, fisiografía, etc.; asimismo, la cantidad de agua almacenado en ella ya que la madera se presenta de diferentes tipos en una misma pieza, la cual depende de la densidad básica que lo caracterice (Rosales, 2015).

El contenido de humedad de la madera es expresado en porcentaje que indica la cantidad de agua almacenada en los espacios vacíos de los lúmenes y paredes celulares de la madera (NTP 251.010 2014). Además, influye en las propiedades físicas como en la densidad, contracción e hinchamiento; asimismo, también es primordial en la propiedades mecánicas y resistencia a enfermedades; además es esencial conocer el peso de madera ya que es primordial al momento de la comercialización (Tuset, 1989; Rosales, 2015). Por su parte, Arostegui (1982) afirma que, el contenido de humedad afecta la densidad, cambio dimensional, la conductividad térmica y la permeabilidad de la madera.

Por otra parte, Junac (1989) menciona que la madera de densidad media contiene mayor contenido de humedad por ser más porosas que la madera de densidad alta, asimismo, la albura contiene mayor humedad que el duramen al estar conformado por células vivas cuya función es la conducción de agua.

Grigoriev (1985) menciona que, según los niveles de altura en árboles latifoliados en la zona de la albura la humedad no varía, en cuanto al duramen la humedad disminuye del nivel base hacia el nivel ápice, asimismo, el agua almacenada en las cavidades vacías y paredes celulares es más alta y variable en árboles juveniles, con respecto a la sección transversal la humedad se incrementa desde la sección interna hasta la sección externa (Shortle y Bauch, 1986).

2.1.5.2. Densidad

La densidad muestra la relación entre el peso de los elementos leñosos que conforma la madera y el volumen de los espacios vacíos que contiene; asimismo la densidad es fundamental ya que predice el uso, resistencia mecánica (mayor densidad hay mejor resistencia) y presencia de la cantidad de material leñoso que puede albergar la madera. Además, es importante mencionar que el contenido de humedad influye en la densidad pues al desprender el agua de la madera afecta directamente en el peso y en las medidas de las dimensiones de la madera; por ello se presenta diferentes tipos de densidad como: densidad saturada, básica y anhidra (Ananías, 1992).

La densidad abarca un rango de 0,16 g/cm³ a 1,04 g/cm³ estas diferencias están influenciados por las características anatómicas entre ellos la relación albura/duramen, las propiedades físicas como el contenido de humedad (%) (Simpson y Tenwolde, 1999).

Por otra parte, Kort (1993) añade que, los factores influyentes son la madera temprana y tardía, distribución y ordenación de los anillos anuales, dimensión de las microfibrillas, espesor de la pared, el tipo y el diámetro de células y el contenido de extraíbles que tiene la madera. Asimismo, la dimensión de las células, cantidad y volumen de elementos radiales, tamaño y disposición de los poros y la presencia de los elementos extractivos altera e influyen en la variación del peso específico por ende interfiere en la trabajabilidad de la madera (León, 2010).

Por otra parte, Delmastro *et al.* (1981) señalan que, la variación en la densidad se encuentra influenciada por plantaciones jóvenes con una alta proporción de madera juvenil o cuando se trata de plantaciones maduras, la presencia de madera juvenil es mucho menor.

La mayor variación en un árbol con respecto la densidad se presenta en la sección transversal, que se explica por el cambio en la edad, la proporción de madera joven y madura,

que genera un aumento de la densidad en este sentido; de manera similar esta variación es el resultado del envejecimiento y esencialmente el efecto de la posición de la madera en relación de la copa, de modo que la densidad de la madera aumenta de médula a corteza (Delmastro *et al.*, 1980).

La disminución de la densidad de la madera aumenta con la altura, debido a que la madera cerca de la copa contiene principalmente madera juvenil, mientras que la madera de la base presenta madera adulta por ende tiene mayor densidad, que también produce un incremento de la densidad en la dirección radial, quien es influenciado por la proporción de madera adulta cerca de la corteza (Zobel *et al.*, 1992).

- Densidad saturada

La densidad saturada es interferida por situaciones fisiológicas del árbol; asimismo esta variable se obtiene en estado verde de la madera, es decir al ser talada el árbol. Por ende, la densidad verde es la característica que presenta una masa altamente saturada de agua en relación con un máximo volumen que estas ocupan en los espacios vacíos; además, determinar esta característica es esencial para estimar valores de las trozas al momento de transportarlo desde el patio de trozas en bosque hasta el centro de transformación primaria (Eduardo, 1985).

- Densidad básica

Aróstegui (1982) menciona que, la densidad básica es primordial conocerlo debido a que predice los probables usos de la especie en estudio, puesto que influye en las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión, flexión, dureza, etc. La densidad se refiere a la relación entre la masa anhidra y el volumen húmedo (**Tabla 1**).

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

Grupo	Densidad básica g/cm ³	Clasificación
I	Menor a 0,30	Muy baja
II	De 0,30 a 0,40	Baja
III	De 0,41 a 0,60	Media
IV	De 0,61 a 0,75	Alta
V	Mayor a 0,75	Muy alta

Fuente Aróstegui (1982)

Los valores de la densidad dependen de la procedencia, fisiografía, silvicultura, edad y especie. Los valores que presentan son distintos y variables dentro de una misma pieza de madera, entre individuos, entre las mismas especies, por ello existe variación en los niveles de altura y secciones transversales (Larson *et al.*, 2001).

Delmastro *et al.* (1980) argumenta que, al comparar el valor promedio de los individuos por familia en las variaciones de la densidad básica no caracteriza a una zona o un área, ya que la diferencia entre los árboles del análisis tiende a ocultar las posibles diferencias de cada familia.

La variación de la densidad básica en cuanto al nivel de altura se debe a la presencia de madera temprana o tardía, madera joven o adulta, puesto que, al presentar mayor proporción de madera juvenil en la zona basal, provocara una menor densidad en estas zonas (Delmastro *et al.* 1980).

Por otro lado, Delmastro *et al.* (1981) y Harris *et al.* (1991) señalan que, la densidad básica desciende desde la base hacia el ápice y cuando se encuentra cerca a la médula (madera juvenil); además, (Campos, 2006) indica que, la densidad aumenta desde la sección interna hacia la externa a medida que se desarrollan los anillos anuales, este comportamiento aumenta con la edad del árbol.

- **Densidad anhidra**

La densidad anhidra generalmente considera una humedad del 12%; además se define como la relación entre la masa y el volumen anhidra, estos valores se obtienen al eliminar el agua de constitución mediante la difusibilidad, puesto que son secados en una estufa a 103°C de temperatura (Eduardo, 1985).

2.1.5.3. Contracción

La madera al perder agua origina reducción en las dimensiones de las secciones tangencial, radial, longitudinal y volumétrica (**Tabla 2**) al encontrarse por debajo del punto de la saturación de las fibras. La contracción no solo indica la pérdida de agua que presenta también muestra la cantidad de material leñoso en una pieza de madera, es decir a mayor pérdida de contenido de humedad mayor será la variación en los cambios dimensionales (Cuevas, 2003).

Tabla 2. Clasificación según la contracción volumétrica.

Grupo	Contracción volumétrica (%)	Clasificación
I	Menor a 9	Muy baja
II	De 9,1 a 11	Baja
III	De 1,11 a 13	Media
IV	De 13,1 a 15	Alta
V	Mayor a 15,1	Muy alta

Fuente Aróstegui (1982)

Arroyo (1983) menciona que, la contracción o cambio dimensional se refiere a la disminución o merma de las dimensiones de una pieza de madera que se presenta cuando al desprender humedad se realiza cuando se encuentra inferior al punto de saturación de las fibras ($CH\% < PSF$); asimismo, indica que en varias especies la contracción longitudinal presenta datos promedios entre los rangos de (0,1% y 0,2%) siendo menor a comparación de las demás secciones.

La contracción longitudinal de la madera juvenil es más alta en la sección interna y se reduce hacia la sección externa, esto se debe a la presencia y al crecimiento longitudinal de las células y al contenido de celulosa; con respecto a la madera adulta, las contracciones longitudinales y volumétricas, se relacionan de forma directamente con la densidad básica (Panshin y De Zeeuw, 1980).

La sección radial presenta una menor contracción a comparación que el sentido tangencial, esto se debe a la presencia de elementos parenquimáticos radiales y a las bandas de madera temprana de menor densidad o a la madera tardía de elevada densidad (León, 2010).

La diferencia de la contracción tangencial con respecto a la radial es producto de la influencia de los radios, quienes limitan las variaciones de la dimensión en la dirección radial, así como las propiedades estructurales de la pared celular, como las modificaciones en la orientación de las microfibrillas, las punteaduras y composición química (Junac, 1989).

Arostegui (1982) sostiene que, la relación entre la contracción radial y tangencial se refiere al índice de estabilidad de la madera y cuando la relación entre los dos enfoques es más cercana a la unidad indica mayor estabilidad de la madera por ende una mejor trabajabilidad y un buen comportamiento con respecto al secado (**Tabla 3**).

Tabla 3. Clasificación de la estabilidad según la relación tangencial/radial.

Grupo	Relación tg/rd	Clasificación	Estabilidad
I	Menor a 1,5	Muy baja	Muy estable
II	De 1,5 a 2	Baja	Estable
III	De 2,1 a 2,5	Media	Moderadamente estable
IV	De 2,51 a 3	Alta	Inestable
V	Mayor a 3,1	Muy alta	Muy inestable

Fuente Aróstegui (1982)

2.2. Estado del arte

2.2.1. Anatomía de la madera: Organoléptico y macroscópico

León y Williams (2020) determinaron la caracterización anatómica de 130 especies procedentes de diferentes ámbitos geográficos y ecológicos en Venezuela; donde mencionan que la especie *Byrsonima spicata* (chaparro) presenta una coloración marrón rojizo claro (5YR 6/4), sin diferenciación entre albura y duramen, olor y sabor indistintos, brillo de bajo a medio, grano inclinado a entrecruzado, textura fina, con anillos de crecimientos no visibles, porosidad difusa, poros solitarios y múltiples de 2 a 3 y parénquima paratraqueal poco diferenciado.

Jauregui y Ramos (2019) realizaron la caracterización macroscópica y propiedades físicas en muestras de xilotecas de 2 x 10 x 15 cm, cubos de 5 x 5 cm y una rodaja de 5 cm de espesor; donde determinaron que la especie *Parkia pendula*, evidenció textura gruesa, brillo medio, vetado en arcos superpuestos y grano oblicuo, con poros grandes de distribución difusa, parénquima paratraqueal vasicéntrico, con radios heterogéneos, mientras que, la especie *Anacardium giganteum*, presenta textura gruesa, brillo medio, grano recto y vetado en arcos superpuestos, poros grandes de distribución difusa y parénquima paratraqueal vasicéntrico. Asimismo, la especie *Mezilaurus itauba*, presenta textura fina, brillo medio, grano recto y vetado en arcos superpuestos, poros medianos de porosidad difusa, parénquima paratraqueal vasicéntrico, radios heterogéneos de fibras largas.

Por otra parte, Almeida *et al.* (2019) manifiestan que la especie *Mcvaughia sergipana* tiene duramen y albura de color marrón claro indistinto; grano recto a ligeramente ondulado, anillos de crecimiento visibles; porosidad difusa con agrupación de solitarios con

predominancia en múltiples de 2 a 4, con parénquima paratraqueal escaso y formando una línea discontinua en los límites del anillo de crecimiento.

León y Williams (2014) describieron las características anatómicas de 108 especies presentes en diferentes regiones, incluyendo algunas especies introducidas; donde mencionan que la especie *Byrsonima crassifolia*, presenta una albura de color rosado (7,5YR 7/4) y duramen marrón rojizo (5YR 5/4), con diferenciación gradual entre albura y duramen; olor y sabor ausente, con brillo bajo a mediano, grano recto a inclinado con textura fina; asimismo, presenta anillos anuales no definido con porosidad difusa, agrupación de poros solitarios y múltiples de tres a cinco, con parénquima paratraqueal; con respecto a la especie *Malpighia glabra* L, presenta una coloración amarilla (2,5YR 8/6) a marrón rojizo claro (5YR 6/3), sin diferenciación entre albura y duramen, no se percibe el olor y sabor, con brillo de bajo a medio, grano entrecruzado y textura fina; además presenta anillos anuales definidos, parénquima apotraqueal difuso en agregados, con poros de distribución difusa y agrupación solitarios con predominancia múltiples.

Además, Nisgoski *et al.* (2014) evaluaron las características anatómicas y energéticas del carbón de cinco especies, las muestras de madera de la especie *Byrsonima spicata* se cortaron en un bosque natural y se extrajeron discos del diámetro a la altura del pecho (DAP), con un espesor de aproximadamente 8 cm. Se obtuvieron ocho muestras de cada especie, con las dimensiones de 2 x 2 x 5 cm, orientadas en los tres planos anatómicos; presentaron porosidad difusa, vasos solitarios y en múltiples radiales de 2 a 4; parénquima paratraqueal escasos con anillos de crecimiento no definidos.

En Costa Rica, Rodríguez y Moya (2011) describieron e identificaron especies de maderas procedentes de la Península de Osa, para el control de su aprovechamiento, por ende mencionan que la especie *Byrsonima arthropoda* de la familia Malpighiaceae no hay diferencia entre la albura y el duramen; el color de la madera del duramen en condición seca es rosado (7,5YR 7/3) y la albura de color café muy pálido (10YR 8/2), con un veteado ligeramente definidos, con textura media, olor característico, sabor ausente, brillo medio a bajo, grano recto y anillos de crecimientos indistintos. En cuanto a las características macroscópicas presenta vasos tamaño medio, poros mayoritariamente en múltiples de 2 células y menor en solitarios, porosidad difusa, radios no estratificados de espesor ancho medio y paratraqueal vasicéntrico escaso y apotraqueal difuso. Por lo que concierne a la especie *Spachea correae* presenta una mínima transición entre albura y duramen, el color del duramen en condición seca es marrón

muy pálido (10YR 8/4) y la albura de amarillo pálido (2,5YR 8/2), con veteado ausente, textura mediana, de olor y sabor ausente, brillo bajo, grano ligeramente inclinado y anillos anuales indistintos. Además, presenta vasos de tamaño pequeño, poros en su mayoría múltiples de 4 a 5 células y pocos solitarios, porosidad difusa, parénquima apotraqueal difuso, paratraqueal vasicéntrico y bandas aparentemente marginales, con radios no estratificados de espesor ancho medio.

Arévalo (2009) al determinar las características anatómicas de la madera de *Terminalia oblonga*, el material experimental fueron obtenidas del bosque de la zona Mangual/Bellavista (Yarinacocha), para la caracterización anatómica se colectaron muestras de rodajas, de albura y duramen de cada nivel de altura, donde encontró que la madera presenta en la albura una color amarillo pálido y el duramen color marrón amarillento, sin olor y sabor, brillo medio, grano entrecruzado, textura fina y veteado de arcos superpuestos y líneas paralelas. Además, presenta porosidad difusa, agrupación en múltiples radiales, parénquima paratraqueal aliforme confluyente de bandas anchas y radios finos.

León y Williams (2006) mencionan que, al estudiar la anatomía de la madera de 17 especies de la familia Malpighiaceae, describen que la especie *Banisteriopsis acapulcensis* presenta un color rosado (5YR 8/4), sin diferenciación entre albura y duramen, con olor y sabor ausentes de brillo mediano, grano recto y textura fina; asimismo tiene anillos anuales definidos, con porosidad difusa, agrupación de solitarios a múltiples con 2 a 4, parénquima paratraqueal vasicéntrico; además la especie *Bunchosia argentea* (cerezo) y *Bunchosia mollis* presentan una coloración amarillento (2,5Y 8/4), sin diferenciación entre albura y duramen, olor y sabor ausentes, con brillo bajo a mediano, textura mediana y grano recto a inclinado, con anillos anuales no definidos, con porosidad difusa, agrupación de solitarios a múltiples con 2 a 5, parénquima paratraqueal vasicéntrico. Por otra parte, la especie *Byrsonima coriacea* tiene un parénquima paratraqueal escaso y porosidad difusa: poros solitarios y múltiples radiales de 2-4 y en la especie *Byrsonima aerugo* se encontró que el color de la madera es rosado (5YR 8/4) a ligeramente marrón rojizo (5YR 7/3, 5YR 6/3 y 5YR 6/4), marrón claro (7,5YR 6/4); mientras la especie *Byrsonima crassifolia* (chaparro manteco) presenta una albura de color rosado (7,5YR 7/4) y duramen marrón rojizo (5YR 5/4) con diferenciación entre albura y duramen, olor y sabor ausentes, brillo bajo y mediano; mientras que en las especies *B. chalcophylla*, *B. crassifolia*, *B. japurensis* y *B. rugosa* con textura fina y grano recto a inclinado.

Carpio (2003) estudio 150 especies forestales, con 119 géneros distribuidos en 52 familias procedentes de Costa Rica, donde la especie *Byrsonima crassifolia* presenta transición entre albura y duramen, la albura es de color café grisáceo y el duramen anaranjado rojizo, con grano entrecruzado, textura fina, lustre regular y arcos superpuestos. Tiene poros de forma ovalada moderadamente pequeños, con predominancia en solitarios y el resto de múltiples radiales de 2 y 3 poros, de porosidad difusa, radios heterogéneos y con parénquima paratraqueal escaso.

2.2.2. Propiedades físicas

En Colombia, Vega (2020) realizó la evaluación de las propiedades de la especie de *Liquidambar styraciflua* procedente de la estación experimental La Favorita, donde se utilizó siete probetas por árbol con dimensiones de 5 cm x 5 cm x 10 cm, obteniendo un total de 49 probetas. Se obtuvo como resultado lo siguiente: el contenido de humedad fue de 69,01% (es de 79% para el duramen y 137% para la albura), una densidad básica de 0,50 g/cm³, la contracción radial de 4,60% (alta), contracción tangencial de 13,54%, la contracción volumétrica total de 17,51% y relación tangencial/radial de 3,03.

Dávila (2020) realizó una investigación para determinar los valores de las propiedades físicas de la madera de *Pterygota amazónica* y la variabilidad en tres niveles de altura, procedente de la provincia de Coronel Portillo - departamento de Ucayali; donde se utilizó probetas de 2 x 2 x 10 cm. Los resultados evidenciaron que no existe diferencias significativas entre los niveles de altura, con respecto al contenido de humedad saturada aumento desde el nivel base hacia el ápice (41,18% - 43,09%) lo contrario paso en el contenido de humedad seco al aire (12,85% - 12,44%); pero evidencia diferencias significativas en la densidad saturada (1,01 g/cm³), seca al horno (0,87 g/cm³) y básica (0,75 g/cm³) y numéricamente disminuye desde la base hacia el ápice (1,03% - 0,99%; 0,89% - 0,84% y 0,77% - 0,73% respectivamente). Asimismo, no se evidencia diferencias significativas en la contracción radial (5,07%) y la relación T/R (1,19); pero si muestran diferencias significativas en las contracciones tangencial (8,19%), longitudinal (0,22%) y volumétrica de la madera (12,99%); asimismo, la contracción radial, tangencial, longitudinal, volumétrica y la relación tangencial/ radial, tienden a disminuir desde la base hacia la zona apical (5,10% - 4,99%; 8,36% - 7,64%; 0,24% - 0,20%; 13,24% - 12,36% y 1,21 - 1,17 respectivamente).

Porta (2019) evaluó las propiedades físicas en probetas de dimensiones 3 cm x 3 cm x 10 cm de la madera de *Brosimum utile* proveniente de la parcela de corta N°05, de la comunidad nativa Yamino – Ucayali; donde los resultados evidencian que, el contenido de humedad seca al aire (14,81% - 14,95%), densidad saturada (0,88 g/cm³ – 0,94 g/cm³), densidad básica (0,51 g/cm³ – 0,54 g/cm³), densidad anhidra (0,58 g/cm³ – 0,61 g/cm³) y contracción longitudinal se incrementan desde el área basal hacia la zona apical; mientras que el contenido de humedad saturada (75,15% - 72,53%), contracción radial (4,84% - 4,37%), contracción tangencial (7,25% - 6,67%), contracción volumétrica (12,67% - 11,53%), y la relación T/R (1,59% - 1,45%), disminuyeron desde la base hacia el ápice. En cuanto a la sección transversal, la humedad saturada desciende desde la zona exterior hacia la médula y para la humedad seca al aire ocurre lo contrario, mientras que en las densidades saturada, básica y anhidra, disminuye desde la corteza (0,92, 0,54 y 0,60 g/cm³) hacia la médula (0,88, 0,49 y 0,56 g/cm³ respectivamente) y con respecto a la contracción radial, tangencial y volumétrica merma desde la médula (5,56%, 7,33% y 13,32%) hacia la corteza (4,32%, 6,58% y 11,00%), mientras que la contracción longitudinal y la relación T/R desciende desde la corteza (0,36% y 1,67) hacia la médula (0,32% y 1,41).

Jauregui y Ramos (2019) realizaron la caracterización macroscópica y propiedades físicas, donde las propiedades físicas de la especie *Parkia pendula*, se evaluó en probetas con dimensiones de 3 cm x 3cm x 10 cm; se obtuvieron una menor resistencia mecánica al tener fibras de menor longitud, un mayor contenido de humedad (86,16%) y una menor densidad básica (0,41 g/cm³) clasificándose como densidad media posiblemente por la presencia de poros con mayor diámetro; con contracción longitudinal (0,58%), radial (4,16%), tangencial (7,99%), volumétrica (10,71%) y relación T/R de (1,93), siendo una madera estable. Con respecto a la especie *Anacardium giganteum*, al presentar poros de mayor diámetro tiene un mayor contenido de humedad 105,22%, con menor densidad básica (0,44 g/cm³) y menor resistencia mecánica por la presencia de fibras de menor longitud; con contracción longitudinal (0,70%), radial (4,92%), tangencial (7,65%), volumétrica (11,19%) y relación T/R de (1,56) clasificándose como madera estable.

Asimismo, Bravo (2017) determinó las propiedades de la especie de *Dialium guianense* (tamarindo), en el sentido longitudinal y transversal de cuatro porciones del árbol y sus probables usos; se evaluó en 160 probetas (80 de albura y 80 de duramen); donde, los resultados evidencian que el contenido de humedad, contracción longitudinal aumenta con la altura del árbol, caso contrario ocurre con la densidad básica, densidad anhidra, contracción radial,

contracción tangencial y la contracción volumétrica. Con respecto, a la variación transversal el contenido de humedad, la densidad básica, densidad normal, la densidad anhidra, contracción radial, contracción tangencial y la contracción volumétrica incrementan desde la albura hacia el duramen; ocurriendo lo contrario en la contracción longitudinal.

Al determinar las propiedades físicas de la especie *Zanthoxylum riedelianum* a tres niveles de fuste, tres secciones transversales y dos orientaciones con dimensiones de 2 cm x 2 cm x 10 cm; Quispe (2016) obtuvo como resultado un contenido de humedad saturada donde la zona apical presentó mayor valor (82,4%), para el contenido de humedad seca al aire, contracción tangencial y contracción volumétrica el nivel medio evidencio la mayor humedad y en cuanto a la densidad anhidra, básica disminuye desde el nivel base hacia el ápice; mientras que en la relación T/R aumenta desde la zona basal hacia el ápice. En cuanto a las secciones transversales la humedad disminuye desde la sección interna hacia la sección externa, mientras que, en el contenido de humedad, densidad saturada, densidad anhidra, densidad básica ocurre lo contrario. Con respecto a la contracción longitudinal y radial no mostraron diferencias estadísticas, pero, la contracción tangencial fue superior en el medio del fuste (8,58%) y menor en el ápice (6,95%); asimismo, la contracción volumétrica es superior en el nivel medio (11,78%) e menor en el ápice (9,87%); y la relación T/R aumenta desde la base hacia el ápice (1,66 – 1,89).

Las propiedades físicas de la madera *Senefeldera inclinata* provenientes del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Aguirre (2014) realizó una investigación, donde por cada nivel del fuste obtuvo 10 probetas (cada árbol 30 probetas y en cinco individuos un total 150 probetas), con dimensiones de 3 cm x 3 cm x 10 cm; obteniendo como resultado: un mayor contenido de humedad en el nivel ápice disminuyendo hacia el nivel base (46,27% - 43,17%); caso contrario ocurre en la densidad saturada, básica y anhidra (1,11 g/cm³ – 1,09 g/cm³, 0,77 g/cm³ – 0,75 g/cm³, 0,90 g/cm³ – 0,87 g/cm³); asimismo, se tuvo la misma tendencia disminuyendo desde la base hacia el ápice en la contracción tangencial, longitudinal, volumétrica y la relación T/R (9,02 - 8,69%, 0,61 – 0,49%, 13,57 – 13,02% y 1,91 – 1,62) clasificándole como una madera estable y finalmente ocurrió lo contrario en la contracción radial (5,02 – 5,68%).

Cachique (2014) determinó propiedades físicas de la madera de *Guazuma ulmifolia* y su variación por niveles de altura, donde la muestra provino de los bosques de Macuya. La especie contiene un menor contenido de humedad, densidad media, baja contracción y

moderadamente estable frente al secado; los valores que se obtuvieron como resultado a nivel longitudinal en el contenido de humedad saturado y seco al aire, las contracciones volumétricas, radial y longitudinal aumentan desde el nivel base hacia el nivel ápice; en cuanto a las densidades incrementan desde la base hacia el ápice, lo contrario ocurre con la contracción tangencial y la relación tangencial/radial; en cuanto a la sección transversal el contenido de humedad, las densidades, las contracciones volumétrica, tangencial, radial incrementan desde la sección externa hacia la sección interna lo contrario ocurre con la relación T/R.

Machuca *et al.* (2010) realizaron una evaluación de las propiedades tecnológicas de la madera de *Juniperus flaccida* Var. Poblana Martínez. En sus resultados, muestran que el contenido de humedad verde, densidad saturada, básica y anhidra cerca a la corteza presenta valores de 1,15 g/cm³, 0,45 g/cm³ y 0,51 g/cm³ respectivamente, clasificado como madera de densidad media y cerca al duramen como densidad alta con valores de 1,04 g/cm³, 0,54 g/cm³ y 0,58 g/cm³ respectivamente; los valores presentaron la contracción radial de 3,024%, contracción tangencial 4,265% y contracción volumétrica 8,429%.

Arévalo (2009) determinó las propiedades físicas de la especie de *Terminalia oblonga*, el material experimental fueron obtenidas del bosque de la zona Mangual/Bellavista (Yarinacocha); donde los valores que se obtuvieron como resultado a nivel longitudinal en el contenido de humedad saturado, seco al aire, las contracciones volumétrica, radial, longitudinal y las densidades incrementan desde la base hacia el nivel ápice, ocurriendo lo contrario en cuanto a la contracción tangencial (8,03%) y la relación tangencia-radial (T/R) (1,85%); a nivel transversal el contenido de humedad, las contracciones volumétricas, tangencial, radial y longitudinal y la densidad, descienden desde la corteza hacia la medula, lo contrario ocurre con la relación T/R.

En México, Navarro *et al.* (2005) determinaron las propiedades físicas de la madera de *Peltogyne mexicana* (Palo morado), donde los resultados más importantes obtenidos para el contenido de humedad verde disminuye desde la sección externa hacia la sección interna; en cuanto a las densidad saturada, básica y anhidra cerca a la albura presenta valores de 1,29 g/cm³, 0,84 g/cm³ y 0,95 g/cm³ clasificado como madera de densidad alta y cerca al duramen como densidad alta con valores de 1,24 g/cm³, 0,71 g/cm³ y 0,84 g/cm³ respectivamente; para las contracciones radial, tangencial y volumétrica cerca a la albura presenta valores de 4,10%, 4,06% y 6,04% y cerca a la médula con valores de 4,70%, 6,76% y 8,85% respectivamente.

Algunos autores determinaron la densidad básica en la familia malpighiaceae para el género *Byrsonima*, donde en Brasil, Iwakiri *et al.* (2018) determinaron en la especie *Byrsonima crispera* una densidad básica de 0,689 g/cm³; además, en Costa Rica, Carpio (2003) añade que la especie *Byrsonima crassifolia* evidenció una densidad básica de 0,59 g/cm³; mientras que, Rodríguez y Moya (2011) indican que la especie *Byrsonima arthropoda* y *Spachea correae* presentan densidad alta.

Según Francis (2000) mencionó que la densidad básica de *Byrsonima spicata* es de 0,77 g/cm³; asimismo, la contracción en condiciones de estado verde a seco al horno obtuvo los siguientes promedios: contracción radial (4%), contracción tangencial (8,2%), contracción volumétrica (12,2%).

Reyes *et al.* (1992) manifiestan que al estudiar las densidades de madera en tres continentes América tropical, Asia y África tropicales; donde las especies de la familia Malpighiaceae del género *Byrsonima* de las especies de *Byrsonima aerugo*, *Byrsonima cariocea*, *Byrsonima cariocea* var. *Spicata*, *Byrsonima sp.* presentaron una densidad de 0,62 g/cm³, 0,64 g/cm³, 0,61 g/cm³ y 0,61 g/cm³ respectivamente.

Por otra parte, en Francia, Detienne *et al.* (1983) indican que, las especies *Byrsonima japurensis*, *Byrsonima densa*, *Byrsonima laevigata*, *Byrsonima obversa* y *Byrsonima arthropoda* presentan una densidad de 0,62 g/cm³, en Brasil Lorenzi (1992) menciona que las especies *Byrsonima coccolobifolia*, *Byrsonima lancifolia*, *Byrsonima sericea* y *Byrsonima stipulacea* tienen una densidad promedio de 0,62 g/cm³, 0,66 g/cm³, 0,78 g/cm³ y 0,75 g/cm³ respectivamente; asimismo, en Brasil Barbosa *et al.* (2004) encontraron que las especies *Byrsonima cubensis*, *Byrsonima cotinifolia* (maricao), *Byrsonima cumingiana* y *Byrsonima coriaceum* presentan una densidad básica de 0,63 g/cm³ y un contenido de humedad seco al aire de 15%, además mencionan que la especie *Byrsonima verbascifolia* tiene una densidad promedio de 0,33 g/cm³; en Guyana, Ter Steege *et al.* (2001) indican que la especie *Byrsonima indet* tiene una densidad media de 0,73 g/cm³.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Lugar de obtención de muestras

Las muestras de la especie *Byrsonima schunkei* (indano), fueron obtenidos de la concesión forestal Carlos Edmundo Muñoz Landa, dicha concesión cuenta con una superficie de 8 272 ha, se encuentra ubicado políticamente en el distrito La Morada, provincia Marañón, región Huánuco y geográficamente a 360 109 m (E) y 9 018 017 m (N) a una altitud 962 msnm.

3.1.2. Lugar de habilitación y evaluación de muestras

La obtención de muestras para determinar las características organolépticas, macroscópicas y físicas se realizó en el Laboratorio Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (LATAMF), ubicado políticamente en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco y geográficamente a 390 380 m (E) y 8 970 785 (N) a una altitud 660 msnm. La evaluación y estudio de las muestras obtenidas se realizó en el Laboratorio de Anatomía de la Madera perteneciente a la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicado políticamente en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco y geográficamente a 390 206 m (E) y 8 970 807 m (N), a una altitud de 661 msnm.

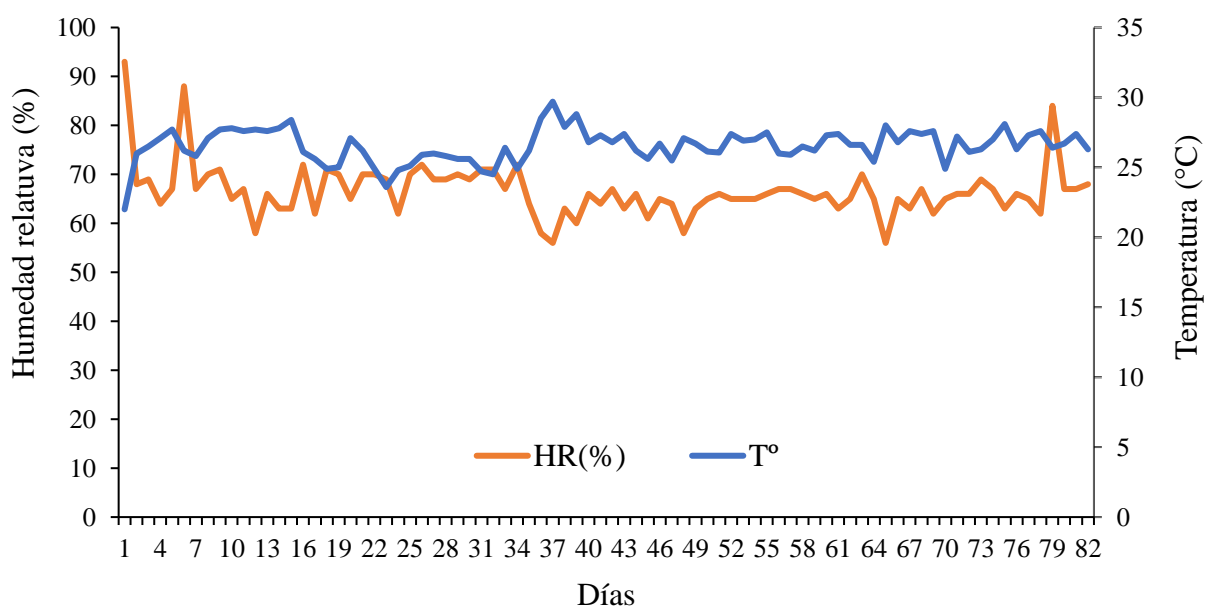


Figura 1. Curva de los principales parámetros climáticos en el Laboratorio de Anatomía de la madera durante la evaluación.

Por otra parte, en la **Figura 1** se pudo apreciar la curva de los principales parámetros climáticos (temperatura (°C), humedad relativa (%)) registradas por el termohigrómetro en el Laboratorio de Anatomía de la Madera durante el periodo de evaluación.

3.1.3. Datos ecológicos

Ecológicamente, la provincia de Leoncio Prado según sus zonas de vida se encuentra en la formación vegetal de bosque muy húmedo premontano subtropical (bmh - PMST) (Holdridge, 1987). Asimismo, presenta una temperatura promedio anual es de 24,9°C, con una humedad relativa de 85% y una precipitación anual de 3 328 mm; presenta precipitación excesiva el mes de febrero alcanzando un promedio mensual de 608,4 mm (Estación Meteorológica José Abelardo Quiñones, 2014).

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Material vegetativo

- 5 árboles de la especie *Byrsonima schunkei* (indano).

3.2.2. Materiales y equipos

Los materiales y equipos que se usaron en campo fueron los siguientes: GPS Garmin MAP 64s, con la finalidad de registrar las coordenadas de los árboles a talar; machetes, para limpiar las malezas alrededor del árbol; brújula, con el fin de marcar las orientaciones de los árboles; motosierra, durante el proceso de tala, trozado y habilitación de la madera; cinta métrica de 30 cm, para medir la longitud de la troza; plumón indeleble, se usó en la codificación de las viguetas de madera; formularios, para registrar los datos cuantitativos y cualitativos de cada árbol talado y tijera, bolsa de polietileno, alcohol 70% y papel periódico, con el fin de coleccionar las muestras botánicas.

En el LATAMF, se utilizó los siguientes materiales y equipos: prensa botánica, papel periódico y cartón, con el fin de secar las muestras botánicas; además, se utilizó garlopa, para realizar la reducción del espesor de las viguetas de madera y sierra circular durante la habilitación de cubos, xilotecas y probetas de madera.

Los materiales y equipos que se utilizaron durante la evaluación de las muestras de madera, en laboratorio fueron los siguientes: balanza eléctrica, para registrar los pesos diarios de las probetas; micrómetro, con el fin de medir la sección tangencial y radial de la probeta;

vernier digital, se empleó en la medición longitudinal de la probeta; estufa eléctrica, para el secado de las probetas; pinza, con la finalidad de extraer las muestras de la estufa y colocarlos al desecador; desecador, para almacenar las probetas después de haber retirado de la estufa; cocina eléctrica, se utilizó para calentar la parafina; parafina, con el fin de bloquear el ingreso del agua a la estructura de la probeta y para determinar el volumen se usó vaso precipitado, agua destilada, soporte universal y punzón; con respecto a la determinación de las características anatómicas, se utilizó: cuchilla de mano, con la finalidad de hacer un corte limpio en las tres secciones de las xilotecas; lupa de 10x, para visualizar las características macroscópicas y tabla Munsell, para determinar el color de la muestra.

3.3. Metodología

3.3.1. Determinación de las características anatómicas de la madera *B. schunkei*

La investigación se realizó en base a las siguientes normas:

- Norma Técnica Peruana N° 251.008.2016 “Selección y colección de muestra”.
- COPANT 30:1-19 1974 “Descripción de las características generales, macroscópicas y microscópicas de la madera”.

Como actividad inicial se realizó la coordinación y los trámites correspondientes con el titular de la concesión forestal, el señor Carlos Edmundo Muñoz Landa. Asimismo, se solicitó la autorización a la Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre de la sede Tingo María, para poder trasladar las muestras botánicas y de madera, desde la concesión forestal hasta los ambientes de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Una vez tramitado los documentos respectivos, se procedió a seleccionar los árboles de la madera de *B. schunkei*, en la parcela de corta (PC) N° 04 y N° 05, ubicadas dentro de la concesión forestal Carlos Edmundo Muñoz Landa. Para obtener una seguridad estadística del 95% teniendo un margen de error del 5%, se consideró extraer 5 individuos con un DAP mayor a 30 cm, dichos árboles se seleccionaron aleatoriamente en el interior de las PC, los cuales fueron reconocidos por un profesional; asimismo, para la selección se tomó un rumbo al azar hasta una cierta distancia en la concesión mencionada, considerando accesibilidad del lugar y las características fenotípicas de la especie, según lo estipulado en la Norma Técnica Peruana 251.008.2016 “Selección y colección de muestras”.

Seleccionado los árboles se procedió a talar, con una persona capacitada y con experiencia; los individuos se cortaron a 20 cm de altura, considerando dicha medida desde la base del suelo; como actividad siguiente se procedió a medir la longitud total y comercial, luego el fuste fue dividida por nivel de altura (base, medio y ápice) (**Figura 2**); obteniendo en total tres viguetas de 52 cm de longitud y tres rodajas de 7 cm de espesor (los 2 cm adicionales fueron de pase) por cada individuo; asimismo se codificó por orientación (Este y Oeste), el número de árbol (1, 2, 3, 4 y 5) y nivel de altura (Base, Medio y Ápice) por individuo (**Figura 32**). Todos los datos de los árboles en campo fueron registrados (**Tabla 4 y Figura 31 del anexo D**).

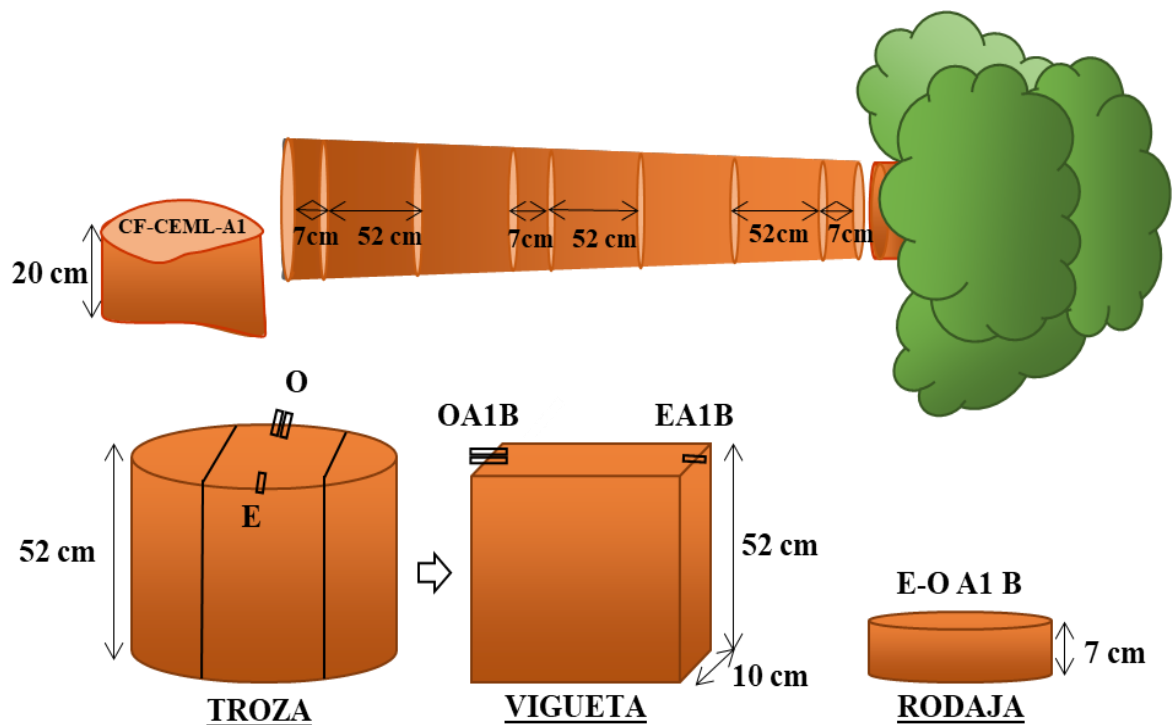


Figura 2. Tala, medición y trozado del fuste por niveles de altura.

Por otro parte, para la identificación de la especie se colectaron muestras botánicas de los cinco árboles, considerando tres repeticiones por individuo que hicieron un total de quince ejemplares; para ello se consideró muestras botánicas esencialmente fértiles con flores y frutos.

Luego se procedió a codificar “CB-CFCEML-01-001-H/FL”; donde se anotaron la procedencia, número de árbol, repetición, la presencia de órganos reproductores. Después, estas muestras colectadas se colocaron entre las hojas de papel periódico teniendo en cuenta el envés y haz de la muestra. Finalmente fueron guardadas en bolsas de polietileno con una solución de alcohol y agua al 50% que fueron roseadas en las partes reproductivas y vegetativas con el fin de preservar y evitar la contaminación de estas (**Figura 33 del anexo D**).

Las muestras de rodajas, maderas y botánicas colectadas fueron trasladadas desde la parcela de corta N° 4 y N° 5 hacia el Laboratorio Taller de Tecnología, Aprovechamiento y Maquinaria Forestal de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Previo al secado de las muestras botánicas se procedió a prensar procurando distribuirla por toda el área del papel periódico mostrando el haz y envés de la muestra, este proceso se realizó para todos los duplicados. Luego se colocaron una sobre otra (apilamiento) sobre una base de cartón, separadas entre sí por papel periódico. Posteriormente se colocó la prensa de madera en la parte inferior y superior seguidamente se sujetó con una cuerda en cada esquina de la prensa; asimismo, estas prensas con dichas muestras fueron colocadas en la cámara de secado a 32°C durante cuatro días (**Figura 34 del anexo D**). Finalmente se realizó el montaje de las muestras y se enviaron al Herbario de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para su respectiva identificación (**Anexo A**).

Tabla 4. Medidas dasométricas y coordenadas de los árboles talados.

Árbol	DAP (cm)	HT (m)	HC (m)	Coordenadas (UTM)	
1	49	28	23	358978	9015825
2	33	21	15	358870	9015501
3	36	23	18	358883	9016010
4	38	25	21	359009	9016158
5	45	23	14	359022	9016525

3.3.1.1. Determinación de las características organolépticas

Se trabajó bajo la norma COPANT 30:1-19 1974 “Descripción de las características generales, macroscópicas y microscópicas de la madera”.

De las viguetas se obtuvieron cubos y muestras de xilotecas; para la determinación de estas variables se usaron dos cubos por nivel de altura (base, medio y ápice) de dimensiones establecidas (5 cm x 5 cm x 5 cm) con sus respectivas secciones orientadas (tangencial, radial y transversal), con el objetivo de evaluar el tipo de grano y el brillo; asimismo, se utilizó xilotecas elaboradas por cada sección (01 de corte tangencial, 01 de corte radial y 01 de corte transversal) y por nivel de altura (base, medio y ápice), con dimensiones (2 cm x 10 cm x 15 cm), donde se determinó el color, olor, sabor, veteado, brillo y textura (**Figura 3 y Figura 35 del anexo D**).

Las rodajas, por nivel de altura (base, medio y ápice) se obtuvo con el fin de diferenciar la madera temprana, madera tardía, albura y duramen. Las descripciones de las características anatómicas se realizaron a simple vista y con una lupa de 10x; asimismo, se utilizó una tabla de Munsell para describir el color de las muestras a estudiar (**Figura 3**).

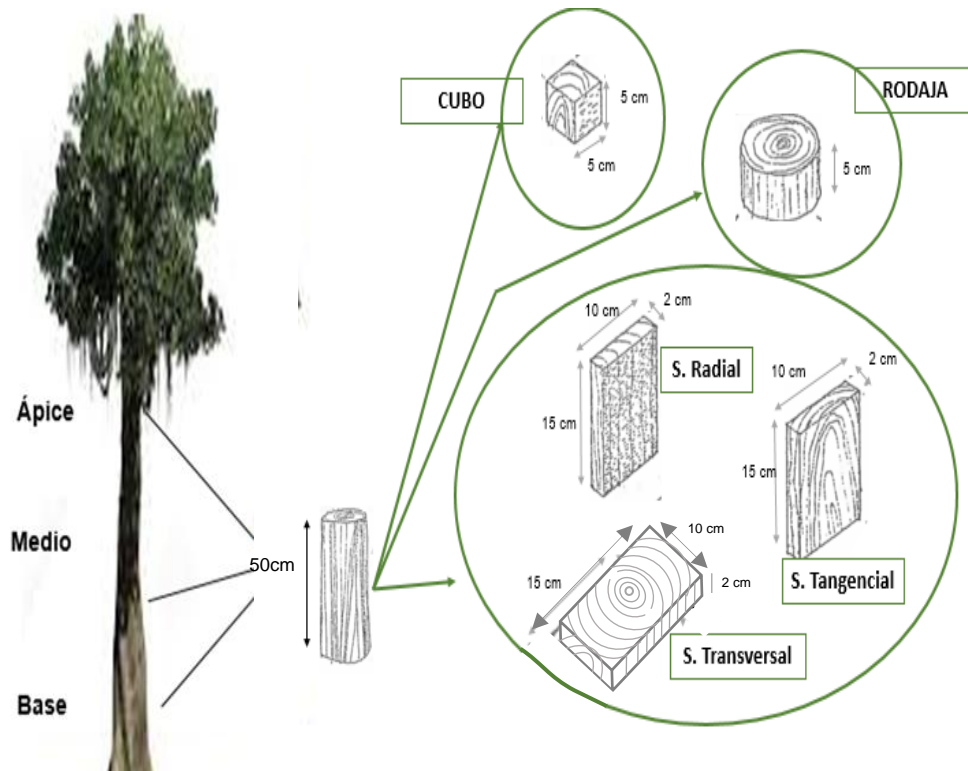


Figura 3. Obtención de probetas para características organolépticas y macroscópicas.

Las características organolépticas que se determinaron fueron:

- Color

Para determinar el color de la madera se comparó con la tabla de Munsell, donde se identificó la coloración en estado húmedo y seco. El color en estado húmedo se realizó en muestras de xilotecas y rodajas; y para determinar el color en estado seco se pesó las xilotecas hasta alcanzar un peso seco al aire constante, luego se procedió a describirlo (**Figura 37 del anexo D**).

- Sabor

Para determinar esta característica se probó con el gusto para determinar el sabor y describirlo. Para ello, se tomó las mismas muestras de xilotecas que fueron utilizadas en la

determinación del color; siendo, evaluados en estado húmedo y seco. Finalmente se procedió a clasificarlo de la siguiente forma: Acido, amargo, astringente, dulce, ausente o no distintivo.

- **Olor**

El olor se describió en estado húmedo y seco, tomando las muestras de xilotecas elaboradas para registrar el color y se utilizó el mismo procedimiento para la determinación del color en estado seco. La clasificación fue de la siguiente forma: no definido y definido (aromático, desagradable, ausentes o no distintivo).

- **Veteado**

Se utilizó muestras de xilotecas y cubos de madera con dimensiones (5 cm x 5 cm x 5 cm); esta característica se determinó por la presencia de líneas verticales en la sección radial mediante la observación directa.

- **Grano**

Esta variable fue determinada en la sección transversal de los cubos alineados en sus tres secciones con dimensiones establecidas (5 cm x 5 cm x 5 cm) después se puso una cuchilla en dicha dirección y se golpeó partiéndolo por la mitad, siguiendo la dirección de los radios, luego mediante la observación en la sección transversal del reverso de la muestra se logró caracterizar el tipo de grano de la madera determinando así el tipo de grano (**Figura 36 del anexo D**).

- **Brillo**

Esta característica se apreció mediante la observación directa en la sección radial del cubo al momento de ser partido por la mitad para determinar el tipo de grano; asimismo, se observó el brillo en cada una de las muestras de xilotecas expuestas a la luz directa, siendo clasificado como: alto, medio y bajo.

- **Textura**

Para determinar esta variable se visualizó el tamaño de los poros en la sección transversal de la muestra con ayuda de una lupa de 10x, luego se procedió a describirlo y clasificarlo como textura fina, media o gruesa.

3.3.1.2. Determinación de las características macroscópicas

Se trabajó bajo la norma COPANT 30:1-19 1974 “Descripción de las características generales, macroscópicas y microscópicas de la madera”.

Para este estudio se utilizó las mismas muestras de xilotecas elaboradas para la determinación de las características organolépticas que son: muestras de xilotecas por nivel de altura (base, medio y ápice) y secciones (01 de corte transversal, 01 de corte tangencial y 01 de corte radial) con dimensiones de 2 cm x 10 cm x 15 cm; asimismo, se utilizó rodajas de 7 cm de espesor con el fin de diferenciar madera temprana, madera tardía, albura y duramen.

Las características macroscópicas que se estudiaron fueron:

- **Poros**

Se determinó realizando un corte limpio, después se humedeció la parte cortada y se observó con una lupa de 10x, donde se registró: tamaño (pequeño, mediano y grande); agrupación (solitarios y múltiples); forma (oval, redondo e irregular), distribución (difusa, circular y semi circular) y cantidad en 100 mm² (**Figura 30 del anexo B**).

- **Parénquima**

Se realizó el mismo procedimiento que se hizo en la determinación del poro, luego se identificó de acuerdo con su clasificación de distribución (apotraqueal, paratraqueal y en bandas), visibilidad (simple vista, lupa de 10x y no visible).

- **Radios**

Se determinó clasificando de la siguiente forma: visibilidad (visible a simple vista, visible con lupa de 10x), distribución en la sección tangencial (estratificados y no estratificados), número de radios en 5 mm y espesor en la sección transversal (finos: no visibles a simple vista, medianos: apenas visible a simple vista y anchos: fácilmente visibles a simple vista).

- **Anillos de crecimiento**

Para determinar esta variable se utilizó las rodajas por nivel de altura, las cuales pasaron a ser cepilladas por la garlopa, luego fueron lijadas siguiendo un orden con respecto al número

de lija: 40, 60, 100, 1000 y 1500. Finalmente fueron laqueados, facilitando de esta manera una mejor visualización de los anillos de crecimiento.

3.3.2. Determinación de las propiedades físicas de la madera *B. schunkei*

Los árboles seleccionados y colectados según la Norma Técnica Peruana N° 251.008.2016 “Selección y colección de muestra”.

Para la determinación de las propiedades físicas, se usaron las viguetas de madera que se obtuvieron por nivel de altura (base, medio y ápice) con orientación (Este y Oeste), donde estuvieron codificados por dicha orientación, número de árbol, nivel de altura (**Figura 4**).

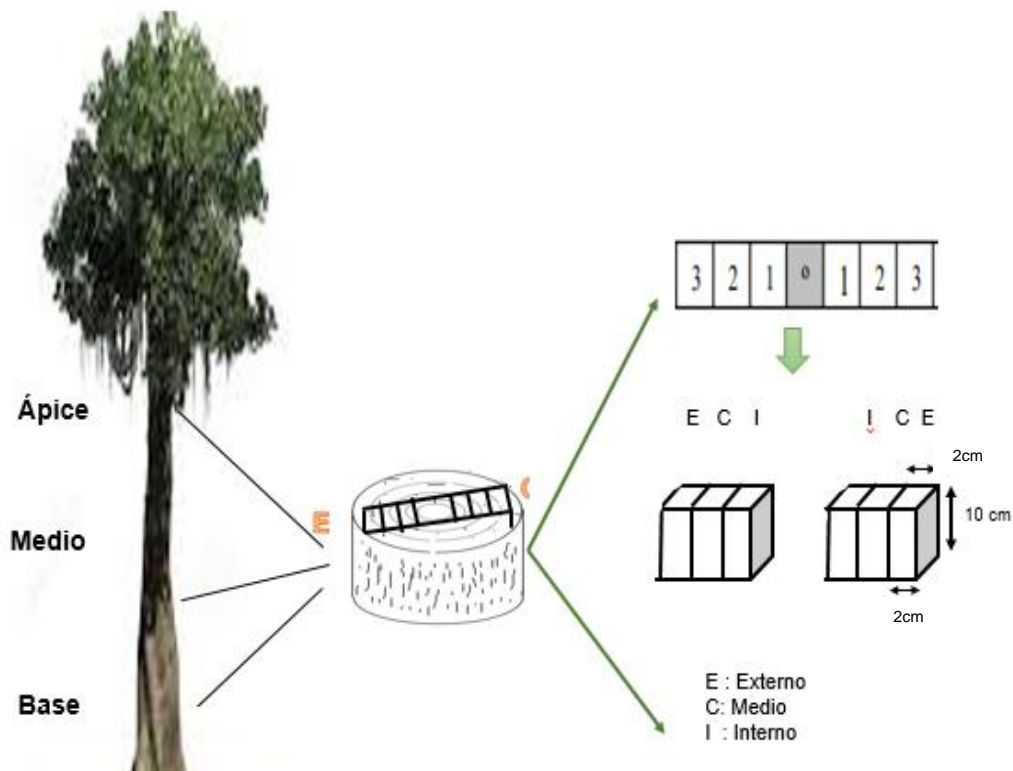


Figura 4. Proceso de obtención de las probetas para la evaluación de las propiedades físicas.

Las viguetas fueron llevados al Laboratorio Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal, en el cual luego se habilitaron probetas con dimensiones de (2 cm x 2 cm x 10 cm), con sus respectivas secciones orientadas (tangencial, radial y longitudinal) por cada nivel de altura y sección transversal, donde cada probeta fue codificada con la información de número de árbol (1, 2, 3, 4 y 5), nivel de altura (base “B”, medio “M” y ápice “A”), orientación (este “E” y oeste “O”) y por secciones transversales (interno “I”, centro “C” y externo “E”) (**Figura 5** y **Figura 35 del anexo D**).

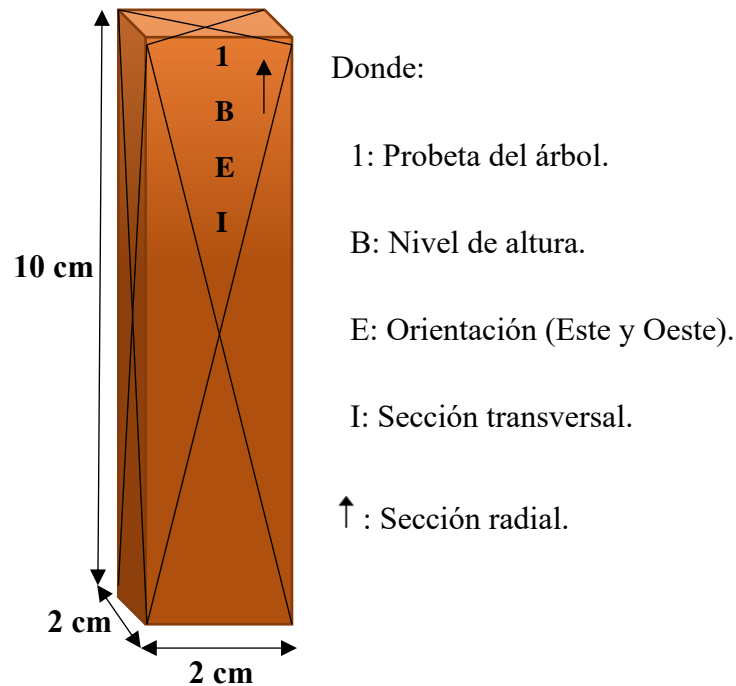


Figura 5. Tamaño de probetas y su codificación.

3.3.2.1. Contenido de humedad saturado y seco al aire

Con respecto al contenido de humedad se realizó según lo estipulado en la Norma Técnica Peruana N° 251.010. 2014 “Método para determinar el contenido de humedad”.

Las probetas que se obtuvieron por niveles y por secciones transversales fueron pesadas en estado húmedo (recién obtenidas las probetas), una vez obtenida el peso inicial, las probetas fueron colocadas en un ambiente libre para ser pesado diariamente hasta obtener un peso constante (peso seco al aire) (**Figura 38 del anexo D**), luego se colocaron las probetas en la estufa, este proceso consistió en incrementar gradualmente la temperatura, siendo: 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 103°C, después las probetas fueron retiradas de la estufa (**Figura 39 del anexo D**) y colocadas en un desecador por 15 minutos (**Figura 40 del anexo D**), finalmente se registró el peso diariamente hasta obtener peso seco constante.

La fórmula para determinar el contenido de humedad saturada fue:

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

Dónde:

CH (%): Contenido de humedad en estado saturado

Ph : Peso en estado saturado (g)

Psh : Peso seco al horno (g)

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

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

Dónde:

CHS (%): Contenido de humedad seco al aire

PSaire : Peso seco al aire (g)

Psh : Peso seco al horno (g)

3.3.2.2. Determinación de las densidades: saturada, básica y anhidra

En el estudio de la determinación de las densidades se trabajó con la Norma Técnica Peruana N° 251.011. 2014 “Método para determinar la densidad”. Para ello se utilizó las probetas elaboradas para la determinación del contenido de humedad.

- Densidad saturada

Se tomó el peso inicial registrado en la determinación del contenido de humedad saturado; asimismo, se obtuvo el volumen en estado húmedo en forma indirecta por el principio de Arquímedes, que consistió en utilizar un vaso precipitado graduado contenido con agua a un volumen determinado, luego se sumergió la probeta sin tocar el fondo del recipiente, finalmente se registró el peso considerando que el agua presenta una densidad de 1 g/cm³ (**Figura 43 del anexo D**). La fórmula utilizada fue:

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

Dónde:

DS : Densidad saturada (g/cm³)

PH : Peso húmedo (g)

VH : Volumen húmedo (cm³)

- Densidad básica

La densidad básica se determinó, una vez registrado el volumen húmedo que se utilizó en la densidad saturada, luego se registró el peso seco al horno, que consiste en tomar el peso seco al horno registrado en la determinación del contenido de humedad.

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

Dónde:

DB : Densidad básica (g/cm³)

PSH : Peso seco al horno (g)

VH : Volumen húmedo (cm³)

- Densidad anhidra

Se tomó el peso seco al horno registrado en la densidad básica, y para el volumen seco al horno se determinó en forma indirecta por inmersión en agua de acuerdo con el principio de Arquímedes (**Figura 42 y 43 del anexo D**). El valor se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

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

Dónde:

DA : densidad anhidra (g/cm³)

Psh : peso seco al horno (g)

Vsh : volumen seco al horno (cm³)

3.3.2.3. Determinación de las contracciones: tangencial, radial, longitudinal, volumétrica, y relación T/R

Se determinó esta propiedad adaptándonos en la siguiente norma: Norma Técnica Peruana N° 251.012. 2015 “Método para determinar la contracción”.

En primer lugar se registró las dimensiones de las probetas elaboradas para la determinación del contenido de humedad, en estado verde de cada sección (tangencial, radial y longitudinal); donde se marcaron los puntos centrales de cada probeta de extremo a extremo

(conservando la señalización hasta la evaluación final), para después ser colocadas en la estufa con una temperatura gradual (por día) de 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, y finalmente a 103°C, una vez retiradas las probetas de la estufa fueron colocadas en el desecador por un lapso de tiempo de 15 minutos y luego se realizó la medición del ancho y espesor utilizando un micrómetro mecánico y para la longitud se utilizó un vernier electrónico, siendo estas medidas registradas en el formato (**Figura 41 del anexo D**).

- **Contracción tangencial total**

La siguiente fórmula fue:

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

Dónde:

CTt : Contracción tangencial total (%)

Dth : Dimensión tangencial humedad (cm)

Dtsh : Dimensión tangencial seca al horno (cm)

- **Contracción radial total**

Se utilizó la fórmula siguiente:

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

Dónde:

CRT : Contracción radial total (%)

Drh : Dimensión radial humedad (cm)

Drsh : Dimensión radial seca al horno (cm)

- **Contracción longitudinal total**

La fórmula considerada fue:

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

Dónde:

CLt : Contracción longitudinal total (%)

Dlh : Dimensión longitudinal humedad (cm)

Dlsh : Dimensión longitudinal seca al horno (cm)

- **Contracción volumétrica total**

La fórmula utilizada fue:

$$CVt = \frac{v_h - v_{sh}}{v_h} \times 100$$

Dónde:

CVt : Contracción volumétrica total (%)

Vh : Volumen húmedo (cm³)

Vsh : Volumen seca al horno (cm³)

- **Relación tangencial/radial**

Para determinar el valor de dicha relación se consideró utilizar la fórmula siguiente:

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

Dónde:

CTt : Contracción tangencial total (%).

CRTt : Contracción radial total (%).

3.4. Tipo y Diseño de investigación

3.4.1. Tipo y nivel

El tipo de investigación fue aplicado; ya que se basa en fundamentos teóricos de la anatomía y propiedades físicas y busca profundizar las características anatómicas y propiedades físicas en una especie desconocida, que aún no ha sido estudiada.

El nivel de investigación fue descriptivo, ya que tiene como principal objetivo la descripción de las características anatómicas y de las propiedades físicas de la madera; para las características organolépticas y macroscópicas fue descriptivo - cualitativo y con respecto a la determinación de las propiedades físicas fue descriptivo cuantitativo - correlativo.

3.4.2. Diseño

Para las características organolépticas, macroscópicas y propiedades físicas el diseño asumido en el estudio fue no experimental, ya que no hubo manipulación de variables; con respecto a la determinación de las propiedades físicas se utilizó un diseño completamente al azar, con arreglo factorial 3(a) x 3(b), con 5 repeticiones (5 árboles) (**Tabla 5**).

Factor a: Niveles de altura (base, medio y ápice)

Factor b: Sección transversal (interno, centro y externo)

Para este diseño, se realizó un análisis de varianza al 95% de confiabilidad y se utilizó el test de rangos múltiples de Duncan al 95% y con respecto la orientación se tuvo en cuenta como referencia y codificación de probetas más no como un factor.

- Factores evaluados

Tabla 5. Interacción de los factores en estudio.

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

En la **Tabla 6**, se muestra el esquema de análisis de varianza que es una técnica estadística que analiza la variación general de los resultados experimentales y se descompone

en fuentes de variación independientes que se deben a cada uno de los efectos a los que está diseñado.

Tabla 6. Esquema del ANVA

Fuente de variación	Grados de libertad
Nivel de altura(a)	a-1=2
Sección transversal(b)	b-1=2
Interacción a x b	(a-1)*(b-1)=4
Error experimental	ab(r-1)=36
Total	abr-1=44

La presente investigación tubo el siguiente modelo aditivo lineal:

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

Donde:

μ = Efecto de la media general

α_i = Efecto del i-esimo nivel del factor a

γ_j = Efecto del j-esimo nivel del factor b

$(\alpha\gamma)_{ij}$ = Efecto de la interacción i-esimo nivel del factor a con j-esimo nivel del factor b

ϵ_{ijk} = Error experimental

- Características del experimento

Factor a : Niveles de altura

Factor b : Sección transversal

Nº unidades experimentales : 45

Nº de probetas por unidad exp: 2

Repeticiones : 5 (árboles de cada especie)

Nº probetas : 90 (probetas)

3.4.3. Variables en estudio

3.4.3.1. Variables independientes

- Los niveles de altura (base, medio y ápice)
- Secciones transversales (interno, centro y externo).

3.4.3.2. Variables dependientes

- Para las características organolépticas y macroscópicas fue: olor, color, sabor, veteado, grano, textura, poro, parénquima, radio y anillos de crecimiento.
- En la determinación de las propiedades físicas son: contenido de humedad, densidad y contracción.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Determinación de las características anatómicas: organoléptica y macroscópica de la madera de *B. schunkei*.

4.1.1. Características organolépticas

4.1.1.1. Color

La madera *B. schunkei* presenta una coloración rosa (7,5YR 7/3) a rosada (5YR 8/3) en estado húmedo y en estado seco el color que lo caracteriza es marrón fuerte (7,5YR 5/6) a marrón (7,5YR 5/4; 7,5YR 4/4), sin transición entre albura y duramen (**Figura 6 y Tabla 32 del anexo B**).



Rodaja en estado húmedo

Rodaja en estado seco

Figura 6. Rodajas de la especie *B. schunkei* en condición húmedo y seco al aire.

Los resultados se asemejan a las especies: *B. aerugo*, quien presentó una coloración rosada (5YR 8/4) a ligeramente marrón rojizo (5YR 7/3, 5YR 6/3, 5YR 6/4) y marrón claro (7,5YR 6/4), *Banesteriopsis acapulcensis*, presentó una coloración rosada, en estado húmedo (León y Williams, 2006) y la especie *B. spicata*, evidenció una coloración marrón rojizo claro en estado seco (León y Williams, 2020). Sin embargo, las especies *Bunchosia argentinia*, *Bunchosia mollis* (León y Williams, 2006) y la especie *Malpighia glabra* presentaron una coloración amarilla; mientras que, la especie *B. crassifolia* presenta una albura de color rosado y duramen marrón rojizo (León y Williams, 2014; Carpio, 2003) y la especie *B. arthropoda* presenta en condición seca del duramen coloración rosada y la albura de color café muy pálido

(Rodríguez y Moya, 2011), esto posiblemente es debido a que son árboles de otras edades y de otras zonas edafoclimáticas, a los pigmentos contenidos en las células, extractivos y cantidad de pared celular.

4.1.1.2. Sabor

En condición húmeda y seco al aire, las muestras de madera de la especie *B. schunkei* al ser probado con el sentido del gusto no evidenció sabor, siendo clasificado como ausente.

Este resultado se asemeja a las especies *B. crassifolia* (León y Williams, 2006; León y Williams, 2014), *Malpigua glabra* (León y Williams, 2014), *B. spicata* (León y Williams, 2020), *B. arthropoda*, *Spachea correae* (Rodríguez y Moya, 2011), *Terminalia oblonga* (Árevalo, 2009), *Banesteriopsis acapulensis*, *Bunchosia argenticia* y *Bunchosia mollis* (León y Williams, 2006) al evidenciar que presentaron sabor ausente. La ausencia de sabor en la madera se debe posiblemente el estado en que se encuentra, ya que el sabor se puede percibir mejor en la madera verde y en las superficies recién cortadas que la madera en estado seco; puesto que, el sabor tiende a disminuir en la superficie de la madera y a volatilizarse con facilidad al entrar en contacto con el ambiente.

4.1.1.3. Olor

La especie *B. schunkei* presenta un olor característico acanelado, que se volatiliza con facilidad; puesto que, se percibió al momento de ser talado, habilitado y lijado; asimismo, la especie *B. arthropoda*, evidenció un olor característico (Rodríguez y Moya, 2011); sin embargo, las especies *B. crassifolia* (León y Williams, 2006; León y Williams, 2014), *Malpigua glabra* (León y Williams, 2014), *B. spicata* (León y Williams, 2020), *Spachea correae* (Rodríguez y Moya, 2011), *Terminalia oblonga* (Árevalo, 2009), *Banesteriopsis acapulensis*, *Bunchosia argenticia* y *Bunchosia mollis* (León y Williams, 2006) no presentaron olor, se debe posiblemente a que no contienen extractivos impregnadas en la pared celular por ello disminuyeron con el tiempo y la oxidación.

4.1.1.4. Veteado

Al observar la sección radial en las muestras de xilotecas de la especie *B. schunkei* se determinó un veteado en bandas paralelas (**Figura 7**); caso contrario, evidenció la especie *B. crassifolia* (Carpio, 2003), *Terminalia oblonga* (Árevalo, 2009), *Parkia pendula*, *Anacardium giganteum* y *Mezilauria itauba* (Juaregui y Ramos, 2019) al demostrar que presentan un veteado

de arcos superpuestos; asimismo, Rodríguez y Moya (2011) identificaron que la especie *B. arthropoda* tiene un veteado ligeramente definido, lo contrario ocurrió con la especie *Spachea correae* al no presentar veteado. La variación se atribuye posiblemente a la disposición, tamaño y abundancia de los elementos leñosos, tipo de grano, variación en los colores y espesor de los radios.



Figura 7. Veteado en el corte radial de la especie *B. schunkei*.

4.1.1.5. Grano

La especie *B. schunkei*, presentó un grano recto, la cual se determinó al realizar el corte siguiendo la dirección de los radios y mediante la observación directa en la cara transversal (**Figura 8**).

El resultado concuerda con las especies *B. acapulcensis*, *B. argentea*, *B. chalcophylla*, *B. japurensis*, *B. rugosa*, *B. mollis*, (León y Williams, 2006), *B. arthropoda* y *S. correae* (Rodríguez y Moya, 2011) al presentar grano recto a inclinado; sin embargo, las especies *B. crassifolia* (Carpio, 2003) y *Malpighia glabra* (León y Williams, 2014) presentaron grano entrecruzado. La variación de esta característica dentro de una misma familia y género se podría atribuir a la disposición que tienen los elementos axiales con respecto al eje del árbol o a la arista de la pieza aserrada, también influye la dirección, arreglo, ubicación de estos elementos leñosos.



Figura 8. Grano en la sección transversal y longitudinal de la especie *B. schunkei*.

4.1.1.6. Brillo

El lustre en cada una de las muestras de la madera de *B. schunkei*, al ser expuestas a la luz directa, presentaron un brillo medio.

El resultado coincide con las especies *B. crassifolia* (León y Williams, 2014), *Banesteriopsis acapulensis*, *Bunchosia argentia*, *Bunchosia mollis* (León y Williams, 2006), *T. oblonga* (Arévalo, 2009), *B. arthropoda* (Rodríguez y Moya, 2011), *Parkia pendula*, *Anacardium giganteum*, *Mezilauria itauba* (Juaregui y Ramos, 2019) y *B. spicata* (León y Williams, 2020) quienes presentaron brillo bajo a medio.

La madera del género *Byrsonima* perteneciente a la familia Malpighiaceae presentan un brillo de medio a bajo. La presencia y variación de esta característica en algunas especies se debe a la disposición y distribución de los elementos que conforman los radios.

4.1.1.7. Textura

Al observar el tamaño de los poros con la ayuda de una lupa de 10x se determinó que presenta una textura media.

El resultado obtenido coincide con las especies *B. arthropoda*, *Spachea correae* (Rodríguez y Moya, 2011), *Bunchosia argentia* y *Bunchosia mollis* (León y Williams, 2006), al presentar textura media; sin embargo, la especie *Byrsonima spicata* (León y Williams 2020), *Mezilauria itauba* (Juaregui y Ramos, 2019), *B. crassifolia*, *Malpighia glabra* (León y

Williams, 2014), *T. oblonga* (Arévalo, 2009), *Banesteriopsis acapulcensis*, *B. chalcophylla*, *B. japurensis* y *B. rugosa* (León y Williams, 2006) presentaron textura fina.

La variación del espesor de la textura se debe principalmente al tamaño de los poros y cantidad proporcional de los elementos xilemáticos.

4.1.2. Características macroscópicas

4.1.2.1. Poros

Los poros evaluados en las muestras de xilotecas de la madera de *B. schunkei*, son visibles con ayuda de la lupa 10x; presentan una forma ovalada, distribución de porosidad difusa, agrupación con predominancia de poros solitarios puesto que en 100 mm² presenta un promedio de 460 poros y en menor cantidad poros múltiples radiales, ya que presentó un promedio de 152 poros de 2 a 4 células en sentido radial (**Figura 30 del anexo B**).

En la **Tabla 7**, se observa los valores promedios de la cantidad de poros; donde se obtuvo un promedio total de 612 poros en 100 mm² clasificándose como excesivos (de 250 a más); en la cual la sección interno presenta un promedio de 671 poros, teniendo mayor cantidad de poros que las demás secciones centro y externo con valores (603) y (563) poros respectivamente; con respecto a los niveles de altura el nivel base presenta mayor cantidad de poros con un promedio total de 646, seguido del nivel medio y ápice con una media general de (602) y (589) poros respectivamente.

Tabla 7. Promedios de la cantidad de poros en la madera de *B. schunkei*.

Nivel de Al- tura	Sección transversal														Prom	
	Interno					Centro					Externo					
	PS	PM			Total	PS	PM			Total	PS	PM				
		2	3	4			2	3	4			2	3	4		
Base	565	121	21	1	708	452	130	31	11	624	443	136	21	6	606	646
Medio	487	144	24	4	659	433	129	21	4	587	402	124	28	7	561	602
Ápice	490	130	22	4	646	462	110	21	5	598	405	97	13	7	522	589
Prom.	514	157			449	154			417	146						
Total	671					603					563				612	

PS: Poros solitarios; PM: Poros múltiples.

El resultado se asemeja a las especies *B. spicata* (Nisgoski *et al.*, 2014; León y Williams, 2020), *Mcvaughia sergipana*, *Parkia pendula*, *Anacardium giganteum* (Juaregui y Ramos, 2019), *Mezilauria itauba* (Almeida *et al.*, 2019), *B. crassifolia*, *Malpighia glabra* (León y Williams, 2014), *B. arthropoda*, *Spachea correae* (Rodríguez y Moya, 2011), *T. oblonga* (Arévalo, 2009), *Banesteriopsis acapulensis*, *Bunchosia argentia* y *Bunchosia mollis* (León y Williams, 2006) al presentar porosidad difusa. Con respecto, a la distribución concuerda con las especies *Mezilauria itauba* (Almeida *et al.*, 2019), *B. spicata* (Nisgoski *et al.*, 2014) y *Banesteriopsis acapulensis* (León y Williams, 2006) al presentar poros solitarios y en múltiples de 2-4; sin embargo, difieren con las especies *B. crassifolia*, (León y Williams, 2014), *B. spicata* (Rodríguez y Moya, 2011), *Bunchosia argentia* y *Bunchosia mollis* (León y Williams, 2006) al presentar poros múltiples de 2-5. La variación apreciable en el tamaño, agrupación, forma y distribución se atribuye probablemente a la presencia o ausencia de anillos de crecimiento.

4.1.2.2. Parénquima

Esta característica es visible con ayuda de la lupa de 10x, donde se determinó que la especie *B. schunkei* presenta un parénquima paratraqueal vasicéntrico y parénquima apotraqueal difuso en agregados que se expresa en líneas cortas (**Figura 30 del anexo B**).

El resultado se asemeja a las especies *Banesteriopsis acapulensis*, *Bunchosia argentia*, *Bunchosia mollis* (León y Williams, 2006) y *B. arthropoda* (Rodríguez y Moya, 2011) al presentar parénquima paratraqueal vasicéntrico; asimismo, concuerda con la especie *Malpighia glabra* al presentar un parénquima apotraqueal difuso en agregados (León y Williams, 2014); sin embargo, difiere con las especies *B. crassifolia* (León y Williams, 2014) y *B. spicata* (Nisgoski *et al.*, 2014; León y Williams, 2020) ya que presentaron parénquima paratraqueal escaso. La variación se atribuye posiblemente a la escasa presencia de parénquima longitudinal en algunas especies, mientras que en otras constituye una gran parte del leño; asimismo influye la disposición longitudinalmente por el eje del árbol en que se encuentra el parénquima.

4.1.2.3. Radios

Son visibles con lupa de 10x; en el corte transversal se observan los radios de color marrón claro, de espesor mediano y se clasifica como pocos, debido a que el promedio del número de radios en 5 mm presenta 23 radios, encontrándose en un rango de menor a 25. En su

sección tangencial se determinó que la madera presenta una distribución no estratificada, con una altura menor a un milímetro (< 1 mm).

La variable se asemeja a lo encontrado por Rodríguez y Moya (2011), quienes al describir a las especies *B. arthropoda* y *Spachea correae*, determinaron que presentan radios no estratificados de espesor mediano; sin embargo, difiere a lo encontrado por Arévalo (2009) en la especie *Terminalia oblonga*, al presentar radio de espesor fino. La visibilidad de los radios se puede atribuir a la forma, tamaño, número, arreglo y posición de células.

4.1.2.4. Anillo de crecimiento

La especie *B. schunkei*, presenta anillos anuales visibles y diferenciados con una anchura desigual.

El resultado se asemeja con las especies *Malpighia glabra* (León y Williams, 2014) y *Banesteriopsis acapulensis*, (León y Williams, 2006), ya que presenta anillos de crecimiento definidos; sin embargo, las especies *B. crassifolia* (León y Williams, 2014), *B. arthropoda*, *Spachea correae* (Rodríguez y Moya, 2011), *Bunchosia argentea* y *Bunchosia mollis* (León y Williams, 2006) presentaron anillos de crecimiento no definidos. La distinción y ancho de los anillos de crecimiento se basan en condiciones ambientales, ya que los anillos formados durante la temporada seca son más sutiles que los formados cuando las condiciones de desarrollo son positivas.



Figura 9. Visualización de los anillos de crecimiento en la sección transversal de la rodaja.

4.2. Determinación de las propiedades físicas: contenido humedad, densidad y contracción de la madera de *B. schunkei*

4.2.1. Contenido de humedad saturado y seco al aire

4.2.1.1. Contenido de humedad saturado

En la **Tabla 8**, se muestra el análisis de varianza para el contenido de humedad saturado (%); donde, en los niveles de altura y la interacción entre los factores no existen diferencias significativas, cuyos valores son (P-valor = 0,0859) y (P-valor = 0,0637) respectivamente; sin embargo, se evidencio diferencias significativas en la sección transversal (P-valor = 0,0001). El diseño evidencio un promedio total de 97,83%, con un coeficiente de variación de 8,31% y un coeficiente de determinación de 0,71%.

Tabla 8. ANVA del contenido de humedad saturado de la madera de *B. schunkei*.

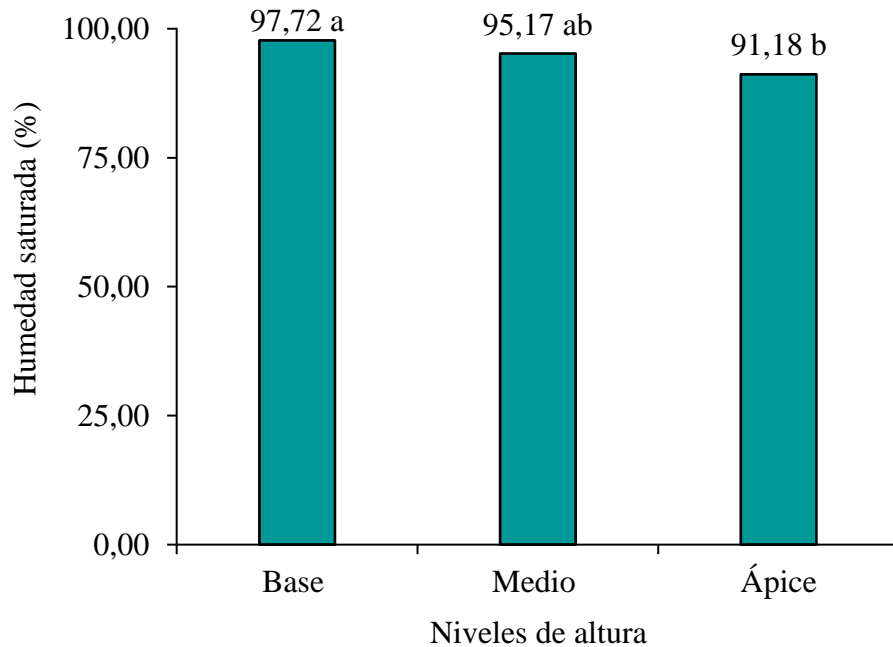
Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Niveles	325,89	2	162,95	2,63	0,0859 ^{ns}
Sección transversal	4533,42	2	2266,71	36,59	0,0001 ^{**}
Niveles*Sección transversal	607,04	4	151,76	2,45	0,0637 ^{ns}
Error	2230,2	36	61,95		
Total	7696,55	44			

** : Altamente significativo; * : Significativo; ns : no significativo; CV: 8,31%; R²: 0,71.

En la **Figura 10**, se observa la prueba de comparación de medias de Duncan, para el contenido de humedad saturado; en la cual se visualizó que la zona basal presentó un mayor contenido de humedad con un promedio de 97,72%, siendo estadísticamente similar y numéricamente superior al nivel medio que tiene un valor promedio de 95,17%, en lo que concierne al nivel ápice del fuste se registró una media total de 91,18%, teniendo el menor porcentaje de humedad que los demás niveles de altura y es estadísticamente similar al nivel medio.

Valores semejantes se encontró en la especie *B. utile*, al disminuir desde la zona basal hacia el ápice (Porta, 2019); sin embargo, la especie *D. guianense*, tuvo un comportamiento contrario al incrementar desde la zona inferior hacia el nivel superior (Bravo, 2017); por su parte, Jauregui y Ramos (2019), al estudiar a las especie *P. pendula* y *A. giganteum*, determinaron que el contenido de humedad y la densidad se relacionan inversamente

proporcional, además manifiestan que el tamaño y cantidad de los poros influyen en el contenido de humedad. El contenido de humedad disminuye desde el nivel base hacia el nivel ápice; probablemente por ser árboles juveniles, ya que el agua almacenada en las cavidades y paredes celulares es más alta y variable.

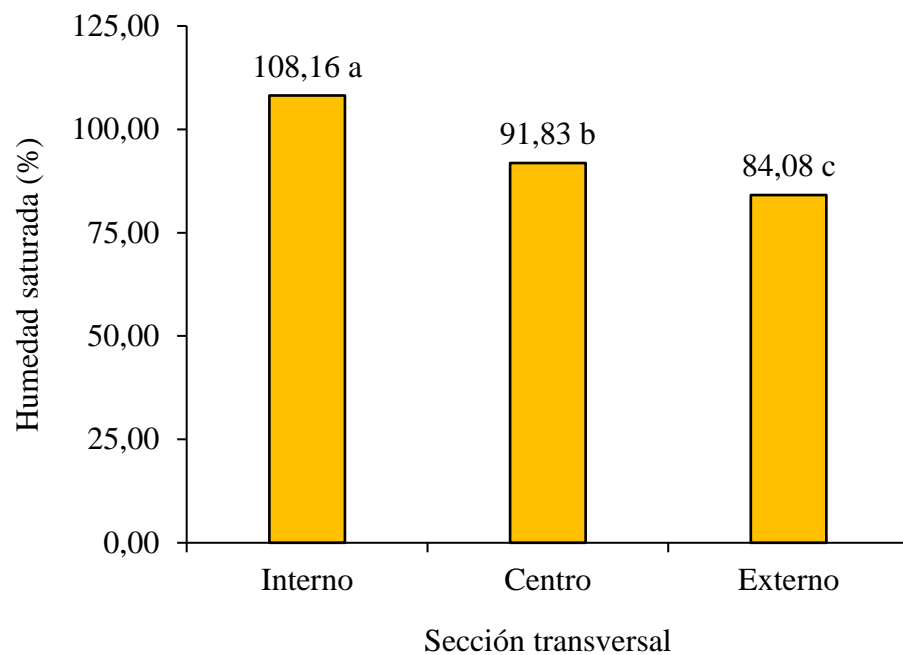


Letras iguales : No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 10. Humedad saturada de la madera de *B. schunkei* por nivel de altura.

En la **Figura 11**, se muestra la comparación de medias con la prueba de Duncan, para el contenido de humedad saturado en la sección transversal; donde presentaron diferencias estadísticas significativas y numéricamente se observa que en la sección interna registra una mayor cantidad de humedad con un promedio total de 108,16%, seguido por la sección centro con una media de 91,83%, mientras que en la sección externa se encuentra una media aritmética de 84,08%.

El resultado concuerda con la especie *B. utile*, al tener la tendencia de disminuir desde la sección interna hacia la externa (Porta, 2019); similar variabilidad obtuvo la especie *Z. riedelianum* (Quispe, 2016); asimismo, la madera de *G. ulmifolia*, siguió la misma tendencia (Cachique, 2014); al igual que, la especie *D. guianense* (Bravo, 2017). Estos resultados se deben probablemente a que los individuos de madera juvenil presentan mayor contenido de humedad cerca de la médula; asimismo influye que la sección externa con respecto a la sección interna presenta una mayor densidad por ende un menor contenido de humedad.



Letras iguales : No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 11. Humedad saturada de la madera de *B. schunkei* por sección transversal.

4.2.1.2. Contenido de humedad seco al aire

El contenido de humedad seco al aire (%) de las 90 probetas de *B. schunkei* presentaron un promedio total de 15,61%; por otra parte, el análisis de varianza para el contenido de humedad seco al aire (%) se evidenció que no existe diferencia estadística en los niveles de altura (P-valor = 0,4448) y en la interacción entre los factores (P-valor = 0,3402); sin embargo, si mostró diferencias significativas en la sección transversal (P-valor = 0,0001); además, el diseño presenta un coeficiente de variación de 0,92% y coeficiente de determinación de 0,57% (**Tabla 9**).

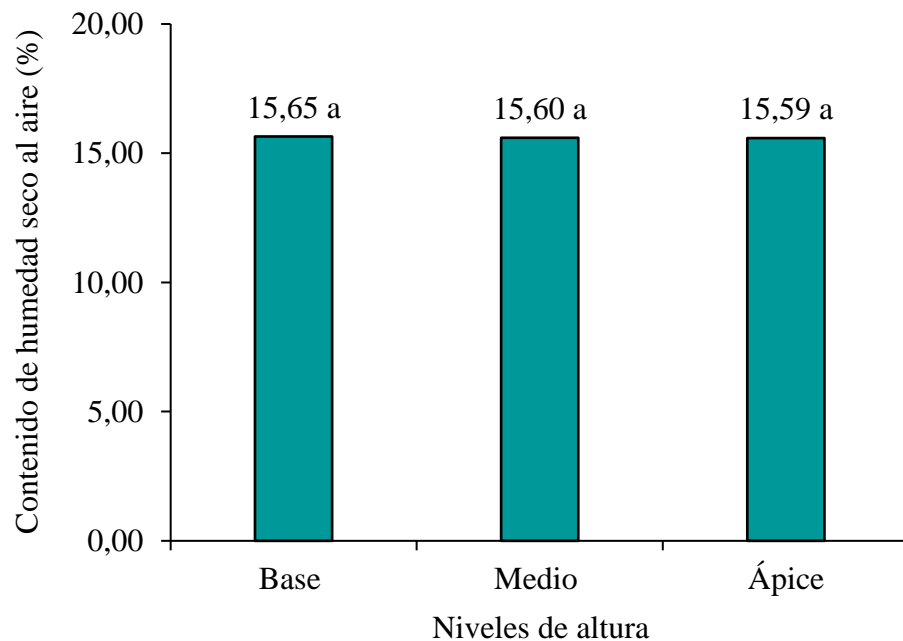
Tabla 9. ANVA del contenido de humedad seco al aire de la madera de *B. schunkei*.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Niveles	0,03	2	0,02	0,83	0,4448 ^{ns}
Sección trasversal	0,86	2	0,43	20,84	0,0001**
Niveles*Sección trasversal	0,1	4	0,02	1,17	0,3402 ^{ns}
Error	0,74	36	0,02		
Total	1,73	44			

** : Altamente significativo; * : Significativo; ns : no significativo; CV : 0,92%; R² : 0,57.

En la **Figura 12**, se observa la prueba de comparación de medias de Duncan para el contenido de humedad seco al aire; donde no presentan diferencias estadísticas significativas en los niveles de altura y numéricamente se encontró que el nivel base presenta una media total de 15,65%, siendo superior a las probetas evaluadas en el nivel medio con un valor promedio de 15,60% y al nivel ápice del fuste registró una media total de 15,59%.

Similar variación presentó la especie *Z. riedelianum*, al seguir la tendencia de disminuir desde la base hacia el ápice (Quispe, 2016); debido probablemente a la presencia de madera juvenil puesto que la cantidad de agua almacenada en los lúmenes y paredes celulares es más alta y variable. Caso contrario, ocurrió en la madera de *P. amazónica*, al incrementar desde la base hacia el ápice (Dávila, 2020); asimismo, la especie *G. ulmifolia*, presentó similar variabilidad, debido a que disminuyó desde la zona basal hacia el ápice (Cachique, 2014); de igual manera, la especie *B. utile*, siguió la misma tendencia de porcentaje (Porta, 2019); al igual que, la especie *T. oblonga*, tuvo igual variación (Arévalo, 2009); posiblemente los individuos evaluados presentan mayor cantidad de madera adulta.



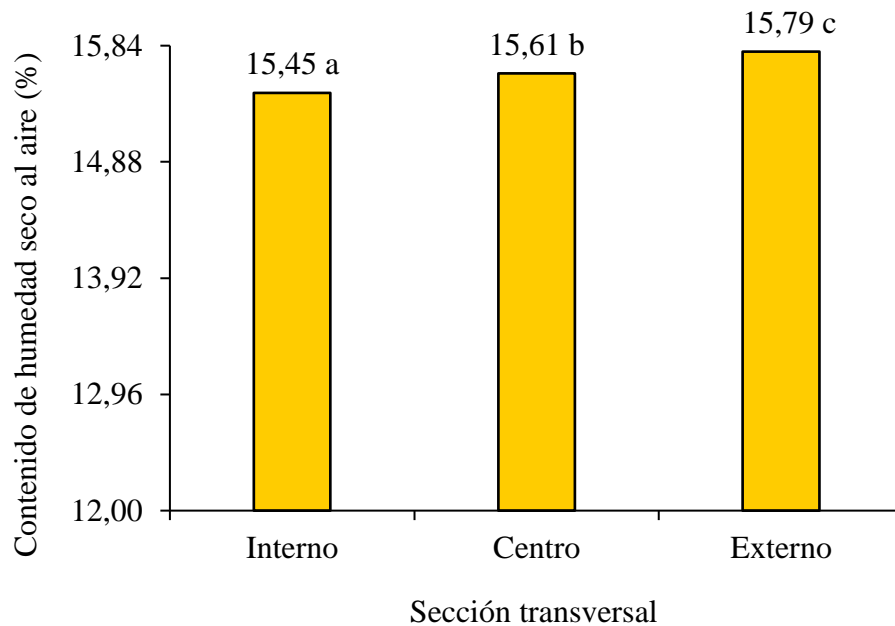
Letras iguales : No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 12. Contenido de humedad seca al aire de la madera de *B. schunkei* por nivel de altura.

En la **Figura 13**, se observa la comparación de medias de Duncan, para el contenido de humedad seco al aire en las secciones transversales; donde presentaron diferencias estadísticas significativas y numéricamente la sección externa presenta un promedio total de 15,65%,

seguido por la sección centro con una media total de 15,61% y la sección interna con un valor de 15,45%; esta tendencia se atribuye a que la sección externa presenta una mayor densidad.

Este resultado se asemeja a lo encontrado por Porta (2019) quien indica que al evaluar a la especie *B. utile*, encontró la misma tendencia al incrementar desde el nivel de la base hacia el nivel ápice. Este resultado se atribuye posiblemente a que en la sección interna presenta mayor cantidad de elementos de conducción; por ende, hay mayor pérdida de humedad.



Letras iguales : No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 13. Contenido de humedad seco al aire de la madera de *B. schunkei* por sección transversal.

4.2.2. Densidad saturada, básica y anhidra

4.2.2.1. Densidad saturada

Las 90 probetas de *B. schunkei* en estudio, presentaron una densidad saturada promedio de 1,09 g/cm³. Además, en la **Tabla 10**, se observa el análisis de varianza para la densidad saturada (%); donde los niveles de altura y la interacción entre los factores no existe diferencia estadística significativa con valores (P-valor = 0,4448) y (P-valor = 0,3402) respectivamente; sin embargo, la sección transversal si mostró diferencias significativas (P-valor = 0,0002); asimismo, el diseño presenta un coeficiente de variación de 2,64% y coeficiente de determinación de 0,40%.

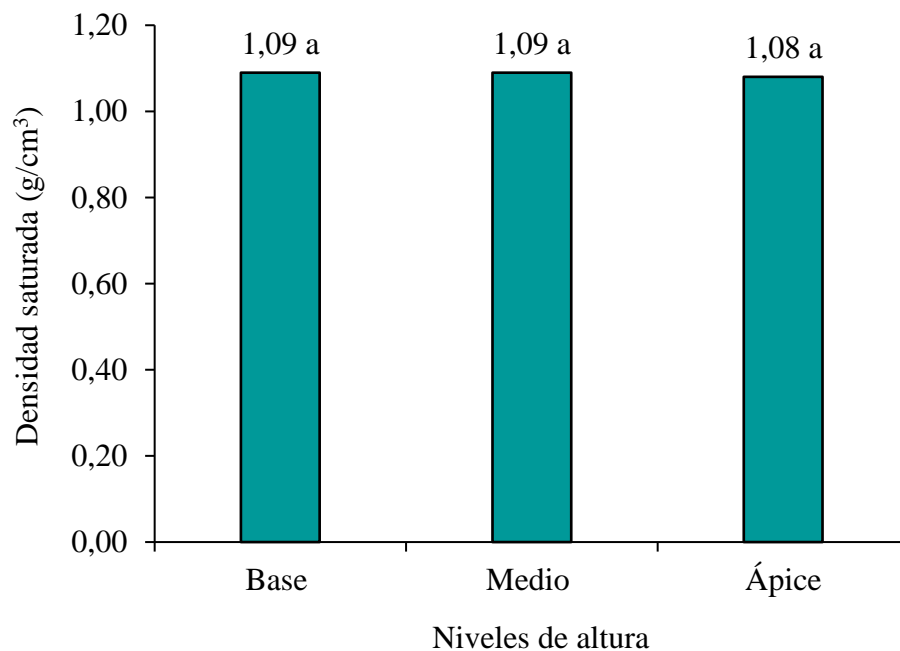
Tabla 10. ANVA de la densidad saturada de la madera de *B. schunkei*.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Niveles	0,0007	2	0,0035	0,42	0,6589 ^{ns}
Sección transversal	0,02	2	0,01	10,76	0,0002 ^{**}
Niveles*Sección transversal	0,0013	4	0,00033	0,40	0,806 ^{ns}
Error	0,03	36	0,00083		
Total	0,05	44			

** : Altamente significativo; * : Significativo S: Significativo; ns: no significativo; CV: 2,64 %; R²: 0,40.

En la prueba de comparación de medias de Duncan, para la densidad saturada; con respecto a los niveles de altura no presentó diferencias estadísticas significativas, ya que se encontró en el nivel base y medio una media total de 1,09 g/cm³, siendo numéricamente mayor a la zona apical cuyo promedio es de 1,08 g/cm³ (**Figura 14**). Similar variación se evidenció en la especie *Z. riedelianum*, al presentar la tendencia de disminuir desde la zona basal hacia el ápice (Quispe, 2016); al igual que, Dávila (2020) en la madera de *P. amazonica*.

Este resultado se atribuye probablemente por la presencia de madera juvenil presente en el fuste, donde al tener una mayor proporción de madera juvenil, provocó una menor densidad en estas zonas.

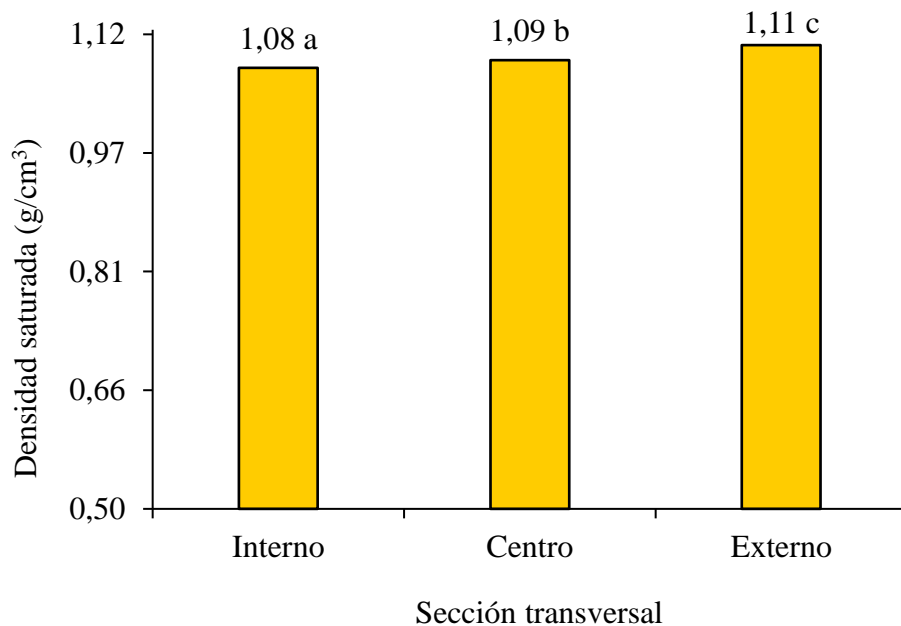


Letras iguales : No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 14. Densidad saturada de la madera de *B. schunkei* por nivel de altura.

En la **Figura 15**, la prueba de comparación de medias de Duncan para la densidad saturada con respecto a las secciones transversales presentó diferencias estadísticas significativas; donde se encontró en la sección transversal externo un promedio de $1,11 \text{ g/cm}^3$, siendo estadísticamente y numéricamente superior que las demás secciones (centro e interno) cuyos valores promedios son de $1,09 \text{ g/cm}^3$, y $1,08 \text{ g/cm}^3$ respectivamente.

En la especie *B. utile*, se obtuvo similar variabilidad donde el valor se incrementa desde la médula hacia la corteza (Porta, 2019); asimismo, Quispe (2016) encontró la misma tendencia en la especie *Z. riedelianum*; de igual manera, Machuca *et al.* (2010) determinó que, la especie *J. Flaccida*, presenta la misma tendencia. La mayor densidad que presenta la sección se debe probablemente a la presencia de fibras cortas e inclinadas, asimismo a los factores influyentes de la proporción de madera temprana y tardía, distribución de los anillos de crecimiento, espesor de pared, tipo y diámetro de células y contenido de extraíbles presentes en la madera; además, la variación es consecuencia del cambio de edad.



Letras iguales : No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 15. Densidad saturada de la madera de *B. schunkei* por sección transversal.

4.2.2.2. Densidad básica

La madera de *B. schunkei*, presentó una densidad básica promedio de $0,56 \text{ g/cm}^3$, de acuerdo con la densidad obtenida se clasifica como madera de clase media (M) del grupo III (Aróstegui, 1982); asimismo, la especie *B. crassifolia* y *B. indet* presentan una densidad media (Carpio, 2003; Ter Steege *et al.*, 2001).

Sin embargo, a pesar de pertenecer a la misma familia y género algunos autores obtuvieron densidades superiores, como la especie *B. crispa*, que presenta una densidad alta, (Iwakiri *et al.*, 2018); asimismo, las especies *B. spicata*, *B. arthropoda* y *S. correae* presentan densidad alta (Rodríguez y Moya, 2011; Francis, 2000); así como también, las especies de *B. aerugo*, *B. cariocea*, *B. cariocea* var. *Spicata*, y *Byrsonima sp.*, presentaron una densidad alta (Reyes *et al.*, 1992). En Francia, Detienne *et al.* (1983) y Reyes *et al.* (1992) indican que las especies *B. japurensis*, *B. densa*, *B. laevigata*, *B. obversa*, *B. arthropoda*, *Byrsonima aerugo*, *Byrsonima cariocea*, *Byrsonima cariocea* var. *Spicata*, *Byrsonima sp.* tienen valores similares; al igual que, las especies *B. coccolobifolia*, *B. lancifolia*, *B. sericea*, *B. stipulacea*, *B. cotinifolia*, *B. verbascifolia*, *B. cumingiana* y *B. coriaceum*, presentan una densidad básica alta (Lorenzi, 1992; Barbosa *et al.*, 2004).

La variabilidad en la densidad básica entre familia no caracteriza a una zona o un área determinado, debido a que los valores de la densidad dependen de la procedencia, fisiografía, silvicultura, edad y especie.

En la **Tabla 11**, se observa el análisis de varianza para la densidad básica (%); donde en los niveles de altura no existe diferencia estadística significativa con un valor de (P-valor = 0,2649); sin embargo, si mostró diferencias significativas en la sección transversal (P-valor = 0,0001) y en la interacción entre los factores (P-valor = 0,0111); asimismo, el diseño presenta un coeficiente de variación de 5,71% y coeficiente de determinación de 0,62%.

Tabla 11. ANVA de la densidad básica de la madera de *B. schunkei*.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Niveles	0,0028	2	0,0014	1,38	0,2649 ^{ns}
Sección transversal	0,04	2	0,02	20,91	0,0001**
Niveles*Sección transversal	0,02	4	0,0039	3,81	0,0111**
Error	0,04	36	0,001		
Total	0,10	44			

** : Altamente significativo; * : Significativo; ns: no significativo; CV: 5,71%; R²: 0,62.

Por ende, en la **Tabla 12**, se muestra el análisis de los efectos simples al abrir la interacción, donde no existen diferencias significativas entre los niveles en las distintas secciones transversales: centro y externo, sin embargo, en la sección interna si muestra diferencia estadística. En el análisis de los efectos simples de las secciones transversales

(externo, centro e interno), existe diferencia significativa entre los niveles de altura: base y medio, en excepción en la zona apical no muestran diferencias estadísticas.

Tabla 12. Análisis entre los niveles de altura y secciones transversales, para la densidad básica.

Fuente de variación	Densidad básica		
	GL	CM	P-valor
Efectos simples de los niveles			
Niveles en interno	2	6,51	0,0122**
Niveles en centro	2	0,000180	0,6387 ^{ns}
Niveles en externo	2	0,00130	0,4397 ^{ns}
Efectos simples de la sección transversal			
Sección transversal en la base	2	0,01	0,0001**
Sección transversal en el medio	2	0,01	0,0003**
Sección transversal en el ápice	2	0,00054	0,7285 ^{ns}

**.: Altamente significativo; *.: Significativo; ns: no significativo

En la **Tabla 13**, se muestra la densidad básica con respecto al efecto simple del factor nivel de altura en el factor sección transversal; donde se evidencia que, en la sección transversal interno, si existe diferencia significativa en los niveles de altura; sin embargo, la sección centro concerniente al nivel base es estadísticamente similar a las probetas procedentes del nivel ápice, pero existe diferencia estadística significativa con respecto al nivel medio; sin embargo, en la sección externa, no evidencia diferencia significativa entre los niveles de altura.

En la prueba de comparación de medias de Duncan, se demostró que el nivel medio y ápice presentan mayor densidad con respecto al nivel base. El resultado se asemeja a lo encontrado por Porta (2019), quien determinó que la especie *B. utile*, siguió la misma tendencia; asimismo, Arévalo (2009) encontró la misma tendencia en la especie *T. oblonga*; de igual manera, Cachique (2014), Delmastro *et al.* (1981) y Harris *et al.* (1991), obtuvieron similar variación; caso contrario, demostró Quispe (2016), Dávila (2020), Aguirre (2014) y Bravo (2017), debido probablemente a que los árboles evaluados presentan en mayor proporción de madera adulta

El resultado se atribuye probablemente a que la madera *B. schunkei* se encuentra influenciada por la presencia de madera juvenil, en efecto se obtuvo una menor densidad en el nivel basal.

Tabla 13. Densidad básica con respecto al efecto simple del factor nivel de altura (base, medio y ápice), en el factor sección transversal (interno, centro y externo).

Clave	Promedio	Sig.
Base en interno	0,49	b
Medio en interno	0,50	c
Ápice en interno	0,56	a
Base en centro	0,58	a
Medio en centro	0,57	b
Ápice en centro	0,56	a
Base en externo	0,59	a
Medio en externo	0,61	a
Ápice en externo	0,58	a

Letras iguales : No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas.

La **Figura 16**, muestra la interacción de las secciones transversales con los niveles de altura, donde la sección externa presenta alta variabilidad entre el nivel medio con respecto al nivel ápice y base, similar variación ocurre en la sección centro, donde se observa que el nivel base varía gradualmente hacia el nivel ápice; mientras que en la sección interno el nivel ápice presenta alta variabilidad.

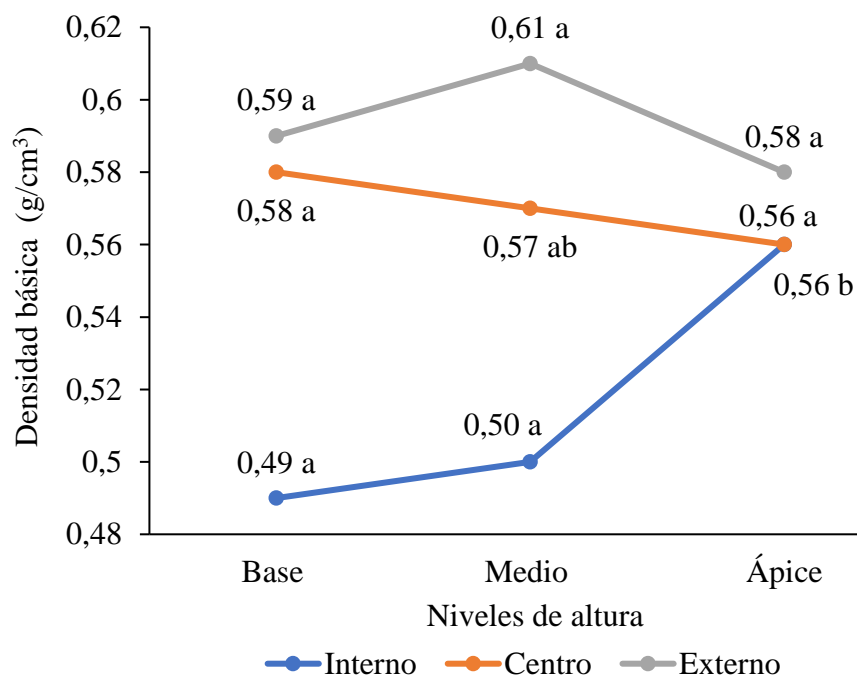


Figura 16. Efecto de la interacción niveles de altura en el factor sección transversal, con respecto a la densidad básica.

En la **Tabla 14**, se observa la densidad básica con respecto al efecto simple del factor sección transversal en el factor nivel de altura; donde se muestra que en los niveles de altura base y medio, concerniente a la sección centro es estadísticamente similar a las probetas procedentes de la sección externo, pero existe diferencia estadística significativa con respecto a la sección interna; sin embargo, en el nivel de altura ápice, no existe diferencias estadísticas entre las secciones transversales (interno, centro y externo).

En la prueba de comparación de medias de Duncan, para la densidad básica, se puede apreciar que la densidad básica con respecto a las secciones transversales incrementa desde la sección interna hacia la sección externa. En la especie *B. utile*, se obtuvo similar variabilidad (Porta, 2019); asimismo, la especie *Z. riedelianum*, sigue la misma tendencia (Quispe, 2016); caso contrario, demostró Bravo (2017), Machuca (2010), Cachique (2014) y Arévalo (2009), debido probablemente que en la sección interna presenta fibras más largas y poco inclinadas con respecto a la sección externa. Estos resultados se deben probablemente a la edad, desarrollo de los anillos de crecimiento; proporción de madera temprana y tardía, dimensión e inclinación de las fibras, grosor de la pared, contenido de extraíbles, tipo y diámetro de las células.

Tabla 14. Densidad básica con respecto al efecto simple del factor sección transversal (interno, centro y externo), en el factor nivel de altura (base, medio y ápice).

Clave	Promedio	Sig.
Interno en base	0,49	b
Centro en base	0,58	a
Externo en base	0,59	a
Interno en medio	0,50	b
Centro en medio	0,57	a
Externo en medio	0,61	a
Interno en ápice	0,56	a
Centro en ápice	0,56	a
Externo en ápice	0,58	a

Letras iguales : No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas.

La **Figura 17**, muestra la interacción de los niveles de altura con respecto a las secciones transversales, evidenciando que el nivel medio tiene una gran variabilidad entre la sección externa con respecto a la interna, similar tendencia se obtuvo que en la zona apical y base donde se visualiza que la zona cerca a la corteza varía significativamente hacia la médula.

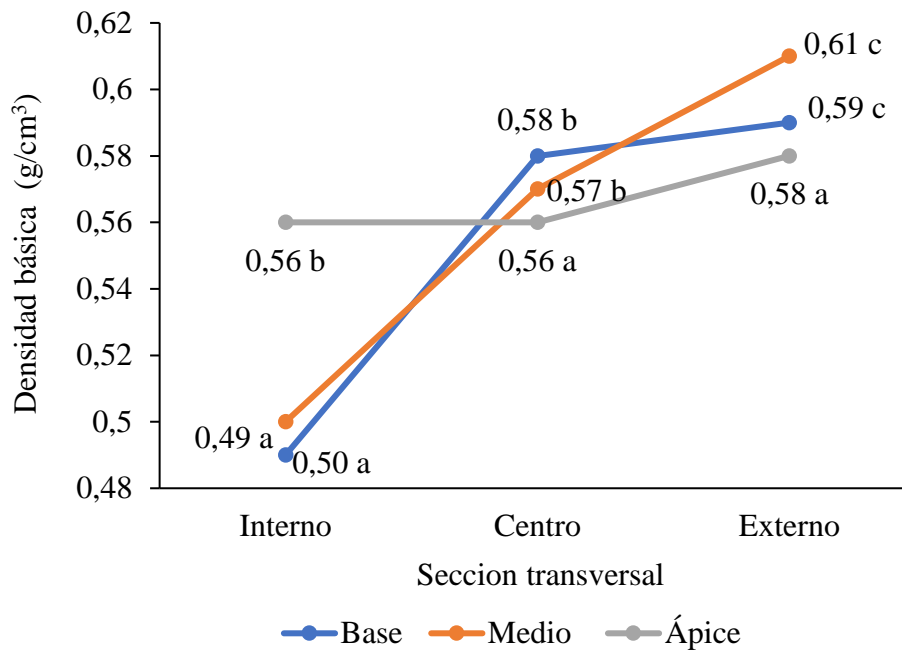


Figura 17. Efecto de la interacción sección transversal (interno, centro y externo) en el factor nivel de altura (base, medio y ápice), con respecto a la densidad básica.

4.2.2.3. Densidad anhidra

En la **Tabla 15**, se visualiza el análisis de varianza para la densidad anhidra (%) en probetas de *B. schunkei*, donde los niveles de altura no presentan diferencia estadística significativa con un valor de (P-valor = 0,0945) y en la interacción entre los factores (P-valor = 0,0805); sin embargo, si mostró diferencias significativas en la sección transversal (P-valor = 0,0001). Además, este diseño presenta una media total de 0,64 g/cm³, con un coeficiente de variación de 4,93% y coeficiente de determinación de 0,70%.

Tabla 15. ANVA de la densidad básica de la madera de *B. schunkei*.

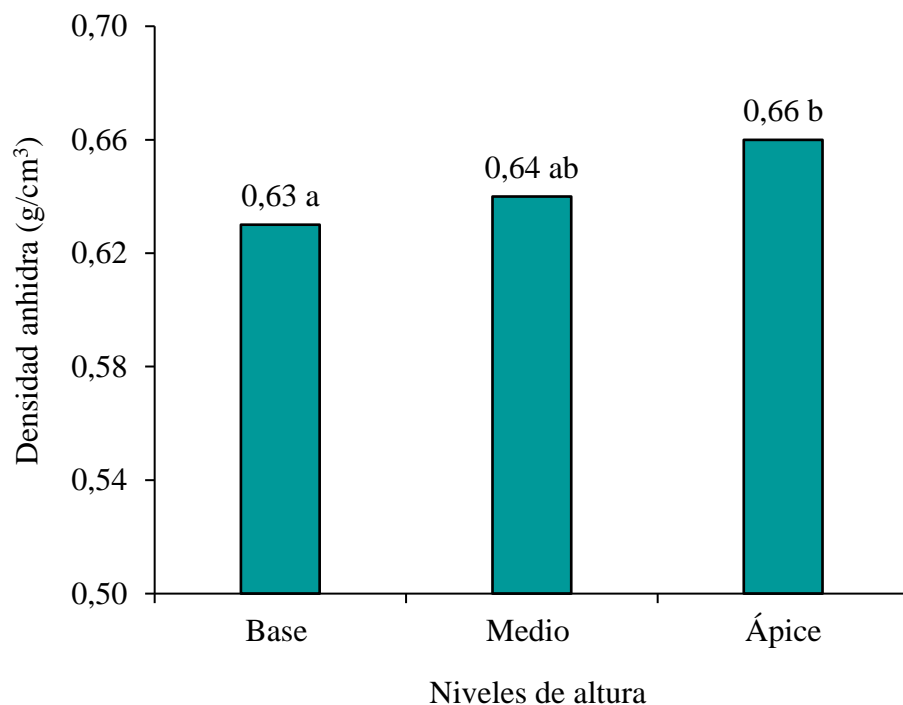
Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Niveles	0,01	2	0,0025	2,52	0,0945 ^{ns}
Sección transversal	0,07	2	0,04	35,01	0,0001 ^{**}
Niveles*Sección transversal	0,01	4	0,0023	2,27	0,0805 ^{ns}
Error	0,04	36	0,001		
Total	0,12	44			

** : Altamente significativo; * : Significativo; ns: no significativo; CV: 4,93%; R²: 0,70.

En la **Figura 18**, se observa la prueba de comparación de medias de Duncan para la densidad anhidra, donde se encontró que el nivel ápice presenta una media total de $0,66 \text{ g/cm}^3$, siendo estadística similar y numéricamente superior a las probetas evaluadas en el nivel medio que contiene un valor promedio de $0,64 \text{ g/cm}^3$, en lo que concierne a la base del fuste registró un valor de $0,63 \text{ g/cm}^3$, siendo menor numéricamente que los demás niveles de altura y estadísticamente similar al nivel medio; es decir aumenta desde la zona basal hacía en nivel ápice.

Arévalo (2009) al realizar el estudio de la especie *T. oblonga*, obtuvo similar variabilidad donde el valor desciende desde el nivel ápice hacia la base del fuste; en la especie *B. utile*, se obtuvo similar variabilidad (Porta, 2019); asimismo, Cachique (2014) al estudiar a la especie *G. ulmifolia* encontró la misma tendencia; caso contrario, determinó Aguirre (2014), Quispe (2016), Dávila (2020) y Bravo (2017).

Este resultado se debe probablemente a que los árboles evaluados presentan mayor proporción de madera juvenil; puesto que, al presentar mayor cantidad de madera juvenil en el nivel base, por ende, esta zona tuvo una menor densidad.



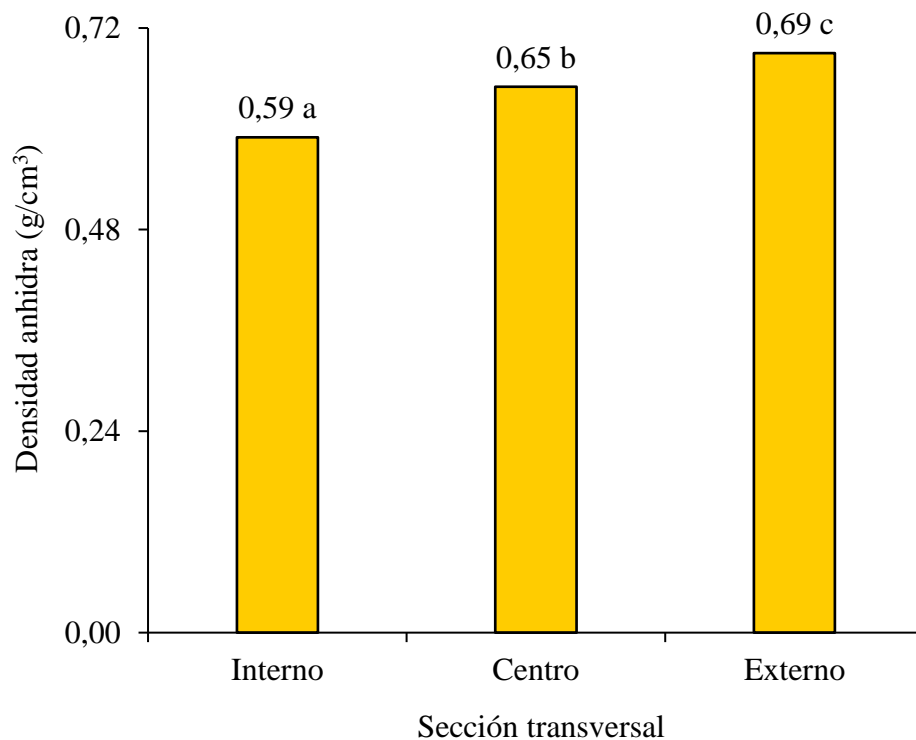
Letras iguales : No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 18. Densidad anhidra de la madera de *B. schunkei* por nivel de altura.

En la **Figura 19**, se observa el análisis de la prueba de comparación de medias de Duncan para la densidad anhidra; donde se encontró que en la sección transversal externo obtiene un promedio de $0,69 \text{ g/cm}^3$, siendo estadísticamente y numéricamente superior que las demás secciones (centro e interno) con valores promedios de $0,65 \text{ g/cm}^3$ y $0,59 \text{ g/cm}^3$ respectivamente.

Asimismo, Porta (2019), obtuvo similar variabilidad en la especie *B. utile* con un valor que se incrementa desde la médula hacia la corteza; al igual que, Navarro *et al.* (2005) y Quispe (2016); caso contrario, demostró, Bravo (2017), Machuca (2010), Cachique (2014) y Arévalo (2009).

El resultado se debe posiblemente, porque en la sección interna presenta fibras pequeñas e inclinadas con respecto a la sección externa quien tiene fibras más largas y ligeramente inclinadas; asimismo, la edad, proporción de madera temprana y tardía, distribución y ordenación de los anillos de crecimiento, tamaño de las fibras, espesor de pared, tipo y diámetro de células y contenido de extraíbles también influyen en la variabilidad.



Letras iguales : No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 19. Densidad anhidra de la madera de *B. schunkei* por sección transversal.

4.2.3. Contracción tangencial, radial, longitudinal, volumétrica y relación tangencial/radial.

4.2.3.1. Contracción tangencial

En las probetas de *B. schunkei*, se observa una media total de 9,20%; por otra parte, en la **Tabla 16**, se registra el análisis de varianza para la contracción tangencial (%), donde los niveles de altura, las secciones transversales y la interacción entre factores no presentaron diferencias estadísticas significativas con valores de (P-valor = 0,5813), (P-valor = 0,1612) y (P-valor = 0,7586) respectivamente. En caso de la dispersión de los datos, se registra una buena homogeneidad debido a que el diseño presentó un coeficiente de variación de 16,85%.

Tabla 16. ANVA de la contracción tangencial de la madera de *B. schunkei*.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Niveles	2,67	2	1,33	0,55	0,5813 ^{ns}
Sección transversal	9,3	2	4,65	1,92	0,1612 ^{ns}
Niveles*Sección transversal	4,53	4	1,13	0,47	0,7586 ^{ns}
Error	87,15	36	2,42		
Total	103,65	44			

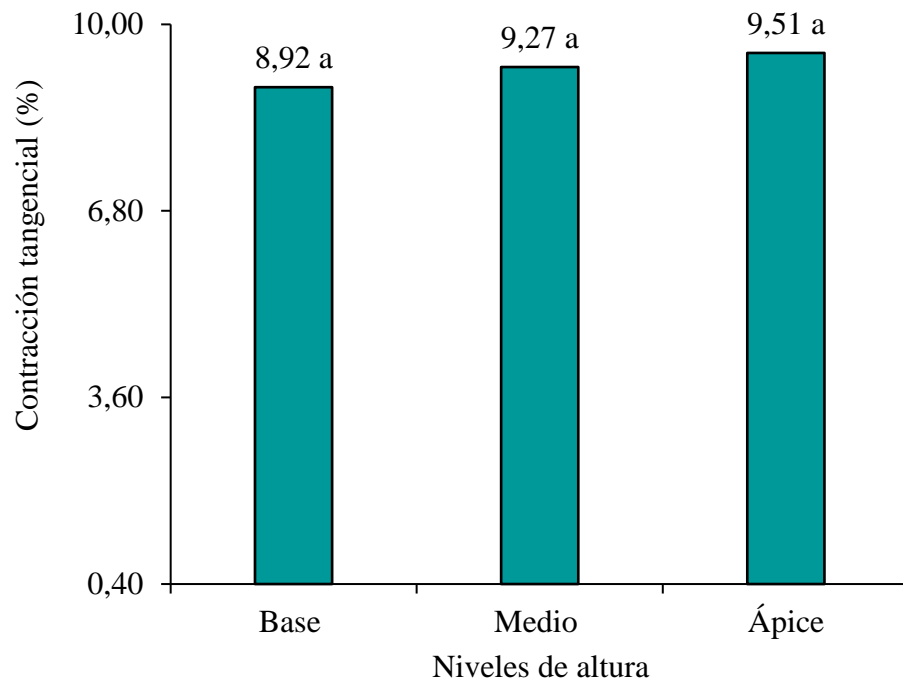
**.: Altamente significativo; *.: Significativo; ns: no significativo; CV: 16,85%; R²: 0,16.

Al realizar el análisis de comparación de medias de Duncan para la contracción tangencial en los niveles de altura no presentaron diferencia estadística significativa, lo cual indica que tienen valores similares, sin embargo, numéricamente se obtiene una mayor contracción tangencial en el nivel ápice con un promedio de 9,51%, mientras que el zona medio y base presentaron menor contracción con promedios de 9,27% y 8,92% respectivamente (**Figura 20**).

Bravo (2017) al determinar las propiedades físicas de la madera de *D. guianense*, obtuvo similar variabilidad, donde aumenta desde la zona basal hacia el ápice del fuste, este resultado se puede atribuir a la presencia de madera juvenil, edad, procedencia.

Asimismo, es importante mencionar que la densidad juega un papel muy importante en la contracción, ya que, al presentar mayor densidad en determinada zona de la madera mayor será la contracción, es decir se relacionan directamente proporcional; por ende, la madera de *B. schunkei* al presentar mayor densidad en el nivel apical mayor fue la contracción tangencial en

la misma zona; además se hace mención que la contracción no solo indica la pérdida de agua que presenta, también muestra la proporción material leñoso en una pieza de madera



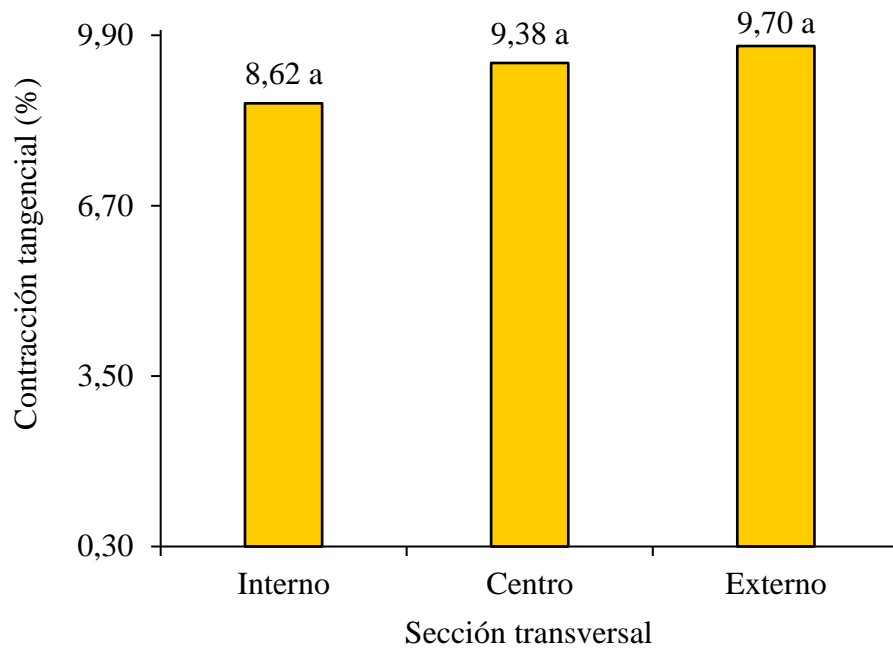
Letras iguales : No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 20. Contracción tangencial de la madera de *B. schunkei* por nivel de altura.

Con respecto al análisis de comparación de medias de Duncan, para la contracción tangencial en las secciones transversales; no presentaron diferencia estadística significativa; sin embargo, numéricamente se obtiene una mayor contracción tangencial en la sección externo, con un valor de 9,70%; mientras que la zona medio y apical evidenciaron menor contracción con promedios de 9,38% y 8,62% respectivamente (**Figura 21**).

Cachique (2014) al determinar las propiedades físicas de la especie *G. ulmifolia* encontró la misma tendencia al incrementar desde la sección interno hacia la sección externo; asimismo, en la especie *B. utile*, se obtuvo similar variabilidad (Porta, 2019); caso contrario, determinaron Arévalo (2009) y Navarro *et al.* (2005).

El resultado evidenció que la mayor contracción presentó la sección externa ya que probablemente es influenciada por la edad, proporción de madera temprana y tardía, distribución y ordenación de los anillos de crecimiento, tamaño de las fibras, espesor de pared celular, tipo y diámetro de células y contenido de extraíbles influyen en la variabilidad.



Letras iguales : No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 21. Contracción tangencial de la madera de *B. schunkei* por sección transversal.

4.2.3.2. Contracción radial

En la **Tabla 17**, se observa el análisis de varianza para la contracción radial (%), donde los niveles de altura y la interacción entre factores no presentaron diferencia estadística significativa con valores (P-valor = 0,5579) y (P-valor = 0,7000); sin embargo, en la sección transversal se evidenció diferencias significativas (P-valor = 0,0266). Asimismo, al analizar las probetas de *B. schunkei*, se observa una media total de 5,04% y en caso de la dispersión de los datos, se registra una muy buena homogeneidad debido a que el diseño presentó un coeficiente de variación de 15,84%.

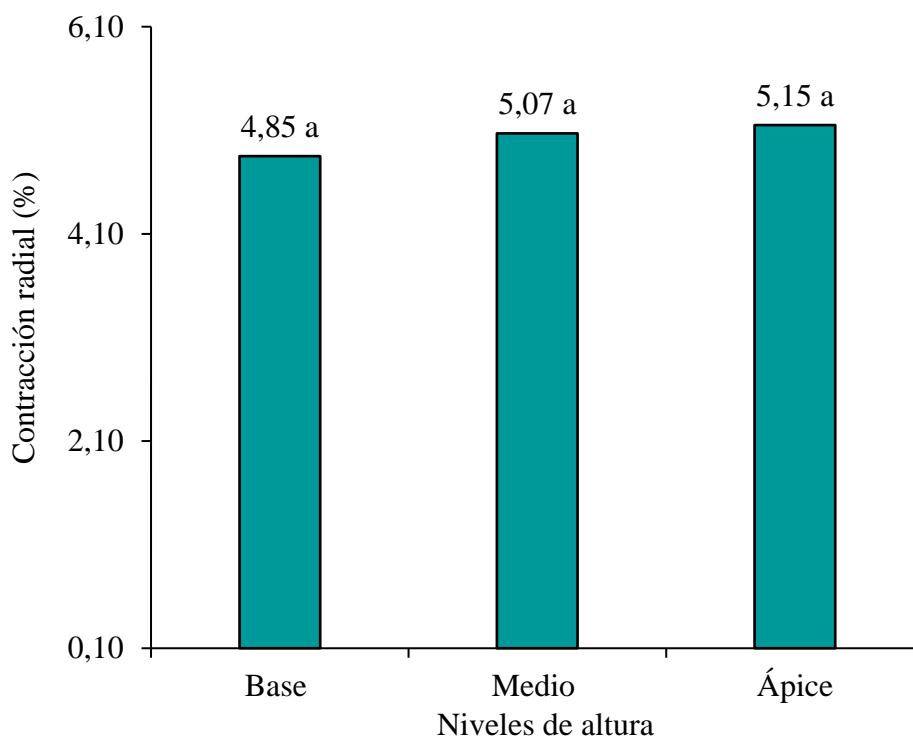
Tabla 17. ANVA de la contracción radial de la madera de *B. schunkei*.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Niveles	0,75	2	0,38	0,59	0,5579 ^{ns}
Sección transversal	5,09	2	2,54	4,02	0,0266*
Niveles*Sección transversal	1,39	4	0,35	0,55	0,7000 ^{ns}
Error	22,78	36	0,63		
Total	30,02	44			

** : Altamente significativo; * : Significativo; ns : no significativo; CV: 15,84%; R²: 0,24.

Al realizar el análisis de comparación de medias de Duncan para la contracción radial en los niveles de altura; no presentaron diferencia estadística significativa entre los niveles de altura, lo cual indica que tienen valores estadísticamente homogéneos; sin embargo, numéricamente se obtiene una mayor contracción en el nivel ápice con un promedio de 5,15%; mientras que, la parte medio y basal evidenciaron menor contracción con promedios de 5,07% y 4,85% respectivamente (**Figura 22**).

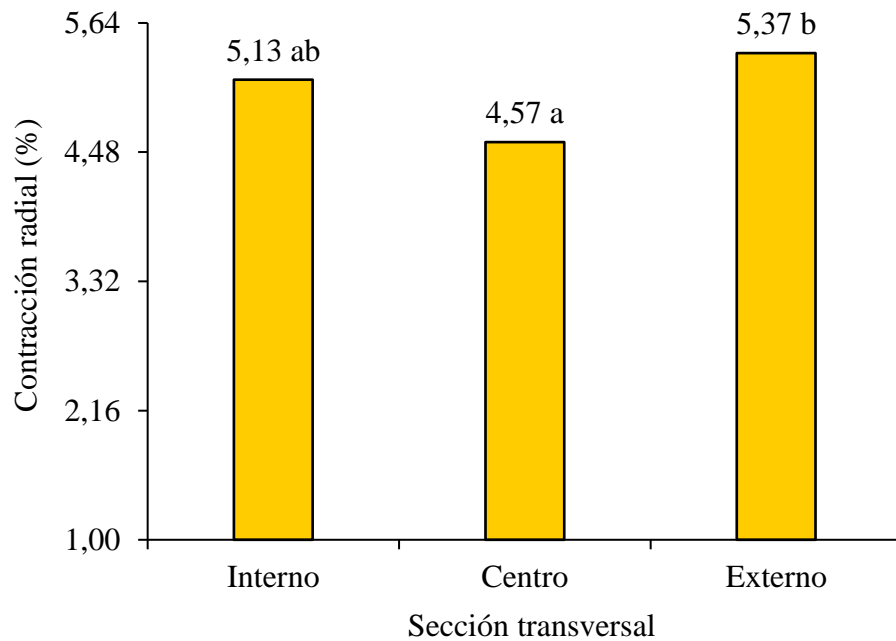
Asimismo, Arévalo (2009) al realizar el estudio de la especie *T. oblonga* obtuvo similar variabilidad donde el valor aumentó desde el nivel base hacia el nivel ápice.



Letras iguales : No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 22. Contracción radial de la madera de *B. schunkei* por nivel de altura.

La prueba de comparación de medias de Duncan para la contracción radial en las secciones transversales; muestran que en la sección externo la contracción es de 5,37%, siendo estadísticamente a la sección interno que presenta un valor promedio de 5,13%, en lo que concierne a la sección centro del fuste se registró una media total de 4,57%, siendo estadísticamente inferior que la sección externa (**Figura 23**).



Letras iguales : No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 23. Contracción radial de la madera de *B. schunkei* por sección transversal.

4.2.3.3. Contracción longitudinal

En la **Tabla 18**, se registra el análisis de varianza para la contracción longitudinal (%) en probetas de *B. schunkei*, donde las secciones transversales y la interacción entre factores no presentaron diferencia estadística significativa con valores de (P-valor = 0,1062) y (P-valor = 0,7641); sin embargo, los niveles de altura si mostraron diferencias significativas con un valor de (P-valor = 0,0427) respectivamente. Además, al determinar la contracción longitudinal en las probetas de *B. schunkei*, se observa un promedio total de 0,50%.

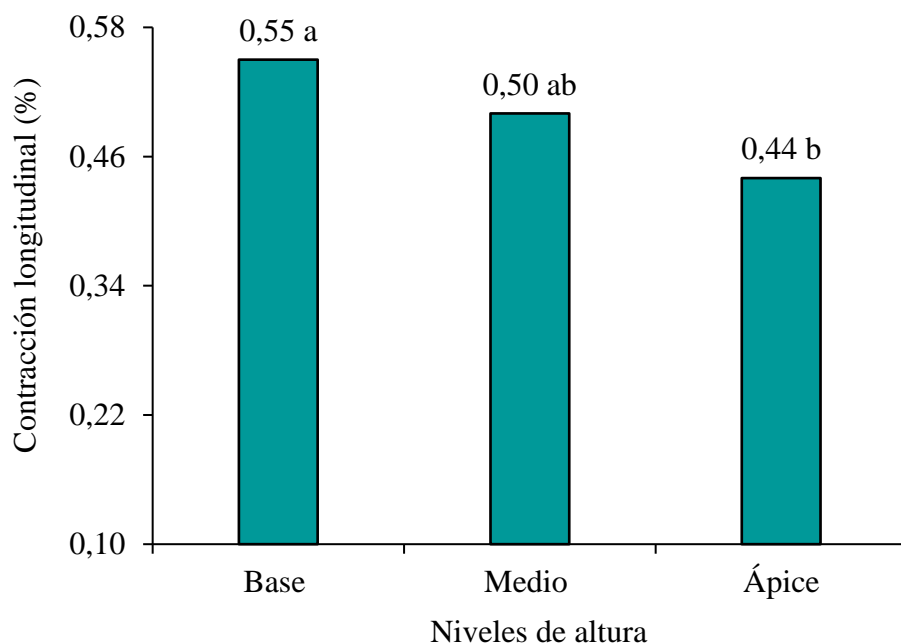
Tabla 18. ANVA de la contracción longitudinal de la madera de *B. schunkei*.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Niveles	0,08	2	0,04	3,45	0,0427*
Sección transversal	0,05	2	0,03	2,39	0,1062 ^{ns}
Niveles*Sección transversal	0,02	4	0,01	0,46	0,7641 ^{ns}
Error	0,41	36	0,01		
Total	0,57	44			

** : Altamente significativo; * : Significativo; ns: no significativo; CV: 21,44%; R²: 0,27.

La prueba de comparación de medias de Duncan, para la contracción longitudinal muestra que, en el nivel base la contracción es de 0,55%, siendo estadísticamente similar y numéricamente superior a las probetas evaluadas en el nivel medio que contiene un valor promedio de 0,50%, en lo que concierne al nivel ápice del fuste se registró una media total de 0,44%, siendo menor numéricamente que los demás niveles de altura y estadísticamente similar con el nivel medio (**Figura 24**). Asimismo, Aguirre (2014), obtuvo similar variación.

Este resultado se puede atribuir a la presencia de madera juvenil, edad, procedencia, además se hace mención que, a mayor pérdida de contenido de humedad por debajo del punto de saturación de las fibras, mayor será la variación en los cambios dimensionales, por ende, la madera de *B. schunkei* al presentar mayor pérdida del contenido de humedad en el nivel base, también presentó mayor contracción en dicho nivel.



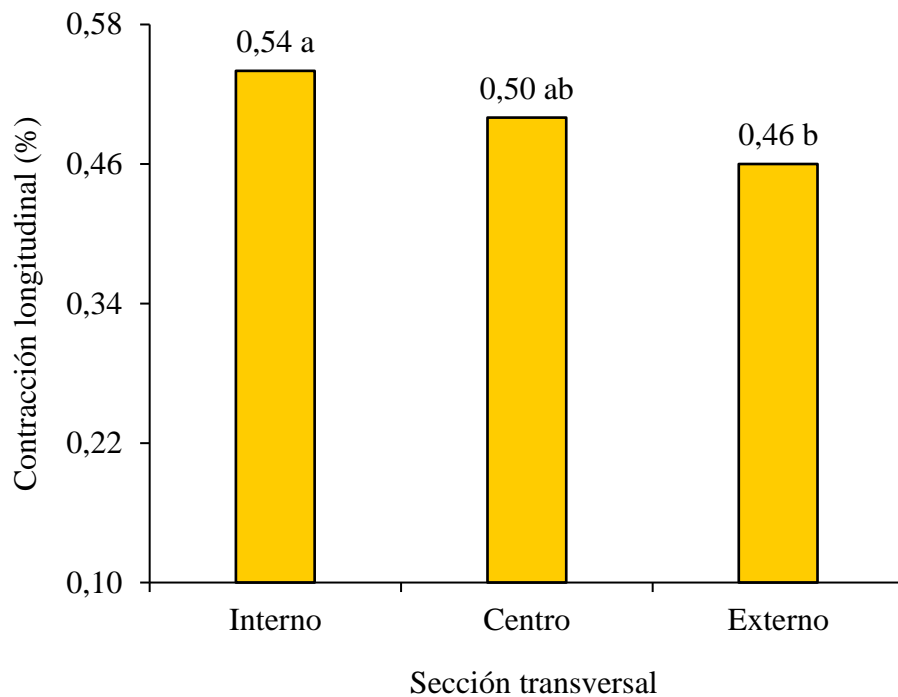
Letras iguales : No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 24. Contracción longitudinal de la madera de *B. schunkei* por nivel de altura.

En la prueba de comparación de medias de Duncan, para la contracción longitudinal en las secciones transversales, muestra que en la sección interno la contracción es de 0,54%, siendo estadísticamente similar y numéricamente superior a las probetas evaluadas en la sección centro que presenta un valor promedio de 0,50%, en lo que concierne a la sección externo del fuste se registró una media total de 0,46%, siendo inferior numéricamente que las demás secciones transversales y estadísticamente similar con la sección centro (**Figura 25**).

Este resultado concuerda con lo encontrado en la especie *T. oblonga*, al obtener similar variación (Arévalo, 2009); asimismo, Navarro *et al.* (2005) al evaluar a la especie *P. mexicana*, determinaron que tuvo la misma tendencia de variación.

El resultado concuerda con Panshin y De Zeeuw (1980) al mencionar, en la madera juvenil la contracción longitudinal es más mayor en la sección interna, disminuyendo hacia la sección exterior, esto es probablemente a la presencia del ángulo microfibrillas, y la ordenación y disposición de los anillos de crecimiento.



Letras iguales : No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 25. Contracción longitudinal de la madera de *B. schunkei* por sección transversal.

4.2.3.4. Contracción volumétrica

En la **Tabla 19**, se registra el análisis de varianza para la contracción volumétrica (%) en probetas de *B. schunkei*, donde los niveles de altura, las secciones transversales y la interacción entre factores no presentan diferencias estadísticas significativas con valores de (P-valor = 0,7608), (P-valor = 0,1087) y (P-valor = 0,3327) respectivamente. En caso de la dispersión de los datos, se registra una excelente homogeneidad debido a que el diseño presentó un coeficiente de variación de 7,60%; por otra parte, al evaluar las probetas de *B. schunkei* para la contracción volumétrica, se observa un promedio total de 13,00%.

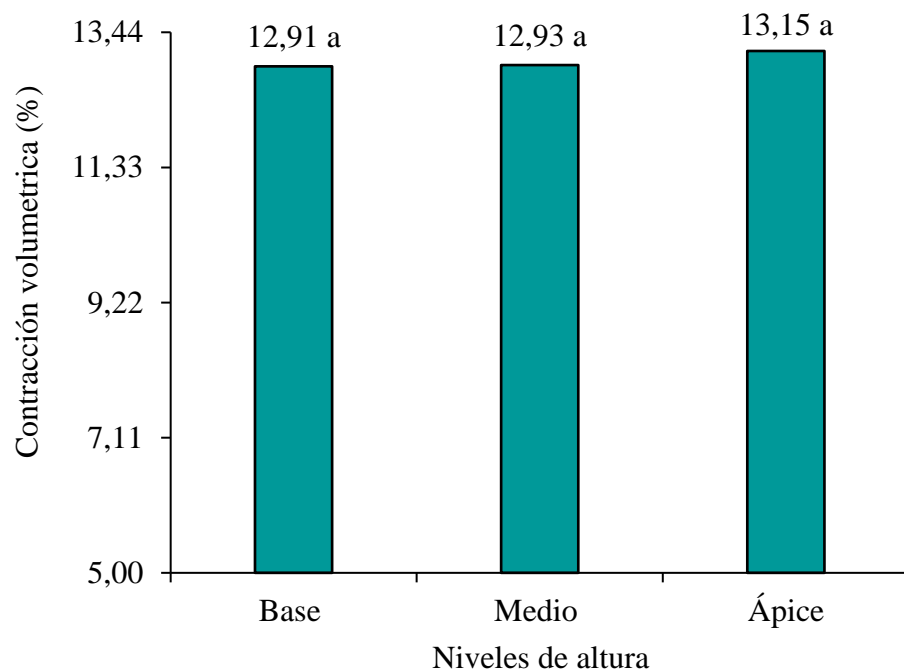
Tabla 19. ANVA de la contracción volumétrica de la madera de *B. schunkei*.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Niveles	0,54	2	0,27	0,28	0,7608 ^{ns}
Sección transversal	4,61	2	2,3	2,36	0,1087 ^{ns}
Niveles*Sección transversal	4,63	4	1,16	1,19	0,3327 ^{ns}
Error	35,1	36	0,96		
Total	44,88	44			

** : Altamente significativo; * : Significativo; ns: no significativo; CV: 7,60%; R²: 0,22.

Al realizar el análisis de comparación de medias de Duncan para la contracción volumétrica de los niveles de altura; no presentaron diferencias estadísticas significativas entre los niveles; sin embargo, numéricamente se obtiene una mayor contracción en el nivel ápice, con un valor de 13,15%; mientras que la zona medio y base evidenciaron una menor contracción con valores de 12,93% y 12,91% respectivamente (**Figura 26**).

Arévalo (2009) al realizar el estudio de la especie *T. oblonga* obtuvo similar variabilidad donde el valor promedio aumenta desde el zona basal hacia el ápice; se atribuye posiblemente a la presencia de características estructurales de la pared celular, tales como modificaciones en la orientación de las microfibrillas, punteaduras y composición química.

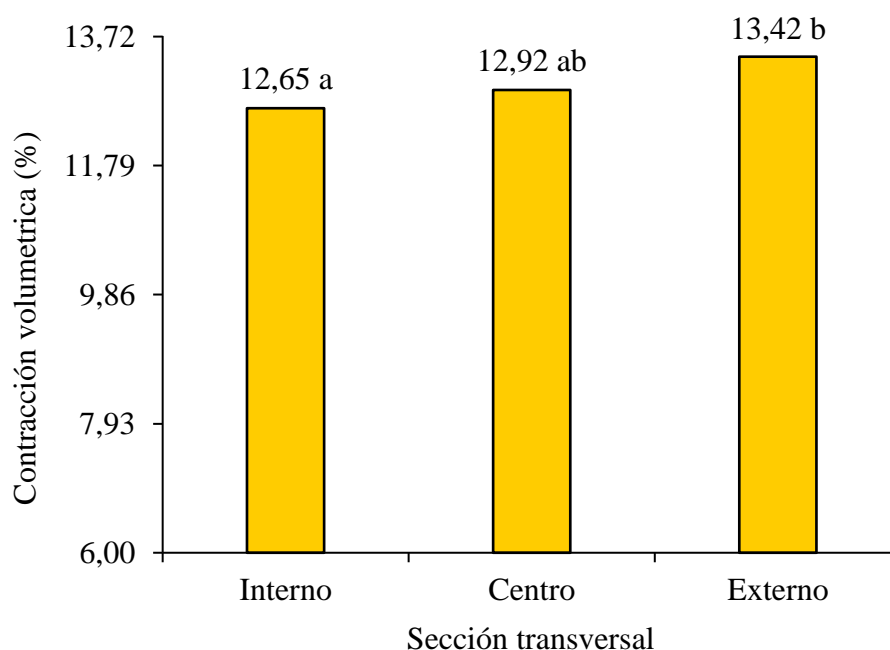


Letras iguales : No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 26. Contracción volumétrica de la madera de *B. schunkei* por nivel de altura.

Con respecto a la prueba de comparación de medias de Duncan, para la contracción volumétrica en las secciones transversales, muestra que en la sección externo la contracción es de 13,42%, siendo estadísticamente similar y numéricamente superior a las probetas evaluadas en la sección centro que presenta un valor promedio de 12,92%, en lo que concierne a la sección interno del fuste se registró una media total de 12,65%, siendo inferior numéricamente a las demás secciones transversales y estadísticamente similar con la sección centro (**Figura 27**).

Este resultado se atribuye probablemente a la proporción de madera temprana y tardía, la edad, distribución y ordenación de los anillos anuales, tamaño de las fibras, espesor de pared, tipo y diámetro de células y contenido de extraíbles.



Letras iguales : No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 27. Contracción volumétrica de la madera de *B. schunkei* por sección transversal.

4.2.3.5. Relación tangencial/radial

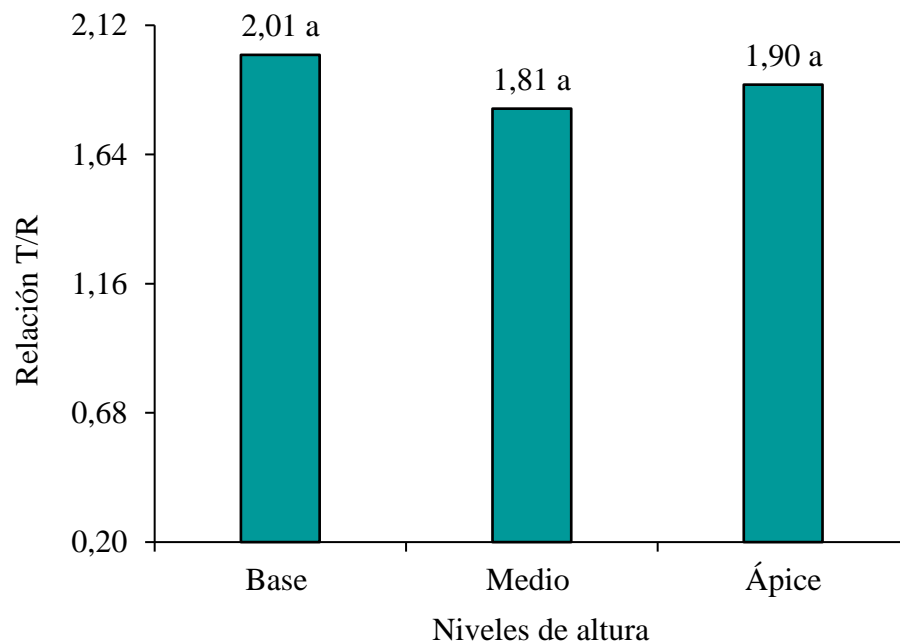
Al evaluar las 90 probetas de *B. schunkei* para la relación tangencial/radial, se registra un promedio total de 1,91; por otra parte, en la **Tabla 20**, se registra el análisis de varianza para la relación Tangencial/Radial (%), donde los niveles de altura, las secciones transversales y la interacción entre factores no presentan diferencias estadísticas significativas con valores de (P-valor = 0,3392), (P-valor = 0,1014) y (P-valor = 0,7545) respectivamente. En caso de la dispersión de los datos, se registra una buena homogeneidad debido a que el diseño presentó un coeficiente de variación de 19,14%.

Tabla 20. ANVA de la relación tangencial/radial de la madera de *B. schunkei*.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Niveles	0,3	2	0,15	1,11	0,3392 ^{ns}
Sección transversal	0,65	2	0,32	2,44	0,1014 ^{ns}
Niveles*Sección transversal	0,25	4	0,06	0,47	0,7545 ^{ns}
Error	4,79	36	0,13		
Total	5,98	44			

** : Altamente significativo; * : Significativo; ns: no significativo; CV: 19,14%; R²: 0,20.

Al realizar el análisis de comparación de medias de Duncan para la relación tangencial/radial de los niveles de altura; numéricamente se obtiene una mayor inestabilidad en el nivel base con promedio de 2,01; mientras que la zona medio y base evidenciaron menor inestabilidad con promedios de 1,90 y 1,81 respectivamente. Por otra parte, no presentaron diferencia estadística significativa lo cual indica que tienen valores similares (**Figura 28**). Aguirre (2009), encontró similares comportamientos en la especie *J. copaia* al indicar mayor valor de Relación Tangencial/Radial en el nivel base del fuste disminuyendo hacia el ápice; en la especie *B. utile*, Porta (2019) obtuvo similar variabilidad; asimismo, Arévalo (2009) en la especie *T. oblonga*, obtuvo similar variabilidad.

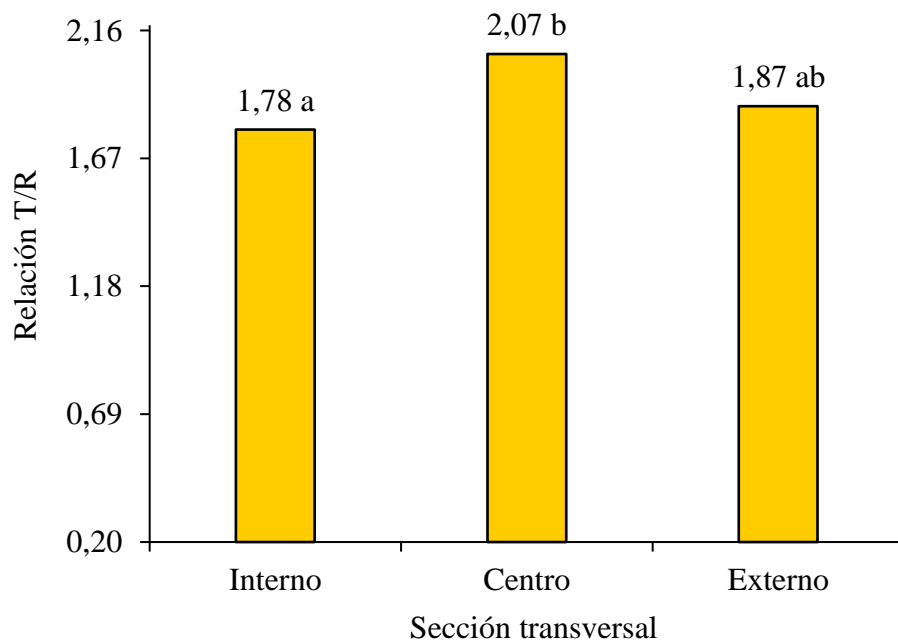


Letras iguales : No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 28. Relación tangencial/radial de la madera de *B. schunkei* por nivel de altura.

Con respecto a la prueba de comparación de medias de Duncan, para la relación Tangencial/Radial en las secciones transversales, muestra que en la sección centro tiene menor estabilidad con un promedio de 2,07, siendo estadísticamente similar y numéricamente superior a las probetas evaluadas en la sección externo que presenta un valor promedio de 1,87, en lo que concierne a la sección interno del fuste se registró una media total de 1,78, siendo inferior numéricamente que las demás secciones transversales y estadísticamente similar con la sección externo (**Figura 29**).

Arévalo (2009) al realizar el estudio de la especie *T. oblonga* obtuvo similar variabilidad; en la especie *B. utile*, Porta (2019) obtuvo determinó la misma tendencia; asimismo, Cachique (2014) al determinar las propiedades físicas de la especie *G. ulmifolia* encontró la similar tendencia de variación; la estabilidad de la madera mejora cuando más cercana se encuentre al duramen debido a que se aproxima a la unidad; por ello la sección interna es más estable a comparación de las secciones externos y centros; concuerda con lo mencionado por Arostegui (1982) quien sostiene que al acercarse a la unidad la madera es más estable y tiene buen comportamiento al secado.



Letras iguales : No existe diferencias significativas; Letras diferentes: Existe diferencias significativas

Figura 29. Relación tangencial/radial de la madera de *B. schunkei* por sección transversal.

V. CONCLUSIONES

1. La especie *Byrsonima schunkei* es una madera de color marrón fuerte, olor característico, sabor no distintivo, grano recto, vetado de bandas paralelas, brillo y textura media; asimismo, presentó poros excesivos (612) de forma ovalada, distribución de porosidad difusa, agrupación con predominancia de poros solitarios y en múltiples radiales de 2 a 4; con pocos radios (menor a 23) de distribución no estratificado y espesor mediano; con anillos de crecimiento visible y parénquima paratraqueal vasicéntrico y apotraqueal difuso en agregados.
2. Las propiedades físicas de la madera de *B. schunkei* fue: un contenido de humedad saturada promedio de 97,83%, contenido de humedad seco al aire de 15,61%, densidad saturada de 1,09 g/cm³, densidad anhidra de 0,64 g/cm³, densidad básica de clase media (M) del grupo III (0,56 g/cm³). Con respecto a las contracciones, presentaron para la contracción tangencial un promedio de 9,20%, radial 5,04%, longitudinal 0,50%, volumétrica media (13,00%) y relación T/R estable (1,91).

VI. PROPUESTAS A FUTURO

Profundizar estudios anatómicos a nivel microscópico de la especie *B. schunkei*, para una futura elaboración de fichas técnicas de identificación considerando la edad, calidad de sitio y procedencia.

Realizar investigaciones complementarias en las propiedades mecánicas y trabajabilidad de la especie *B. schunkei*.

Desarrollar estudios de las características anatómicas y propiedades físicas de especies poco conocidas no catalogadas en el mercado, con el objetivo de incrementar y conocer las características tecnológicas que permitirá trabajar adecuadamente en la industria forestal.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, Y. (2014). *Determinación de las propiedades físicas a tres alturas del fuste de Senefaldera inclinata (Huangana caspi), procedente del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva - Tingo María*. [Tesis de ingeniero, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio La Unas. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/604>
- Almeida, R., Francener, A., & Amorim, A. (2016). Una sinopsis genérica de Malpighiaceae en la Mata Atlántica. *Nórdica de botánica*, 34, 285-301.
- Almeida, R., Guesdon, I., Pace, M., & Meira, R. (2019). Revisión taxonómica de *Mcvaughia* W. R. Anderson (Malpighiaceae): Notas sobre la anatomía vegetativa y reproductiva y la descripción de una nueva especie. *PhytoKeys*, 117, 45–72.
- Ananías, R. (1992). *Física de la Madera: Material de ayuda*. Universidad del Bio-Bio.
- Anderson, W. (2006). Eight segregates from the Neotropical genus *Mascagnia* (Malpighiaceae). *Novon* 16(2): 168-204.
- Arévalo, B. (2009). *Determinación de las principales propiedades físicas por niveles de fuste, y posibilidades de uso de la especie Terminalia oblonga (yacushapana amarilla) de la zona del Mangual /Bellavista-Yarinacocha*. [Tesis de ingeniero, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio UNU. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/2204>.
- Aróstegui, A. (1982). *Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas*. Proyecto PNUD/FAO/PER/71/511.
- Arroyo, J. (1983). *Propiedades físico-mecánicas de la madera; texto para estudiantes de ingeniería forestal*. Revista Forestal del Perú.
- Barbosa, R. I., & Ferreira, C. A. (2004). Densidad de madera básica de un ecosistema "campina" en Roraima, Amazonia brasileña. *Acta Amazónica*, 34: 587-591.
- Brako, L., & Zarucchi, J. (1993). Catalog of Angiosperms and Gymnosperms of Peru: Systematic botany monographs of the Missouri Botanical Garden. *Revista Perú biol* 13(1), 129 – 138.

- Bravo, M. (2008). *Propiedades físicas y mecánicas de la madera: Propiedades externas de la madera*. Scielo 18(1), 37-56.
- Bravo, P. (2017). *Análisis comparativo de las propiedades físicas de la madera de Dialium guianense (Aubl.) Sandwith (tamarindo), en el sentido longitudinal y transversal de cuatro porciones del árbol y sus probables usos, Las Piedras-Tambopata*. [Tesis de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios]. Repositorio UNAMAD. <http://repositorio.unamad.edu.pe/handle/UNAMAD/267>
- Cachique, B. (2014). *Determinación de los valores de algunas propiedades físicas de la madera de Guazuma ulmifolia Lam (bolaina negra) y su variación por niveles del fuste, procedente del CICFOR Macuya*. [Tesis de ingeniero, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio UNU. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3955>
- Campos, E. (2006). *Variación de la densidad básica de la madera, en siete familias de Larix decidua Miller*. [Tesis de ingeniero, Universidad Austral de Chile]. Repositorio UAC. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/fifc186v/doc/fifc186v.pdf>
- Campos, R. (2007). *Tecnología de los materiales: Curso, unidad temática I*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Carpio, I. (2003). *Maderas de Costa Rica: 150 especies forestales*. Universidad de Costa Rica.
- COPANT (Comisión Panamericana de normas técnicas). (1974). Descripción de características organoléptica, macroscópicas y microscópicas de la madera, norma COPANT 30: 1-19.
- Cuevas, E. (2003). *Propiedades Físicas y Mecánicas de la madera. Material de Apoyo en Propiedades Físicas y Mecánicas*. Universidad de Talca.
- Chavesta, C. M. (2006). *Separata de capacitación sobre identificación de madera*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Davis, C., & Anderson W. (2010). Una filogenia genérica completa de Malpighiaceae inferido a partir de datos de secuencia de nucleótidos y morfología. *Revista Estadounidense de Botánica*, 97: 2031-2048.
- Delmastro, R., Diaz-vaz, J., & Schlatter, J. (1980). *Variabilidad de las características tecnológicas hereditarias del Pinus radiata (D. Don)*. Corporación Nacional Forestal.

- Delmastro, R., Diaz-vaz, J. E., & Schlatter, J. E. (1981). *Variabilidad de las características tecnológicas hereditarias del Pinus radiata (D.Don)*. Universidad Austral de Chile.
- Detienne, P., & Jacquet, P. (1983). *Atlas para la identificación de bosques en el Amazonas y regiones vecinas*. Centro Técnico de Bosques Tropicales.
- Eduardo, C. (1985). *Programa de investigación de celulosa y papel Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales*. PROCYP.
- Estación Meteorológica José Abelardo Quiñones. (2014). *Estación meteorológica de la Facultad de Recursos Naturales Renovables*. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Espinoza, N. (2001). *Anatomía de la madera*. Consejo de Desarrollo Científico Humanístico y Tecnológico.
- Flores, Y. (2018). *Árboles nativos de la Región Ucayali*. Estación Agraria Pucallpa.
- Francis, J. (2000). *Bioecología de árboles nativos y exóticos de Puerto rico y las Islas Occidentales*. Departamento de agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal.
- Ganzhi, J. (2006). *Estudio anatómico de las especies arbóreas del bosque nublado de la estación científica San Francisco*. [Tesis de ingeniero, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio UNL. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/5188>
- García, L. (2003). *Anatomía de la madera*. Mundi, Prensa.
- Giménez, A., Moglia, J., & Hernández, P. (2005). *Anatomía de madera*. Universidad Nacional de Santiago del Estero.
- Gonzales, R. (1996). *Secado de madera*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Gonzales, E. 2008. *Guía de Contenidos “Identificación Organoléptica y Macroscópica de Maderas Comerciales”: Competencias Básicas para la Producción Industrial de Muebles de Madera*. CITEMadera, Lima.
- Grigoriev, M. (1985). *Estudio para materiales para ebanistas y carpinteros*. Editorial MIR MOSCU-URSS.

- Harris, J. M., & Cown, D. J. (1991). *Basic wood properties: Properties and uses of New Zealand Radiata Pine*. J.A.K. Kininmonth and L.J. Whitehouse. Forest Research Institute.
- Iwakiri, S., Trianoski, R., Do Nascimento., Juizo, C., Lengowski, E., Bilcati, G., & Goncalves, T. (2018). Paneles aglomerados producidos con seis especies de madera tropical del Amazonas. *Madera y Bosques*, 24 (3), 1-9.
- Jauregui, Y., & Ramos, J. (2019). *Anatomía y propiedades físico – mecánicas de tres especies forestales, Concesión Forestal Mendoza – Pucallpa*. [Tesis de ingeniero, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio UNCP. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/5155>
- Jost, F. (2006). *Propiedades físicas y mecánicas de Araucaria angustifolia proveniente de plantaciones de Oxapampa*. [Tesis de ingeniero, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/407>
- Junac, (1989). *Manual del grupo andino para el secado de maderas: Junta del acuerdo de cartagena*. Editorial Carbajal S. A.
- Kollman, F. (1959). *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*. Ministerio de agricultura – Instituto Forestal de Investigación, Experiencias y Servicio de la Madera.
- Kort, I. (1993). Relationships between sapwood amount, latewood percentage, moisture content and crown vitality of Douglas Fir, *Pseudotsuga menziesii*. *IAWA Journal*, 14:413-427.
- Larson, P., Kretchmann, D., Clark, A., & Isebrands, J. (2001). *Formation and properties of juvenile wood in southern pines: a synopsis*. Forest products laboratory.
- León, W. (2010). Anatomía y densidad o peso específico de la madera. *Revista Forestal Venezolana*, 54 (1): 67 – 76.
- León, H., & Williams, J. (2006). Anatomía de la madera de 17 especies de la familia Malpighiaceae Juss. *Acta Científica Venezolana*.
- León, H., & William, J. (2014). Anatomía de maderas de 108 especies de Venezuela. *Revista Pittieria*, 1: 160-162.

- León, H., & William, J. (2020). Anatomía de maderas de 130 especies de Venezuela. *Revista Pittieria*, 2(40): 28-53.
- Lorenzi, H. (1992). *Arboles brasileños: Manual para la identificación y cultivo de plantas arbóreas nativas en Brasil*. Instituto Plantarum de Estudios de Flora.
- Machuca, R., Borja de la Rosa, A., Fuentes, M; Ayerde, D; Fuentes, M., & Quintero, A. (2010). Caracterización tecnológica de la madera de *Juniperus flaccida* Var. Poblana Martínez. *Chapingo*, 16(2): 261-280.
- Martinez- Vazquez, M., González, A. R., Cazares, L., Moreno, M. N., & García-Argáez, A. N. (1999). Antimicrobial activity of *Byrsonima crasifolia* (L.) H.B.K. J. *Ethnopharm*, 66, 79-82.
- Mogli, J., Giménez, A., & Bravo, S. (2014). Serie didáctica de dendrología: Tomo II macroscopia de madera orientada a los estudiantes de Carpintería. *INTA Kuntz*, 2, 1-57.
- Navarro, J., Borja-de la Rosa, A., & Machuca, R. (2005). Características tecnológicas de la madera de palo morado (*Peltogyne mexicana* Martínez) de tierra colorada, Guerrero, México. *Chapingo*, 11(1): 73-82.
- Nisgoski, I., Washington, L., Rodríguez, R., Ramiro, F., & Bolzón, G. (2014). Características anatómicas y energéticas del carbón vegetal elaborado a partir de cinco especies. *Acta Amazónica*, 44(3): 367-372.
- NTP (Norma Técnica Peruana). (2016). Método para selección y colección de muestras. NTP 251.008. Lima, Perú. 18 p.
- NTP (Norma Técnica Peruana). (2014). Método para determinar el contenido de humedad. NTP 251.010. Lima, Perú. 19 p.
- NTP (Norma Técnica Peruana). (2014). Método de determinación de la densidad. NTP 251.011. Lima, Perú. 9 p.
- NTP (Norma Técnica Peruana). (2015). Método de determinación de la contracción. NTP 251.012. Lima, Perú. 9 p.
- Nutsch, W. (1999). Tecnología de la madera y mueble. *Reverté, S.A.*

- Paucar, J. (2002). Manual de Practicas de Anatomía de la madera. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Panshin, A., & De Zeeuw, C. (1980). Textbook of wood technology. *McGraw – Hill Book Company*.
- Posada, C., Pineda, C. M., & Cam. (2009). *Guía de Identificación de Maderas Aserradas del Departamento de Huila*. La Plata, Huila.
- PGMF (Plan General de manejo forestal). (2016). Concesión forestal con fines maderables Carlos Edmundo Muñoz Landa. Contrato N° 10-TIM/C-J-003. 69 p.
- Quispe, A. (2016). *Evaluación de las propiedades físicas de Zanthoxylum riedelianum Engl (Hualaja) a tres niveles, tres secciones transversales y dos orientaciones del fuste, provenientes de la zona de Tournavista – Huánuco*. [Tesis de ingeniero, Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia]. Repositorio UNIA. <http://repositorio.unia.edu.pe/handle/unia/120>
- Reyes, G., Brown, S., Chapman, J., & Lugo, A. (1992). Wood densities of tropical tree species. *U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station*, 88, 1-15.
- Rodríguez, A., & Moya, R. (2011). *Maderas de la Península de Osa: su descripción e identificación para el control de su aprovechamiento*. Escuela de Ingeniería Forestal e Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Rosales, E. (2015). *Niveles de humedad de maderas peruanas relacionadas con la densidad básica de la madera para promover su uso sostenible*. Universidad Nacional Federico Villareal.
- Russell Anderson, W. (1982). Malpighiaceae, description, taxonomy, phylogeny, and nomenclatura. In contributions from the University of Michigan Herbarium. *Catalog of Life, Brazilian Flora 2020, Projeto Flora do Brasil 2020*, 15,101-103.
- Sánchez, G. (2010). *Características generales, organolépticas, macroscópicas y estructura microscópica de la madera de coníferas y latifoliadas*. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.

- Sibille, M. A. (2006). *Guía de procesamiento industrial: Fabricación de muebles con maderas poco conocidas*. LKS.
- Simpson, W., & Tenwolde, A. (1999). *Physical Properties and Moisture Relations of Wood*. International Plant Protection Convention.
- Shortle, WC., & Bauch, J. (1986). Wood characteristics of *Abies balsamea* in the New England State compared to *Abies alba* from sites in Europe with decline problems. *IAWA Bulletin n.s.*, 7(4):375-386.
- Taquire, A. (2000). *Anatomía de la madera*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Ter Steege, H., & Hammond, D. S. (2001). Convergencia de caracteres, diversidad y perturbación en la selva tropical de Guyana. *Ecología*, 82: 3197-3212.
- Tuset, R. 1989. *Manual de maderas comerciales, equipos y procesos de utilización*. Montevideo.
- Vásquez Correa, M. A. (2011). *Anatomía e Identificación de Maderas*. Universidad Nacional de Colombia.
- Vega, K. (2020). Estudio tecnológico de la madera de *Liquidambar styraciflua* L. proveniente de plantaciones establecidas en la estación Experimental La Favorita. [Tesis de ingeniero, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio UTN. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10726>
- Winandy, J. E. (1994). Propiedades de la madera. *Hal* 4: 549-561.
- Zobel, B. (1992). Mejora genética de las propiedades de la madera de especies forestales. *Unasyuva* 64: 89-103 p.

ANEXOS

ANEXO A. Constancia de identificación



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

C-010-2021-HTIN-FRNR-UNAS

CERTIFICADO

El que suscribe, profesor de Ecología con línea de investigación en Sistemática Vegetal, de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, certifica que los especímenes colectados de los 5 árboles provenientes de la concesión forestal Carlos Edmundo Muñoz Landa, distrito La Morada, correspondiente al proyecto de tesis **Caracterización anatómica y física de la madera de Indano (*Byrsonima schunkei* W.R. Anderson, Malpighiaceae), distrito La Morada – Huánuco**, presentado por la Bach. Elayne Haydee Julca Peña para su determinación pertenecen a la especie que se indica a continuación:

Reino:	: Plantae
División:	: Spermatophyta
Clase:	: Magnoliopsida
Orden:	: Malpighiales
Familia:	: Malpighiaceae
Género:	: <i>Byrsonima</i>
Especie:	: <i>Byrsonima schunkei</i> W. R. Anderson

Se expide el presente certificado para los fines pertinentes.

Tingo María, 2 de agosto del 2021



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

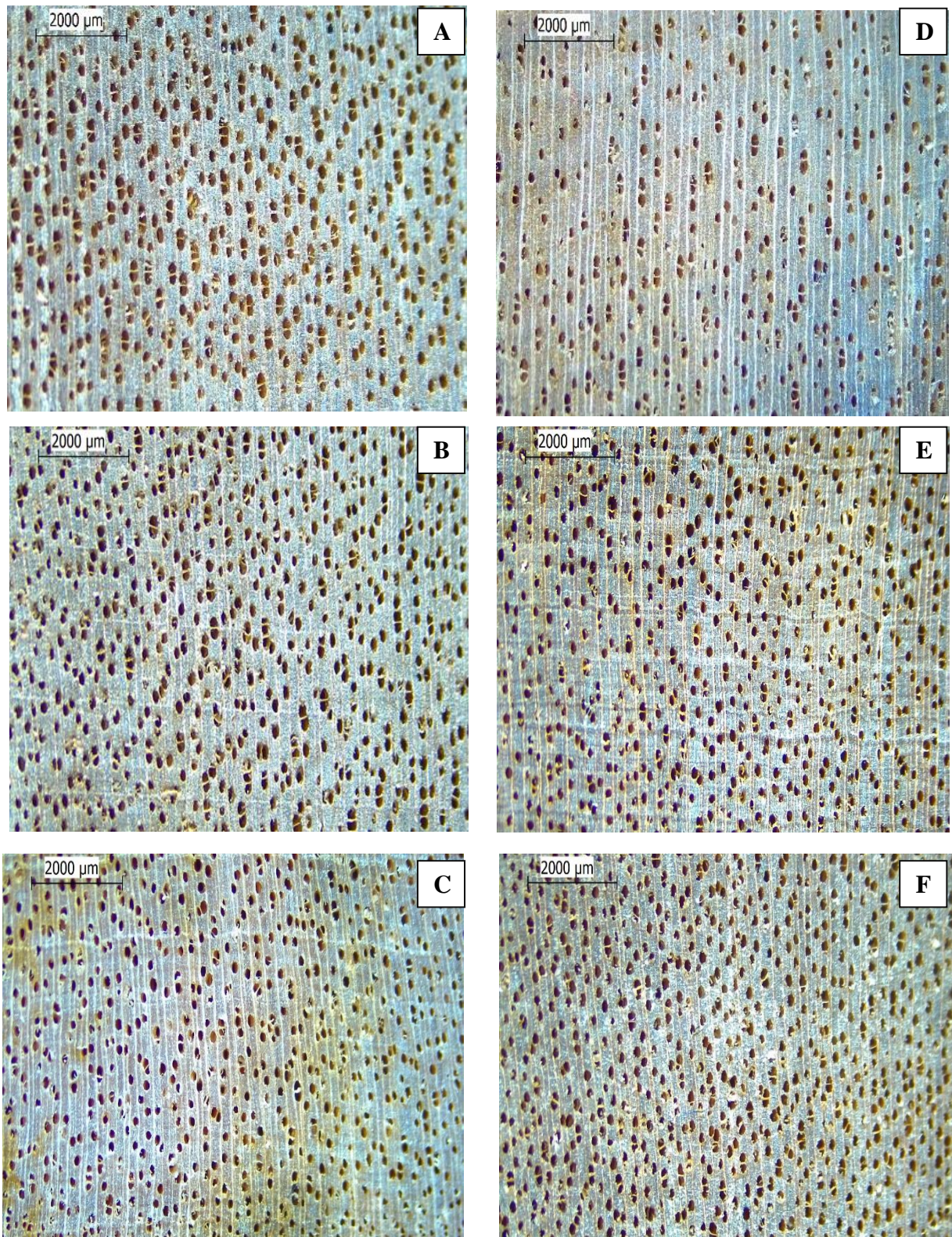
ANEXO B. Vista macroscópica en la sección transversal

Figura 30. Características macroscópicas por nivel de altura (base “A”, medio “B” y ápice “C”) y sección transversal (interno “D”, centro “E” y externo “F”) de la especie *B. schunkei*.

4	Medio	Interno	X	x			x	X	x			x									x	x	x				
		Centro	X	x			x	X	x			x		x	x							x	x	x			
		Externo	X		x		x	X	x			x		x	x							x	x	x			
	Ápice	Interno	X	x			x	X	x			x		x								x	x	x			
		Centro	X	x			x	X	x			x		x	x							x	x	x			
		Externo	X		x		x	X	x			x		x	x							x	x	x			
	4	Base	Interno	X	x			x	X	x			x		x							x	x	x		x	
			Centro	X		x		x	X	x			x		x								x	x	x		x
			Externo	X		x		x	X	x			x		x	x							x	x	x		x
Medio		Interno	X	x			x	X	x			x		x								x	x	x			
		Centro	X		x		x	X	x			x		x	x							x	x	x			
		Externo	X		x		x	X	x			x		x	x							x	x	x			
Ápice		Interno	X	x			x	X	x			x		x								x	x	x			
		Centro	X	x			x	X	x			x		x								x	x	x			
		Externo	X		X		x	X	x			x		x	x							x	x	x			
5	Base	Interno	X	x			x	X	x			x		x							x	x	x		x		
		Centro	X		X		x	X	x			x		x	x							x	x	x		x	
		Externo	X		X		x	X	x			x		x	x							x	x	x		x	
	Medio	Interno	X	x			x	X	x			x		x								x	x	x			
		Centro	X	x			x	X	x			x		x	x							x	x	x			
		Externo	X		X		x	X	x			x		x	x							x	x	x			
	Ápice	Interno	X	x			x	X	x			x		x								x	x	x			
		Centro	X	x			x	X	x			x		x								x	x	x			
		Externo	X		X		x	X	x			x		x	x							x	x	x			

Tabla 22. Color de la madera por nivel de altura y sección transversal.

		COLOR				
Niveles de altura	Sección transversal	Repeticiones (árbol)				
		I	II	III	IV	V
Base	Interno	Marrón (7,5YR 4/4)	Marrón (7,5YR 4/4)	Marrón (7,5YR 4/4)	Marrón (7,5YR 4/4)	Marrón (7,5YR 4/4)
	Centro	Marrón (7,5YR 5/4)	Marrón (7,5YR 4/4)	Marrón (7,5YR 4/4)	Marrón (7,5YR 5/4)	Marrón (7,5YR 5/4)
	Externo	Marrón fuerte (7,5YR 5/6)	Marrón fuerte (7,5YR 5/6)	Marrón fuerte (7,5YR 5/6)	Marrón fuerte (7,5YR 5/6)	Marrón fuerte (7,5YR 5/6)
Medio	Interno	Marrón (7,5YR 4/4)	Marrón (7,5YR 4/4)	Marrón (7,5YR 4/4)	Marrón (7,5YR 4/4)	Marrón (7,5YR 4/4)
	Centro	Marrón (7,5YR 4/4)	Marrón (7,5YR 4/4)	Marrón (7,5YR 4/4)	Marrón (7,5YR 5/4)	Marrón (7,5YR 5/4)
	Externo	Marrón fuerte (7,5YR 5/6)	Marrón fuerte (7,5YR 5/6)	Marrón fuerte (7,5YR 5/6)	Marrón fuerte (7,5YR 5/6)	Marrón fuerte (7,5YR 5/6)
Ápice	Interno	Marrón (7,5YR 4/4)	Marrón (7,5YR 5/4)	Marrón (7,5YR 5/4)	Marrón (7,5YR 4/4)	Marrón (7,5YR 4/4)
	Centro	Marrón (7,5YR 4/4)	Marrón (7,5YR 5/4)	Marrón (7,5YR 5/4)	Marrón (7,5YR 4/4)	Marrón (7,5YR 4/4)
	Externo	Marrón fuerte (7,5YR 5/6)	Marrón fuerte (7,5YR 5/6)	Marrón fuerte (7,5YR 5/6)	Marrón fuerte (7,5YR 5/6)	Marrón fuerte (7,5YR 5/6)

Anexo C. Valores promedios de las propiedades físicas**Tabla 23.** Contenido de humedad saturado de los cinco árboles de la madera de *B. schunkei*.

Niveles de Altura	Sección transversal	Repeticiones (árbol)				
		I	II	III	IV	V
Base	Interno	118,80	117,21	116,56	111,06	116,27
	Centro	85,56	96,36	96,04	86,29	92,04
	Externo	74,08	85,93	92,54	84,50	92,58
Medio	Interno	106,18	133,88	102,17	107,87	104,50
	Centro	80,07	98,06	94,14	88,27	99,10
	Externo	70,53	82,22	92,22	84,05	84,30
Ápice	Interno	102,07	93,16	96,10	100,12	96,51
	Centro	87,89	90,95	91,08	100,05	91,48
	Externo	72,18	102,48	87,11	77,22	79,33

Tabla 24. Contenido de humedad seco al aire de los cinco árboles de la madera de *B. schunkei*.

Niveles de altura	Sección transversal	Repeticiones (árbol)				
		I	II	III	IV	V
Base	Interno	15,44	15,44	15,77	15,28	15,27
	Centro	15,72	15,74	15,85	15,56	15,63
	Externo	15,85	15,84	15,80	15,70	15,88
Medio	Interno	15,48	15,26	15,55	15,35	15,33
	Centro	15,73	15,71	15,55	15,65	15,30
	Externo	15,95	15,73	15,72	16,00	15,65
Ápice	Interno	15,48	15,72	15,64	15,38	15,32
	Centro	15,67	15,65	15,54	15,34	15,44
	Externo	15,87	15,67	15,61	15,79	15,72

Tabla 25. Densidad saturada de los cinco árboles de la madera de *B. schunkei*.

Niveles de altura	Sección transversal	Repeticiones (árbol)				
		I	II	III	IV	V
Base	Interno	1,02	1,07	1,08	1,06	1,09
	Centro	1,07	1,10	1,11	1,11	1,11
	Externo	1,09	1,11	1,10	1,14	1,14
Medio	Interno	1,07	1,06	1,06	1,04	1,06
	Centro	1,05	1,07	1,08	1,13	1,09
	Externo	1,07	1,07	1,10	1,16	1,17
Ápice	Interno	1,08	1,07	1,06	1,07	1,07
	Centro	1,08	1,08	1,05	1,06	1,11
	Externo	1,08	1,07	1,08	1,14	1,17

Tabla 26. Densidad básica de los cinco árboles de la madera de *B. schunkei*.

Niveles de altura	Sección transversal	Repeticiones (árbol)				
		I	II	III	IV	V
Base	Interno	0,47	0,49	0,50	0,50	0,49
	Centro	0,58	0,56	0,57	0,60	0,57
	Externo	0,53	0,60	0,57	0,62	0,61
Medio	Interno	0,52	0,45	0,53	0,50	0,52
	Centro	0,59	0,54	0,56	0,60	0,56
	Externo	0,63	0,59	0,57	0,63	0,64
Ápice	Interno	0,53	0,55	0,54	0,65	0,55
	Centro	0,58	0,57	0,55	0,54	0,58
	Externo	0,63	0,54	0,58	0,53	0,63

Tabla 27. Densidad anhidra de los cinco árboles de la madera de *B. schunkei*.

Niveles de altura	Sección transversal	Repeticiones (árbol)				
		I	II	III	IV	V
Base	Interno	0,54	0,58	0,58	0,58	0,56
	Centro	0,66	0,65	0,65	0,69	0,65
	Externo	0,59	0,69	0,66	0,70	0,69
Medio	Interno	0,60	0,52	0,61	0,57	0,60
	Centro	0,67	0,62	0,64	0,68	0,64
	Externo	0,71	0,68	0,65	0,74	0,72
Ápice	Interno	0,61	0,66	0,62	0,62	0,63
	Centro	0,65	0,66	0,65	0,61	0,66
	Externo	0,72	0,62	0,68	0,74	0,73

Tabla 28. Contracción tangencial de los cinco árboles de la madera de *B. schunkei*.

Niveles de altura	Sección transversal	Repeticiones (árbol)				
		I	II	III	IV	V
Base	Interno	7,30	9,03	8,23	9,43	9,29
	Centro	8,43	10,87	9,54	9,14	9,48
	Externo	8,29	10,88	10,51	12,02	6,64
Medio	Interno	7,62	7,46	10,51	7,16	8,23
	Centro	6,53	8,45	8,44	9,42	10,27
	Externo	9,18	12,63	8,23	8,45	11,20
Ápice	Interno	9,20	9,03	10,12	10,74	5,92
	Centro	8,93	10,87	10,31	9,21	10,85
	Externo	9,86	12,57	7,84	7,78	9,44

Tabla 29. Contracción radial de los cinco árboles de la madera de *B. schunkei*.

Niveles de altura	Sección transversal	Repeticiones (árbol)				
		I	II	III	IV	V
Base	Interno	4,34	5,75	5,38	4,70	4,76
	Centro	3,64	5,19	5,01	4,11	4,15
	Externo	4,97	5,31	4,39	6,02	5,00
Medio	Interno	4,34	5,58	5,47	7,01	4,91
	Centro	3,64	5,14	5,05	4,56	3,77
	Externo	4,97	5,62	5,48	5,34	5,15
Ápice	Interno	4,56	5,68	5,83	4,40	4,27
	Centro	4,21	5,46	4,34	6,01	4,25
	Externo	4,53	5,92	7,85	5,31	4,70

Tabla 30. Contracción longitudinal de los cinco árboles de la madera de *B. schunkei*.

Niveles de altura	Sección transversal	Repeticiones (árbol)				
		I	II	III	IV	V
Base	Interno	0,60	0,48	0,64	0,64	0,77
	Centro	0,48	0,43	0,66	0,62	0,43
	Externo	0,55	0,53	0,26	0,49	0,62
Medio	Interno	0,64	0,53	0,49	0,46	0,62
	Centro	0,44	0,65	0,47	0,41	0,58
	Externo	0,44	0,46	0,37	0,49	0,52
Ápice	Interno	0,58	0,37	0,25	0,57	0,48
	Centro	0,31	0,45	0,54	0,52	0,49
	Externo	0,43	0,37	0,62	0,37	0,32

Tabla 31. Contracción volumétrica de los cinco árboles de la madera de *B. schunkei*.

Niveles de altura	Sección transversal	Repeticiones (árbol)				
		I	II	III	IV	V
Base	Interno	10,57	13,43	13,29	11,04	11,75
	Centro	12,83	14,07	13,36	12,78	12,78
	Externo	12,85	14,45	13,81	13,68	12,96
Medio	Interno	11,64	13,46	11,86	14,66	12,16
	Centro	12,08	13,36	13,35	11,77	11,98
	Externo	13,61	13,97	13,89	13,10	13,09
Ápice	Interno	12,34	13,61	14,21	12,87	12,83
	Centro	11,68	13,75	14,63	13,25	12,20
	Externo	11,88	15,49	13,45	12,48	12,61

Tabla 32. Relación Tangencial/Radial de los cinco árboles de la madera de *B. schunkei*.

Niveles de altura	Sección transversal	Repeticiones (árbol)				
		I	II	III	IV	V
Base	Interno	2,18	1,78	2,00	2,33	1,25
	Centro	2,47	1,70	2,05	2,24	2,61
	Externo	1,99	2,41	1,79	1,29	2,01
Medio	Interno	1,70	1,34	1,92	1,19	1,67
	Centro	1,70	1,61	1,70	2,05	2,72
	Externo	1,78	2,25	1,56	1,63	2,30
Ápice	Interno	1,67	1,55	1,77	2,13	2,18
	Centro	2,00	2,09	2,21	1,57	2,27
	Externo	1,82	2,02	1,45	2,35	1,44

Anexo D. Panel fotográfico

Figura 31. Georreferenciación del árbol seleccionado.



Figura 32. Obtención y codificación de rodajas de la madera *B. schunkei*.



Figura 33. Colecta y prensado de muestras botánicas.



Figura 34. Secado y montaje de muestras botánicas.



Figura 35. Habilitado y codificación de muestras.



Figura 36. Determinación del grano.



Figura 37. Determinación del color en muestras de xilotecas y rodajas.



Figura 38. Registro de peso seco al aire de las probetas.



Figura 39. Secado de las probetas en estufa.



Figura 40. Probetas colocadas en el desecador después de ser retiradas de la estufa.



Figura 41. Medición y registro de las dimensiones de cada probeta.



Figura 42. Parafinado de probetas.



Figura 43. Determinación del volumen mediante el principio de Arquímedes.

Anexo E. Mapa de ubicación

