

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE *Brosimum utile*
(KUNTH) OKEN “PANGUANA”, PROVENIENTE DE LA PARCELA DE
CORTA N°05, PLAN OPERATIVO N°03 DE LA COMUNIDAD NATIVA
YAMINO – UCAYALI**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR:

JIMENA MIJAELA PORTA SANTA CRUZ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María - Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 14 de Noviembre de 2019, a horas 9:20 a.m. en la Sala de Conferencias de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, para calificar la Tesis titulada:

“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE *Brosimum utile* (KUNTH) OKEN “PANGUANA”, PROVENIENTE DE LA PARCELA DE CORTA N° 05, PLAN OPERATIVO N° 03 DE LA COMUNIDAD NATIVA YAMINO - UCAYALI”

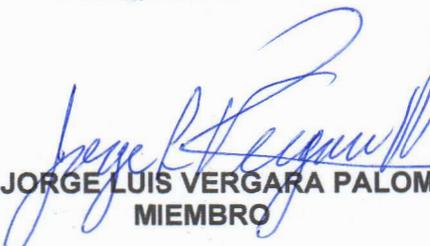
Presentado por la Bachiller **PORTA SANTA CRUZ, Jimena Mijaela**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“MUY BUENO”**

En consecuencia, la sustentante queda apta para optar el Título de **INGENIERO FORESTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 19 de Noviembre de 2019.


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


Ing. **RAÚL ARAUJO TORRES**
MIEMBRO


Ing. **JORGE LUIS VERGARA PALOMINO**
MIEMBRO


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



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE *Brosimum utile* (KUNTH) OKEN “PANGUANA”, PROVENIENTE DE LA PARCELA DE CORTA N°05, PLAN OPERATIVO N°03 DE LA COMUNIDAD NATIVA YAMINO – UCAYALI

Autor	: PORTA SANTA CRUZ, Jimena Mijaela
Asesor	: Ing. PECHO DE LA CRUZ, Robert Gilbert
Escuela profesional	: Escuela Profesional Ingeniería Forestal
Programa de investigación	: Ciencias Básicas
Línea de investigación	: Física de la Madera
Eje temático	: Cambio Dimensional, Contenido de humedad, Contracción, Densidad
Lugar de ejecución	: Laboratorio de Anatomía de la Madera
Duración	: Fecha de inicio : 02 de setiembre 2018 Fecha de término : 02 de abril 2019
Financiamiento	: S/ 4.774,00 FEDU : No Propio : Si

DEDICATORIA

Al Divino Redentor, Dios. Gracias por iluminar el camino, llegar hasta este punto, por la salud y la tranquilidad para lograr mis objetivos.

A mis padres Vicente Porta Verde y Anatolia L. Santa Cruz Reyes, por su inmenso amor, dedicación y entrega brindado durante todo este tiempo para ser cada día mejor.

A mis abuelos Albino Santa cruz Perez y Aurelia Reyes Rafaelo, por su apoyo, amor, confianza, consejos y la motivación constante para ser una persona de bien.

A mis hermanos Juan y Lucy por su confianza y gran amor fraternal, a mis tíos Edver y Jessica, por el apoyo emocional y moral.

A Jhonn Tarazona Flores, por su constante apoyo brindado durante esta etapa de mi vida, por su esfuerzo inagotable por querer hacer de mí una persona mejor.

AGRADECIMIENTOS

- A DIOS, por brindarme la fortaleza física y mental en la vida cotidiana y guiarme por el buen camino durante mi formación profesional.
- A mis padres, por el amor fraternal, apoyo moral y económico, con ese gran ejemplo de salir adelante.
- A la UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA, ente que me formó.
- A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables U.N.A.S. por las enseñanzas y experiencias impartidas durante nuestros estudios.
- Al Ing. Msc. Pecho De La Cruz, Robert Gilbert por su asesoramiento en la presente investigación, por sus sabias contribuciones, dedicación, constante, apoyo en el desarrollo práctico y por su confianza puesta en mi persona.
- Al señor Marcelo Odicio Angulo, por haberme brindado el apoyo y facilidades para el desarrollo de los trabajos de campo en la comunidad nativa Yamino.
- Al ing. Fredy Ángel Cancho Camarena, por darme confianza y la oportunidad de aprender de él en lo profesional y como persona.
- Al gerente de la empresa HF Elías Flores Cáceres y su amada esposa Giovana Quispe Torres, por atreverse a confiar en mí y brindarme su apoyo incondicional.

- Al técnico Jhonn Tarazona Flores, por su valiosa colaboración durante el trabajo de campo y culminación de este documento.
- En forma muy especial al señor Julián Alejandro Tarazona Guzmán, por su apoyo incondicional y desinteresado en mi realización profesional.
- Al señor Mario Soza Shapiama por su aporte en los trabajos de campo de la presente tesis.
- A Rogelio Carlos, Linder Perez, Emilio Estrella, Eliseo Martel, María Meza y la señora Ana Vargas Robles, por sus contribuciones durante la realización de la investigación.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Panguana (<i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken)	4
2.2. Propiedades físicas	5
2.2.1. Contenido de humedad.....	7
2.2.2. Densidad	10
2.2.3. Cambio dimensional	16
2.3. Antecedentes de estudios similares	20
2.4. Descripción de la Comunidad Nativa Yamino.....	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1. Lugar de ejecución	27
3.1.1. Ubicación política.....	27
3.1.2. Ubicación geográfica	28
3.1.3. Características climáticas y zonas de vida.....	29
3.2. Materiales y equipos	29
3.2.1. Material vegetativo.....	29
3.2.2. Materiales y equipos de campo	30

3.2.3. Materiales y equipos de taller	30
3.2.4. Materiales y equipos de laboratorio	31
3.3. Metodología	32
3.3.1. Área de muestreo y ubicación de la especie.....	32
3.3.2. Selección y colección de muestras	32
3.3.3. Tala e identificación botánica.....	33
3.3.4. Procesamiento de tucos	34
3.3.5. Transporte de las muestras	34
3.3.6. Preparación de probetas.....	35
3.3.7. Codificación de probetas	35
3.3.8. Determinación de las propiedades físicas.....	36
3.4. Diseño de la investigación.....	42
3.4.1. Diseño explicativo - correlacional.....	42
3.4.2. Unidad experimental	43
3.4.3. Modelo estadístico.....	43
3.4.4. Análisis de los datos	45
IV. RESULTADOS	46
4.1. Determinación del contenido de humedad saturada y seca al aire de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken “panguana” a lo largo del eje longitudinal y transversal	46

4.1.1. Contenido de humedad saturada	46
4.1.2. Contenido de humedad seca al aire.....	53
4.2. Determinación de las densidades: saturada, básica y anhidra seco al aire de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken “panguana” a lo largo del eje longitudinal y transversal	60
4.2.1. Densidad saturada.....	60
4.2.2. Densidad básica	67
4.2.3. Densidad anhidra.....	74
4.3. Determinación de las contracciones: radial, tangencial, longitudinal, volumétrica y relación tangencial/radial de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken “panguana” a lo largo del eje longitudinal y transversal	81
4.3.1. Contracción radial.....	81
4.3.2. Contracción tangencial	88
4.3.3. Contracción longitudinal.....	96
4.3.4. Contracción volumétrica	103
4.3.5. Relación de la contracción tangencial/radial	110
V. DISCUSIÓN	118
5.1. Sobre el contenido de humedad saturada y seca al aire de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken “panguana” a lo largo del eje longitudinal y transversal.....	118

5.2. Sobre las densidades: saturada, básica y anhidra seco al aire de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken “panguana” a lo largo del eje longitudinal y transversal	119
5.3. Sobre las contracciones: radial, tangencial, longitudinal, volumétrica y relación tangencial/radial de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken “panguana” a lo largo del eje longitudinal y transversal	122
VI. CONCLUSIONES.....	125
VII. RECOMENDACIONES.....	127
VIII. ABSTRACT	128
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	130
ANEXO.....	137

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Clasificación de las maderas al 12% de contenido de humedad.	12
2. Clasificación de las maderas según la densidad básica.	13
3. Clasificación de las maderas según la contracción volumétrica.	19
4. Clasificación de las maderas según la estabilidad dimensional.	19
5. Coordenadas de la PC N° 5 de la CC.NN Yamino.	28
6. Coordenadas de los ambientes de los laboratorios.	29
7. Características de los árboles talados para el estudio.	34
8. Esquema del análisis de varianza (ANVA).	44
9. Descriptivos para el contenido de humedad saturada en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken.	47
10. ANVA para el contenido de humedad saturada en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken.	49
11. Prueba Tukey para el contenido de humedad saturada en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken obtenidas de diferentes niveles del fuste.	50
12. Prueba Tukey para el contenido de humedad saturada en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken obtenidas de diferentes orientaciones cardinales.	51

13. Prueba Tukey para el contenido de humedad saturada en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken obtenidas de diferentes secciones transversales.....	51
14. Descriptivos para el contenido de humedad seca al aire en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken.....	54
15. ANVA para el contenido de humedad seca al aire en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken.....	56
16. Prueba Tukey para el contenido de humedad seca al aire en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken obtenidas de diferentes niveles del fuste.	57
17. Prueba Tukey para el contenido de humedad seca al aire en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken obtenidas de diferentes orientaciones cardinales.	58
18. Prueba Tukey para el contenido de humedad seca al aire en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken obtenidas de diferentes secciones transversales.....	58
19. Descriptivos para la densidad saturada en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken.....	61
20. ANVA para la densidad saturada en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken.	63
21. Prueba Tukey para la densidad saturada en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken obtenidas de diferentes niveles del fuste.....	64

22. Prueba Tukey para la densidad saturada en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken obtenidas de diferentes orientaciones cardinales.....	65
23. Prueba Tukey para la densidad saturada en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken obtenidas de diferentes secciones transversales.	65
24. Descriptivos para la densidad básica en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken.	68
25. ANVA para para la densidad básica en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken.	70
26. Prueba Tukey para la densidad básica en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken obtenidas de diferentes niveles del fuste.....	71
27. Prueba Tukey para la densidad básica en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken obtenidas de diferentes orientaciones cardinales.....	72
28. Prueba Tukey para la densidad básica en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken obtenidas de diferentes secciones transversales.	72
29. Descriptivos para la densidad anhidra en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken.....	75
30. ANVA para la densidad anhidra en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken.....	77

31. Prueba Tukey para la densidad anhidra en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken obtenidas de diferentes niveles del fuste.....	78
32. Prueba Tukey para la densidad anhidra en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken obtenidas de diferentes orientaciones cardinales.....	79
33. Prueba Tukey para la densidad anhidra en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken obtenidas de diferentes secciones transversales.	79
34. Descriptivos para la contracción radial en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken.....	82
35. ANVA para para la contracción radial en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken.....	84
36. Prueba Tukey para la contracción radial en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken obtenidas de diferentes niveles del fuste.....	85
37. Prueba Tukey para la contracción radial en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken obtenidas de diferentes orientaciones cardinales.....	86
38. Prueba Tukey para contracción radial en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken obtenidas de diferentes secciones transversales.	86

39. Descriptivos para la contracción tangencial en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken.....	89
40. ANVA para la contracción tangencial en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken.	91
41. Prueba Tukey para la contracción tangencial en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken obtenidas de diferentes niveles del fuste.....	92
42. Prueba Tukey para la contracción tangencial en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken obtenidas de diferentes orientaciones cardinales del fuste.	93
43. Prueba Tukey para la contracción tangencial en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken obtenidas de diferentes secciones transversales.	93
44. Descriptivos para la contracción longitudinal en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken.....	97
45. ANVA para la contracción longitudinal en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken.....	99
46. Prueba Tukey para la contracción longitudinal en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken obtenidas de diferentes niveles del fuste.....	100
47. Prueba Tukey para la contracción longitudinal en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken obtenidas de diferentes orientaciones cardinales.....	101

48. Prueba Tukey para la contracción longitudinal en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken obtenidas de diferentes secciones transversales.	101
49. Descriptivos para la contracción volumétrica en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken.....	104
50. ANVA para la contracción volumétrica en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken.....	106
51. Prueba Tukey para la contracción volumétrica en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken obtenidas de diferentes niveles del fuste.....	107
52. Prueba Tukey para la contracción volumétrica en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken obtenidas de diferentes orientaciones cardinales.....	108
53. Prueba Tukey para la contracción volumétrica en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken obtenidas de diferentes secciones transversales.	108
54. Descriptivos para la relación de la contracción tangencial/radial en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken.	111
55. ANVA para la relación de la contracción tangencial/radial en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken.....	113
56. Prueba Tukey para la relación de la contracción tangencial/radial en probetas de Brosimum utile (Kunth) Oken obtenidas de diferentes niveles del fuste.....	114

57. Prueba Tukey para la relación de la contracción tangencial/radial en probetas de <i>Brosimum utile</i> (kunth) oken obtenidas de diferentes orientaciones cardinales.	115
58. Prueba Tukey para la relación de la contracción tangencial/radial en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken obtenidas de diferentes secciones transversales.....	115
59. Contenido de humedad saturada y seca al aire de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken “panguana”.	138
60. Densidades: saturada, básica y anhidra seco al aire de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken “panguana”.....	141
61. Contracciones: radial, tangencial y longitudinal de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken “panguana”.	144
62. Contracción volumétrica y relación tangencial/radial de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken “panguana”.....	147

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Humedad saturada en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken procedentes de tres factores en estudio.	48
2. Humedad saturada en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken procedentes de tres niveles del fuste.	50
3. Humedad saturada en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken procedentes de tres secciones transversales del fuste.	52
4. Humedad saturada en niveles y secciones del fuste.	52
5. Humedad seca al aire en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken procedentes de tres factores en estudio.	55
6. Humedad seca al aire en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken procedentes de tres niveles del fuste.	57
7. Humedad seca al aire en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken procedentes de tres secciones transversales del fuste.	59
8. Humedad seca al aire en niveles y secciones del fuste.	59
9. Densidad saturada en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken procedentes de tres factores en estudio.	62
10. Densidad saturada en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken procedentes de tres niveles del fuste.	64

11.	Densidad saturada en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken procedentes de tres secciones transversales del fuste.	66
12.	Densidad saturada en niveles y secciones del fuste.....	66
13.	Densidad básica en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken procedentes de tres factores en estudio.	69
14.	Densidad básica en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken procedentes de tres niveles del fuste.	71
15.	Densidad básica en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken procedentes de tres secciones transversales del fuste.	73
16.	Densidad básica en niveles y secciones del fuste.	73
17.	Densidad anhidra en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken procedentes de tres factores en estudio.	76
18.	Densidad anhidra en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken procedentes de tres niveles del fuste.	78
19.	Densidad anhidra en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken procedentes de tres secciones transversales del fuste.	80
20.	Densidad anhidra en niveles y secciones del fuste.....	80
21.	Contracción radial en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken procedentes de tres factores en estudio.	83
22.	Contracción radial en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken procedentes de tres niveles del fuste.	85

23.	Contracción radial en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken procedentes de tres secciones transversales del fuste.	87
24.	Contracción radial en niveles y secciones del fuste.	87
25.	Contracción tangencial en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken procedentes de tres factores en estudio.	90
26.	Contracción tangencial en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken procedentes de tres niveles del fuste.	92
27.	Contracción tangencial en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken procedentes de tres secciones transversales del fuste.	94
28.	Contracción tangencial en niveles y secciones del fuste.	94
29.	Interacción en la contracción tangencial en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken obtenidas por niveles del fuste y orientaciones.	95
30.	Contracción longitudinal en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken procedentes de tres factores en estudio.	98
31.	Contracción longitudinal en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken procedentes de tres niveles del fuste.	100
32.	Contracción longitudinal en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken procedentes de tres secciones transversales del fuste.	102
33.	Contracción longitudinal en niveles y secciones del fuste.	102
34.	Contracción volumétrica en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken procedentes de tres factores en estudio.	105

35. Contracción volumétrica en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken procedentes de tres niveles del fuste.	107
36. Contracción volumétrica en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken procedentes de tres secciones transversales del fuste.	109
37. Contracción volumétrica en niveles y secciones del fuste.	109
38. Relación Tg/Rd en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken procedentes de tres factores en estudio.	112
39. Relación Tg/Rd en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken procedentes de tres niveles del fuste.	114
40. Relación Tg/Rd en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken procedentes de tres secciones transversales del fuste.	116
41. Relación Tg/Rd en niveles y secciones del fuste.	116
42. Interacción en la relación tangencial/radial en probetas de <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken obtenidas por niveles del fuste y orientaciones.	117
43. Herborización de la especie en estudio.	150
44. Muestra de la especie en estudio.	150
45. Codificación de muestras de madera.	151
46. Habilitado de los tablonos para obtener probetas.	151
47. Recodificación de los listones.	152
48. Secado de las probetas en estufa.	152

49. Probetas en el desecador.....	153
50. Pesado de las probetas.....	153
51. Medición de las probetas.....	154
52. Determinación del volumen de las probetas.	154

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar las propiedades físicas a lo largo del eje longitudinal y transversal del fuste de *Brosimum utile* (Kunth) Oken “panguana”, provenientes de la parcela de corta N°05, plan operativo N°03 de la comunidad nativa Yamino – Ucayali y el taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal en la región Huánuco. Se seleccionó las muestras en base a la NTP 251.008, luego se elaboró probetas pertenecientes a niveles del fuste (base, medio y ápice), orientaciones cardinales (Este y Oeste) y secciones transversales (exterior, centro e interior) y su análisis de las propiedades físicas se determinó según la NTP 251.010, 251.011 y 251.012. Como resultado se reporta que el contenido de humedad seca al aire, densidad saturada, densidad básica, densidad anhidra y contracción longitudinal es mayor en la parte apical, mientras que el contenido de humedad saturada, contracción radial, contracción tangencial, contracción volumétrica y la relación T/R es menor en la parte apical; el contenido de humedad saturado, densidad saturada, densidad básica, densidad anhidra y la contracción longitudinal descienden desde la parte interior hacia el exterior, y lo contrario ocurre con el contenido de humedad seca al aire, contracción radial, contracción tangencial, contracción volumétrica y la relación T/R. El contenido de humedad seca al aire, contracción tangencial y la relación T/R es mayor en la orientación Este, mientras que el contenido de humedad saturado, densidad saturada, densidad básica, densidad anhidra, contracción radial, contracción longitudinal y la contracción volumétrica es mayor en la orientación Oeste. Se concluye que las

propiedades físicas en las especies en estudio varían tanto en sentido longitudinal y transversal al eje del fuste.

Palabras clave: *Brosimum utile*, propiedades físicas, densidad básica, contracción tangencial, contracción volumétrica.

I. INTRODUCCIÓN

El cambio de uso de las áreas boscosas mediante la actividad de tala de árboles en el Perú cada año va en aumento; situación que es alarmante a causa de las actividades como la agricultura migratoria y al incremento de la demanda de madera en el mercado nacional e internacional, es por ello que, la presión hacia los bosques naturales es muy fuerte.

La madera es catalogado como material de alta complejidad debido a sus propiedades que presentan dependencia no solamente de lo que esta compuesto sino de lo que lo constituye o de la forma en que se encuentran distribuidos los diversos elementos leñosos que los conforman. La actividad de aprovechar una especie maderable como materia prima para diversos procesos industriales, presentan dependencias de parámetros como sus propiedades físicas del mismo, debido a que la madera es considerad como material poroso, estructura variable y que tiene comportamiento de manera anisotrópica e higroscópica, es por ello que sus propiedades físicas también presentan variabilidad.

La especie forestal *Brosimum utile* (Kunth) Oken “panguana” se encuentra entre las 10 maderas potenciales que se encuentran en bosques residuales de la Amazonía por su abundancia, presenta un crecimiento rápido y con grandes expectativas de uso potencial. Sin embargo, la información

cuantitativa sobre sus propiedades tecnológicas en nuestro medio es bastante escaso, debido a la carencia de estudios que puedan llevar a predicciones sobre sus usos posteriores que se le otorgaría a la especie en estudio, lo cual limita el adecuado aprovechamiento en la industria forestal. Para lo cual se planteó la pregunta ¿Cuáles serán las propiedades físicas a lo largo del eje longitudinal y transversal del fuste de *Brosimum utile* (Kunth) Oken “panguana” proveniente de la parcela de corta N°05, plan operativo N°03 de la Comunidad Nativa Yamino-Ucayali?

Conocer las principales características físicas de la madera como es el caso de la cantidad de humedad, las diversas densidades y los diferentes cambios dimensionales permitirán trabajar de una manera eficiente, dándole una mejor utilización que favorecerá en generar mayor valor agregado y de una manera elevará el precio en el mercado.

Se aceptó la hipótesis planteada en la investigación la cual radicaba en que: existe diferencia significativa de las propiedades físicas en sentido longitudinal y transversal del fuste de *Brosimum utile* (kunth) Oken “panguana” provenientes de la parcela de corta N°05, plan operativo N°03 de la Comunidad Nativa Yamino-Ucayali.

Con los reportes de la presente investigación se reunió la información básica de los elementos necesarios para conocer el comportamiento físico de la especie *Brosimum utile* (Kunth) Oken, como contribución al conocimiento tecnológico de las especies de interés comercial

para evitar fracasos y asegurar la rentabilidad de los productos, con lo cual se podrá probar, validar y difundir las posibilidades de diversificación de productos industriales. Ante lo expresado en los párrafos anteriores, se consideró plantear como objetivos los siguientes:

Objetivo general:

- Evaluar las propiedades físicas a lo largo del eje longitudinal y transversal del fuste de *Brosimum utile* (Kunth) Oken “panguana”, provenientes de la parcela de corta N°05, plan operativo N°03 de la comunidad nativa Yamino – Ucayali.

Como objetivos específicos:

- Determinar el contenido de humedad saturada y seca al aire de *Brosimum utile* (Kunth) Oken “panguana” a lo largo del eje longitudinal y transversal.
- Determinar las densidades: saturada, básica y anhidra seco al aire de *Brosimum utile* (Kunth) Oken “panguana” a lo largo del eje longitudinal y transversal.
- Determinar las contracciones: radial, tangencial, longitudinal, volumétrica y relación tangencial/radial de *Brosimum utile* (Kunth) Oken “panguana” a lo largo del eje longitudinal y transversal.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Panguana (*Brosimum utile* (Kunth) Oken)

Según COMAFORS (2010), *Brosimum utile* pertenece a la familia Moraceae, son árboles dominantes, fuste recto y cilíndrico; con raíces tablares bajas y redondeadas. Aproximadamente con 50 m de altura total, 42 m de altura comercial y 70 cm de diámetro promedio a 1,30 cm del suelo. Posee una copa irregular y amplia, corteza externa de color marrón rojizo y pintas plateadas, con lenticelas abundantes y prominentes; apariencia lisa o finamente agrietada de 2 cm de espesor. Corteza interna de color anaranjado, exuda abundante látex blanco. Las hojas son simples, alternas, con estípula terminal. Las flores son diminutas, dispuestas en la axila de la hoja. La infrutescencia es globosa, aproximadamente de 1,5 cm en diámetro.

Para Janzen (1991), el *Brosimum utile* presenta fuste recto y sin ramificaciones (20 m o más) en bosques primarios. Mientras que, MADEXO (2017) indica que, “presenta un tamaño medio de 20 a 25 m, se encuentra principalmente en bosques no inundado, distribuida desde México a toda la cuenca amazónica (Venezuela, Ecuador, Colombia, Perú y norte de Brasil); en el Perú se encuentra en los departamentos de Huánuco, San Martín, Loreto y Ucayali. Debido a su abundancia y su fácil trabajabilidad exportan a los países vecinos con el nombre Sande en forma de madera aserrada y triplay”.

Según Solano (2013), se desarrolla en “bosques primarios residuales, el árbol en pie alcanza hasta 42 m de altura con un diámetro de 85 cm, el fuste es cilíndrico, de corteza externa de color gris verdoso e interna que varía desde amarillo a rojizo; la corteza exuda un látex blanco”. Por otro lado, es altamente susceptible al ataque de hongos e insectos. Sin embargo, “la madera es utilizada para elaborar las almas y caras de los tableros contrachapadas, además es un buen prospecto para carpintería en general, molduras y construcción” (COMAFORS 2010).

2.2. Propiedades físicas

Spavento *et al.* (2008) indican que, “las propiedades físicas de la madera son las que determinan su comportamiento ante los factores que intervienen en el medio ambiente natural, sin que éste actúe química ni mecánicamente en su estructura interna”. Haygreen y Bowyer (1982) añaden que, “las propiedades físicas son determinadas por tres características: la porosidad o proporción de volumen vacío; la organización de la estructura celular, incluye la microestructura de la pared celular, la variabilidad y proporción del tipo de células; y el contenido de humedad”.

“El comportamiento físico de la madera está estrechamente relacionado con las características anatómicas, la composición química de las paredes celulares y la naturaleza y cantidad de extractivos presentes. Asimismo, las propiedades físicas de la madera dependen de los factores que determinan su organización estructural” (Arroyo 1983):

- Cantidad de sustancia de la pared celular presente en una muestra cualquiera.
- Cantidad de agua presente en la pared celular.
- Proporción de los componentes primarios en la pared celular y la cantidad y naturaleza de las sustancias extrañas.
- Arreglo y orientación de los materiales en los diferentes tejidos.
- Tipo, tamaño, proporción y arreglo de las células que forman el tejido maderable.

La variabilidad de propiedades de la madera de una misma especie puede ocurrir entre árboles, en la madera de diferentes partes dentro de un mismo árbol y aún dentro de una misma pieza de madera. “Estas variaciones son en gran parte el resultado de los patrones de crecimiento de los árboles, influencias ambientales que afectan el crecimiento, tales como clima, suelo, humedad y competencia; además, velocidad de crecimiento, densidad y orientación del grano” (Arroyo 1983).

“La variabilidad es mayor dentro de un mismo árbol que entre los individuos de la misma especie que crecen en condiciones similares, y se presenta entre los anillos de crecimiento y en las direcciones radial y longitudinal” (Vásquez 2010). Panshin y De Zeeuw (1980) señalan que, “la variación dentro de un mismo árbol puede deberse a variaciones anatómicas y químicas de los elementos fibrosos; estas se pueden dar en dirección longitudinal (nivel de alturas) y en dirección transversal, es decir por cercanía o

lejanía de la médula; estos cambios pueden ser resultantes de envejecimiento del cambium”.

A esta variabilidad Zobel y Talbert (1994) “atribuyen a la presencia de madera juvenil que se forma en los anillos cercanos a la médula y presenta características diferentes a las que presenta la madera madura que se forma cerca de cambium vascular”.

Por otro lado, “las células más cortas se encuentran, usualmente, adyacentes a la médula” (Honjo *et al.* 1989; citado por Vásquez 2010). Panshin y De Zeeuw (1980) mencionan que, axialmente las dimensiones de las células aumentan en la base del tronco y disminuyen hacia la punta. Así también, Amaral (2014) reporta que, la longitud de las células disminuye de la base al ápice del árbol, y en el caso del diámetro de las células los mayores valores se encuentran en la parte media del árbol. Asimismo, Vásquez (2010) encontró que, “todas las dimensiones de las células presentan incremento en dirección médula-corteza”.

2.2.1. Contenido de humedad

Ananías (1992) indica que, “cuando el árbol es talado, su madera conserva una cierta cantidad de agua que se localiza tanto en los lúmenes celulares como en la pared celular y en otros espacios que pueden presentarse en la madera. La cantidad de agua existente en la madera puede variar mucho según la especie (pino o eucalipto), el tipo de madera (albura o duramen) y la edad de la madera (madera juvenil o adulta)”.

Pérez (1983) añade que, “en un árbol recién cortado, su madera contiene una importante cantidad de agua, variando el contenido según la época del año, la región de procedencia y la especie. Las maderas livianas por ser más porosas, contienen una mayor cantidad de agua que las pesadas”.

Para Aróstegui (1982), el contenido de humedad influye en el peso, resistencia mecánica, contracción y expansión, conductividad térmica y acústica, durabilidad, inflamabilidad y permeabilidad.

Gonzales (1996) manifiesta que, “la madera es higroscópica, absorbe o desprende humedad, según el medio ambiente. El agua libre desaparece totalmente al cabo de un período de tiempo, quedando el agua de constitución, el agua de saturación correspondiente a la humedad de la atmosfera que rodea a la madera, hasta conseguir un equilibrio, donde la madera está secado al aire”.

Además, Tuset (1989) indica que, “el CH de una madera está en relación con las condiciones ambientales del lugar y dentro de un mismo lugar, con las características del sitio en que la pieza será utilizada, especialmente si es colocada en el exterior de un edificio”. “El equilibrio higroscópico de una madera evidencia un estado sensible a los cambios ambientales, ya que el grado de humedad que la caracteriza en un momento dado, puede aumentar o disminuir, de acuerdo con las modificaciones de las condiciones de temperatura y humedad del aire. Como las condiciones ambientales de todos los sitios varían constantemente, ninguna madera se encuentra en equilibrio

estable, sino que el contenido de humedad sigue las fluctuaciones que le condiciona el medio ambiente”.

“El contenido de humedad de la madera influye sobre la relación madera - volumen, es decir, es afectado el peso y las dimensiones de la madera” (Ananías 1992).

“Los modelos existentes para determinar el CH son los métodos de pesada, destilación y el empleo de medidores eléctricos. El método de secado en estufa o pesada, es el más exacto y confiable, excepto cuando se emplea algunas maderas que contienen un porcentaje de sustancias volátiles, ya que en este caso se debe utilizar otro proceso. Este método tiene desventajas, puesto que es destructivo, teniendo que cortar la madera que se desea estudiar y la obtención de resultados no es inmediata, porque el tiempo mínimo requerido dependerá de la evaporación total de humedad de la madera” (Díaz 2005).

“El contenido de humedad (CH) que es la masa de agua contenida en una pieza de madera, expresada como porcentaje de la masa de la pieza anhidra. El peso anhidro es el peso que se obtiene cuando se coloca la madera en una estufa a 100 o 102 °C, hasta que se obtiene un peso constante”.

En Perú, en árboles procedentes de bosques secundarios y primarios residuales se determinó que, el contenido de humedad saturado de 59,9%, el contenido de humedad de equilibrio un 13% (Solano 2013). “En

muestras procedentes del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt determinaron el contenido de humedad de 61%” (Aróstegui *et al.* 1975).

Grigoriev (1985) manifiesta que, “el contenido de agua en el tronco de árbol creciente varía según la altura y el radio del tronco; según la altura del tronco la humedad de la albura en las especies frondosas no varía y la humedad del duramen disminuye por el tronco hacia arriba; en los árboles jóvenes la humedad es más alta y sus variaciones durante el año son mayores que en los árboles viejos”. Además, autores como Bamber y Burley, citados por Torres (2009) indican que, el contenido de humedad en la albura se incrementa con la altura.

“El contenido de humedad en dirección transversal presenta la tendencia de incrementar de la médula hacia la corteza (Shortle y Bauch, 1986). Con respecto a la variación en sentido longitudinal, los árboles tienen una mayor cantidad de agua en las partes altas comparadas con la encontrada en la base” (Desch y Dinwoodie 1981).

2.2.2. Densidad

Ananías (1992) describe que, “la densidad de la madera expresa la relación entre la masa de los distintos tipos de elementos que forman la madera y el volumen que ellos ocupan. Como la madera es un material poroso, debe considerarse al referirse a la densidad de la madera el volumen interno de espacios vacíos existentes”. Además, la densidad de la madera es un criterio usado para estimar las características de resistencia mecánica de la madera

satisfactoriamente. “Normalmente las maderas de mayor densidad presentan una mejor resistencia mecánica y una mayor cantidad de material leñoso, pero se dejan trabajar y tratar con mayor dificultad”.

“De la densidad depende en gran parte el comportamiento de la madera, su adaptabilidad a eventuales tratamientos y modificaciones” (Cuevas 2003). Por ello, “un aumento en el contenido de humedad trae como consecuencia un incremento de su masa en una proporción mayor que el incremento de su volumen y por ello la densidad aumentará”; además, “para efectos de comparación de la densidad entre especies se han normalizado los siguientes valores: densidad anhidra que es la masa al 12% de contenido de humedad entre volumen al 12% de contenido de humedad; densidad en el punto de saturación de las fibras (PSF) que es masa al 30% de contenido de humedad” (PADT–REFORT/JUNAC 1989).

- La densidad saturada, la relación que existe entre el peso verde y el volumen verde.
- La densidad seca al aire, la relación que existe entre el peso seco al aire y el volumen seco al aire.
- La densidad anhidra, la relación entre el peso seco al horno y el volumen seco al horno.
- La densidad básica, la relación entre el peso seco al horno y el volumen verde. Es la menor de las cuatro.

Cuadro 1. Clasificación de las maderas al 12% de contenido de humedad.

Clase	Densidad normal (g/cm ³)
	Latifoliadas
Muy livianas	< 0,5
Livianas	0,5 - 0,649
Pesadas	0,8 - 0,95
Muy pesadas	> 0,95

CAMPOS *et al.* (1990).

2.2.2.1. Densidad saturada

La densidad saturada o verde depende de las condiciones fisiológicas del árbol de acuerdo al estado fenológico en el que se encuentra; este parámetro da forma en condición natural del árbol y en la madera estacionada. “La densidad verde posee la madera en la planta viva, que se puede considerar que se halla con su máximo volumen. Se utiliza para cálculos de transporte de troncos hasta los sitios de elaboración” (Eduardo 1985).

2.2.2.2. Densidad básica

“Corresponde a la relación encontrada entre la masa anhidra de la madera y su volumen con humedad igual o superior al 30%. En la madera, por ser higroscópica, la masa y el volumen varían con el contenido de humedad; por lo que resulta importante expresar la condición bajo la cual se obtiene la densidad”. Esta es una de las propiedades físicas más importantes de la

madera, debido a que se encuentra directamente relacionada con las propiedades mecánicas y durabilidad que presentan las maderas (CORMA 2003).

Downes *et al.* (1997) indican que, “la densidad básica varía considerablemente entre especies, entre árboles y dentro de árboles individuales. Esta variación se debe tanto a factores propios de cada especie como a las interacciones con el medio ambiente; las características de la madera como: tipos de células, diámetros de lúmenes y espesor de las paredes celulares, así como el contenido de extraíbles, entre otras, también inciden en la variación de esta propiedad”.

Cuadro 2. Clasificación de las maderas según la densidad básica.

Grupo	Rango	Clasificación
I	Menos de 0,30 g/cm ³	Muy baja (MB)
II	De 0,30 a 0,40 g/cm ³	Baja (B)
III	De 0,41 a 0,60 g/cm ³	Media (M)
IV	De 0,61 a 0,75 g/cm ³	Alta (A)
V	Mayor de 0,75 g/cm ³	Muy alta (MA)

Aróstegui (1982).

Cuando la madera está seca, su densidad indica la cantidad aproximada de espacios libres (cavidades celulares) disponibles para contener líquidos, en consecuencia, cuando mayor es la amplitud de estas cavidades

celulares (lúmenes) menor será su densidad y mayor la absorción que pueda lograrse en la madera (Aróstegui 1984).

Aróstegui (1982) dice que, “el sistema de clasificación simple y práctico empleado, corresponde a la agrupación de las maderas según su densidad básica (DB), debido a su importancia en el uso y a su relación con la resistencia mecánica”.

- Grupo I: “se encuentran maderas que poseen generalmente buenas propiedades en cuanto a la contracción, tienen muy baja resistencia mecánica y generalmente son susceptibles al ataque de hongos e insectos. Estas maderas, se pueden utilizar en la construcción como aislantes, revestimientos, laminado y cajonería”.
- Grupo II: “estas maderas generalmente poseen buenas propiedades de trabajo con máquinas de carpintería, regular en cuanto a su contracción, presentan baja resistencia mecánica y también baja durabilidad natural”. Estas maderas por sus propiedades tecnológicas tienen los siguientes usos: cajonería liviana, moldurado, revestimiento y laminado.
- Grupo III: se caracterizan por su buen comportamiento al trabajo con máquinas de carpintería, regular en cuanto a sus propiedades de contracción, resistencia mecánica y durabilidad. De acuerdo a sus propiedades, estas maderas son utilizadas en la industria de la construcción: encofrados, revestimientos, estructuras clavadas y empernadas, así como en carpintería de obra (puertas y ventanas).

- Grupo IV: “las características tecnológicas más importantes de las maderas de este grupo, son: textura fina, propiedades de contracción de regular a mala, resistencia mecánica alta, especialmente flexión estática, compresión, cizallamiento y dureza. Durabilidad natural de regular a buena. Las maderas de este grupo son apropiadas para la construcción de estructuras (vigas y columnas), recubrimiento de exteriores, pisos y parquet”.
- Grupo V: estas maderas “se caracterizan por tener muy buena resistencia mecánica y alta durabilidad natural. Las propiedades tecnológicas de estas maderas las hacen apropiadas para construcción pesada, en estructuras empernadas y parquet”.

La densidad básica presenta tres tendencias generales de variación en dirección transversal como lo señala Panshin y De Zeeuw (1980). “Tipo I, el promedio de la densidad básica incrementa de la médula hacia la corteza. Tipo II, la densidad básica disminuye junto a la médula e incrementa cerca de la corteza y en el Tipo III, la densidad básica es más alta cerca de la médula que cerca de la corteza, disminuyendo en forma de línea recta o en curva. Con respecto a la dirección longitud, la densidad básica incrementa con la altura en el árbol para especies con bajo porcentaje de madera tardía” (Brolin *et al.* 1995).

2.2.2.3. Densidad anhidra

La densidad anhidra es la “relación natural entre el peso de una madera estacionada que se halla en equilibrio con la atmósfera, y el volumen

correspondiente a esas condiciones. En general se toma que su humedad es del 12%, valor más frecuentemente encontrado en estas condiciones. La densidad seca se define como la relación entre el peso y el volumen del material exento de agua, es decir secado a 105 - 110°C" (Eduardo 1985). Álvarez y Fernández (1992) aseveran que, "la densidad anhidra (DA), es la relación existente entre peso seco al horno (PSH) y el volumen seco al horno (VSH)".

2.2.3. Cambio dimensional

Los cambios dimensionales en la madera suceden cuando el contenido de humedad varía por debajo del PSF. "La contracción y expansión de la madera son diferentes para las tres direcciones: axial, radial y tangencial" (JUNAC 1984). "Estos cambios dimensionales se debe principalmente a la pérdida o entrada del agua higroscópica entre la estructura celulósica de la pared celular. El agua libre no tiene ninguna influencia en estos cambios". "La estabilidad dimensional de la madera se puede observar mediante la relación entre la contracción tangencial y radial, este índice de estabilidad cuando se acerca a uno significa que la madera es más estable y tiene buen comportamiento al secado" (Aróstegui 1982).

Tuset (1989) manifiesta que, a "los efectos de la contracción e hinchamiento tiene importancia fundamental, solamente la humedad absorbida por las paredes celulares. Los límites generalmente aceptados en los cuales la madera contrae o hincha debido a la pérdida o ganancia de humedad, están ubicados entre 0% y el 30%". "La contracción o hinchamiento de la madera

normal en dirección tangencial o radial, deben ser tomados en cuenta en su utilización. La relación entre contracción tangencial y la radial es un indicador del comportamiento de una madera respecto a su estabilidad dimensional”.

Panshin y De Zeeuw (1980) indica que, “la estructura anatómica es la razón básica de la contracción e hinchamiento, principalmente a la estructura de la pared celular y en parte a la presencia de radios que dificultan la variación en el sentido radial. Dichas variaciones dimensionales que normalmente ocurren son valores distintos en las diferentes direcciones de crecimiento del árbol siendo responsables de la formación de grietas, rajaduras y torceduras que dificultan la acción de encolamiento que representan un constante obstáculo al uso eficiente de la madera igualmente la variación dimensional es afectada por otros factores como la estructura anatómica, el contenido de extractivos composición química y tensiones de crecimiento”.

León y Espinoza (2001) manifiestan que, “la contracción y expansión es para efectos prácticos una función lineal del contenido de humedad. La contracción y la expansión presentan valores diferentes en las tres direcciones de la madera. La contracción longitudinal (CL) es del orden del 0,1%. La contracción tangencial (CT) y la contracción radial (CR) son las principales responsables del cambio volumétrico”.

2.2.3.1. Contracción de la madera

Para Arroyo (1983), “la contracción de la madera es la reducción dimensional que experimenta la madera cuando pierde humedad por debajo

del punto de saturación de las fibras; la contracción longitudinal es generalmente bastante pequeña; la mayoría de especies presentan valores promedios de contracción de 0,1 y 0,2% de verde a anhidro, este rango lo amplía Espinoza De Pernía y León (2001), al mencionar que la contracción longitudinal en madera normal oscila entre 0,1 y 0,3 %”.

“La contracción en la dirección tangencial es siempre más importante que la contracción radial y más característico del comportamiento de una madera en cuanto a estabilidad durante el proceso de secado (Tuset 1989). La contracción corrientemente se estudia en tres modalidades: radial, tangencial y volumétrica; la relación tangencial - radial permite predecir si la madera sufrirá agrietamientos, torceduras u otros defectos durante el secado” (JUNAC 1984).

“La madera densa (mayor densidad) tiende a contraerse porque carece de espacios en las cavidades celulares (lúmenes), ocurriendo lo contrario en madera menos densas “(Álvarez y Fernández 1992). Aróstegui (1982), “se puede correlacionar densidad y contracción, manifestando que las maderas con mayor densidad tienen mayor contracción que las maderas de menor densidad”.

En cuanto a la relación de la densidad con la contracción volumétrica de la madera, Espinoza De Pernía y León (2001) “indican que, como regla general se podría decir que la contracción volumétrica es proporcional a la densidad de la madera. La reducción del volumen de la

madera durante la evaporación del agua se llama contracción volumétrica” (MINISTERIO DE AGRICULTURA 1988; Grigoriev 1985). “La relación T/R permite predecir si la madera sufrirá agrietamientos, torceduras u otros defectos durante el secado” (MINISTERIO DE AGRICULTURA 1988; Grigoriev, 1985).

Cuadro 3. Clasificación de las maderas según la contracción volumétrica.

Grupo	Rango	Clasificación
I	Menor de 7%	Muy baja (MB)
II	De 7,1 a 10%	Baja (B)
III	De 10,1 a 13%	Media (M)
IV	De 13,1 a 15%	Alta (A)
V	Mayor de 15,1%	Muy alta (MA)

ARÓSTEGUI (1982).

Cuadro 4. Clasificación de las maderas según la estabilidad dimensional.

Grupo	Rango (T/R %)	Clasificación	Estabilidad
I	Menor de 1,5%	Muy baja (MB)	Muy estable (ME)
II	De 1,51 a 2%	Baja (B)	Estable (E)
III	De 2,1 a 2,5%	Media (M)	Moderadamente Estable (M)
IV	De 2,51 a 3%	Alta (A)	Inestable (I)
V	Mayor de 3,1%	Muy alta (MA)	Muy inestable (MI)

Aróstegui (1982).

“Las maderas con relación entre coeficientes T/R mayor a 2 presentan elevada tendencia a deformación, siendo problemática su utilización en muebles y carpintería” (Vignote 2000).

Por otro lado, las contracciones volumétricas y lineales varían con relación a su posición en el árbol; Panshin y De Zeeuw (1980) “indican que, en la madera juvenil la contracción longitudinal es más alta cerca de la médula, disminuyendo rápidamente hacia la parte exterior del periodo de crecimiento juvenil, este cambio en la magnitud de las contracciones longitudinales está relacionado con el incremento en la longitud de las células y contenido de celulosa. En la madera madura, las contracciones longitudinales y volumétricas, están relacionadas directamente con la densidad básica, longitud de las células”.

2.3. Antecedentes de estudios similares

Al determinar de las propiedades físicas a tres alturas del fuste de huamanzamana (*Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.) en Tingo María, Aguirre (2009) obtuvo como resultado: un contenido de humedad de 98,72% en el nivel basal, 98,42% en nivel medio y 92,49% en el nivel apical; una densidad saturada de 0,65% en el nivel apical del fuste, 0,58% en el nivel medio y basal para el uno y otro; una densidad básica de 0,34 g/cm³ en el nivel apical del fuste, 0,29 g/cm³ para los niveles base y medio del fuste; una densidad anhidra de 0,38 g/cm³ en el nivel ápice, 0,35 g/cm³ en el nivel base y 0,34 g/cm³ en el nivel medio. Además, obtuvo una contracción tangencial de 9,78% en el nivel

base, 8,29% en el nivel medio y 6,59% en nivel apical del fuste, Presentaron contracción radial de 5,29% en la base, 5,09% en el nivel medio y 4,24% en el nivel ápice. En la contracción longitudinal presentaron 0,40% en los niveles base y ápice para ambos y 0,39% en el nivel medio. La contracción volumétrica en el nivel base presentó 18,39%, el nivel medio presentó 15,68% y el nivel ápice alcanzó 12,26%. La Contracción de la relación T/R presentó 1,91 para el nivel base, 1,65 para el nivel medio y 1,57 para el nivel ápice.

Quispe (2016) determinó las propiedades físicas de *Zanthoxylum riedelianum* Engl (hualaja) a tres niveles, tres secciones transversales y dos orientaciones del fuste donde como resultado obtuvo que la humedad saturada disminuye de la sección transversal de interno hacia externo (88,13 – 72,44%), la humedad seca al aire incrementa de la sección transversal interno hacia externo (14,7 – 14,92%). En caso de la densidad saturada es mayor en el nivel basal (0,92 g/cm³), mientras que los niveles medio y ápice coincidieron en el valor (0,82 g/cm³), la densidad anhidra y la densidad básica disminuyen del nivel base hacia el ápice del fuste (0,58 – 0,51 g/cm³ y 0,51 – 0,45 g/cm³ respectivamente); en las secciones transversales, la densidad saturada, la densidad anhidra y la densidad básica incrementa de interno hacia externo (0,79 – 0,92 g/cm³ de DS, 0,47 – 0,61 g/cm³ de DA y 0,42 – 0,54 g/cm³ de DB). Las densidades determinadas de las orientaciones cardinales fueron similares. En caso de la contracción longitudinal y radial no presentaron diferencias estadísticas significativas en los factores. Mientras que, la contracción tangencial fue mayor en el medio del fuste (8,58%) e inferior en la parte ápice (6,95%); asimismo, la contracción volumétrica es mayor en el medio del fuste

(11,78%) e inferior en el ápice (9,87%); y la relación T/R incrementa de la base (1,89) al ápice (1,66).

Algunos autores determinaron la densidad básica para la especie *Brosimum utile*, donde en Quito - Ecuador COMAFORS (2010) obtuvo 0,40 g/cm³, en Perú MADEXO (2017) obtuvo 0,49 g/cm³, en Puerto Esmeraldas – Ecuador, el MINISTERIO DEL AMBIENTE (2014) obtuvo 0,40 g/cm³, el INIA (1999) obtuvo de 0,49 g/cm³, y en Alexander Von Humboldt Aróstegui *et al.* (1975) obtuvo 0,47 g/cm³.

Respecto a otras densidades, *Brosimum utile* presenta valores de acuerdo MINISTERIO DEL AMBIENTE (2014) donde obtuvo en Puerto Esmeraldas en Ecuador de 1,02 g/cm³ en densidad saturada y 0,46 g/cm³ para la densidad anhidra; en Perú Solano (2013) obtuvo la densidad saturada de 0,74 g/cm³, la densidad seca al aire de 0,55 g/cm³, la densidad anhidra de 0,52 g/cm³ y la densidad básica de 0,46 g/cm³. Por ello, Jost (2006) encontró que, la densidad básica, anhidra y las contracciones radiales disminuyen mientras más se acercan a la altura de los árboles.

La especie *Brosimum utile* presenta contracciones de acuerdo Aróstegui *et al.* (1975), donde en Alexander Von Humboldt determinó una contracción radial de 3,95%, la contracción tangencial de 6,55%, la relación tangencial/radial fue 1,71 y la contracción volumétrica fue 9,48%. Para Inia (1999) presenta una contracción tangencial de 6,88%, contracción radial de 3,71%, contracción volumétrica 6,69% y relación tangencial/radial de 1,90. En

Perú (Solano 2013) obtuvo una contracción tangencial de 6,99%, contracción radial de 4,08%, la contracción longitudinal de 0,46%, contracción volumétrica de 11,20% y la relación tangencial/radial de 1,77.

En Costa Rica, Moya y Arce (2003) determinaron la densidad básica (DB) y la contracción de la madera de teca (*Tectona grandis* Linn F.) con dos distanciamientos y 10 años de edad. La densidad básica resultó mayor en el espaciamiento de 3 m x 3 m, mientras que las contracciones de la madera fueron mayores en el espaciamiento de 6 m x 2 m. Se concluye que cuando se trata de árboles de 10 años de edad la densidad básica no es un buen indicativo para predecir las contracciones de la madera de teca.

En Argentina, Jovanovski *et al.* (2002) estudiaron el ancho de anillo, la densidad básica de la madera y su variación y la relación entre ancho de anillo y densidad en *Pinus ponderosa* (Dougl. Ex. Laws) creciendo en tres localidades de la Patagonia andina argentina. Los valores de densidad básica promedio en las localidades andino patagónicas de Estancia Santa Lucía, Esquel y Estación Experimental INTA Trevelin son levemente menores a los obtenidos en regiones de origen de Estados Unidos. La variación de la densidad en el sentido radial sugiere que el aumento de la misma en el radio mantiene una tendencia creciente hasta los 45 años, que es el límite superior de edad de los árboles adultos incluidos en este trabajo.

En Argentina, Monteoliva *et al.* (2002) estudiaron el patrón de variación axial intraclonal de la densidad básica de la madera en 8 clones del

género *Salix* (sauces) y determinaron la variabilidad entre clones. Los mayores valores de densidad se detectaron en las muestras a 1,30 m y en algunos clones se registró variación significativa respecto a la altura elegida para efectuar la comparación.

En Venezuela, Velásquez *et al.* (2009) realizaron la caracterización del patrón de variación axial y radial del peso específico seco en la madera de *Erismia uncinatum* (mureillo). Las muestras se tomaron a tres niveles de altura (1,30 m, 30% y 60% de la altura comercial) y la evaluación radial se realizó sobre cinco puntos equidistantes en la dirección radial médula-corteza (0, 25, 50, 75, 90%). No hubo variación entre árboles en comparación con el efecto distancia radial dentro de cada individuo. La variación radial del peso específico mostró un incremento lineal positivo médula-corteza ($R^2=0,68$), con una variación de 22%, evidenciándose una demarcación preliminar entre madera juvenil y adulta, a partir del 50% de la dirección de los radios celulares. La variación axial disminuye con la altura del árbol y es menos consistente que la radial, apenas un 13%. La edad fisiológica de las células del cambium vascular es un factor importante que determina la variación del peso específico en la madera de *E. uncinatum*.

2.4. Descripción de la Comunidad Nativa Yamino

La comunidad nativa de Yamino, antes ubicados a orillas del río Tigre con el nombre de Nueva Esperanza. Según sus antepasados le pusieron ese nombre cuando se encontraban en guerra con otras Etnias, cuando existía

un hombre al que le balearon y no murió se decía que era un hombre fuerte, no quería morir, ese héroe se llamaba Yamino (hombre fuerte) "Yami" que significa fierro y "no" persona de otro sitio. Ellos pensaron que como era una persona de fierro no murió. En la actualidad Yamino es un nombre que las madres ponen a sus hijos. La Comunidad Nativa Yamino fue creada en 1996 y se fundó en el año 2004 su aniversario lo celebran del 19 al 21 de abril, tiene un área total de 30.537,7 ha, es rica en recursos ecológicos turísticos, tiene una diversidad de flora y fauna; con ella mujeres emprendedoras asociadas a la artesanía, los comuneros se dedican a los sembríos de plátano, maíz, papaya, cacao entre otros, además de la artesanía y crianza de animales menores y turismo. Yamino en la actualidad, ofrece a los turistas o visitantes costumbres étnicas, gastronomía, circuito turísticos de turismo vivencial, además del idioma Cacataibo lengua nativa. Dentro de los potencial de flora Yamino tiene un Plan General de Manejo Forestal (PGM) vigente en un área 10.013,56 ha para trabajos de hasta dos quinquenios, con una división administrativa de 10 Parcelas de Corta Anual denominadas Plan Operativo PO, con diferentes especies maderables de valor comercial mega diverso que deberían garantizar el equilibrio económico de la Comunidad, sin embargo a pesar de contar con recursos forestales valiosos, de los que habitan en la Comunidad algunos se encuentran en condiciones desfavorables.

En la Ley N° 29763 – Nueva Ley Forestal y de Fauna Silvestre y su Reglamento 018, se promulgan como estrategia oficial para mejorar la gestión de los recursos forestales, por lo que la formulación e implementación de planes de manejo se convierten en un requisito legal para el acceso al

aprovechamiento de los recursos maderables y no maderables con fines industriales y/o comerciales. La Comunidad Nativa Yamino es una de las 231 comunidades existentes en la región Ucayali, pertenece a la etnia Cacataibo, Desde el año 2002 vienen implementando el manejo forestal del bosque, bajo el Contrato en alianza estratégica con la Empresa HF Negocios Forestales SAC, logrando avanzar favorablemente en el manejo de los recursos forestales, a tal nivel que desde el 2016 pasó la supervisión del Organismo de Supervisión Forestal (OSINFOR) con responsabilidad social en la administración de sus recursos y la distribución equitativa de las utilidades monetarias, siendo considerada en la actualidad como ejemplo a nivel de la Provincia de Padre Abad.

La Comunidad Nativa Yamino políticamente pertenece al distrito y provincia de Padre Abad, región Ucayali. Geográficamente se ubica en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Cordillera Azul, asentada en la margen izquierda del río Shambo aguas abajo, cuyo acceso es por vía terrestre, el tiempo de viaje es de 35 minutos hasta la Comunidad desde Aguaytia con autos o camionetas y al área de manejo 1.5 horas en camioneta, y 3 horas en Camión Plataforma, los límites del territorio corresponden a:

Norte: Parque Nacional Cordillera Azul

Sur: Caseríos, Shambo, Paujil, Hormiga

Este: Comunidad Nativa Santa Rosa, Comunidad Nativa Mariscal Cáceres

Oeste: Parque Nacional Cordillera Azul.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se ejecutó en varias etapas; donde para la extracción de los tucos (madera) de los árboles seleccionados fue en la parcela de corta N°05 del plan operativo N°03 de la Comunidad Nativa Yamino, con número de permiso 25-CP-09/P-MAD-DG-005-15 y con su representante legal Marcelo Odicio Angulo; en caso de la preparación de las probetas para el estudio se realizó en el ambiente del Laboratorio Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal perteneciente a la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva; mientras que, para la evaluación las propiedades físicas de la especie se utilizó el ambiente del laboratorio de Anatomía de la Madera perteneciente a la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal, adscrita a la Facultad de Recursos Naturales Renovables – UNAS.

3.1.1. Ubicación política

La Parcela de Corta N° 5 del Plan Operativo N° 3, políticamente se encuentra ubicada en el interior del área de Manejo Forestal del Bosque de la Comunidad Nativa Yamino; donde pertenece al centro poblado Boquerón, distrito y provincia de Padre Abad, región Ucayali.

El área del Laboratorio Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal y el laboratorio de Anatomía de la Madera, ambos pertenecientes a la Universidad Nacional Agraria de la Selva; se encuentra ubicada en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco.

3.1.2. Ubicación geográfica

La Comunidad Nativa Yamino está asentada en la margen izquierda del río Shambo aguas abajo, cuyo acceso es por vía terrestre mediante la carretera enripiada, con camionetas o camiones (70 km). Ubicada por el norte el Parque Nacional Cordillera Azul, por el sur los caseríos Shambo, Paujil y Hormiga, por el este la Comunidad Nativa Santa Rosa y Mariscal Cáceres, y por el oeste el Parque Nacional Cordillera Azul. La parcela de corta presenta cuatro vértices con sus respectivas coordenadas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Coordenadas de la PC N° 5 de la CC.NN Yamino.

Vértices	Este	Norte
V1	427640	9032893
V2	432546	9032890
V3	431262	9030298
V4	425087	9030380

Fuente: Plan Operativo 03 de la CC.NN Yamino.

La ubicación geográfica del Laboratorio de Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal y del laboratorio de Anatomía de la

Madera de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, se tiene ligera variación de la altitud sobre el nivel del mar (Cuadro 6).

Cuadro 6. Coordenadas de los ambientes de los laboratorios.

Ambientes	Este	Norte	Altitud
Laboratorio Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal	390380	8970785	660
Laboratorio de Anatomía de la Madera	390206	8970807	661

3.1.3. Características climáticas y zonas de vida

Según el estudio climatológico de la cuenca del río Aguaytía la mayor precipitación se presentan en el sector Oeste, zona andina, entre 3,000 y 5,000 mm (Gómez *et al.*, 1992; citados por IIAP, 2001). Asimismo, en zonas cercanas y con características similares al Velo de la Novia, durante un estudio de impacto ambiental de la Empresa Petrolífera Petroleum del Perú S.A.C., se ha registrado un clima súper húmedo, es decir, presenta una precipitación excesiva durante todo el año, con disminución entre los meses de mayo hasta septiembre (GOREU 2009).

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Material vegetativo

- Cuatro árboles seleccionados al azar de *Brosimum utile* (Kunth) Oken, “panguana” procedente de la Comunidad Nativa Yamino (Noack s/d).

3.2.2. Materiales y equipos de campo

- Cinta métrica de 30 metros, se utilizó para determinar la longitud de los árboles y ubicar los niveles: basal, medio y apical del fuste.
- Plumón indeleble, para la codificación de los tucos.
- Motosierra, para la tala de árboles, trozado y habilitación de la madera para la facilidad del transporte.
- Receptor GPS Garmin MAP 64s, para registrar las coordenadas de los árboles a talar y de los ambientes de los laboratorios en la UNAS.
- Brújula Suunto, para marcar las orientaciones de los árboles.
- Clinómetro Suunto PM5/1520 utilizado para registrar la altura comercial y altura total del árbol en pie.
- Cámara fotográfica, para la captura de imágenes en cada actividad.
- Prensa botánica, para la herborización de muestras botánicas.
- Formulario de campo, para registro de datos de las variables.

3.2.3. Materiales y equipos de taller

- Garlopa eléctrica, para realizar el canteado de los tablones.
- Sierra disco, para la obtención de los listones y las probetas.
- Formones, para la limpieza de restos de madera que se adhieren en los dientes de la sierra disco.

- Plumón indeleble, para la codificación de las probetas.

3.2.4. Materiales y equipos de laboratorio

- Balanza digital con precisión de 0,01 g, para el registro del peso de las probetas.
- Vernier Stanley Digital Caliper con precisión de 0,001 mm, para registrar la longitud de las probetas.
- Micrómetro digital Mitutoyo IP65 con precisión de 0,001 mm, para registrar el ancho de las probetas.
- Estufa eléctrica Memmert, para el secado de las probetas.
- Hornilla eléctrica, para calentar el recipiente que contendrá la parafina.
- Soporte universal, para sujetar el punzón que estará con la probeta a parafinar.
- Pinza de metal, para retirar las probetas de la estufa y luego colocarlo en el desecador.
- Desecador, para emplear como recipiente para las probetas y evitar ganancia de humedad.
- Parafinas, para bloquear la entrada de agua por las estructuras de las probetas.
- Punzón, para la codificación de las probetas y parafinar.

- Recipiente descartable, para mantener la parafina en estado líquido.
- Agua destilada, para determinar el volumen seco de las probetas.

3.3. Metodología

La metodología para ejecutar la investigación, estuvo enmarcado en protocolos que se basan en la norma Técnica Peruana N° 251.008.2016 (para selección y colección de muestra).

3.3.1. Área de muestreo y ubicación de la especie

La muestra fue tomada del área de la parcela de corta N° 05 del plan operativo N° 03, ubicado en el interior del bosque primario de la CC.NN. Yamino. Para Noack (1970) la precisión de los resultados, con fines prácticos de orientación en las propiedades tecnológicas, es suficiente de +/- 15% de precisión del promedio; por ello se consideró cinco árboles elegidos al azar. En el Plan Maestro que enmarcaba desde el año 2011 al 2016, indica que, la comunidad nativa Yamino se encuentra dentro de la zona de amortiguamiento de Parque Nacional Cordillera Azul; con las siguientes formaciones de ecosistemas:

3.3.2. Selección y colección de muestras

Para determinar la cantidad de muestras (árboles) se consideró lo especificado en la Norma Técnica Peruana 251.008 "Selección y colección de

muestras”, la cual recomienda una seguridad estadística del 95% y un intervalo de confianza de $\pm 15\%$, por ello se consideró cinco árboles, con clase diamétrica más abundante entre los individuos (específicamente estuvo enfocado en individuos con ≥ 25 cm de dap). La selección de los individuos (árboles) se realizó de manera aleatoria en el interior de cada estrato. Una vez ubicado, se tomó un rumbo y una distancia obtenida al azar mediante una tabla de números aleatorios, de esta manera se ubicó los individuos.

Considerando la norma en mención se escogió cinco árboles al inicio del estudio, los cuales fueron identificados por materos que conformaron parte del equipo técnico a cargo del inventario para el aprovechamiento de la comunidad nativa, luego estos individuos fueron extraídos y después que se realizó el estudio y las muestras fueran enviadas al herbario HOXA, se tuvo que eliminar los datos de un individuo por pertenecer a otra especie que era ajeno a lo considerado en el presente estudio (ver constancia de identificación del Anexo).

3.3.3. Tala e identificación botánica

La tala del árbol se realizó por un personal que laboraba en la empresa y presentaba experiencia laboral en dicha actividad.

Para la identificación del material botánico o de la especie, se tomó cinco muestras botánicas con tres duplicados del árbol talado. Posteriormente se prensó las muestras entre cartón corrugado y papel periódico, las cuales fueron secadas en la estufa a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 72 horas. Finalmente se realizó el

montaje de las muestras y se enviaron dichas muestras al jardín botánico MISSOURI Oxapampa, para su respectiva identificación.

Cuadro 7. Características de los árboles talados para el estudio.

Árbol	Dap (cm)	HT (m)	HC (m)	Coordenadas	
1	98	25	20	428508	9030332
2	110	24	22	428571	9030373
3	90	20	17	428617	9030383
5	110	23	20	428719	9030336

3.3.4. Procesamiento de tucos

El fuste del árbol fue medida hasta el punto donde se consideraba como altura comercial, luego fue dividida en tres niveles, entre ellas base, medio, ápice; se recortó tucos de 50 cm de longitud por cada nivel, considerando para el nivel base cercano al tocón, para el nivel medio la parte media de la altura comercial y para el nivel ápice antes de la primera bifurcación del fuste. Como actividad consecutiva se realizó el aserrado de los tablones que fueron codificados de acuerdo a los factores en estudio (Figura 45 del anexo B).

3.3.5. Transporte de las muestras

Las quince muestras (tablones) en total de los cinco árboles fueron trasladadas desde parcela de corta N° 05, plan operativo N° 03 de la CC.NN.

Yamino hasta el Laboratorio Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal - UNAS para su transformación en probetas.

3.3.6. Preparación de probetas

Los tablones se reaserraron en listones, de los cuales luego se prepararon probetas con dimensiones establecidas (3 cm x 3 cm x 10 cm), con sus respectivas secciones, entre ellas tangencial, radial y longitudinal por cada nivel de fuste (Figura 46 del Anexo B). Además, de acuerdo el arreglo factorial que se empleó: 3 niveles de fuste (base, medio y ápice) por 2 orientaciones cardinales (este y oeste) por 3 tres secciones transversales (interno, centro y externo) y por 5 repeticiones, se obtuvieron un total de 90 probetas.

3.3.7. Codificación de probetas

Cada probeta fue codificada detalladamente, siendo los códigos de la siguiente manera: número de árbol (1, 2, 3, 4 y 5), nivel de fuste (B, M y A), orientación cardinal (Este y Oeste) sección transversal (E, C, I).

Ejemplo: 1 B E E

Donde:

1 : Probeta del árbol (1).

B : Nivel base del fuste (B).

E : Orientación cardinal (Este).

E : Sección transversal (Externo).

3.3.8. Determinación de las propiedades físicas

Para la determinación de las propiedades físicas, se consideró la norma técnica peruana (NTP), entre ellos se indican a:

- Contenido de humedad : 251.010. 2016
- Densidad : 251.011. 2016
- Contracción : 251.012. 2016

3.3.8.1. Determinación del contenido de humedad

– Humedad saturada

Para obtener esta variable se procedió a pesar las probetas en estado húmedo, luego se colocaron las probetas en la estufa para su secado hasta una temperatura de 103 °C (Figuras 48 y 49 del anexo B), donde se registraba diariamente el peso hasta obtener peso seco constante. Donde la fórmula para determinar el contenido de humedad saturada fue:

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

Donde:

CH (%) = contenido de humedad saturada.

Ph = peso húmedo o saturado (g).

Psh = peso seco al horno (g).

– **Humedad seca al aire**

Las probetas fueron secados al aire hasta que se registraba un peso constante que se obtuvo a los 80 días; y para obtener el peso seco fueron trasladadas a la estufa provisto de un termostato, este proceso consistió en aumentar gradualmente la temperatura, donde fueron: 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 103 °C, a esta última permaneció durante un periodo no menor de 24 horas hasta obtener un peso constante de las probetas; luego se retiró las probetas de la estufa y fueron colocados en el desecador durante 15 minutos, después se registró el peso seco al horno (Psh).

$$CH(S) = \frac{Ps_{al aire} - Psh}{Psh} \times 100$$

Donde:

CH (s) = contenido de humedad en estado seca al aire (%).

Ps = peso seco al aire (g).

Psh = peso seco al horno o anhidra (g).

3.3.8.2. Determinación de la densidad

– **Densidad saturada:**

Para determinar esta variable, en primer lugar se registró el peso húmedo (Ph) de las probetas recién cortadas en estado húmedo; en segundo

lugar se registró el volumen húmedo (V_h), que se obtuvo en forma indirecta mediante el principio de Arquímedes (Figura 52 del Anexo B), el cual consistió en utilizar un recipiente contenido con agua con un volumen determinado, luego se sumergió la probeta sin tocar el fondo del recipiente, registrando el incremento del volumen del agua, el cual representó el volumen de la probeta.

$$DS = \frac{Ph}{V_h}$$

Donde:

DS = Densidad saturada (g/cm^3).

Ph = Peso húmedo (g).

V_h = Volumen húmedo (cm^3).

– **Densidad básica:**

Para obtener esta variable, en primer lugar se registró el peso seco al horno, para ello se colocaron las probetas en la estufa con un incremento de temperatura diariamente, iniciando a 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, y 103 °C, esta última permaneció un periodo no menor de 24 horas; luego se retiraron las probetas de la estufa, se colocaron en un desecador por un periodo de 20 minutos hasta que se enfríe y se procedió a registrar el peso seco al horno. El volumen húmedo se registró de la misma forma que se consideró en la variable densidad saturada.

$$DB = \frac{P_{sh}}{V_h}$$

Donde:

DB = densidad básica (g/cm³).

Psh= peso seco al horno (g).

Vh = volumen húmedo (cm³).

– **Densidad anhidra:**

Asimismo, para determinar esta variable, en primer lugar se registró el peso seco al horno (considerando el proceso para la densidad básica); mientras que, para el volumen seco al horno (Vsh) las probetas fueron parafinadas para determinar en forma indirecta por inmersión en agua de acuerdo al principio de Arquímedes, el valor se obtuvo mediante la fórmula:

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

Donde:

DA = densidad anhidra (g/cm³).

Psh= peso seco al horno (g).

Vsh= volumen seco al horno (cm³).

3.3.8.3. Determinación de la contracción

Para determinar esta propiedad se registró las dimensiones de cada probeta, considerando la cara radial, tangencial y longitudinal en

condición húmeda (recién cortadas) y seca al aire (seca en la estufa, donde el calentamiento fue gradual por cada día, iniciando a 30, 40,50, 60, 70, 80, 90, y finalmente a 103 °C), luego de 24 horas se retiraron las probetas a un desecador por 20 minutos y luego se registró las dimensiones de las probetas utilizando el vernier para la longitud y en caso del ancho y espesor se utilizó un micrómetro.

– Contracción tangencial total

La fórmula utilizada fue el siguiente:

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

Donde:

CTt = Contracción tangencial total (%).

Dth = Dimensión tangencial humedad (cm).

Dtsh = Dimensión tangencial seca al horno (cm).

– Contracción radial total

La fórmula considerada fue el siguiente:

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

Donde:

CRt = Contracción radial total (%).

Drh = Dimensión radial húmeda (cm).

Drsh = Dimensión radial seca al horno (cm).

– **Contracción longitudinal total**

La fórmula utilizada fue el siguiente:

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

Donde:

CLt = Contracción longitudinal total (%).

Dlh = Dimensión longitudinal húmeda (cm).

Dlsh = Dimensión longitudinal seca al horno (cm).

– **Contracción volumétrica total**

Se utilizó la fórmula siguiente:

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

Donde:

CVt = Contracción volumétrica total (%).

Vh = Volumen húmedo (cm³).

Vsh = Volumen seco al horno (cm³).

– Relación tangencial/radial

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

$$Relación = \frac{CTt}{CRt}$$

Donde:

CTt = Contracción tangencial total (%).

CRt = Contracción radial total (%).

3.4. Diseño de la investigación

3.4.1. Diseño explicativo - correlacional

El diseño asumido en el estudio fue en bloques completamente aleatorizado (DBCA), con un arreglo trifactorial de 3 niveles del fuste (base, medio y ápice) x 3 secciones transversales (interior, centro y exterior) x 2 orientaciones cardinales (Este y Oeste) x 4 repeticiones (árboles).

Se resalta que la cantidad de árboles en relación a la norma técnica que recomienda (cinco árboles) fue disminuida en una unidad, debido a que al momento de la identificación en el herbario HOXA se encontró que una especie pertenecía al mismo género como es el caso del *Brosimum*, pero correspondía de otro nombre específico, ya que en el estudio se consideró *B. utile*, mientras que un individuo fue identificado como *B. multinervium* (constancia del Anexo).

3.4.2. Unidad experimental

La unidad experimental estuvo representada por un individuo de *Brosimum utile* (Kunth) Oken. “panguana”; del cual, se describió la variable respuesta, es decir las propiedades físicas a estudiar (densidad, humedad y contracciones). Las observaciones consistieron en usar probetas de los niveles (base, medio y ápice), orientación cardinal (este oeste), sección transversal (interno, centro y externo) del fuste; asimismo, se describió su comportamiento sometidas a los ensayos de contenido humedad, densidad y contracción.

3.4.3. Modelo estadístico

– Modelo aditivo lineal

Los grados de libertad para este diseño, fue el siguiente:

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

Donde:

Y_{ijk} = Variable respuesta.

μ = media poblacional

β_i = influencia de los bloques

a_j = Nivel de fuste (base, medio, ápice).

b_k = Orientación cardinal (E – O).

c_l = Sección transversal (Externo, centro e interno).

ab_{jk} = Interacción de la variable a y b, a niveles j, k.

ac_{jl} = interacción de la variable a y c, a niveles j, l.

bc_{kl} = interacción de la variable b y c, a niveles k, l.

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

e_{ijkl} = Un componente del error aleatorio.

El ANVA es una técnica estadística que sirve para analizar la variación total de los resultados experimentales, descomponiéndole en fuentes de variación independientes atribuibles a cada uno de los efectos en que constituye el diseño. El análisis de varianza se realizó considerando el siguiente esquema:

Cuadro 8. Esquema del análisis de varianza (ANVA).

Fuente de variación	Grados de libertad
Bloque	3
Factor A	2
Factor B	1
Factor C	2
Interacción A X B	2
Interacción A X C	4
Interacción B X C	2
Interacción AX B X C	4
Error experimental	51
Total	71

Características del experimento:

Factor (A)	: Niveles de fuste.
Factor (B)	: Orientación cardinal.
Factor (C)	: Sección transversal.
Tratamiento	: 18.
Repeticiones	: 4 (árboles).
Nº total de probetas	: 72.

3.4.4. Análisis de los datos

Como primera actividad se realizó la tabulación de los datos en una hoja de cálculo Ms Excel 2010, en ello se elaboró una matriz de datos que se caracterizó por códigos numéricos para expresar los niveles de cada factor en estudio y los valores de las variables dependientes que presentaba cada unidad de estudio (matrices del anexo), posteriormente exportó dicha matriz al programa estadístico SPSS v. 23 en donde se realizó la obtención de un cuadro estadístico (media, desviación estándar y el coeficiente de variación), luego se realizó el análisis de la varianza con la finalidad de contrastar las hipótesis para cada variable dependiente y en caso de encontrar significancia estadística se procedió a realizar la comparación de medias mediante la prueba Tukey en donde se obtuvo resultados en la mayoría de los efectos principales y solo en la densidad básica y densidad anhidra se realizó la obtención de los efectos simples entre el factor niveles del fuste y la sección transversal.

IV. RESULTADOS

4.1. Determinación del contenido de humedad saturada y seca al aire de *Brosimum utile* (Kunth) Oken “panguana” a lo largo del eje longitudinal y transversal

4.1.1. Contenido de humedad saturada

De las 72 probetas de la especie *Brosimum utile* (Kunth) Oken, el promedio total del contenido de humedad saturada fue 74,71%; del cual, el menor valor promedio se registró para las probetas obtenidas del nivel apical de orientación este y la sección transversal externo del fuste (67,25%); mientras que, el mayor valor promedio se registró para las probetas extraídas del nivel medio en orientación oeste y sección transversal interno del fuste (85,06%). Media cercana al promedio general se muestra en las probetas obtenidas del nivel medio del fuste ubicadas al lado este y en la sección centro (74,58%).

Los valores registrados del contenido de humedad saturada de las probetas de la especie en estudio, presentaron categorizaciones entre excelente (CV: 5 - 10%) y muy buena (CV: 11–15%) dispersión; del total de las unidades de estudio, los valores inscritos del nivel medio, orientación oeste y sección transversal interno del fuste, presentaron mayor dispersión de datos, cuyo valor del coeficiente de variación igual a 14,19% (Cuadro 9 y Figura 1).

Cuadro 9. Descriptivos para el contenido de humedad saturada en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken.

Niveles del fuste	Orientación	Sección transversal	N	Media (%)	Desviación estándar	CV (%)
Base	Este	Interno	4	79,53	7,83	9,84
		Centro	4	73,22	6,19	8,46
		Externo	4	68,60	5,28	7,70
	Oeste	Interno	4	84,04	3,49	4,16
		Centro	4	74,92	0,44	0,58
		Externo	4	70,61	7,01	9,92
Medio	Este	Interno	4	80,17	6,65	8,29
		Centro	4	74,58	6,44	8,63
		Externo	4	72,14	7,05	9,77
	Oeste	Interno	4	85,06	12,07	14,19
		Centro	4	74,86	3,67	4,90
		Externo	4	71,88	4,29	5,96
Ápice	Este	Interno	4	77,69	8,23	10,59
		Centro	4	71,09	5,62	7,90
		Externo	4	67,25	4,21	6,26
	Oeste	Interno	4	75,12	5,40	7,19
		Centro	4	72,59	3,22	4,43
		Externo	4	71,47	5,58	7,81
Total			72	74,71	7,23	9,68

CV: coeficiente de variación.

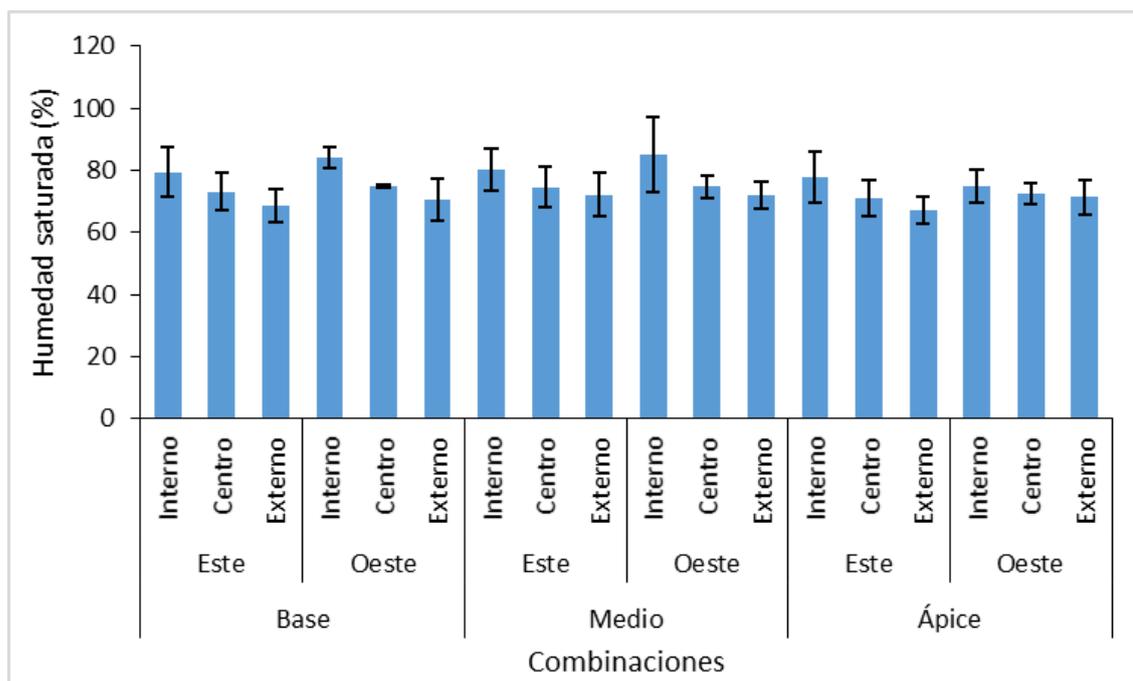


Figura 1. Humedad saturada en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de tres factores en estudio.

Los bloques (árboles) presentaron diferencias estadísticas respecto al contenido de humedad saturada, el cual señala que al menos un individuo obtuvo diferente valor de la variable en mención frente a los demás árboles. Asimismo, al considerar las probetas extraídas de los tres niveles del fuste ($P=0,006$) y de las tres secciones transversales ($P = <0,001$), se registraron diferencias estadísticas significativas.

Al considerar las probetas que se obtuvieron de dos orientaciones cardinales, no se reportó diferencias estadísticas significativas para el contenido de humedad saturada. De la misma manera, no hubo diferencias estadísticas para las interacciones entre los niveles de los factores considerados en el estudio (Cuadro 10).

Cuadro 10. ANVA para el contenido de humedad saturada en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Árboles	3	1195,62	398,54	23,29	<0,001*
Niveles	2	191,04	95,52	5,58	0,006*
Orientación	1	58,99	58,99	3,45	0,069 ^{ns}
Sección transversal	2	1235,40	617,70	36,09	<0,001*
Niveles * Orientación	2	8,78	4,39	0,26	0,775 ^{ns}
Niveles * Sección transversal	4	62,05	15,51	0,91	0,467 ^{ns}
Orientación * Sección transversal	2	4,02	2,01	0,12	0,889 ^{ns}
Niveles * Orientación * Sección transversal	4	84,30	21,07	1,23	0,309 ^{ns}
Error experimental	51	872,88	17,12		
Total	71	3713,07			

CV: 5,54%. *: Existe diferencias estadísticas. ns: No existe diferencias estadísticas.

Mayor contenido de humedad saturada registraron las probetas provenientes del nivel medio del fuste con un valor promedio de 76,45%, siendo estadísticamente superiores a las probetas obtenidas del nivel basal del fuste con una media de 75,1%, mientras que en caso de las probetas extraídas de la parte apical del fuste se registró una media aritmética de 72,53% que fue estadísticamente inferior a los demás niveles del fuste (Cuadro 11 y Figura 2).

Cuadro 11. Prueba Tukey para el contenido de humedad saturada en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas de diferentes niveles del fuste.

Mérito	Niveles del fuste	N	Media (%)	Significancia
1	Medio	24	76,45	a
2	Base	24	75,15	ab
3	Ápice	24	72,53	b

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

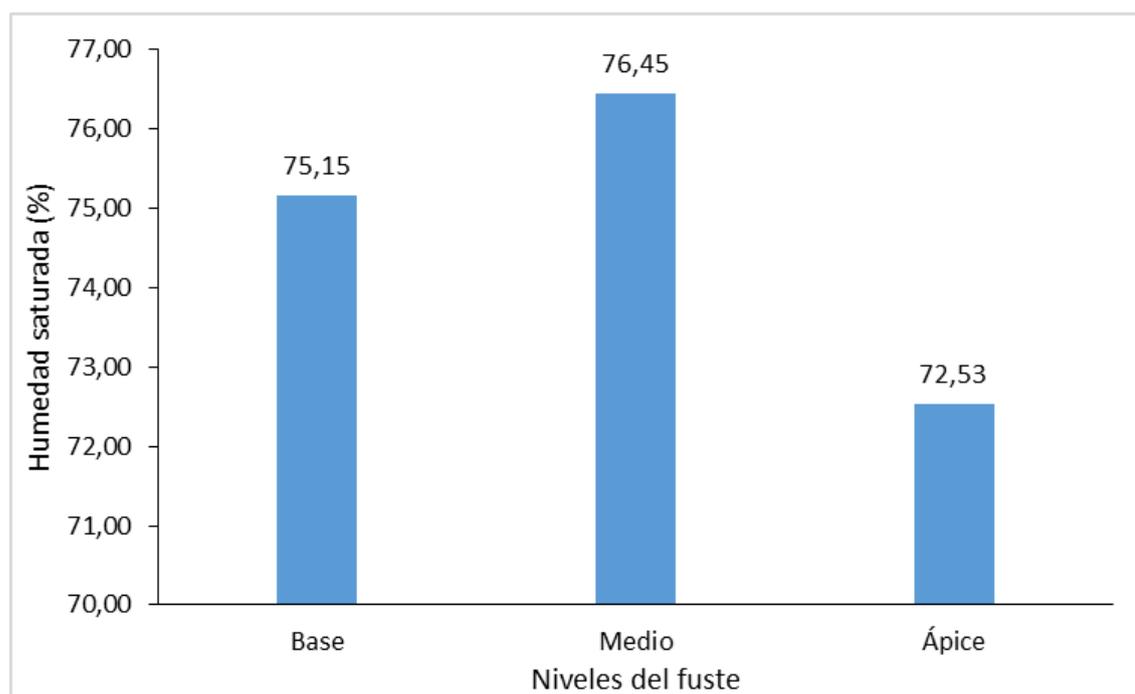


Figura 2. Humedad saturada en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de tres niveles del fuste.

Numéricamente, mayor humedad saturada presentó las probetas de la orientación cardinal oeste del fuste, con media de 75,62% (Cuadro 12).

Cuadro 12. Prueba Tukey para el contenido de humedad saturada en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas de diferentes orientaciones cardinales.

Mérito	Orientación cardinal	N	Media (%)	Significancia
1	Oeste	12	75,62	a
2	Este	12	73,81	a

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

Considerando las secciones transversales del fuste, se obtuvo que mayor contenido de humedad saturada se presentó en las probetas provenientes de la sección transversal interno con un valor promedio de 80,27%; seguido del nivel centro del fuste y en caso del menor valor se presentó en las probetas de la sección transversal externo del fuste con una media aritmética de 70,32% (Cuadro 13 y Figura 3).

Cuadro 13. Prueba Tukey para el contenido de humedad saturada en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas de diferentes secciones transversales.

Mérito	Sección transversal	N	Media (%)	Significancia
1	Interno	24	80,27	a
2	Centro	24	73,55	b
3	Externo	24	70,32	c

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

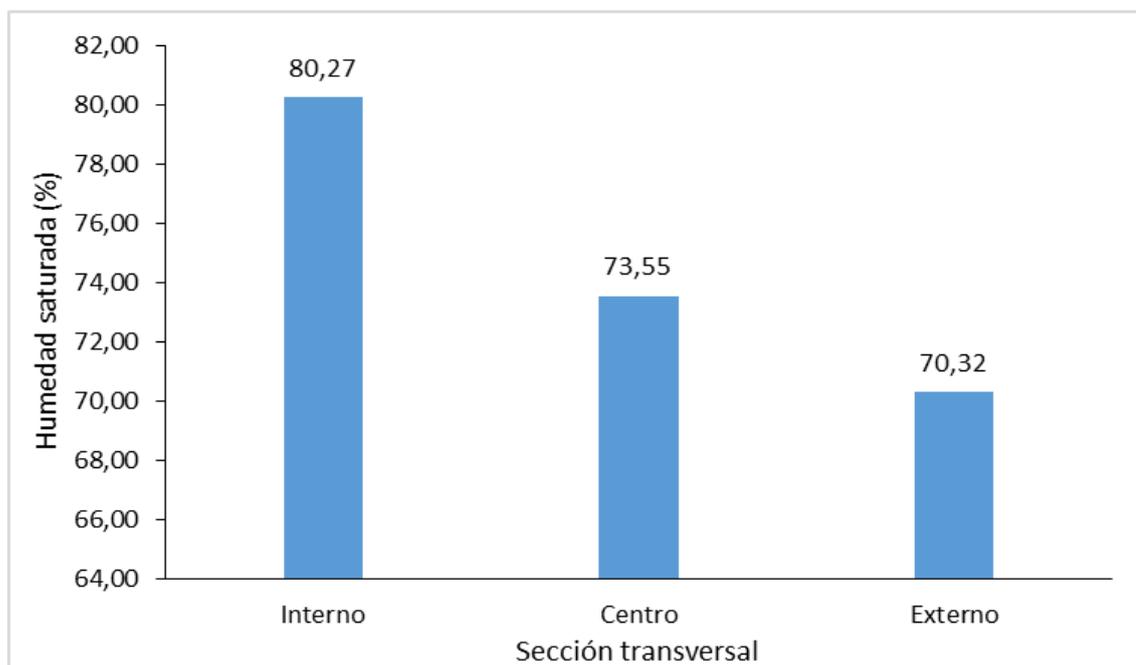


Figura 3. Humedad saturada en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de tres secciones transversales del fuste.

Menor contenido de humedad saturada se registró en las probetas extraídas de la sección externo del fuste (Figura 4).

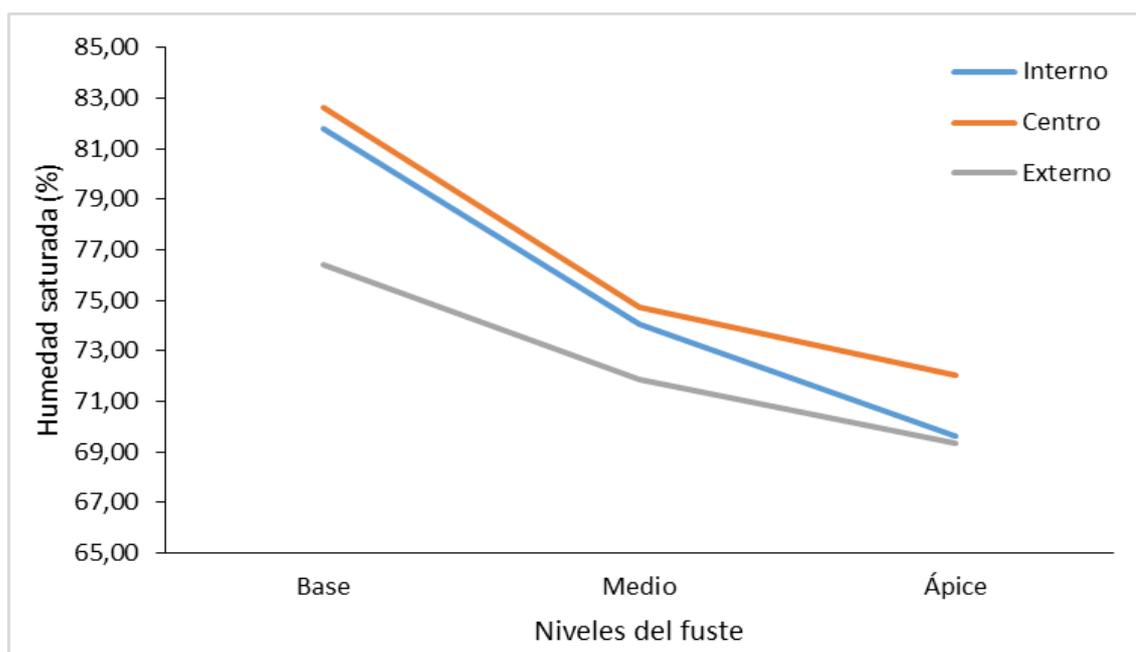


Figura 4. Humedad saturada en niveles y secciones del fuste.

4.1.2. Contenido de humedad seca al aire

El promedio total sobre el contenido de humedad seca al aire en las 72 probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken fue 14,84%; del cual, el menor promedio se registraron en las probetas provenientes del nivel basal, orientación oeste y sección transversal interno del fuste (14,26%); mientras que, el mayor promedio presentó las probetas extraídos del nivel basal, orientación este y sección transversal externo del fuste con una media de 15,30% (Cuadro 14 y Figura 5).

Se registró ligera diferencia de los promedios en la probetas que se obtuvieron de la sección transversal externo en los diferentes niveles del fuste y las orientaciones cardinales debido a que alcanzaron promedios superiores a los 15,13% a excepción de la probeta que se obtuvo del nivel medio y orientación oeste que solo registró 14,94% del contenido de humedad seca al aire.

En caso del análisis respecto a la dispersión de los datos teniendo en consideración las probetas o unidades de análisis se registró que los valores presentaron excelente dispersión, siendo los coeficientes de variación inferiores a 3,82%, de los cuales las cuatro probetas pertenecientes al nivel del fuste medio, orientación oeste y que se encontraba en la sección transversal externo fueron los que presentaron resultados muy homogéneos debido a que el coeficiente de variación alcanzado solo fue del 0,27% en la especie forestal en estudio (Cuadro 14 y Figura 5).

Cuadro 14. Descriptivos para el contenido de humedad seca al aire en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken.

Niveles del fuste	Orientación	Sección transversal	N	Media (%)	Desviación estándar	CV (%)
Base	Este	Interno	4	14,63	0,25	1,73
		Centro	4	14,71	0,44	3,00
		Externo	4	15,30	0,22	1,46
	Oeste	Interno	4	14,26	0,34	2,41
		Centro	4	14,72	0,56	3,82
		Externo	4	15,25	0,21	1,39
Medio	Este	Interno	4	14,40	0,25	1,72
		Centro	4	14,82	0,16	1,05
		Externo	4	15,13	0,45	2,95
	Oeste	Interno	4	14,39	0,07	0,48
		Centro	4	14,83	0,04	0,27
		Externo	4	14,94	0,46	3,10
Ápice	Este	Interno	4	14,87	0,25	1,66
		Centro	4	14,96	0,15	1,01
		Externo	4	15,22	0,20	1,29
	Oeste	Interno	4	14,58	0,28	1,92
		Centro	4	14,83	0,37	2,52
		Externo	4	15,21	0,38	2,47
Total			72	14,84	0,41	2,76

CV: Coeficiente de variación.

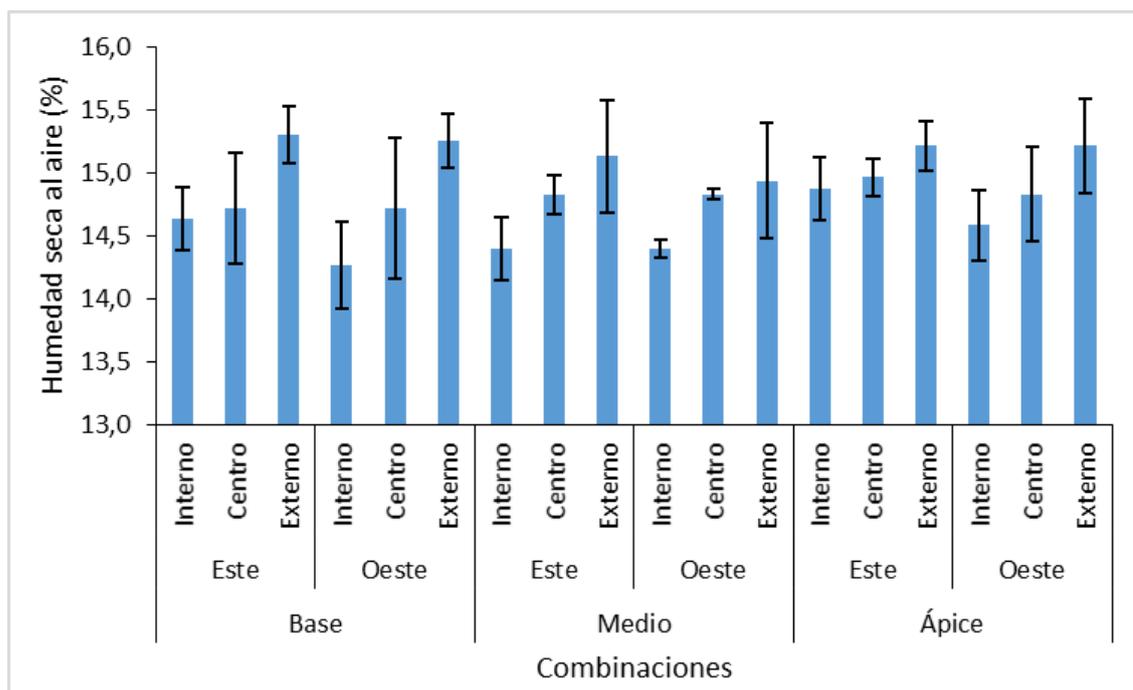


Figura 5. Humedad seca al aire en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de tres factores en estudio.

Los árboles de *Brosimum utile* (Kunth) Oken presentaron diferencias estadísticas respecto al contenido de humedad seca al aire, esto indica que, al menos un individuo obtuvo diferente valor de la variable en mención frente a los demás fuentes de variación catalogados como bloques en estudio. Además, el análisis de la varianza determinó ausencia de diferencias estadísticas significativas, para las probetas procedentes de tres niveles de fuste ($p = 0,060$), de dos orientaciones cardinales ($p = 0,094$), mientras que en el caso de las probetas extraídas de las tres secciones transversales se registró diferencias estadísticas significativas ($p = <0,001$). En caso de las interacciones consideradas entre los niveles de cada factor en estudio, no se logró determinar diferencias estadísticas significativas para la variable en mención (Cuadro 15).

Cuadro 15. ANVA para el contenido de humedad seca al aire en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Árboles	3	1,25	0,42	5,20	0,003*
Niveles	2	0,48	0,24	2,97	0,060 ^{ns}
Orientación	1	0,23	0,23	2,92	0,094 ^{ns}
Sección transversal	2	5,09	2,54	31,80	<0,001*
Niveles * Orientación	2	0,02	0,01	0,15	0,859 ^{ns}
Niveles * Sección transversal	4	0,42	0,11	1,33	0,273 ^{ns}
Orientación * Sección transversal	2	0,10	0,05	0,65	0,525 ^{ns}
Niveles * Orientación * Sección transversal	4	0,19	0,05	0,59	0,669 ^{ns}
Error experimental	51	4,08	0,08		
Total	71	11,87			

CV: 1,91%. *: Existe diferencias estadísticas. ns: No existe diferencias estadísticas.

Considerando los tres niveles del fuste en *Brosimum utile* (Kunth) Oken y en la prueba de comparación de medias de Tukey se observa que mayor contenido de humedad seca al aire presentó las probetas procedentes del nivel apical del fuste con una media de 14,95%, siendo numéricamente superior del nivel basal al alcanzar un valor de 14,81% y en el caso del nivel medio del fuste se registró el menor promedio con un valor de 14,75% (Cuadro 16 y Figura 6).

Cuadro 16. Prueba Tukey para el contenido de humedad seca al aire en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas de diferentes niveles del fuste.

Mérito	Niveles del fuste	N	Media (%)	Significancia
1	Ápice	24	14,95	a
2	Base	24	14,81	a
3	Medio	24	14,75	a

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

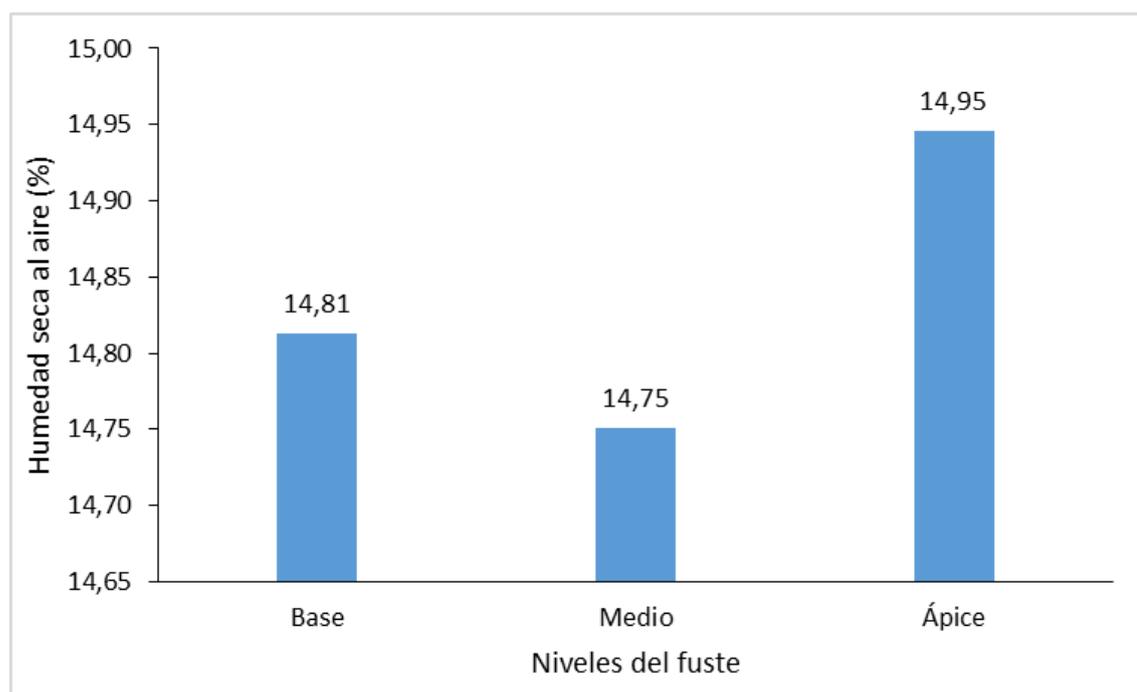


Figura 6. Humedad seca al aire en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de tres niveles del fuste.

Mayor contenido de humedad seca al aire registró las probetas que fueron extraídas de la orientación este del fuste registró la media de 14,89%;

mientras que, las probetas obtenidas de la orientación oeste presentaron solo una media de 14,78% (Cuadro 17).

Cuadro 17. Prueba Tukey para el contenido de humedad seca al aire en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas de diferentes orientaciones cardinales.

Mérito	Orientación cardinal	N	Media (%)	Significancia
1	Este	12	14,89	a
2	Oeste	12	14,78	a

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

Mayor contenido de humedad seca al aire se registraron en las probetas provenientes de la sección transversal externo del fuste (15,17%), superando a las secciones transversales del centro con 14,81% e interno con solo 14,52% de contenido de humedad seca al aire (Cuadro 18 y Figura 7).

Cuadro 18. Prueba Tukey para el contenido de humedad seca al aire en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas de diferentes secciones transversales.

Mérito	Sección transversal	N	Media (%)	Significancia
1	Externo	24	15,17	a
2	Centro	24	14,81	b
3	Interno	24	14,52	c

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

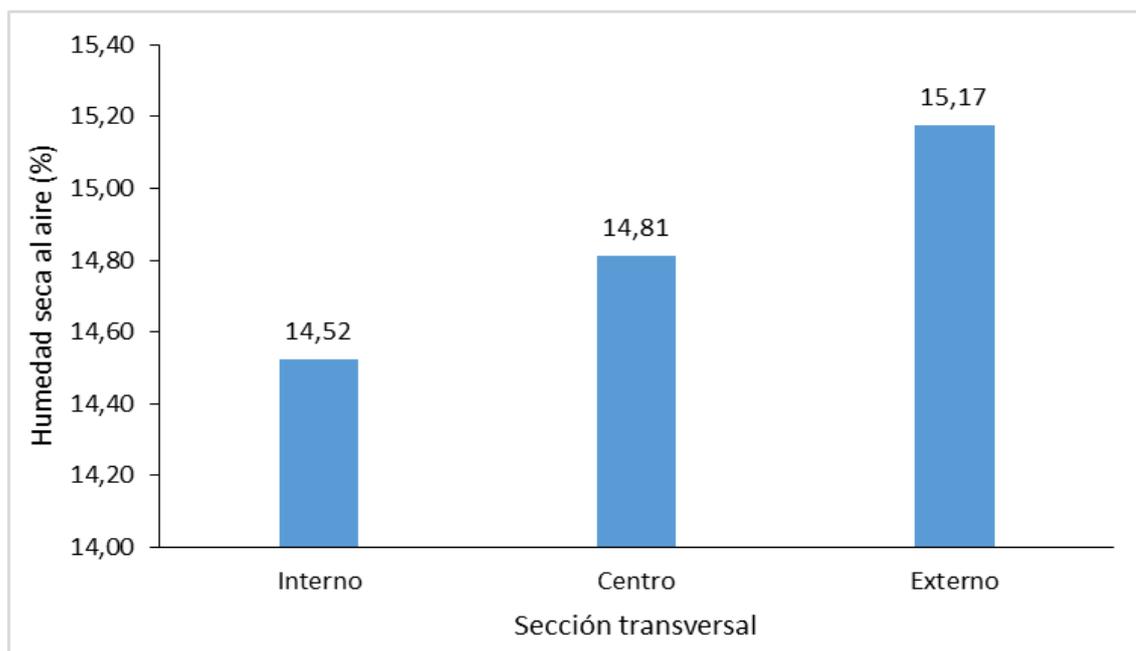


Figura 7. Humedad seca al aire en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de tres secciones transversales del fuste.

De manera general, la humedad seca al aire se incrementa mientras más se acerca hacia el ápice (Figura 8).

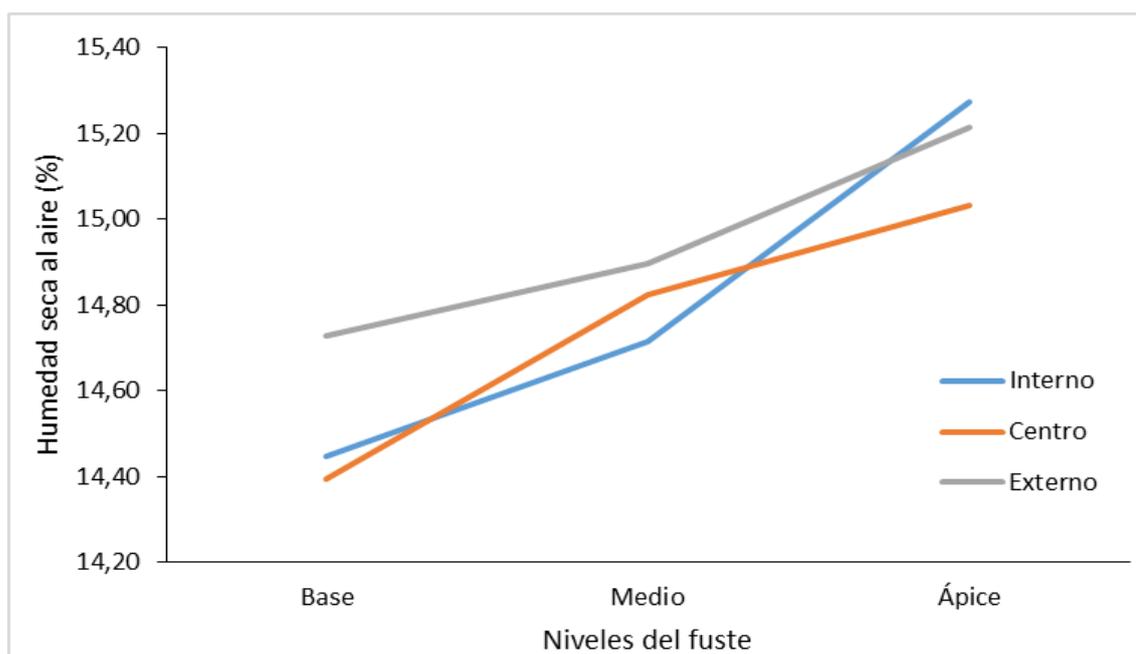


Figura 8. Humedad seca al aire en niveles y secciones del fuste.

4.2. Determinación de las densidades: saturada, básica y anhidra seco al aire de *Brosimum utile* (Kunth) Oken “panguana” a lo largo del eje longitudinal y transversal

4.2.1. Densidad saturada

Las 72 probetas en estudio presentaron una media total de 0.91 g/cm³ de densidad saturada; del cual, el menor valor se registró en las probetas extraídas del nivel medio, orientación este y sección transversal interno del fuste (0,84 g/cm³); mientras que, el mayor valor registró las probetas extraídas del nivel ápice, orientación oeste y la sección transversal centro (0,97 g/cm³). Los valores obtenidos de las muestras o probetas presentaron una categoría de excelente dispersión (5-10%); siendo mayor la variabilidad en las probetas procedentes del nivel medio, orientación este y sección transversal externo del fuste, en caso de las muestras analizadas de la parte apical, orientación este y sección transversal externo se registró valores muy homogéneos (Cuadro 19 y Figura 9).

En probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken que se obtuvieron del nivel más alto del fuste catalogado como parte apical, se reporta que los valores promedios respecto a la densidad saturada fueron muy elevados debido a que superaron los 0,90 g/cm³, mientras en caso de las muestras obtenidas de la parte basal del fuste en la mayoría de los casos se obtuvieron promedios aritméticos inferiores respecto a la variable en mención (Cuadro 19 y Figura 9).

Cuadro 19. Descriptivos para la densidad saturada en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken.

Niveles del fuste	Orientación	Sección transversal	N	Media (g/cm ³)	Desviación estándar	CV (%)
Base	Este	Interno	4	0,85	0,02	2,27
		Centro	4	0,89	0,06	6,59
		Externo	4	0,89	0,05	5,47
	Oeste	Interno	4	0,89	0,05	6,06
		Centro	4	0,91	0,06	6,72
		Externo	4	0,87	0,03	3,13
Medio	Este	Interno	4	0,84	0,03	3,13
		Centro	4	0,89	0,07	7,31
		Externo	4	0,93	0,08	9,10
	Oeste	Interno	4	0,85	0,06	7,10
		Centro	4	0,94	0,05	5,15
		Externo	4	0,96	0,08	8,14
Ápice	Este	Interno	4	0,90	0,06	7,21
		Centro	4	0,96	0,06	5,76
		Externo	4	0,91	0,01	1,56
	Oeste	Interno	4	0,93	0,07	7,09
		Centro	4	0,97	0,05	5,52
		Externo	4	0,94	0,03	3,07
Total			72	0,91	0,06	6,69

CV: coeficiente de variación.

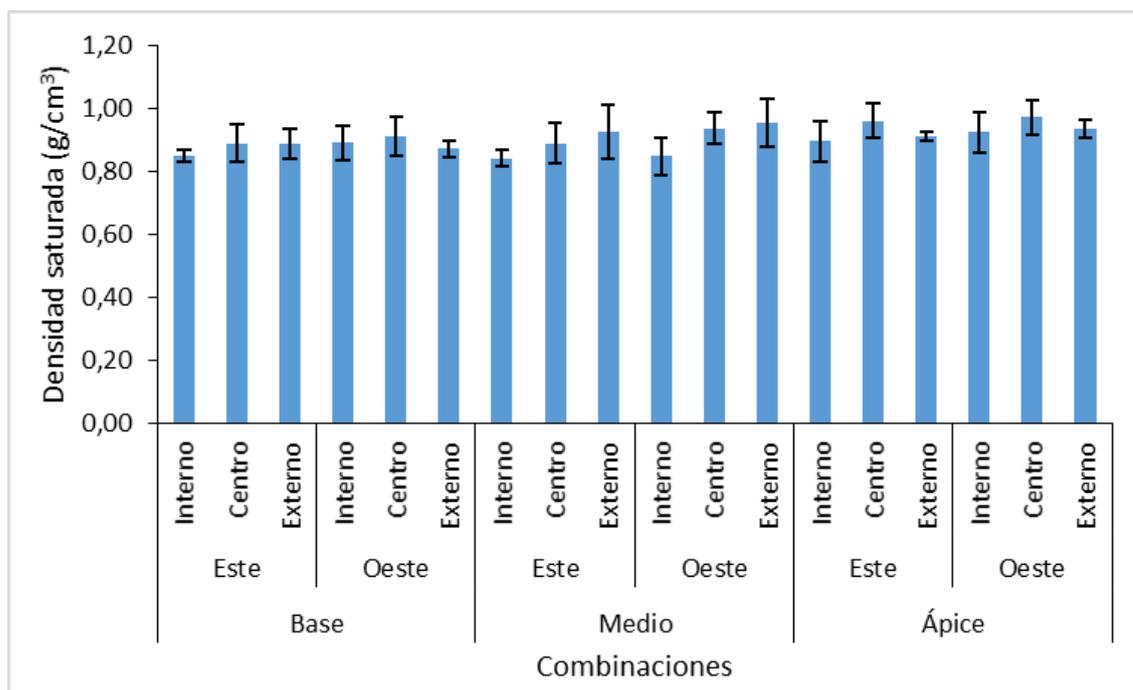


Figura 9. Densidad saturada en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de tres factores en estudio.

Los bloques (árboles) presentaron diferencias estadísticas respecto a la densidad saturada ($p = 0,012$). Asimismo, existe diferencias estadísticas significativas en las probetas extraídas de tres niveles del fuste ($p = 0,004$) y de tres secciones transversales del fuste ($p = 0,002$); los cuales indican que, al menos un nivel del mismo factor obtuvo diferente valor promedio de la variable en mención; mientras que, no hubo diferencias estadísticas significativas en las orientaciones ni hubo interacciones entre los niveles de cada factor en estudio por presentar un p-valor mayor a 0,05 (Cuadro 20).

En caso de la variabilidad de los datos, se registró que dichos valores fueron muy homogéneos en la densidad saturada debido a que el coeficiente de variación calculado fue 6,04% (Cuadro 20).

Cuadro 20. ANVA para la densidad saturada en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Árboles	3	0,031	0,010	4,062	0,012*
Niveles	2	0,032	0,016	6,239	0,004*
Orientación	1	0,009	0,009	3,373	0,072 ^{ns}
Sección transversal	2	0,035	0,018	6,950	0,002*
Niveles * Orientación	2	0,0003	0,0002	0,068	0,934 ^{ns}
Niveles * Sección transversal	4	0,021	0,005	2,078	0,097 ^{ns}
Orientación * Sección transversal	2	0,001	0,0003	0,136	0,873 ^{ns}
Niveles * Orientación * Sección transversal	4	0,005	0,001	0,484	0,748 ^{ns}
Error experimental	51	0,129	0,003		
Total	71	0,262			

CV: 6,04%. *: Existe diferencias estadísticas. ns: No existe diferencias estadísticas.

De acuerdo a los niveles del fuste en *Brosimum utile* (Kunth) Oken, se reportó mayor densidad saturada correspondientes a las probetas que fueron extraídas del nivel apical con una media de 0,94 g/cm³, siendo dicho valor estadísticamente superior de los niveles medio con un promedios de 0,90 g/cm³ y en caso del nivel basal se obtuvo un valor promedio de 0,88 g/cm³; generalizando que la densidad saturada se incrementó desde la base hacia la parte apical (Cuadro 21 y Figura 10).

Cuadro 21. Prueba Tukey para la densidad saturada en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas de diferentes niveles del fuste.

Mérito	Niveles del fuste	N	Media (g/cm ³)	Significancia
1	Ápice	24	0,94	a
2	Medio	24	0,90	ab
3	Base	24	0,88	b

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

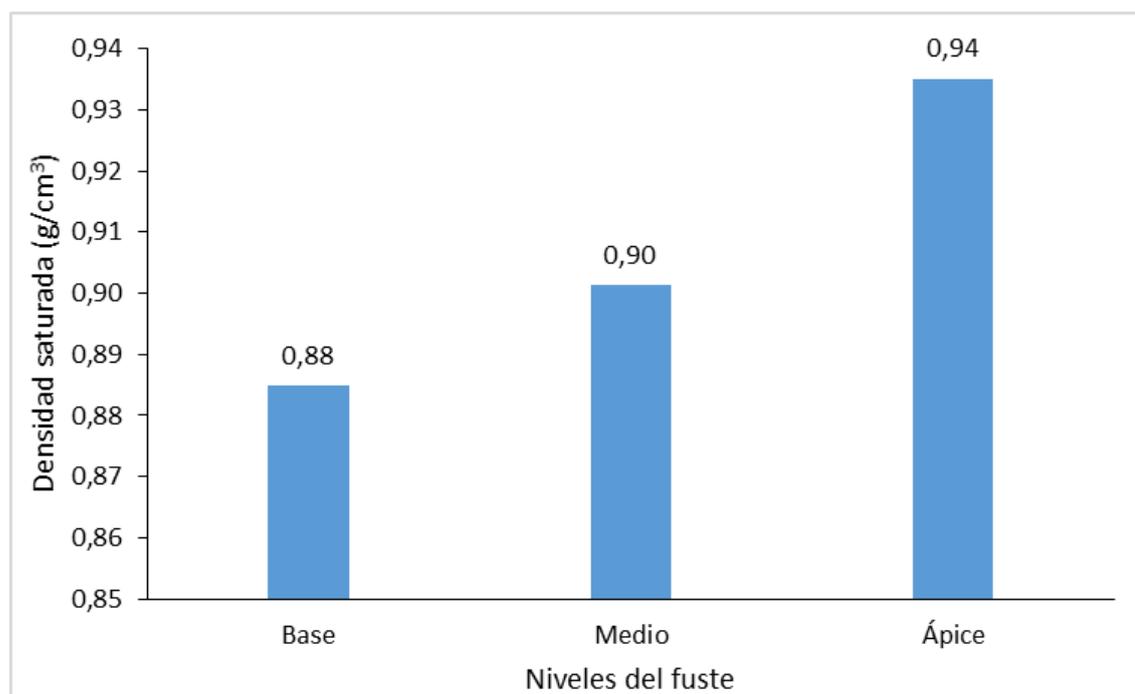


Figura 10. Densidad saturada en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de tres niveles del fuste.

En caso de la orientación cardinal del fuste en *Brosimum utile* (Kunth) Oken, numéricamente se observa mayor densidad saturada en las probetas extraídas de la orientación oeste del fuste, con un valor 0,92 g/cm³;

mientras que, las probetas extraídas de la orientación este presentó un valor $0,90 \text{ g/cm}^3$ (Cuadro 22).

Cuadro 22. Prueba Tukey para la densidad saturada en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas de diferentes orientaciones cardinales.

Mérito	Orientación cardinal	N	Media (g/cm^3)	Significancia
1	Oeste	12	0,92	a
2	Este	12	0,90	a

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

De acuerdo a las secciones transversales del fuste de *Brosimum utile* (Kunth) Oken, mayor densidad satura se registró en las probetas obtenidas de las secciones trasversales central y externo del fuste, con valores de $0,93$ y $0,92 \text{ g/cm}^3$ respectivamente, los cuales superaron estadísticamente a las probetas de la sección trasversal interno con solo $0,88 \text{ g/cm}^3$ (Cuadro 23 y Figura 11).

Cuadro 23. Prueba Tukey para la densidad saturada en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas de diferentes secciones transversales.

Mérito	Sección transversal	N	Media (g/cm^3)	Significancia
1	Centro	24	0,93	a
2	Externo	24	0,92	a
3	Interno	24	0,88	b

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

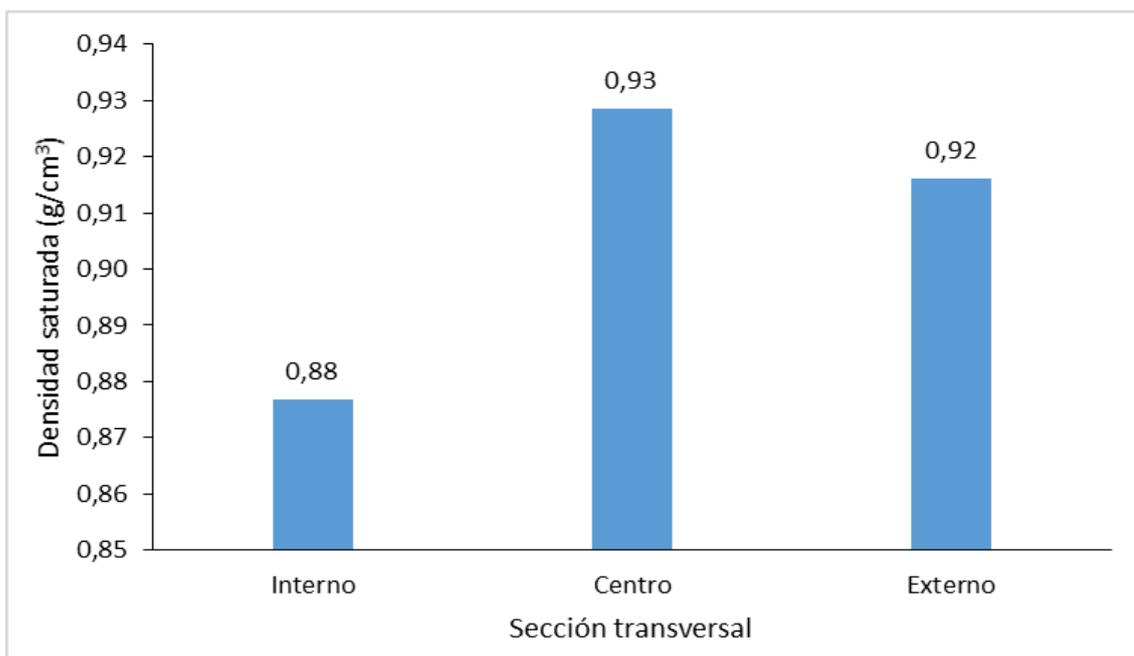


Figura 11. Densidad saturada en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de tres secciones transversales del fuste.

La densidad saturada muestra incrementos hacia la parte media del fuste y decrece en la parte apical (Figura 12).

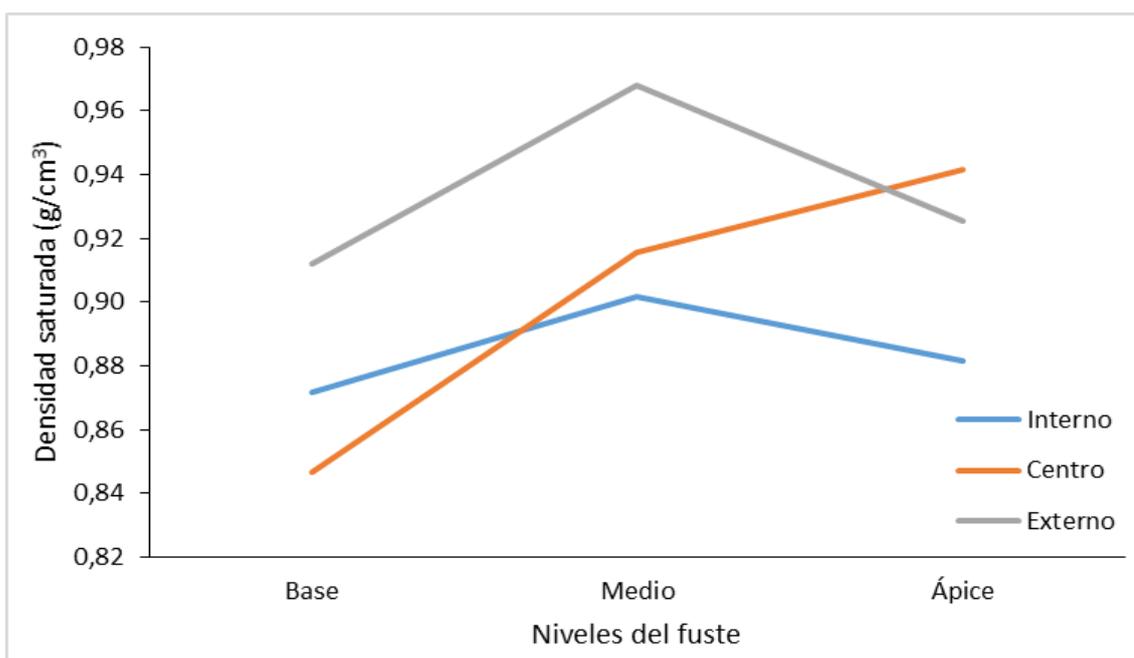


Figura 12. Densidad saturada en niveles y secciones del fuste.

4.2.2. Densidad básica

Las 72 probetas analizadas presentaron una densidad básica promedio total de $0,52 \text{ g/cm}^3$; del cual, superiores valores se registraron en las probetas procedentes del nivel apical, orientación este y oeste, así como del nivel medio y orientación oeste con promedios de $0,56 \text{ g/cm}^3$; mientras que, menor densidad básica presentaron las probetas procedentes del nivel medio, de la orientación oeste y de la sección transversal interno, con un valor promedio de $0,46 \text{ g/cm}^3$.

Además, los datos de densidad básica de *Brosimum utile* (Kunth) Oken presentaron calificativos de excelente (5-10%) y muy buena (11-15%) dispersión, siendo superior con 13,14% de coeficiente de variación los valores en las probetas del nivel medio, orientación oeste y sección transversal interno del fuste (Cuadro 24 y Figura 13).

De manera general se observa que las muestras que se obtuvieron de la parte interna considerando el factor de la sección transversal del fuste obtuvieron los menores valores promedios respecto a la densidad básica en comparación a las demás probetas obtenidas de la parte media y externa donde en algunos caso registró relación directa y en otros caso no hubo relación alguna del incremento de la densidad básica y la obtención de las muestras más al exterior del fuste. En caso de la orientación cardinal este y oeste no hubo relevancia sobre algún comportamiento de incremento o decremento sobre la densidad básica (Cuadro 24 y Figura 13).

Cuadro 24. Descriptivos para la densidad básica en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken.

Niveles del fuste	Orientación	Sección transversal	N	Media (g/cm ³)	Desviación estándar	CV (%)
Base	Este	Interno	4	0,47	0,02	4,12
		Centro	4	0,51	0,02	3,08
		Externo	4	0,53	0,02	3,17
	Oeste	Interno	4	0,49	0,04	7,38
		Centro	4	0,52	0,03	6,60
		Externo	4	0,51	0,02	3,84
Medio	Este	Interno	4	0,47	0,03	5,38
		Centro	4	0,51	0,02	4,45
		Externo	4	0,54	0,03	5,42
	Oeste	Interno	4	0,46	0,06	13,14
		Centro	4	0,54	0,03	6,17
		Externo	4	0,56	0,05	8,81
Ápice	Este	Interno	4	0,51	0,06	11,05
		Centro	4	0,56	0,04	6,59
		Externo	4	0,55	0,02	3,34
	Oeste	Interno	4	0,53	0,05	8,88
		Centro	4	0,56	0,04	6,72
		Externo	4	0,55	0,02	4,22
Total			72	0,52	0,04	8,35

CV: coeficiente de variación.

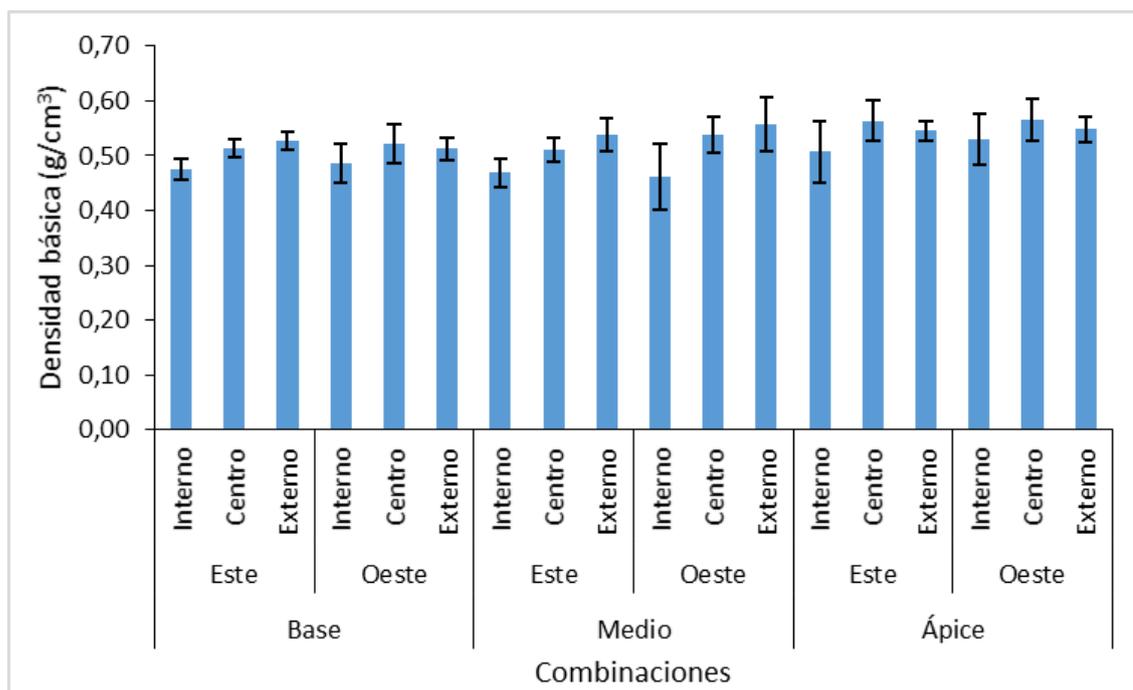


Figura 13. Densidad básica en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de tres factores en estudio.

Los árboles de *Brosimum utile* (Kunth) Oken presentaron diferencias estadísticas respecto a la densidad básica; asimismo, al considerar las probetas que se obtuvieron de los tres niveles del fuste y de las tres secciones transversales, en el análisis de la varianza se determinó diferencias estadísticas significativas para los niveles de ambos factores, el cual señala que, al menos un nivel de dichos factores obtuvieron diferentes valores de densidad básica frente a los demás; mientras que, no se reportó diferencias estadísticas significativas en las probetas procedentes de las dos orientaciones cardinales del fuste. En caso de las interacciones entre los niveles de cada factor, no se reportó diferencias estadísticas significativas para ninguno de los casos (Cuadro 25).

Cuadro 25. ANVA para para la densidad básica en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Árboles	3	0,025	0,008	10,136	<0,001*
Niveles	2	0,019	0,009	11,670	<0,001*
Orientación	1	0,001	0,001	1,303	0,259 ^{ns}
Sección transversal	2	0,038	0,019	23,471	<0,001*
Niveles * Orientación	2	0,0004	0,0002	0,240	0,787 ^{ns}
Niveles * Sección transversal	4	0,007	0,002	2,151	0,088 ^{ns}
Orientación * Sección transversal	2	0,0003	0,0002	0,205	0,816 ^{ns}
Niveles * Orientación * Sección transversal	4	0,002	0,001	0,710	0,589 ^{ns}
Error experimental	51	0,041	0,001		
Total	71	0,134			

CV: 6,08%. *: Existe diferencias estadísticas. ns: No existe diferencias estadísticas.

En las probetas provenientes del nivel apical del fuste de *Brosimum utile* (Kunth) Oken se registró mayor densidad básica con una media de 0,54 g/cm³; mientras que, inferior categoría estadística se observó en las probetas obtenidas del nivel basal y medio del fuste donde la media de densidad básica fue 0,51 g/cm³ para ambos casos, con la cual solo se registró dos subconjuntos estadísticos demostrando diferencias significativas de la parte apical sobre la parte media y basal del fuste (Cuadro 26 y Figura 14).

Cuadro 26. Prueba Tukey para la densidad básica en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas de diferentes niveles del fuste.

Mérito	Niveles del fuste	N	Media (g/cm ³)	Significancia
1	Ápice	24	0,54	a
2	Medio	24	0,51	b
3	Base	24	0,51	b

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

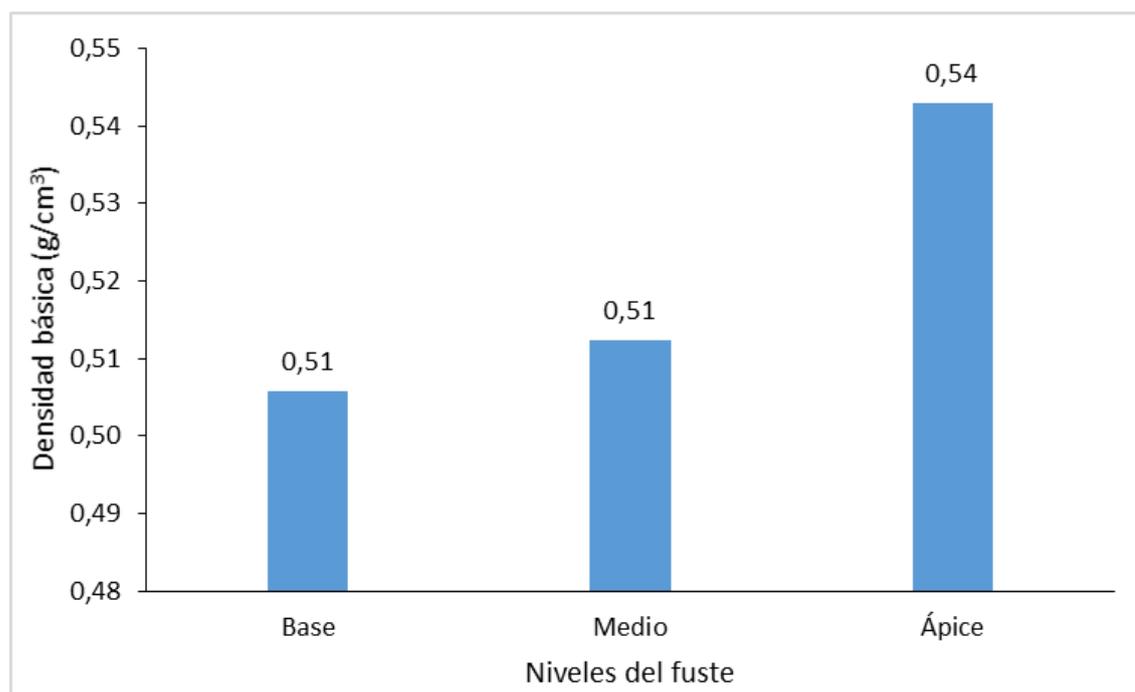


Figura 14. Densidad básica en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de tres niveles del fuste.

No se reportó diferencias estadísticas significativas por parte del factor orientaciones cardinales en *Brosimum utile* (Kunth) Oken, por ello, numéricamente, se encontró similar promedio de la densidad básica en las

probetas obtenidas de la orientación oeste y este al presentar un valor numérico de $0,52 \text{ g/cm}^3$ (Cuadro 27).

Cuadro 27. Prueba Tukey para la densidad básica en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas de diferentes orientaciones cardinales.

Mérito	Orientación cardinal	N	Media (g/cm^3)	Significancia
1	Oeste	12	0,52	a
2	Este	12	0,52	a

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

De las secciones transversales del fuste de *Brosimum utile* (Kunth) Oken, las mayores densidades básicas presentaron las probetas extraídas de las secciones transversales externo y centro del fuste, con un valor promedio de $0,54 \text{ g/cm}^3$ para ambos casos; mientras que, el menor valor promedio se reportó para las probetas de la sección transversal interno que presentaron $0,49 \text{ g/cm}^3$ (Cuadro 28 y Figura 15).

Cuadro 28. Prueba Tukey para la densidad básica en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas de diferentes secciones transversales.

Mérito	Sección transversal	N	Media (g/cm^3)	Significancia
1	Externo	24	0,54	a
2	Centro	24	0,54	a
3	Interno	24	0,49	b

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

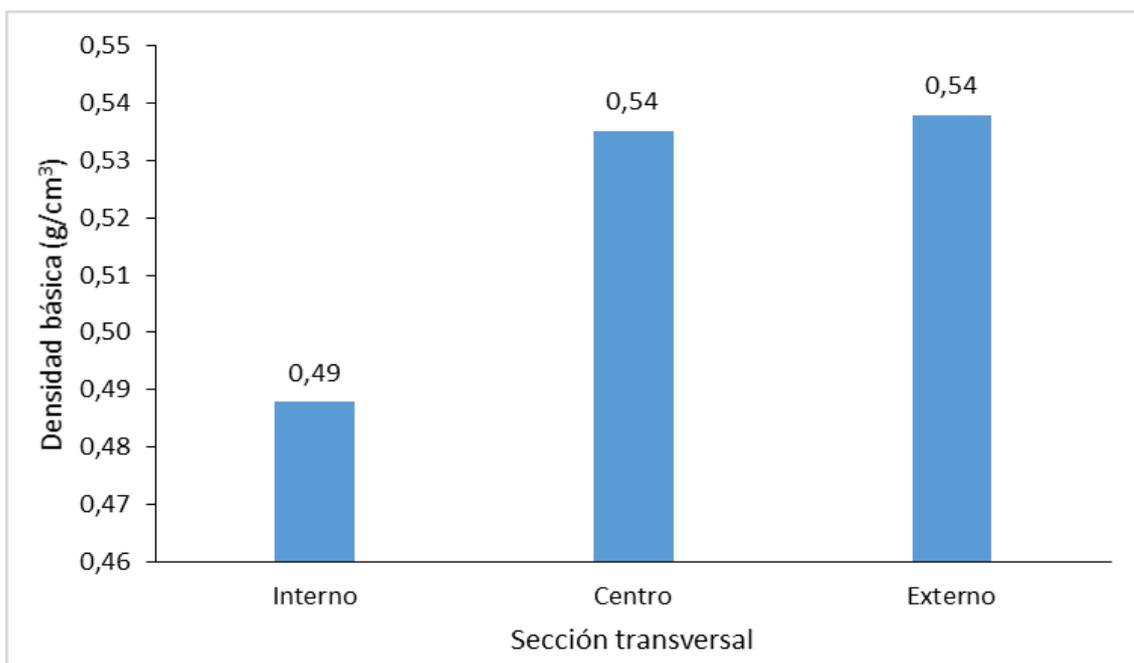


Figura 15. Densidad básica en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de tres secciones transversales del fuste.

La densidad básica se incrementa el valor en la parte media del fuste y presenta ligera disminución en la parte apical (Figura 16).

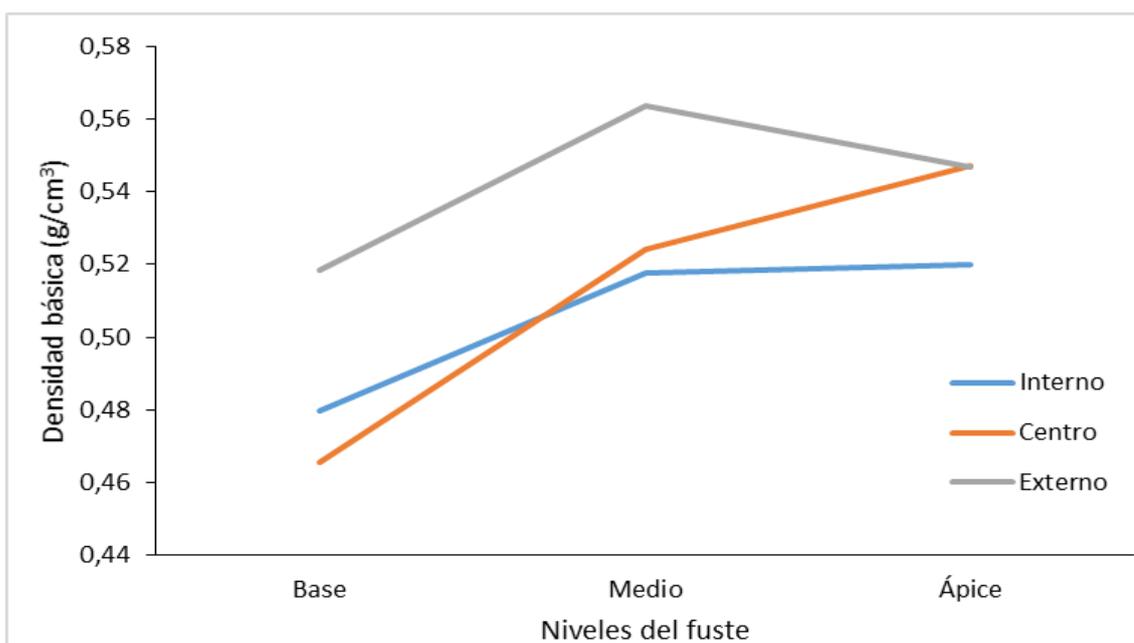


Figura 16. Densidad básica en niveles y secciones del fuste.

4.2.3. Densidad anhidra

Del total de probetas consideradas en el estudio, se obtuvo una media general de $0,59 \text{ g/cm}^3$ respecto a la densidad anhidra; del cual, superior valor se registraron en las probetas procedentes del nivel apical, orientación oeste y este, de la sección transversal centro del fuste con $0,64 \text{ g/cm}^3$ para ambos casos; mientras que, menor densidad se observó en las probetas extraídas del nivel medio, de la orientación oeste y de la sección transversal interna, con un valor $0,53 \text{ g/cm}^3$.

De manera general se observa que los mayores promedios de la densidad anhidra se registraron en las probetas que fueron extraídas de la parte apical del fuste (media = $0,64 \text{ g/cm}^3$), mientras que en caso de los menores valores promedios se observó en probetas extraídas de la parte media del fuste. Para el caso de las secciones transversales, se registró que menores valores se registraron en las probetas provenientes de la parte más cercana a la médula del fuste (Cuadro 29 y Figura 17).

Además, en caso de considerar el comportamiento de los datos mediante una medida de dispersión muy conocida como es el caso del coeficiente de variación, se observó que esta variable presentó datos catalogados entre excelente (5-10%) y muy buena (10-15%) dispersión entre las repeticiones, exhibiendo superior valor en las probetas extraídas del nivel medio, orientación oeste y sección transversal interno, con un valor $13,38 \text{ g/cm}^3$ (Cuadro 29 y Figura 17).

Cuadro 29. Descriptivos para la densidad anhidra en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken.

Niveles del fuste	Orientación	Sección transversal	N	Media (g/cm ³)	Desviación estándar	CV (%)
Base	Este	Interno	4	0,54	0,01	1,91
		Centro	4	0,58	0,02	3,69
		Externo	4	0,59	0,02	3,97
	Oeste	Interno	4	0,58	0,04	7,67
		Centro	4	0,60	0,06	9,23
		Externo	4	0,58	0,02	3,67
Medio	Este	Interno	4	0,54	0,04	6,73
		Centro	4	0,58	0,03	5,15
		Externo	4	0,61	0,04	6,36
	Oeste	Interno	4	0,53	0,07	13,38
		Centro	4	0,61	0,04	6,28
		Externo	4	0,63	0,07	10,46
Ápice	Este	Interno	4	0,58	0,07	12,26
		Centro	4	0,64	0,04	6,70
		Externo	4	0,61	0,02	2,76
	Oeste	Interno	4	0,60	0,06	9,83
		Centro	4	0,64	0,05	7,38
		Externo	4	0,61	0,02	3,63
Total			72	0,59	0,05	8,36

CV: Coeficiente de variación.

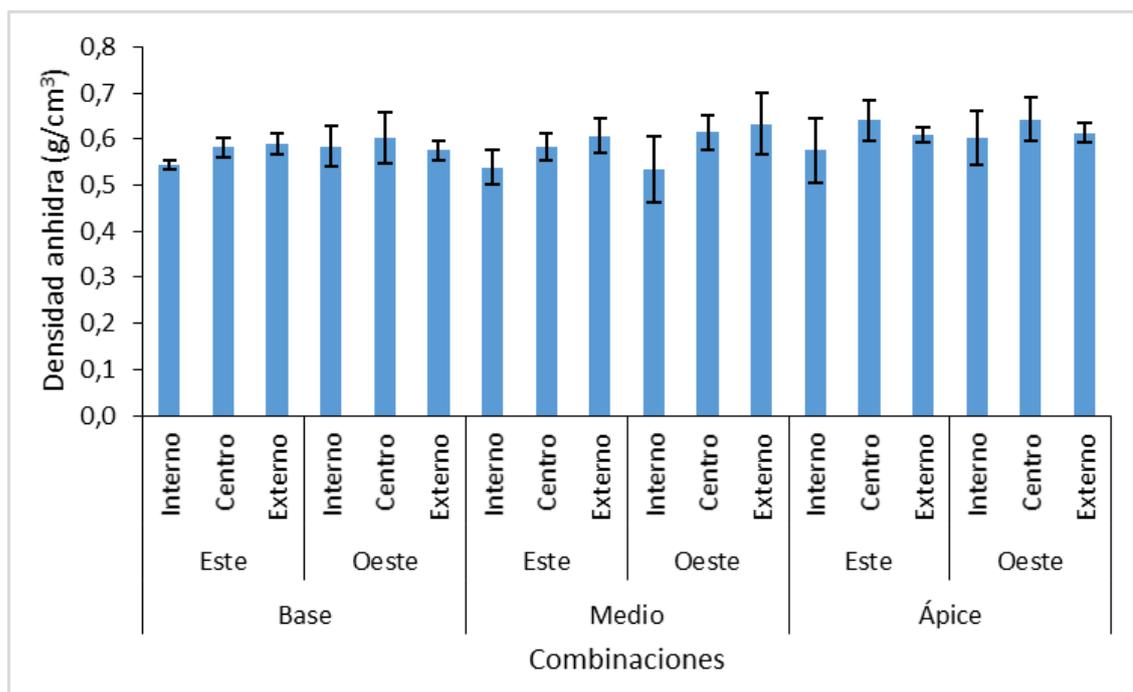


Figura 17. Densidad anhidra en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de tres factores en estudio.

Los árboles de *Brosimum utile* (Kunth) Oken, presentaron diferencias estadísticas significativas respecto a la densidad anhidra; de manera similar, al considerar a los factores niveles de fuste y las secciones transversales del fuste se reportaron diferencias estadísticas significativas; el cual, indica que, al menos un nivel de cada factor obtuvo diferente valor promedio de la densidad anhidra; mientras que, no hubo diferencias estadísticas significativas en los niveles de las orientaciones cardinales respecto a la variable en mención. En caso de las interacciones de los niveles de cada factor en estudio, no se reportó diferencias estadísticas significativas entre los niveles de cada factor en estudio con la cual se determina que la densidad anhidra presenta comportamientos muy independientes con cada factor en estudio (Cuadro 30).

Cuadro 30. ANVA para la densidad anhidra en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Árboles	3	0,038	0,013	9,813	<0,001*
Niveles	2	0,016	0,008	6,361	0,003*
Orientación	1	0,004	0,004	3,076	0,085 ^{ns}
Sección transversal	2	0,032	0,016	12,262	<0,001*
Niveles * Orientación	2	0,0001	0,0001	0,044	0,957 ^{ns}
Niveles * Sección transversal	4	0,013	0,003	2,420	0,060 ^{ns}
Orientación * Sección transversal	2	0,001	0,0004	0,319	0,729 ^{ns}
Niveles * Orientación * Sección transversal	4	0,004	0,001	0,864	0,492 ^{ns}
Error experimental	51	0,066	0,001		
Total	71	0,174			

CV: 5,33%. *: Existe diferencias estadísticas. ns: No existe diferencias estadísticas.

La mayor densidad anhidra promedio presentaron las probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken extraídas del nivel apical del fuste con un valor de 0,61 g/cm³; mientras que, en caso de las probetas procedentes del nivel medio y la parte basal del fuste presentaron valores similares correspondiente a 0,58 g/cm³ para ambos casos, con al cual se cataloga estadísticamente como un subconjunto inferior conformada por las probetas obtenidas de la parte media y basal del fuste (Cuadro 31 y Figura 18).

Cuadro 31. Prueba Tukey para la densidad anhidra en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas de diferentes niveles del fuste.

Mérito	Niveles del fuste	N	Media (g/cm ³)	Significancia
1	Ápice	24	0,61	a
2	Medio	24	0,58	b
3	Base	24	0,58	b

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

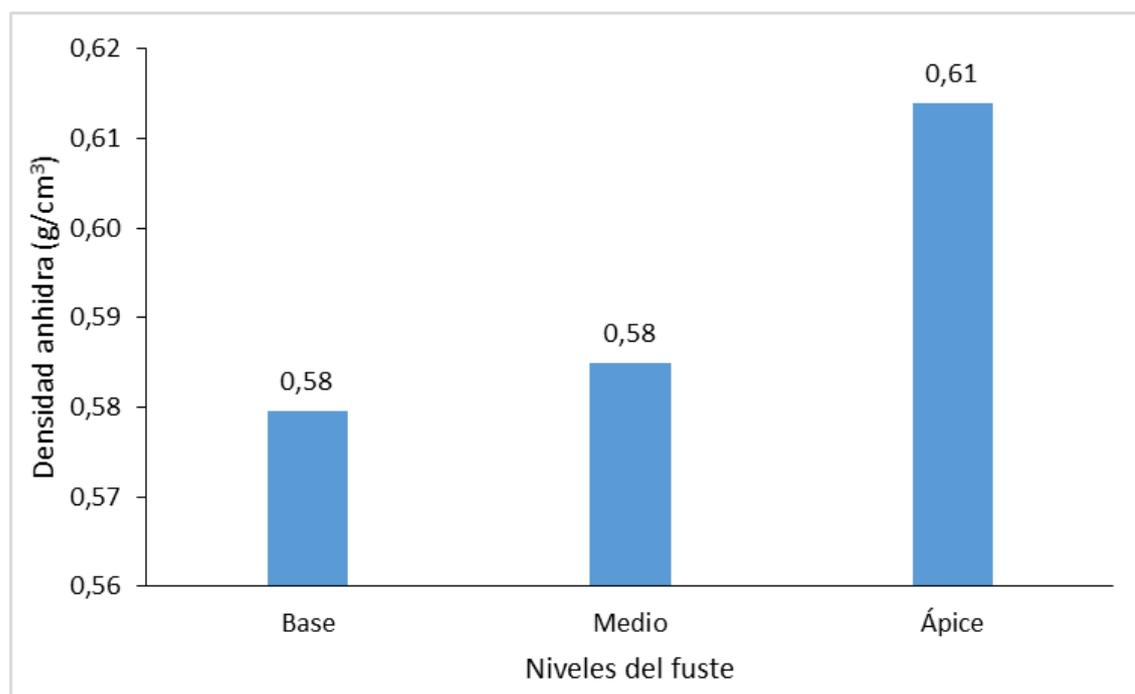


Figura 18. Densidad anhidra en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de tres niveles del fuste.

Debido a que no se reportó diferencias estadísticas significativas de la densidad anhidra en las orientaciones cardinales, numéricamente superior densidad anhidra se registró en las probetas procedentes de la

orientación oeste, con un valor 0,60 g/cm³; y menor valor promedio presentaron las probetas procedentes de la orientación este con 0,59 g/cm³ (Cuadro 32).

Cuadro 32. Prueba Tukey para la densidad anhidra en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas de diferentes orientaciones cardinales.

Mérito	Orientación cardinal	N	Media (g/cm ³)	Significancia
1	Oeste	12	0,60	a
2	Este	12	0,59	a

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

Mayor densidad anhidra promedio presentaron las probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de las secciones transversales central y externo del fuste, con valores promedios de 0,60 y 0,61 g/cm³ respectivamente, mientras que, las probetas extraídas de la sección transversal interno registraron menor valor con una media de 0,56 g/cm³ que conforma el segundo subconjunto estadístico (Cuadro 33 y Figura 19).

Cuadro 33. Prueba Tukey para la densidad anhidra en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas de diferentes secciones transversales.

Mérito	Sección transversal	N	Media (g/cm ³)	Significancia
1	Centro	24	0,61	a
2	Externo	24	0,60	a
3	Interno	24	0,56	b

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

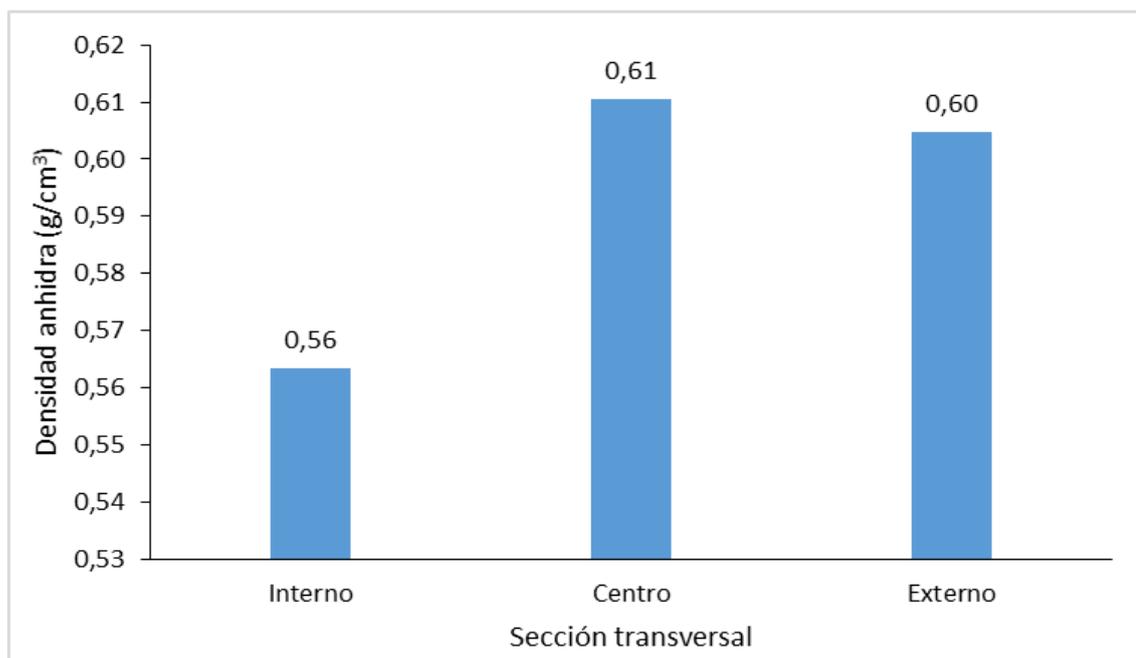


Figura 19. Densidad anhidra en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de tres secciones transversales del fuste.

La densidad anhidra fue menor en la parte basal del fuste y mayores valores se reporta para la parte media del fuste (Figura 20).

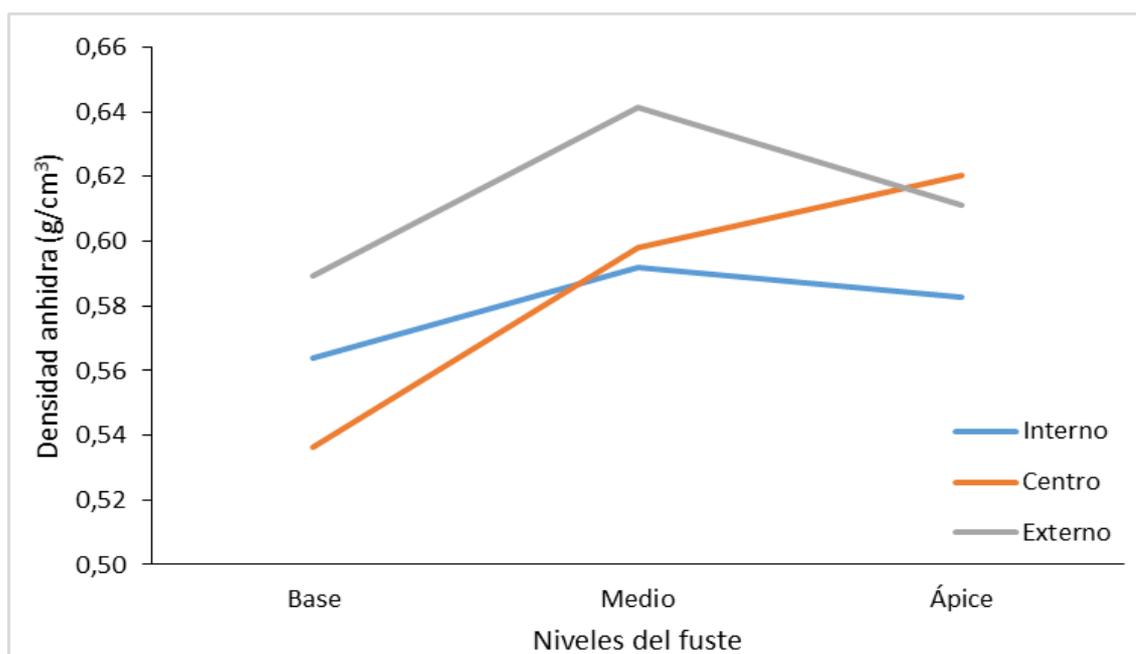


Figura 20. Densidad anhidra en niveles y secciones del fuste.

4.3. Determinación de las contracciones: radial, tangencial, longitudinal, volumétrica y relación tangencial/radial de *Brosimum utile* (Kunth) Oken “panguana” a lo largo del eje longitudinal y transversal

4.3.1. Contracción radial

De las 72 probetas en estudio pertenecientes a *Brosimum utile* (Kunth) Oken, se obtuvo una contracción radial promedio total de 4,86%; del cual, mayor valor alcanzaron las probetas extraídas del nivel basal, orientación oeste y sección transversal interno del fuste con una media de 7,39%, y en caso del menor valor presentaron las probetas de la parte apical, orientación oeste y sección transversal externo con una media de 3,56%. De manera general se observa que los valores promedios de las probetas que fueron obtenidas de la parte interna considerando la sección transversal del fuste obtuvieron los mayores valores en comparación a los demás secciones (Cuadro 34 y Figura 21).

Además en caso de analizar la variabilidad de los datos mediante la medida de dispersión estadística denominada coeficiente de variación, se tiene que los datos muestran entre excelente (5-10%), muy bueno (11-15%), bueno (16-20%), regular (21-25%), mala (26-30%) y muy mala (> 31%) dispersión, con un promedio total de mala dispersión de datos por registrar un coeficiente de variación igual a 30,51%. La mayor variabilidad de los datos se registró en probetas extraídas del nivel medio del fuste que se encontraban orientadas al oeste y de la parte central y externa considerando la sección transversal del fuste (Cuadro 34 y Figura 21).

Cuadro 34. Descriptivos para la contracción radial en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken.

Niveles del fuste	Orientación	Sección transversal	N	Media (%)	Desviación estándar	CV (%)
Base	Este	Interno	4	5,07	1,14	22,49
		Centro	4	4,59	1,32	28,80
		Externo	4	3,90	0,22	5,63
	Oeste	Interno	4	7,39	1,46	19,71
		Centro	4	4,40	0,73	16,51
		Externo	4	3,71	0,25	6,83
Medio	Este	Interno	4	5,52	1,52	27,47
		Centro	4	4,95	1,53	30,87
		Externo	4	4,10	0,27	6,68
	Oeste	Interno	4	5,78	1,61	27,90
		Centro	4	5,55	2,39	43,13
		Externo	4	6,35	3,02	47,60
Ápice	Este	Interno	4	5,22	1,20	22,97
		Centro	4	4,32	0,53	12,37
		Externo	4	4,31	0,12	2,68
	Oeste	Interno	4	4,37	0,32	7,40
		Centro	4	4,42	0,33	7,54
		Externo	4	3,56	0,50	14,11
Total			72	4,86	1,48	30,51

CV: coeficiente de variación.

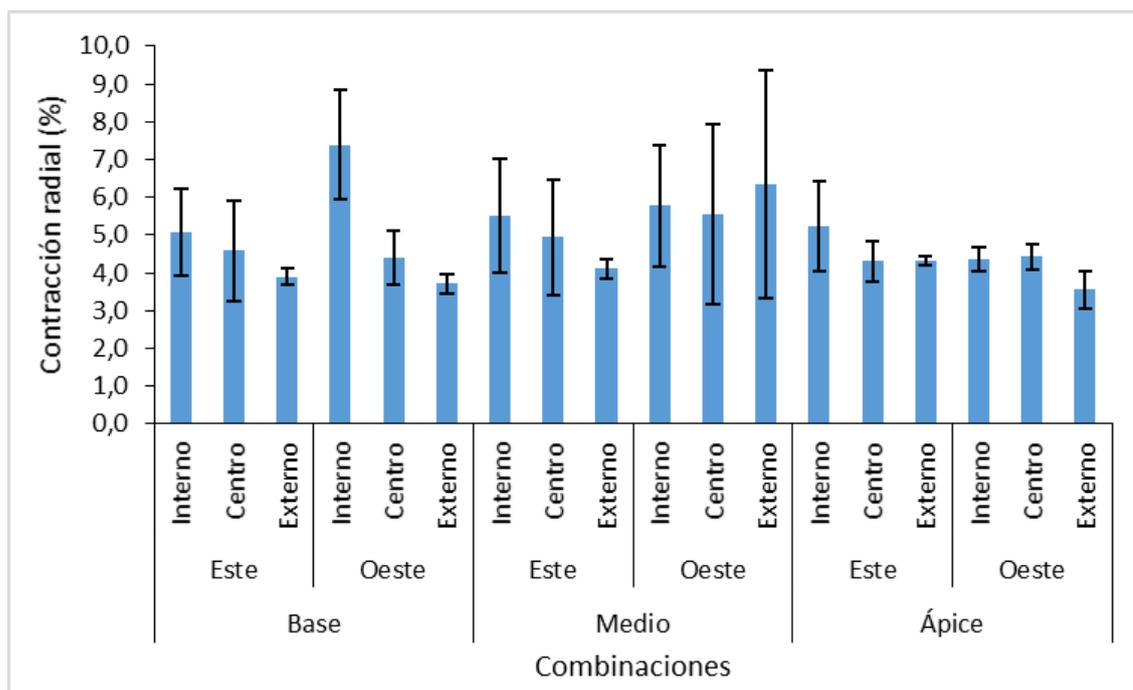


Figura 21. Contracción radial en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de tres factores en estudio.

Los árboles no presentaron diferencias estadísticas respecto a la contracción radial; por otra parte, existe diferencias estadísticas significativas al considerar las probetas que se obtuvieron de los tres niveles ($p = 0,033$) y en caso de las dos orientaciones del fuste no se reportó diferencias estadísticas ($p = 0,202$) para la contracción radial. En caso de las probetas que se obtuvieron de las tres secciones transversales del fuste, el ANVA determinó diferencias estadísticas significativas para la contracción radial. Mientras que, no hubo diferencias estadísticas significativas en las interacciones de los niveles para cada factor en estudio (Cuadro 35).

Al considerar la variabilidad, se muestra poco homogeneidad de la misma debido a que el coeficiente de variación fue 26,64%.

Cuadro 35. ANVA para para la contracción radial en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Árboles	3	4,988	1,663	0,991	0,405 ^{ns}
Niveles	2	12,240	6,120	3,647	0,033*
Orientación	1	2,800	2,800	1,669	0,202 ^{ns}
Sección transversal	2	19,274	9,637	5,743	0,006*
Niveles * Orientación	2	7,655	3,828	2,281	0,113 ^{ns}
Niveles * Sección transversal	4	9,616	2,404	1,432	0,237 ^{ns}
Orientación * Sección transversal	2	0,509	0,254	0,152	0,860 ^{ns}
Niveles * Orientación * Sección transversal	4	13,523	3,381	2,015	0,106 ^{ns}
Error experimental	51	85,587	1,678		
Total	71	156,192			

CV: 26,64%. *: Existe diferencias estadísticas. ns: No existe diferencias estadísticas.

De las muestras de *Brosimum utile* (Kunth) Oken, se reporta estadísticamente mayor contracción radial que presentaron las probetas extraídas del nivel medio del fuste con una media de 5,38%, seguido de las probetas procedentes del nivel basal con una media de 4,84% que se considera como una intersección de subconjuntos y el menor valor lo registró en el nivel apical del fuste con un promedio de 4,37% que lo cataloga estadísticamente como un subconjunto inferior en comparación a los dos niveles del fuste (Cuadro 36 y Figura 22).

Cuadro 36. Prueba Tukey para la contracción radial en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas de diferentes niveles del fuste.

Mérito	Niveles del fuste	N	Media (%)	Significancia
1	Medio	24	5,38	a
2	Base	24	4,84	ab
3	Ápice	24	4,37	b

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

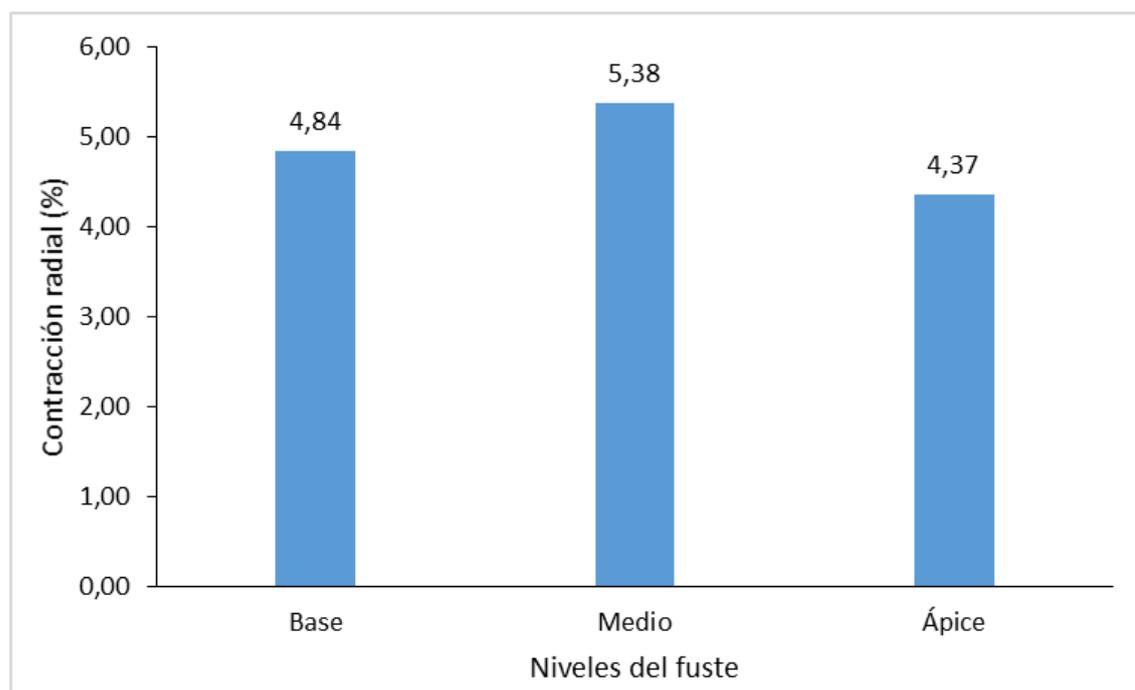


Figura 22. Contracción radial en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de tres niveles del fuste.

En caso de las probetas procedentes de las dos orientaciones cardinales del fuste en *Brosimum utile* (Kunth) Oken, numéricamente mayor contracción radial alcanzaron los de la orientación oeste con un valor 5,06% y

las probetas de la orientación este presentaron solo 4,66% de contracción radial (Cuadro 37).

Cuadro 37. Prueba Tukey para la contracción radial en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas de diferentes orientaciones cardinales.

Mérito	Orientación cardinal	N	Media (%)	Significancia
1	Oeste	12	5,06	a
2	Este	12	4,66	a

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

Las probetas extraídas de la sección transversal interno del fuste presentaron mayor contracción radial (5,56%) siendo estadísticamente superior a las contracciones radiales obtenidas de las probetas de las secciones transversales central con una media de 4,70% y externo del fuste con una media de 4,32% que fue estadísticamente inferior a los dos niveles del fuste (Cuadro 38 y Figura 23).

Cuadro 38. Prueba Tukey para contracción radial en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas de diferentes secciones transversales.

Mérito	Sección transversal	N	Media (%)	Significancia
1	Interno	24	5,56	a
2	Centro	24	4,70	ab
3	Externo	24	4,32	b

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

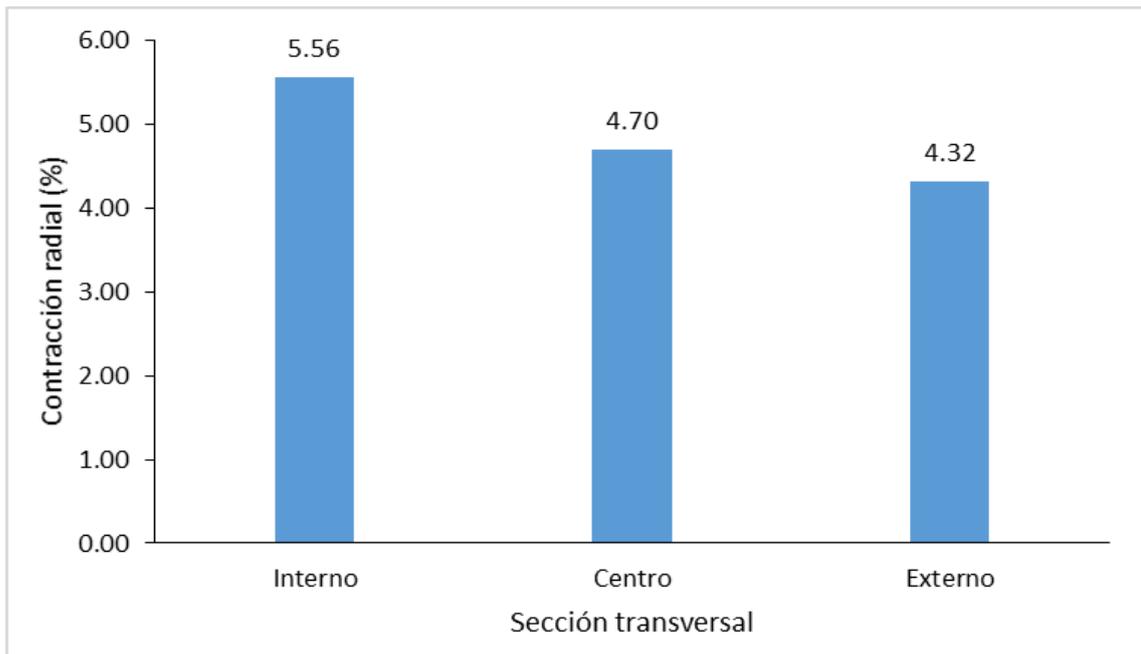


Figura 23. Contracción radial en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de tres secciones transversales del fuste.

La contracción radial disminuye desde la parte basal hacia la parte apical del fuste (Figura 24).

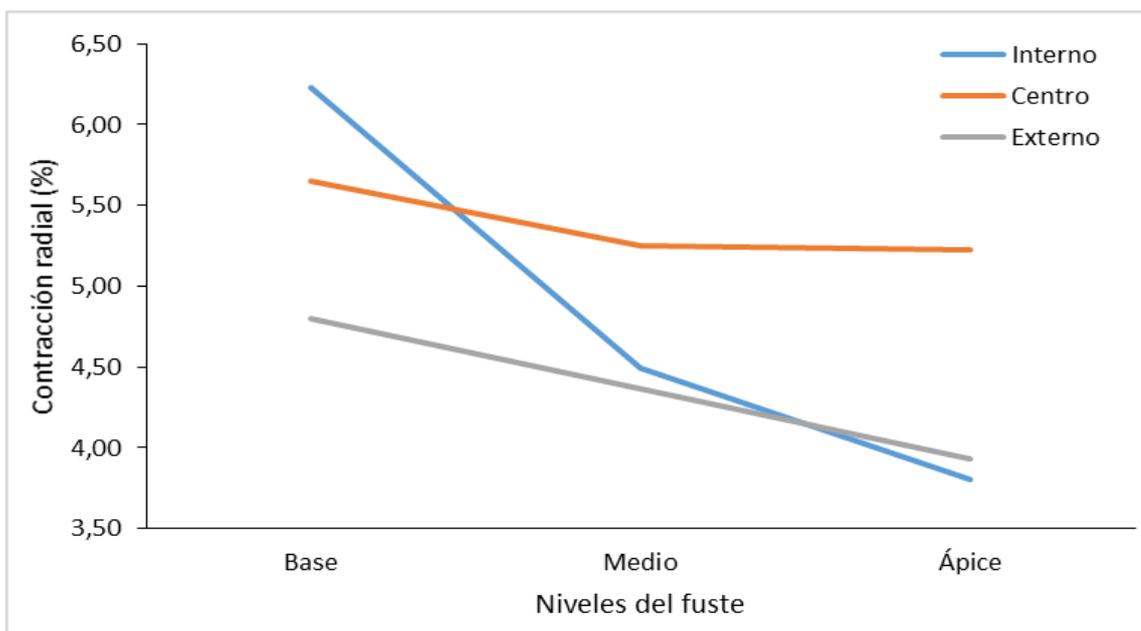


Figura 24. Contracción radial en niveles y secciones del fuste.

4.3.2. Contracción tangencial

En la especie *Brosimum utile* (Kunth) Oken, la contracción tangencial promedio del total de probetas en estudio fue 6,91%; de los cuales, mayor contracción tangencial presentaron las probetas extraídas del nivel basal, orientación este y sección transversal interno del fuste con una media de 8,23%; mientras que, el valor inferior presentaron las probetas procedentes del nivel medio, orientación oeste y sección transversal externo del fuste con una media de 4,92% (Cuadro 39 y Figura 25).

Del análisis general se observa que las muestras extraídas de la parte media del fuste, orientación este y los tres niveles de la sección del fuste presentaron valores elevados en donde a nivel interno presentó 7,77% de contracción, en el centro 7,15% y para el externo 7,21%; por otra parte se resalta que la contracción de las muestras obtenidas muy cerca de la médula del fuste registraron mayores contracciones a excepción de las probetas obtenidas de la parte apical y orientación este (Cuadro 39 y Figura 25).

Considerando la medida de dispersión estadística denominado coeficiente de variación, los valores presentaron entre excelente (5-10%), muy bueno (11-15%), bueno (16-20%), regular (21-25%) y muy mala (> 31%) dispersión; mostrando mayor valor las probetas procedentes del nivel medio, orientación oeste y sección transversal externo del fuste donde el coeficiente de variación alcanzado llegó hasta 42,15%; además se reportó un coeficiente de variación promedio total de 18,56% (Cuadro 39).

Cuadro 39. Descriptivos para la contracción tangencial en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken.

Niveles del fuste	Orientación	Sección transversal	N	Media (%)	Desviación estándar	CV (%)
Base	Este	Interno	4	8,23	1,51	18,29
		Centro	4	7,32	1,59	21,69
		Externo	4	6,92	1,12	16,14
	Oeste	Interno	4	7,47	0,97	12,97
		Centro	4	6,41	1,53	23,81
		Externo	4	7,11	0,62	8,78
Medio	Este	Interno	4	7,77	0,76	9,81
		Centro	4	7,15	1,46	20,41
		Externo	4	7,21	1,09	15,12
	Oeste	Interno	4	7,47	0,81	10,89
		Centro	4	6,46	1,52	23,60
		Externo	4	4,92	2,07	42,15
Ápice	Este	Interno	4	5,87	1,36	23,22
		Centro	4	6,59	0,73	11,15
		Externo	4	6,31	0,83	13,18
	Oeste	Interno	4	7,16	1,19	16,62
		Centro	4	7,10	0,55	7,75
		Externo	4	6,98	0,76	10,85
Total			72	6,91	1,28	18,56

CV: Coeficiente de variación.

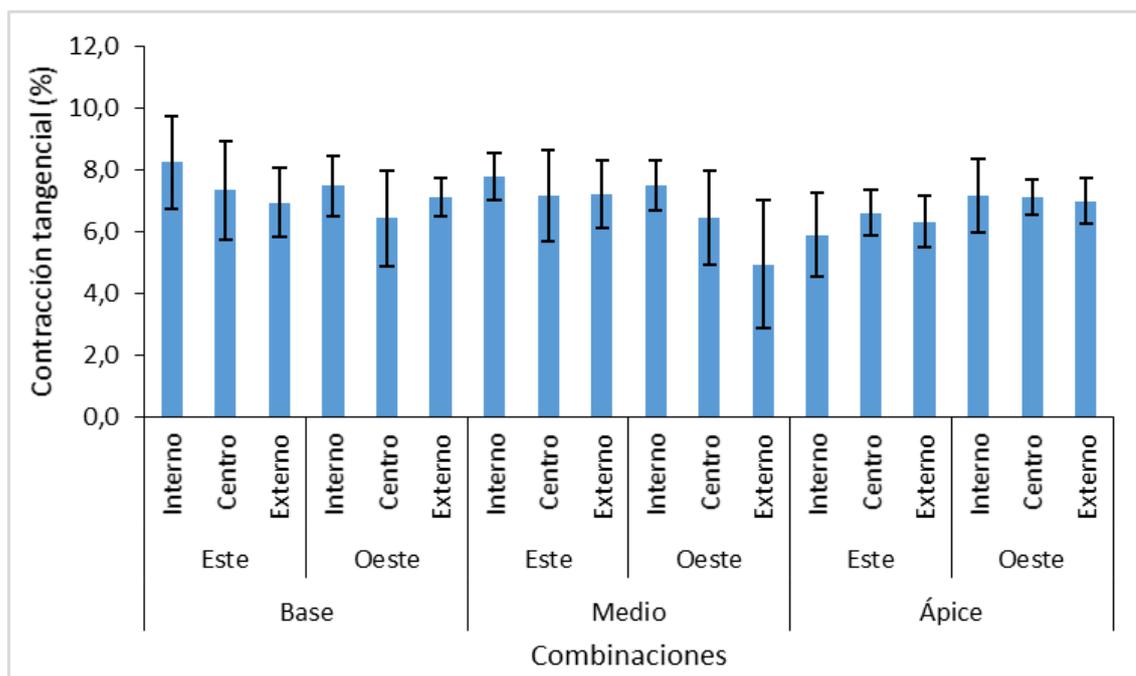


Figura 25. Contracción tangencial en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de tres factores en estudio.

Los árboles de *Brosimum utile* (Kunth) Oken no obtuvieron diferencias estadísticas respecto a la contracción tangencial; asimismo al considerar las probetas que se obtuvieron de tres niveles del fuste, de dos orientaciones del fuste y de tres secciones transversales no presentaron diferencias estadísticas significativas para la contracción tangencial; lo cual indica que, presentaron similares valores de la variable en mención entre los niveles de cada factor. Además, solo hubo diferencias estadísticas significativas en las interacciones de los factores niveles del fuste con orientación cardinal (Cuadro 40).

En caso de la dispersión de los datos considerando todas las unidades de estudio, se tiene buena homogeneidad de los resultados debido a que el coeficiente de variación alcanzado fue 16,74%.

Cuadro 40. ANVA para la contracción tangencial en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Árboles	3	10,480	3,493	2,608	0,062 ^{ns}
Niveles	2	4,249	2,124	1,586	0,215 ^{ns}
Orientación	1	1,154	1,154	0,862	0,358 ^{ns}
Sección transversal	2	7,018	3,509	2,620	0,083 ^{ns}
Niveles * Orientación	2	11,538	5,769	4,307	0,019*
Niveles * Sección transversal	4	7,618	1,905	1,422	0,240 ^{ns}
Orientación * Sección transversal	2	1,015	0,508	0,379	0,686 ^{ns}
Niveles * Orientación * Sección transversal	4	5,547	1,387	1,035	0,398 ^{ns}
Error experimental	51	68,303	1,339		
Total	71	116,922			

CV: 16,74%. *: Existe diferencias estadísticas. ns: No existe diferencias estadísticas.

Debido a la ausencia de diferencias estadísticas significativas, numéricamente, al considerar los niveles de fuste de *Brosimum utile* (Kunth) Oken para extraer las probetas, mayor contracción tangencial presentaron las que muestras del nivel basal del fuste, con un valor de 7,25%; mientras que, las probetas extraídas del nivel medio y apical del fuste presentaron inferior contracción con promedios de 6,83% y 6,67% respectivamente (Cuadro 41 y Figura 26).

Cuadro 41. Prueba Tukey para la contracción tangencial en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas de diferentes niveles del fuste.

Mérito	Niveles del fuste	N	Media (%)	Significancia
1	Base	24	7,25	a
2	Medio	24	6,83	a
3	Ápice	24	6,67	a

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

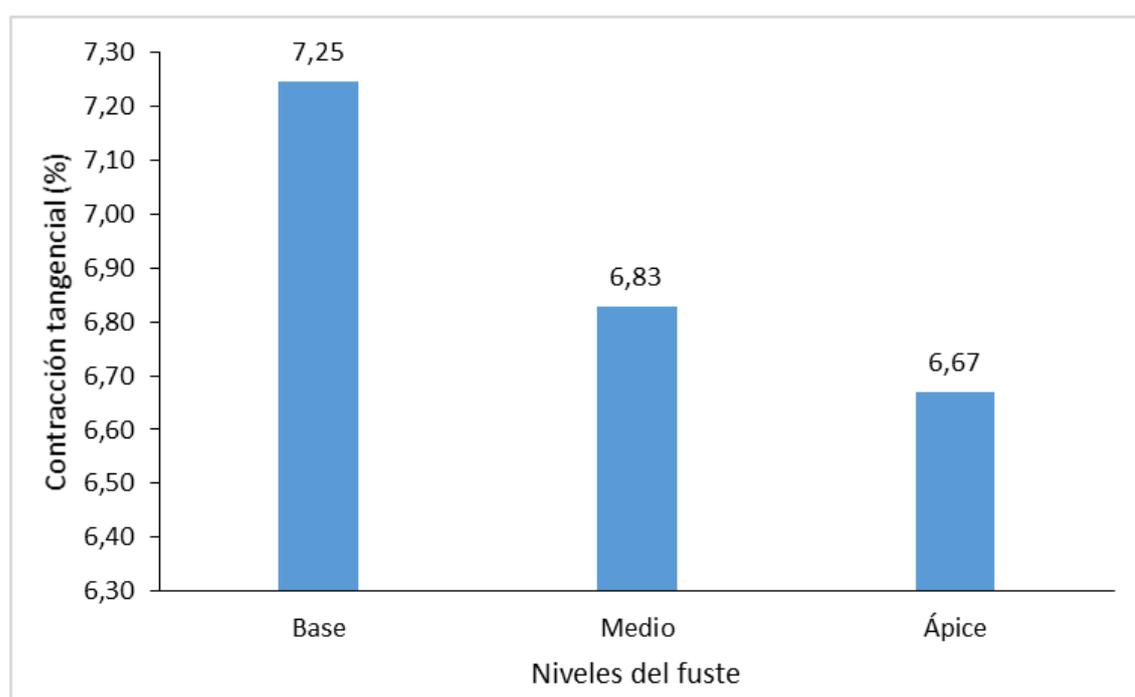


Figura 26. Contracción tangencial en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de tres niveles del fuste.

Numéricamente, mayor contracción tangencial demostraron las probetas extraídas de la orientación este del fuste, con un valor de 7,04% y las probetas procedentes de la orientación oeste presentaron 6,79% (Cuadro 42).

Cuadro 42. Prueba Tukey para la contracción tangencial en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas de diferentes orientaciones cardinales del fuste.

Mérito	Orientación cardinal	N	Media (%)	Significancia
1	Este	12	7,04	a
2	Oeste	12	6,79	a

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

Al no reportar diferencias estadísticas significativas, numéricamente, mayor contracción tangencial presentaron las probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de la sección transversal interno del fuste con una media de 7,33%; mientras que, las probetas provenientes de la sección transversal central y externo presentaron valores promedios de 6,84% y 6,58% respectivamente que fueron inferiores al nivel interno (Cuadro 43 y Figura 27).

Cuadro 43. Prueba Tukey para la contracción tangencial en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas de diferentes secciones transversales.

Mérito	Sección transversal	N	Media (%)	Significancia
1	Interno	24	7,33	a
2	Centro	24	6,84	a
3	Externo	24	6,58	a

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

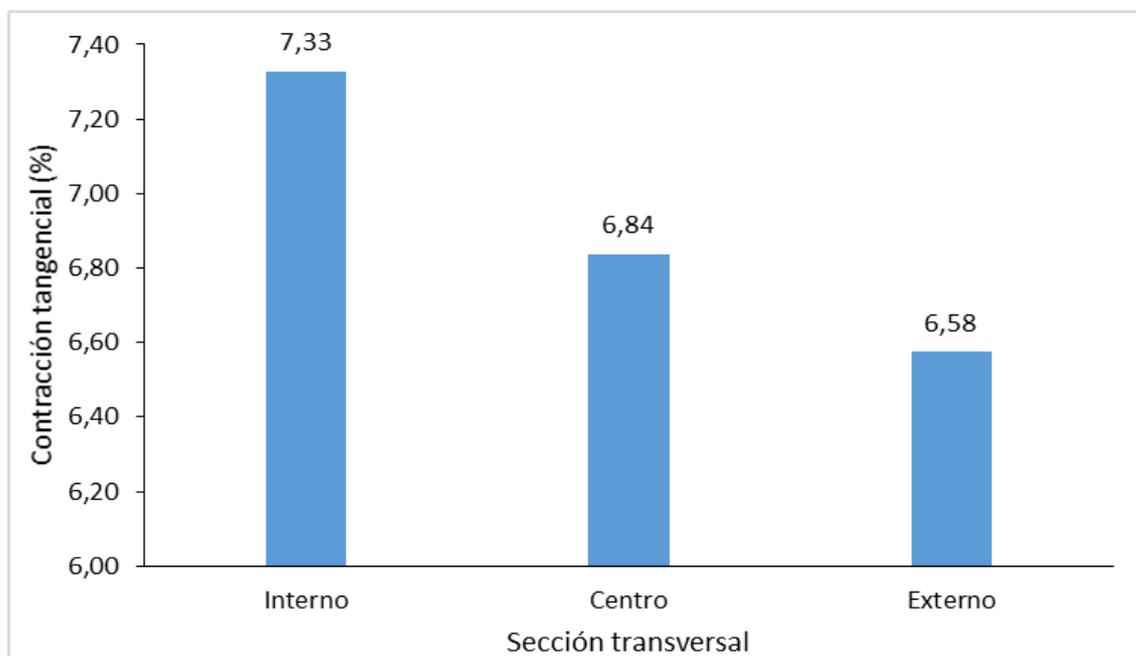


Figura 27. Contracción tangencial en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de tres secciones transversales del fuste.

La contracción tangencial es mayor en la parte basal del fuste a excepción de la parte externa del fuste (Figura 28).

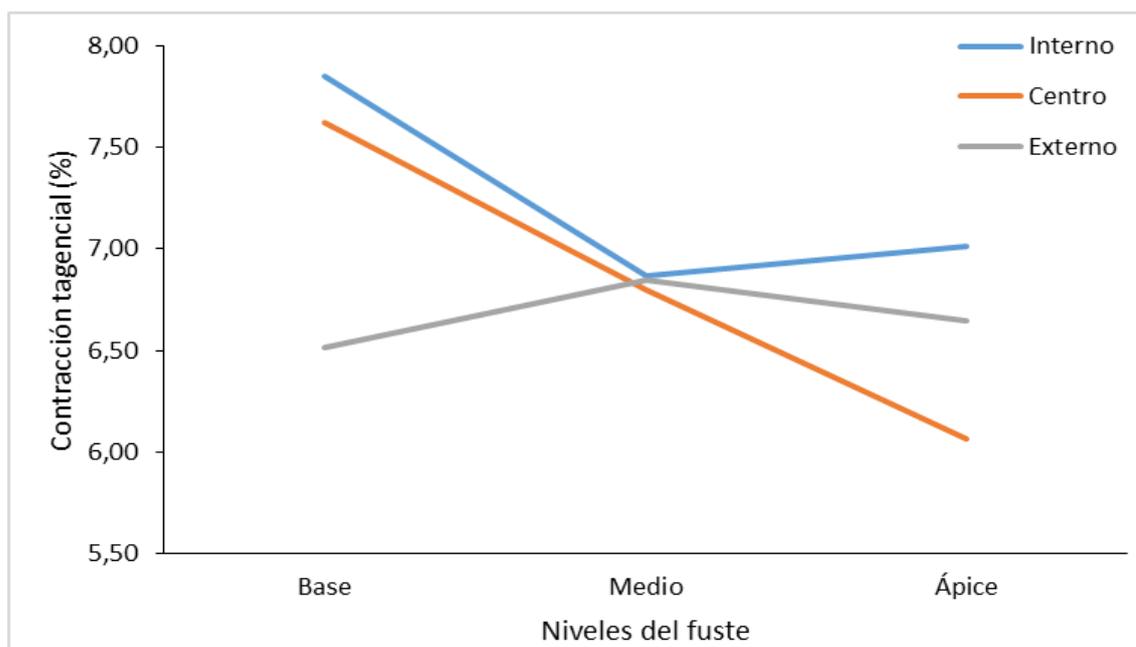


Figura 28. Contracción tangencial en niveles y secciones del fuste.

Teniendo en consideración los factores niveles del fuste y orientaciones cardinales, se observan que la combinación basal del fuste y en la orientación este presentó mayor contracción tangencial en las probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken con una media de 7,49%, el cual fue estadísticamente superior en comparación a los demás niveles de los dos factores en estudio; en caso de las probetas extraídas teniendo en consideración el nivel del fuste apical y en la orientación este se registró el menor promedio con un valor de 6,26%, resultado muy cercano se encontró en la combinación del nivel medio del fuste y la orientación oeste con una media de 6,28%. Además, se registra que un comportamiento muy contrario en las probetas extraídas de la parte apical respecto al nivel medio y basal debido a que la orientación cardinal este fue inferior al oeste (Figura 29).

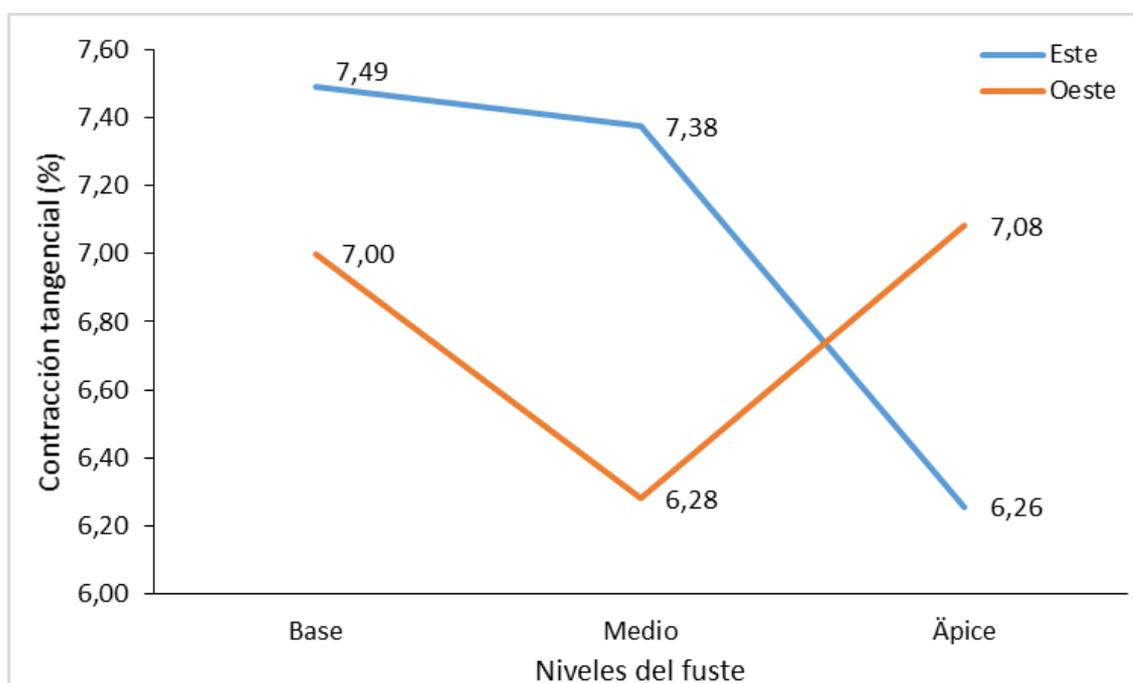


Figura 29. Interacción en la contracción tangencial en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas por niveles del fuste y orientaciones.

4.3.3. Contracción longitudinal

Las 72 probetas consideradas en estudio de *Brosimum utile* (Kunth) Oken, se obtuvo un valor de 0,36% correspondiente a la contracción longitudinal promedio; del cual, superior valor presentaron las probetas procedentes del nivel medio, orientación oeste y sección transversal externo con una media de 0,60%; y las probetas extraídas del nivel basal, orientación este y sección transversal externo presentaron solo 0,19% de contracción longitudinal.

Considerando los diferentes niveles del fuste, no se reporta una secuencia directamente proporcional e inversamente proporcional debido a que los valores promedios fueron muy fluctuantes; además, es notorio que existe resultados promedios muy cercanos entre las secciones transversales del fuste cuando se obtuvieron muestras correspondiente al nivel del fuste apical y la orientación oeste por presentar valores entre 0,44 y 0,45 % correspondiente a la contracción longitudinal (Cuadro 44 y Figura 30).

En caso del análisis de dispersión de los datos, se consideró el coeficiente de variación, en los cuales los valores de la especie en estudio presentaron entre excelente (5-10%), mala (26-30%) y muy mala (> 30%) dispersión respecto a la media de cada grupo de probetas; del cual, menor coeficiente de variación presentaron las probetas extraídas del nivel medio, orientación oeste y sección transversal central con solo un valor de 8,95% (Cuadro 44 y Figura 30).

Cuadro 44. Descriptivos para la contracción longitudinal en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken.

Niveles del fuste	Orientación	Sección transversal	N	Media (%)	Desviación estándar	CV (%)
Base	Este	Interno	4	0,22	0,16	74,30
		Centro	4	0,25	0,25	101,30
		Externo	4	0,19	0,02	9,16
	Oeste	Interno	4	0,49	0,49	99,91
		Centro	4	0,59	0,51	86,11
		Externo	4	0,23	0,22	94,64
Medio	Este	Interno	4	0,20	0,15	77,49
		Centro	4	0,21	0,14	64,69
		Externo	4	0,49	0,20	39,85
	Oeste	Interno	4	0,36	0,08	21,75
		Centro	4	0,34	0,03	8,95
		Externo	4	0,60	0,32	53,57
Ápice	Este	Interno	4	0,21	0,10	45,91
		Centro	4	0,55	0,41	74,76
		Externo	4	0,22	0,13	59,88
	Oeste	Interno	4	0,44	0,16	37,49
		Centro	4	0,45	0,46	101,85
		Externo	4	0,45	0,45	99,73
Total			72	0,36	0,29	79,84

CV: Coeficiente de variación.

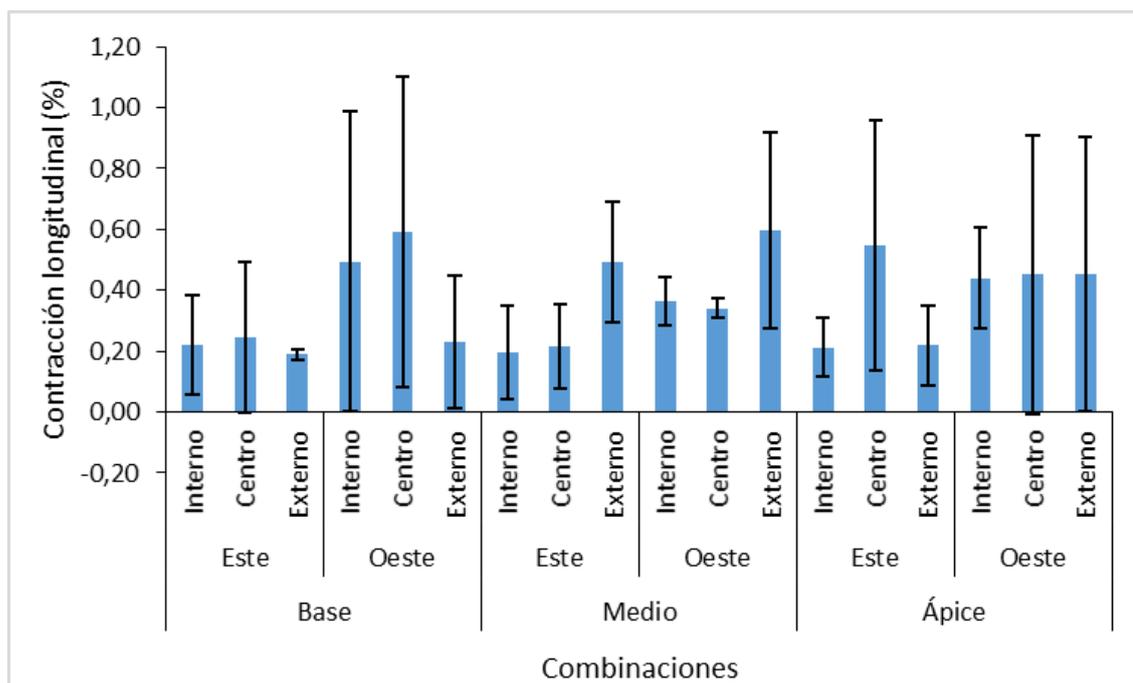


Figura 30. Contracción longitudinal en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de tres factores en estudio.

Los árboles presentaron diferencias estadísticas significativas para la contracción longitudinal, en caso de las probetas que se obtuvieron considerando los tres niveles de fuste y/o las tres secciones transversales, el ANVA determinó que no existe diferencia estadística, debido a que presentaron P-valor mayor a 0,05. Para el caso de las probetas extraídas de las dos orientaciones, el ANVA determinó diferencias estadísticas significativas para la contracción longitudinal ($p = 0,016$). En caso de las interacciones entre los niveles de cada factor, no hubo diferencias estadísticas significativas respecto a la contracción longitudinal (Cuadro 45).

En caso de la variabilidad de los datos respecto a las muestras totales en estudio, se tiene que hubo alto valor del coeficiente de variación.

Cuadro 45. ANVA para la contracción longitudinal en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Árboles	3	0,667	0,222	3,038	0,037*
Niveles	2	0,043	0,022	0,296	0,745 ^{ns}
Orientación	1	0,452	0,452	6,169	0,016*
Sección transversal	2	0,074	0,037	0,504	0,607 ^{ns}
Niveles * Orientación	2	0,035	0,018	0,240	0,787 ^{ns}
Niveles * Sección transversal	4	0,643	0,161	2,194	0,083 ^{ns}
Orientación * Sección transversal	2	0,037	0,019	0,255	0,776 ^{ns}
Niveles * Orientación * Sección transversal	4	0,212	0,053	0,725	0,579 ^{ns}
Error experimental	51	3,734	0,073		
Total	71	5,897			

CV: 74,85%. *: Existe diferencias estadísticas. ns: No existe diferencias estadísticas.

Debido a la ausencia de significancia estadística, numéricamente, las probetas extraídas del nivel apical y del nivel medio del fuste de *Brosimum utile* (Kunth) Oken alcanzaron mayor contracción longitudinal, con valores de 0,39% y 0,37% respectivamente, mientras que, las probetas procedentes del nivel basal del fuste presentaron solo un promedio de 0,33% respecto a dicha contracción (Cuadro 46 y Figura 31).

Cuadro 46. Prueba Tukey para la contracción longitudinal en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas de diferentes niveles del fuste.

Mérito	Niveles del fuste	N	Media (%)	Significancia
1	Ápice	24	0,39	a
2	Medio	24	0,37	a
3	Base	24	0,33	a

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

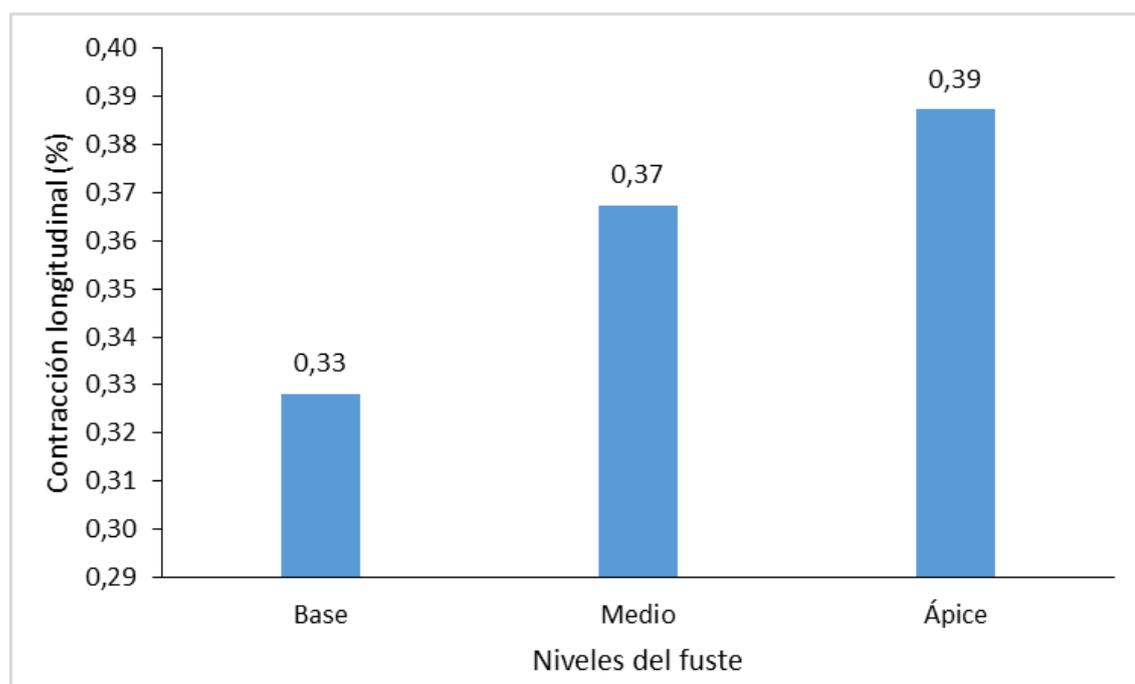


Figura 31. Contracción longitudinal en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de tres niveles del fuste.

Las probetas procedentes de la orientación oeste del fuste presentaron estadísticamente superior contracción longitudinal (0,44%) en comparación a las probetas de la orientación este con 0,28% (Cuadro 47).

Cuadro 47. Prueba Tukey para la contracción longitudinal en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas de diferentes orientaciones cardinales.

Mérito	Orientación cardinal	N	Media (%)	Significancia
1	Oeste	12	0,44	a
2	Este	12	0,28	b

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

Numéricamente, mayor contracción longitudinal alcanzaron las probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken que procedieron de la sección transversal central del fuste (0,40%); mientras que, las probetas procedentes de las secciones transversales del externo e interno del fuste presentaron contracciones longitudinales inferiores, con valores de 0,36% y 0,32% respectivamente (Cuadro 48 y Figura 32).

Cuadro 48. Prueba Tukey para la contracción longitudinal en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas de diferentes secciones transversales.

Mérito	Sección transversal	N	Media (%)	Significancia
1	Centro	24	0,40	a
2	Externo	24	0,36	a
3	Interno	24	0,32	a

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

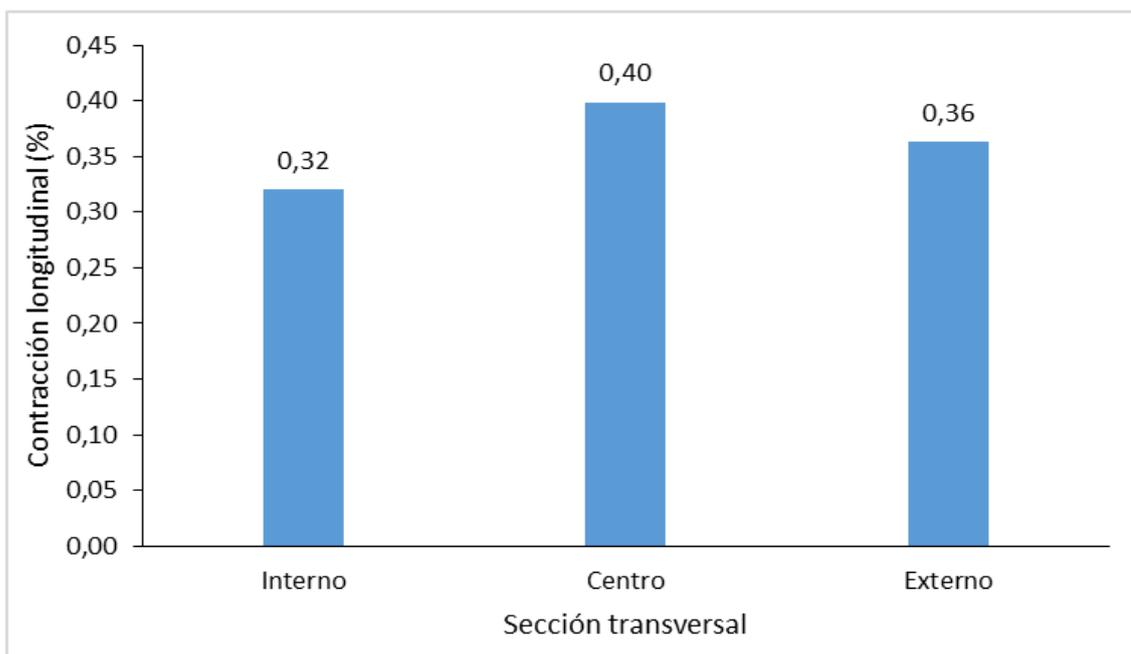


Figura 32. Contracción longitudinal en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de tres secciones transversales del fuste.

La contracción longitudinal en fue superior al utilizar probetas de la parte media del fuste (Figura 33).

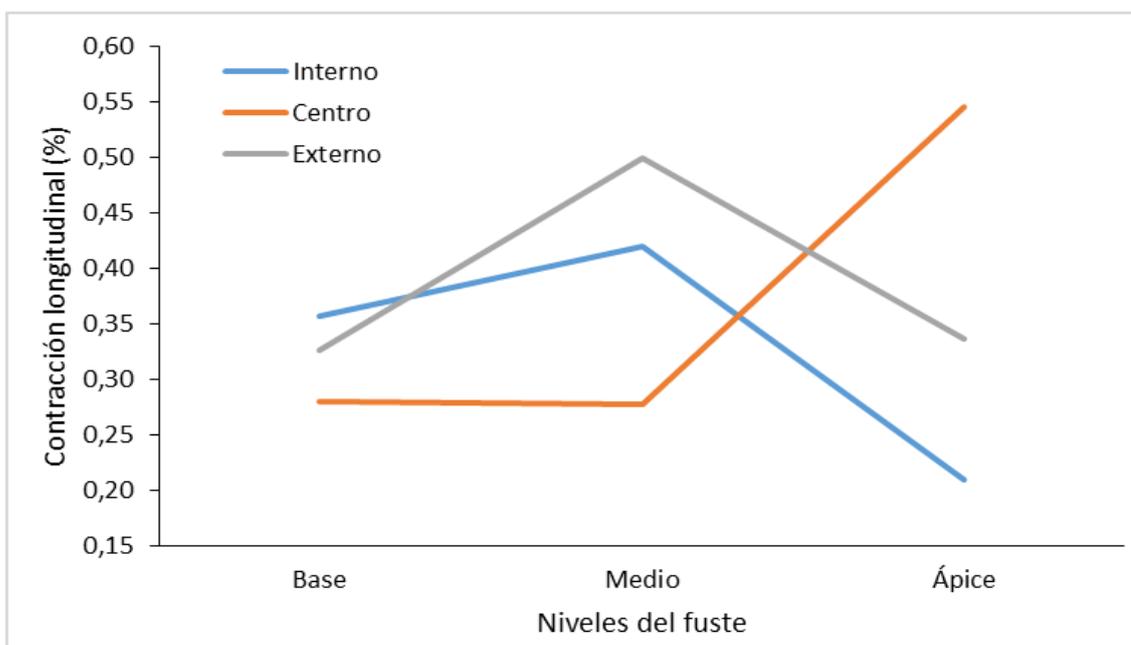


Figura 33. Contracción longitudinal en niveles y secciones del fuste.

4.3.4. Contracción volumétrica

Al considerar el total de las probetas en estudio se determinó que la contracción volumétrica promedio fue 12,20%; del cual, las probetas extraídas del nivel base, orientación oeste y sección transversal interno del fuste alcanzaron mayor valor (16,76%); mientras que, el menor valor presentaron las probetas provenientes del nivel apical, orientación este y sección transversal externo del fuste (10,41%).

Generalizando análisis, en la especie *Brosimum utile* (Kunth) Oken se observa que las probetas que se encontraban más cercanos a la médula del fuste (sección transversal interno) registraron valores promedios superiores en comparación a las probetas extraídas de las secciones central y externa del fuste, este comportamiento presentó una excepción al extraer probetas del nivel apical del fuste y orientación este (Cuadro 49 y Figura 34).

En el análisis de la medida de dispersión de los datos como es el estadístico denominado coeficiente de variación, se tiene que, los valores presentaron entre excelente (5-10%), muy bueno (11-15%), buena (16-20) dispersión respecto a la media; el mayor valor presentaron las probetas procedentes del nivel basal, orientación oeste y sección transversal interno con un coeficiente de variación igual a 28,91%, indicando muy mala dispersión de datos, además, en las muestras obtenidas del nivel medio, orientación oeste y sección externo se encontró a las muestras más uniformes ya que el coeficiente de variación fue 6,09% (Cuadro 49).

Cuadro 49. Descriptivos para la contracción volumétrica en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken.

Niveles del fuste	Orientación	Sección transversal	N	Media (%)	Desviación estándar	CV (%)
Base	Este	Interno	4	12,85	2,33	18,14
		Centro	4	11,73	1,28	10,91
		Externo	4	10,60	1,03	9,73
	Oeste	Interno	4	16,76	4,85	28,91
		Centro	4	13,12	2,37	18,04
		Externo	4	10,94	0,67	6,09
Medio	Este	Interno	4	12,85	1,27	9,91
		Centro	4	12,30	1,04	8,49
		Externo	4	11,31	1,07	9,49
	Oeste	Interno	4	13,55	1,04	7,66
		Centro	4	12,41	1,18	9,49
		Externo	4	12,05	1,94	16,10
Ápice	Este	Interno	4	11,76	1,69	14,36
		Centro	4	12,03	1,54	12,80
		Externo	4	10,41	0,79	7,57
	Oeste	Interno	4	12,14	1,55	12,73
		Centro	4	12,11	1,21	10,03
		Externo	4	10,70	0,66	6,15
Total			72	12,20	2,11	17,26

CV: coeficiente de variación.

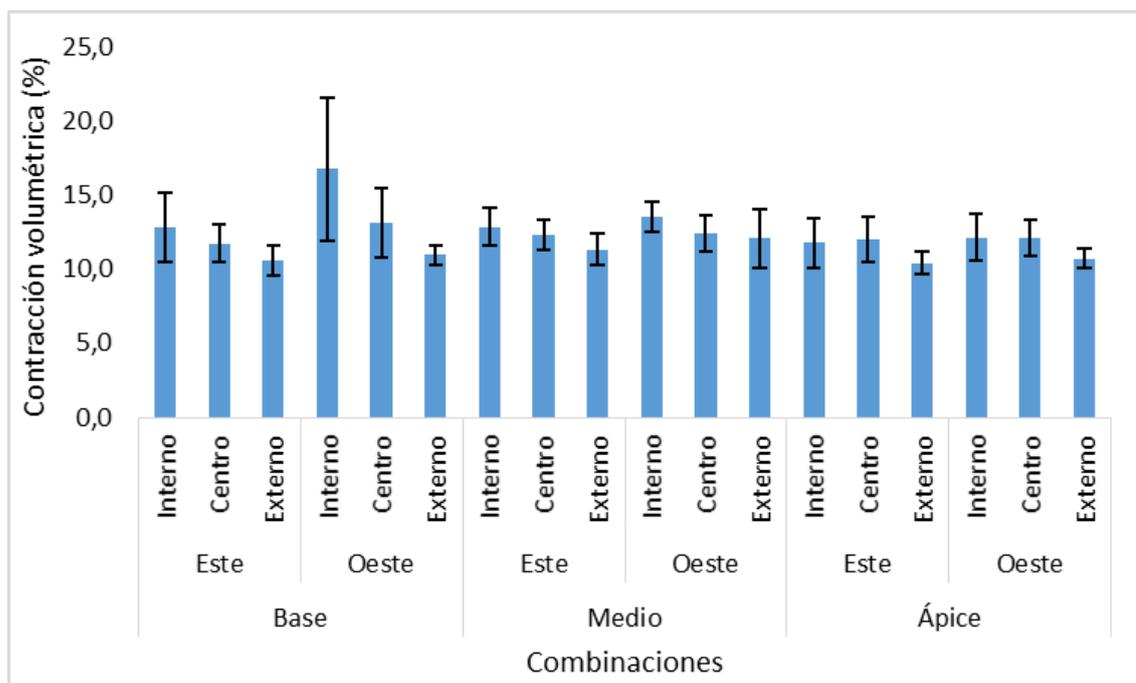


Figura 34. Contracción volumétrica en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de tres factores en estudio.

Los árboles de *Brosimum utile* (Kunth) Oken presentaron diferencias estadísticas respecto a la contracción volumétrica; en caso de las probetas procedentes de los tres niveles del fuste no presentaron diferencias estadísticas para la contracción volumétrica ($p = > 0,05$). Para las probetas extraídas de las dos orientaciones cardinales y en caso de las tres Secciones transversales, el ANVA determinó diferencias estadísticas significativas ($p = 0,032$ y $p = < 0,001$ respectivamente). Mientras que, no hubo diferencias estadísticas en las interacciones de los factores en estudio respecto a la contracción volumétrica (Cuadro 50).

En caso de la variabilidad de los datos se observa alta homogeneidad debido a que el coeficiente de variación fue 13,95%.

Cuadro 50. ANVA para la contracción volumétrica en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Árboles	3	25,930	8,643	2,983	0,040*
Niveles	2	17,264	8,632	2,979	0,060 ^{ns}
Orientación	1	14,052	14,052	4,850	0,032*
Sección transversal	2	64,660	32,330	11,158	<0,001*
Niveles * Orientación	2	9,175	4,587	1,583	0,215 ^{ns}
Niveles * Sección transversal	4	21,842	5,461	1,885	0,127 ^{ns}
Orientación * Sección transversal	2	5,498	2,749	0,949	0,394 ^{ns}
Niveles * Orientación * Sección transversal	4	8,588	2,147	0,741	0,568 ^{ns}
Error experimental	51	147,771	2,897		
Total	71	314,782			

CV: 13,95%.

*: Existe diferencias estadísticas.

ns: No existe diferencias estadísticas.

Debido a la ausencia de diferencias estadísticas significativas en *Brosimum utile* (Kunth) Oken, numéricamente se registró mayor contracción volumétrica en las probetas extraídas del nivel basal del fuste con una media de 12,67%, mientras que, las probetas procedentes del nivel apical y basal del fuste presentaron valores inferiores, con medias de 12,41% y 11,53% de contracción volumétrica respectivamente (Cuadro 51 y Figura 35).

Cuadro 51. Prueba Tukey para la contracción volumétrica en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas de diferentes niveles del fuste.

Mérito	Niveles del fuste	N	Media (%)	Significancia
1	Base	24	12,67	a
2	Medio	24	12,41	a
3	Ápice	24	11,53	a

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

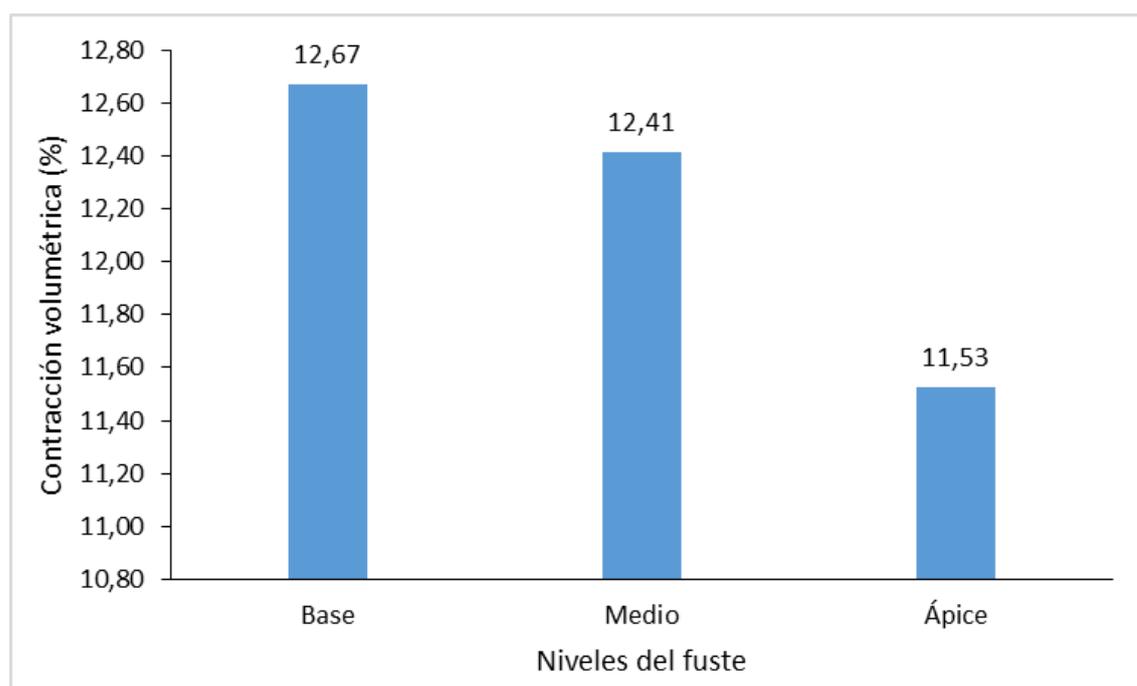


Figura 35. Contracción volumétrica en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de tres niveles del fuste.

Mayor contracción volumétrica presentaron las probetas extraídas de la orientación oeste del fuste (12,64%); mientras que, las probetas procedentes de la orientación este presentaron 11,76% (Cuadro 52).

Cuadro 52. Prueba Tukey para la contracción volumétrica en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas de diferentes orientaciones cardinales.

Mérito	Orientación cardinal	N	Media (%)	Significancia
1	Oeste	12	12,64	a
2	Este	12	11,76	b

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

Al considerar las secciones transversales de *Brosimum utile* (Kunth) Oken, mayor contracción volumétrica presentaron las probetas provenientes de la sección transversal interno del fuste con un valor de 13,32%, siendo estadísticamente similar a las probetas procedentes de la sección transversal central con 12,28%, pero superaron a la sección externo del fuste con solo una media de 11,00% (Cuadro 53 y Figura 36).

Cuadro 53. Prueba Tukey para la contracción volumétrica en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas de diferentes secciones transversales.

Mérito	Sección transversal	N	Media (%)	Significancia
1	Interno	24	13,32	a
2	Centro	24	12,28	a
3	Externo	24	11,00	b

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

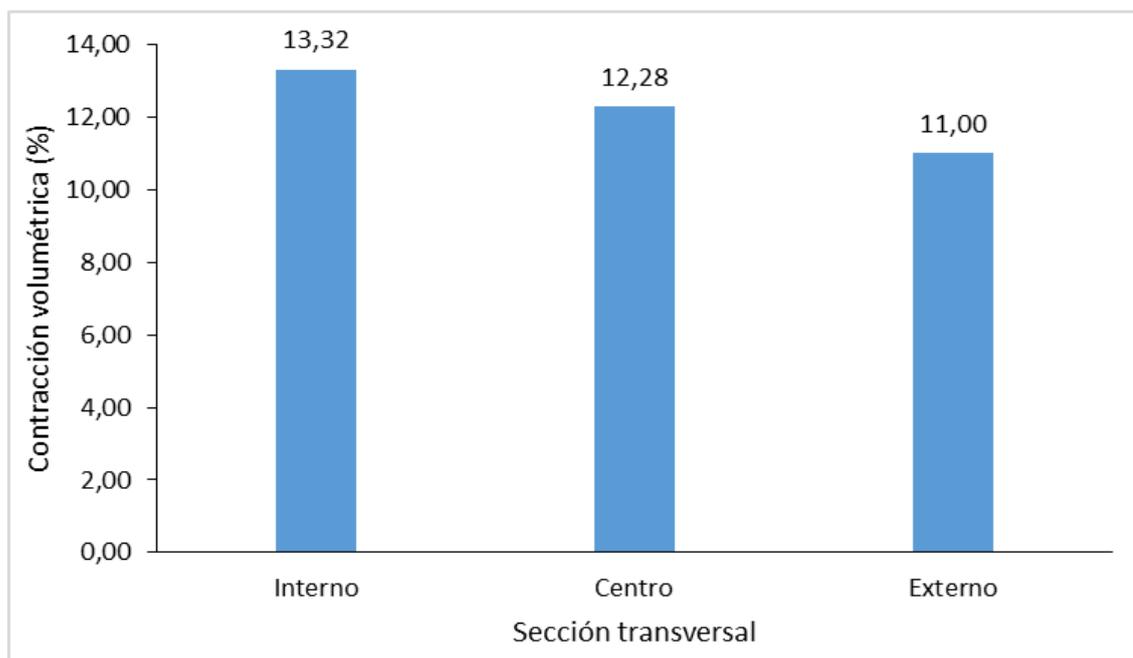


Figura 36. Contracción volumétrica en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de tres secciones transversales del fuste.

La contracción volumétrica disminuye desde la parte basal hacia la parte apical del fuste (Figura 36).

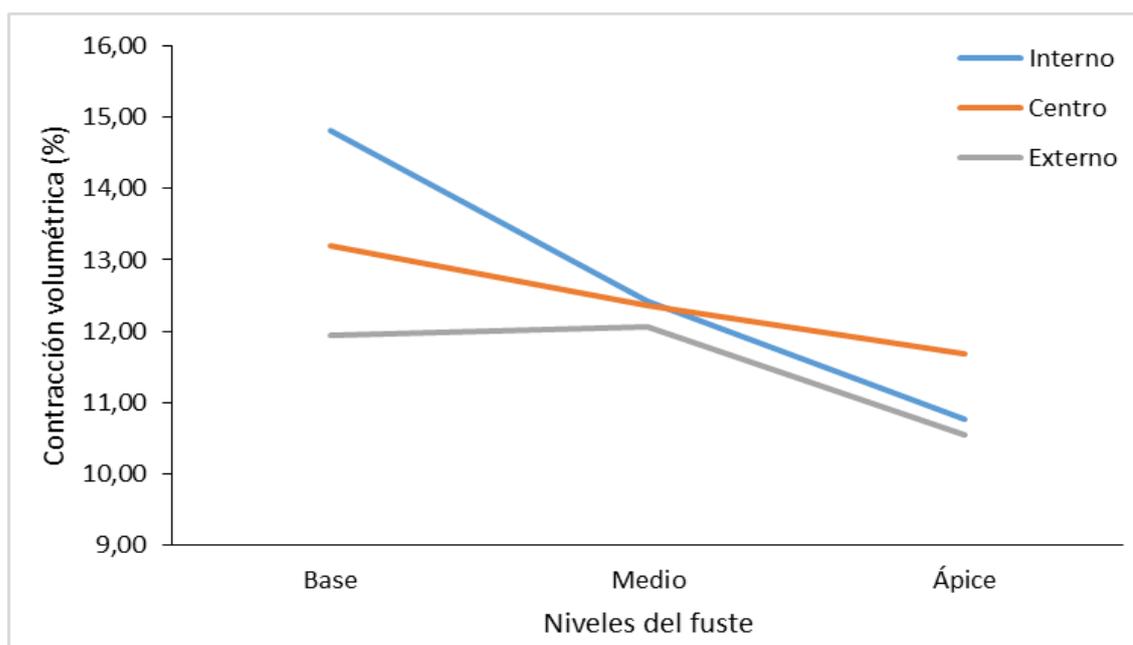


Figura 37. Contracción volumétrica en niveles y secciones del fuste.

4.3.5. Relación de la contracción tangencial/radial

Las 72 probetas extraídas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken presentaron una relación de la contracción tangencial/radial promedio total de 1,54; del cual, mayor valor presentaron las probetas extraídas del nivel apical, orientación oeste y sección transversal externo del fuste con una media de 2,01; mientras que, menor valor presentaron las probetas procedentes del nivel basal, orientación oeste y sección transversal interno del fuste que alcanzó un promedio de 1,06 (Cuadro 54 y Figura 38).

De manera general se observa que teniendo en consideración la sección transversal donde obtuvo las probetas, se tiene que de la sección externa se registra mayores valores promedios en comparación a las muestras que se obtuvieron de la parte interno y centro, dicho comportamiento fue excepcional en caso de los promedios obtenido al extraer una muestra de la parte media y en la orientación oeste debido a que se el mayor promedio se reporta en la parte interna de la sección transversal (Cuadro 54 y Figura 38).

Considerando la medida de dispersión estadística como es el caso del coeficiente de variación, los valores presentaron entre excelente (5-10%), muy bueno (11-15%), bueno (16-20%), regular (21-25%), malo (26-30%) y muy mala (> 31%) dispersión; de los cuales, el menor valor presentaron las probetas que fueron extraídas del nivel apical, orientación oeste y sección transversal central, con valor de 8,65 de coeficiente de variación (Cuadro 54 y Figura 38).

Cuadro 54. Descriptivos para la relación de la contracción tangencial/radial en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken.

Niveles del fuste	Orientación	Sección transversal	N	Media	Desviación estándar	CV (%)
Base	Este	Interno	4	1,64	0,22	13,33
		Centro	4	1,70	0,57	33,48
		Externo	4	1,77	0,23	12,77
	Oeste	Interno	4	1,06	0,31	29,63
		Centro	4	1,48	0,39	26,58
		Externo	4	1,93	0,22	11,65
Medio	Este	Interno	4	1,49	0,48	32,37
		Centro	4	1,59	0,65	40,88
		Externo	4	1,78	0,40	22,27
	Oeste	Interno	4	1,42	0,65	45,42
		Centro	4	1,36	0,60	44,31
		Externo	4	1,06	0,81	76,41
Ápice	Este	Interno	4	1,19	0,45	37,97
		Centro	4	1,54	0,21	13,45
		Externo	4	1,46	0,18	12,00
	Oeste	Interno	4	1,63	0,17	10,59
		Centro	4	1,61	0,14	8,65
		Externo	4	2,01	0,45	22,32
Total			72	1,54	0,46	30,04

CV: coeficiente de variación.

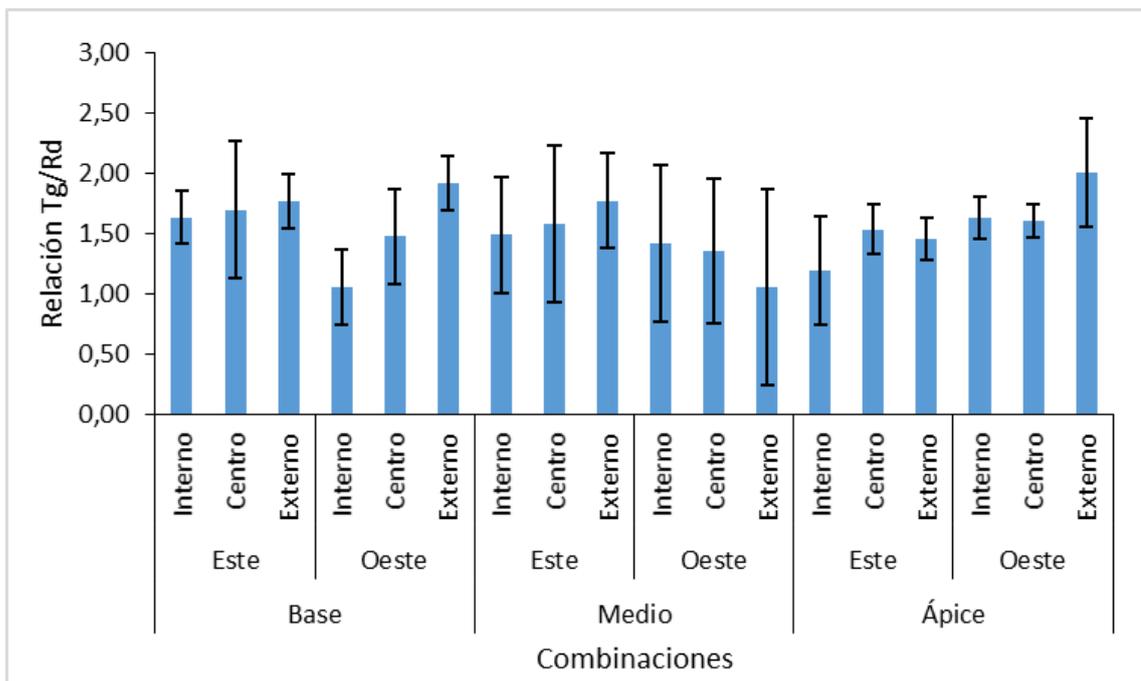


Figura 38. Relación Tg/Rd en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de tres factores en estudio.

Los árboles de *Brosimum utile* (Kunth) Oken que se sometieron al estudio no presentaron diferencias estadísticas con respecto a la relación de la contracción tangencial/radial; de la misma forma, para las probetas extraídas de tres niveles del fuste, de dos orientaciones cardinales del fuste y de tres secciones transversales del fuste, el ANVA determinó que no existe diferencias estadísticas significativas para la contracción tangencial/radial. Por otro lado, solo hubo diferencias estadísticas para las interacciones niveles del fuste y orientación cardinal (Cuadro 55).

La variabilidad de los datos respecto a la variable relación de la contracción tangencial/radial fue elevada considerando todas las muestras utilizadas en el estudio.

Cuadro 55. ANVA para la relación de la contracción tangencial/radial en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Árboles	3	0,637	0,212	1,099	0,358 ^{ns}
Niveles	2	0,301	0,150	0,778	0,465 ^{ns}
Orientación	1	0,084	0,084	0,434	0,513 ^{ns}
Sección transversal	2	0,813	0,406	2,104	0,132 ^{ns}
Niveles * Orientación	2	1,631	0,815	4,221	0,020*
Niveles * Sección transversal	4	0,612	0,153	0,793	0,535 ^{ns}
Orientación * Sección transversal	2	0,043	0,022	0,112	0,894 ^{ns}
Niveles * Orientación * Sección transversal	4	1,203	0,301	1,557	0,200 ^{ns}
Error	51	9,852	0,193		
Total	71	15,175			

CV: 28,54%. *: Existe diferencias estadísticas. ns: No existe diferencias estadísticas.

A pesar de no reportar diferencias estadísticas significativas, numéricamente, la mayor relación de la contracción tangencial/radial presentaron las probetas extraídas del nivel basal del fuste por obtener una media de 1,59; siendo seguido por las probetas extraídas del nivel apical y medio del fuste, con valores promedios de 1,57 y 1,45 respectivamente (Cuadro 56 y Figura 39).

Cuadro 56. Prueba Tukey para la relación de la contracción tangencial/radial en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas de diferentes niveles del fuste.

Mérito	Niveles del fuste	N	Media	Significancia
1	Base	24	1,59	a
2	Ápice	24	1,57	a
3	Medio	24	1,45	a

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

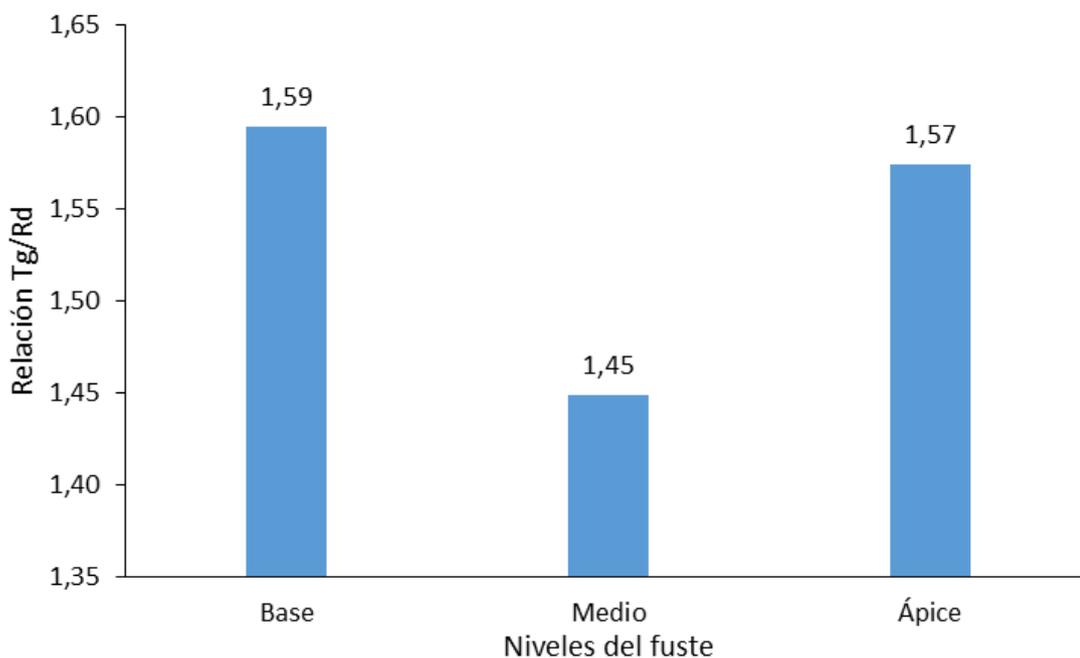


Figura 39. Relación Tg/Rd en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de tres niveles del fuste.

Al no reportar diferencias estadísticas, numéricamente, mayor relación tangencial/radial alcanzaron las probetas extraídas de la orientación

este del fuste con valor promedio de 1,57; mientras que, las probetas procedentes de la orientación oeste registraron una media de 1,50 (Cuadro 57).

Cuadro 57. Prueba Tukey para la relación de la contracción tangencial/radial en probetas de *Brosimum utile* (kunth) oken obtenidas de diferentes orientaciones cardinales.

Mérito	Orientación cardinal	N	Media	Significancia
1	Este	12	1,57	a
2	Oeste	12	1,50	a

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

Numéricamente, al considerar la sección transversal, las probetas extraídas de la sección transversal externo del fuste presentaron 1,67 de contracción tangencial/radial; siendo superior a las probetas procedentes de las secciones transversales central e interno del fuste, ya que, presentaron valores de 1,54 y 1,41 respectivamente (Cuadro 58 y Figura 40).

Cuadro 58. Prueba Tukey para la relación de la contracción tangencial/radial en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas de diferentes secciones transversales.

Mérito	Sección transversal	N	Media	Significancia
1	Externo	24	1,67	a
2	Centro	24	1,54	a
3	Interno	24	1,41	a

Letras diferentes demuestran significancia estadística.

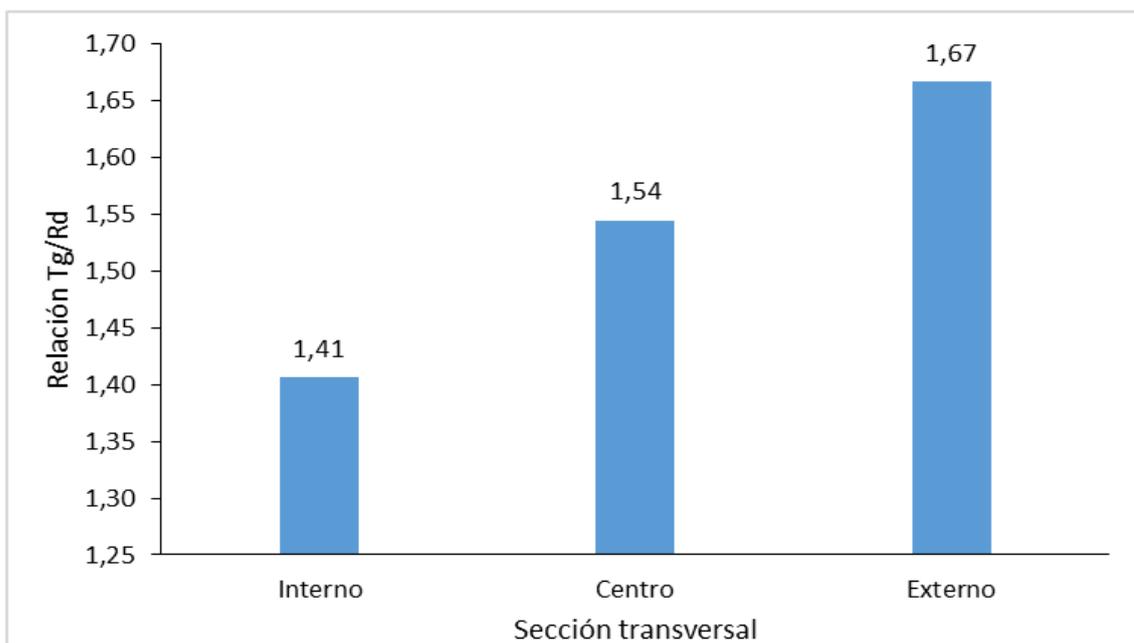


Figura 40. Relación Tg/Rd en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken procedentes de tres secciones transversales del fuste.

La relación Tg/Rd incrementa desde la parte basal hacia la parte apical del fuste (Figura 41).

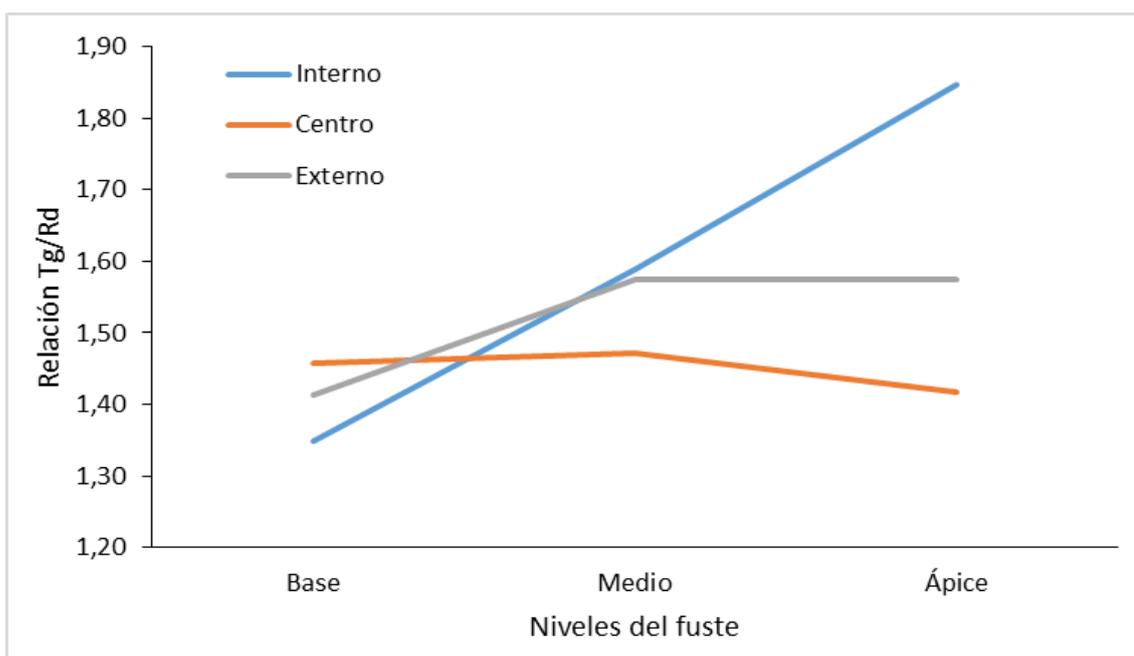


Figura 41. Relación Tg/Rd en niveles y secciones del fuste.

En el análisis de los efectos simples debido a la interacción registrada para los factores nivel del fuste y orientación cardinal, se tiene que el mayor promedio en la relación tangencial/radial se obtuvieron en las probetas procedentes de la parte apical y la orientación oeste con un valor de 1,75, mientras que el menor valor de dicha relación se reportó para las probetas obtenidas del nivel medio del fuste y la orientación oeste con una media de 1,28; además se registra la interacción estadística entre los niveles medio a apical del fuste donde la proyección de la línea de las orientaciones se entrecruzan con la cual ratifica dicha interacción (Figura 42).

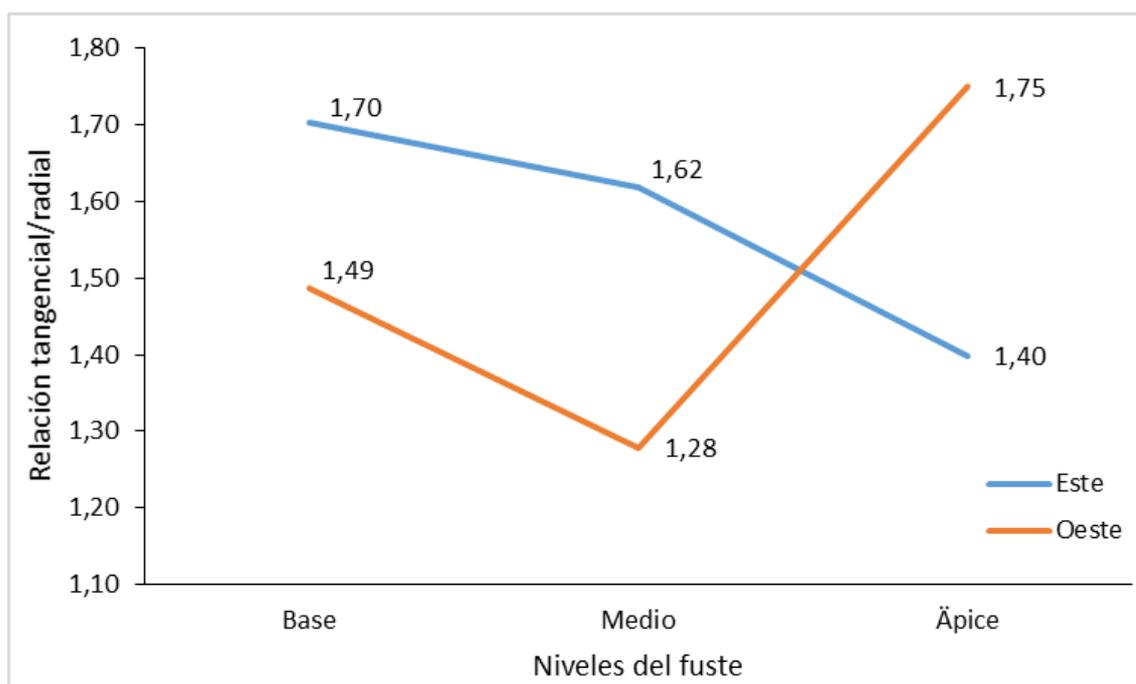


Figura 42. Interacción en la relación tangencial/radial en probetas de *Brosimum utile* (Kunth) Oken obtenidas por niveles del fuste y orientaciones.

V. DISCUSIÓN

5.1. Sobre el contenido de humedad saturada y seca al aire de *Brosimum utile* (Kunth) Oken “panguana” a lo largo del eje longitudinal y transversal

Los tres niveles presentaron diferencias estadísticas respecto a la humedad saturada y contenido de humedad seca al aire, donde la humedad saturada se concentra más en el nivel medio de fuste (76,45%) y la humedad seca al aire en el nivel apical del fuste (14,95%); esto corrobora Desch y Dinwoodie (1981) donde la variación en sentido longitudinal, los árboles tienen una mayor cantidad de agua en las partes altas comparadas con la encontrada en la base; por el contrario Grigoriev (1985) indica que, el contenido de agua en el tronco de árbol varía según la altura donde en el duramen disminuye por el tronco hacia arriba; Bamber y Burley, citados por Torres (2009) añaden que, el contenido de humedad en la albura se incrementa con la altura. En la especie *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don., Aguirre (2009) también obtuvo mayor valor de contenido de humedad en el nivel basal y medio (98,42%).

Asimismo, las tres secciones transversales del fuste presentaron diferencias, donde la humedad saturada disminuye desde la sección interno hacia externo (80,27 - 70,32%) y la humedad seca al aire sucede al contrario. Esta última coincide con Shortle y Bauch (1986) al indicar que, el contenido de

humedad en dirección transversal presenta la tendencia de incrementar de la médula hacia la corteza, mientras que, es contrario para la humedad saturada. Similar variabilidad obtuvo Quispe (2016) en la especie *Zanthoxylum riedelianum* Engl (hualaja), donde la humedad saturada disminuye de la sección de interno hacia externo (88,13 – 72,44%) y la humedad seca al aire incrementa de la sección interno hacia externo (14,7 – 14,92%).

Las orientaciones cardinales del fuste presentaron similares contenido de humedad seca al aire, donde ligeramente mayor valor se registró en la orientación este; de manera similar para la humedad saturada no hubo diferencias, donde numéricamente mayor valor presenta la orientación oeste (75,62%), asimismo, no hubo diferencias en las interacciones. Por ello, Ananías (1992) indica que, la cantidad de agua existente en la madera puede variar mucho según el tipo de madera (albura o duramen) y la edad de la madera (madera juvenil o adulta).

5.2. Sobre las densidades: saturada, básica y anhidra seco al aire de *Brosimum utile* (Kunth) Oken “panguana” a lo largo del eje longitudinal y transversal

La especie *Brosimum utile* (Kunth) Oken presentó 0,91 g/cm³ de densidad saturada, 0,52 g/cm³ de densidad básica y 0,59 g/cm³ de densidad anhidra. Sin embargo, Solano (2013) obtuvo valores inferiores, donde 0,74 g/cm³ de densidad saturada, 0,46 g/cm³ de densidad básica y 0,52 g/cm³ de densidad anhidra. Mientras que, MINAM (2014) obtuvo superior densidad

saturada ($1,02 \text{ g/cm}^3$) y menor densidad básica y anhidra ($0,40 \text{ g/cm}^3$ y $0,46 \text{ g/cm}^3$ respectivamente). Unos autores obtuvieron inferiores valores de densidad básica para la especie; en Ecuador $0,40 \text{ g/cm}^3$ (COMAFORS 2010), en Perú $0,49 \text{ g/cm}^3$ (MADEXO 2017), $0,49 \text{ g/cm}^3$ (INIA 1999) y en Von Humboldt $0,47 \text{ g/cm}^3$ (Aróstegui *et al.* 1975). De acuerdo a la densidad básica obtenida, la especie *Brosimum utile* se clasifica madera liviana (Campos *et al.* 1990) y de clase media (M) del grupo III (Aróstegui 1982).

Los tres niveles de fuste presentaron diferencias estadísticas respecto a las densidades, donde se incrementan desde el nivel base hacia el ápice del fuste, con valores de $0,88 - 0,94 \text{ g/cm}^3$ para densidad saturada, $0,51 - 0,54 \text{ g/cm}^3$ para densidad básica y $0,58 - 0,61 \text{ g/cm}^3$ para densidad anhidra. Esto es corroborado por Brolin *et al.* (1995) al indicar que en dirección longitud, la densidad básica incrementa con la altura en el árbol para especies con bajo porcentaje de madera tardía. Por el contrario, Jost (2006) encontró que, la densidad básica y anhidra disminuye con la altura del fuste. En la especie *Jacaranda copaia* Aguirre (2009) obtuvo similar variabilidad de la densidad saturada, básica y anhidra donde el valor se incrementa del nivel base hacia el ápice del fuste, cuyos valores fueron $0,58 - 0,65 \text{ g/cm}^3$ de densidad saturada, $0,29 - 0,34 \text{ g/cm}^3$ de densidad básica y $0,35 - 0,38 \text{ g/cm}^3$ de densidad anhidra. Valores contrarios obtuvo Quispe (2016) en la especie *Zanthoxylum riedelianum* Engl (hualaja), donde las densidades disminuyen del nivel base hacia el ápice del fuste, donde $0,92 - 0,82 \text{ g/cm}^3$ de densidad saturada, $0,58 - 0,51 \text{ g/cm}^3$ de densidad anhidra y $0,51 - 0,45 \text{ g/cm}^3$ de densidad básica.

Las dos orientaciones cardinales del fuste no presentaron diferencias respecto a la densidad saturada, la densidad básica y anhidra, siendo mayores los valores en la orientación oeste del fuste; de manera similar, Quispe (2016) no obtuvo diferencias estadísticas para las densidades determinadas de las orientaciones cardinales en la especie *Zanthoxylum riedelianum* (hualaja).

Las tres secciones transversales del fuste presentaron diferencias estadísticas para las densidades, donde menores valores se registraron en la sección interno; mientras que, las secciones medio y externo presentaron el mismo valor; donde 0,88 - 0,93 g/cm³ para densidad saturada, 0,49 - 0,54 g/cm³ para densidad básica y 0,56 – 0,61 g/cm³ para densidad anhidra. En caso de la densidad básica Panshin y De Zeeuw (1980) señalan que la variación se observa en dirección transversal que el promedio de la densidad básica incrementa de la médula hacia la corteza y disminuye junto a la médula e incrementa cerca de la corteza. Así también, Quispe (2016) obtuvo que, las densidades se incrementan de la sección interno hacia externo para la especie *Z. riedelianum* (hualaja), con valores 0,79 – 0,92 g/cm³ de densidad saturada, 0,47 – 0,61 g/cm³ de densidad anhidra y 0,42 – 0,54 g/cm³ de densidad básica.

Downes *et al.* (1997) indican que, la densidad básica varía considerablemente entre especies, entre árboles y dentro de árboles individuales. Esta variación se debe tanto a factores propios de cada especie como a las interacciones con el medio ambiente; las características de la madera como: tipos de células, diámetros de lúmenes y espesor de las paredes

celulares, así como el contenido de extraíbles, entre otras, también inciden en la variación de esta propiedad.

5.3. Sobre las contracciones: radial, tangencial, longitudinal, volumétrica y relación tangencial/radial de *Brosimum utile* (Kunth) Oken “panguana” a lo largo del eje longitudinal y transversal

La especie *Brosimum utile* (Kunth) presentó 4,86% de contracción radial, 6,91% de contracción tangencial, 0,36% de contracción longitudinal, 12,20% de contracción volumétrica y 1,54 en la relación de la contracción tangencial/radial. Sin embargo, Aróstegui *et al.* (1975) obtuvieron valores inferiores, siendo estos 3,95% de contracción radial 6,55% de contracción tangencial y 9,48% de contracción volumétrica, excepto para la relación T/R que obtuvo una media de 1,71. Asimismo, INIA (1999) presenta 6,88% de contracción tangencial, 3,71% de contracción radial, 6,69% de contracción volumétrica y 1,90 de relación T/R. En Perú, Solano (2013) obtuvo 6,99% de contracción tangencial, 4,08% de contracción radial, 0,46% de contracción longitudinal, 11,20% de contracción volumétrica y 1,77 de la relación T/R.

Para Tuset (1989), la contracción tangencial es más importante que la radial y más característico del comportamiento de una madera en cuanto a estabilidad durante el proceso de secado; asimismo, indica que, los límites generales aceptados para la contracción volumétrica están entre 0% y 30%. La contracción longitudinal obtenida está dentro el rango indicado por Espinoza y León (2001), donde en madera normal oscila entre 0,1 y 0,3 %. De acuerdo,

Aróstegui (1982) la especie pertenece al grupo III y se clasifica media (M) según la clasificación de las maderas considerando la contracción volumétrica; y según su estabilidad (T/R) pertenece al grupo II de clasificación baja (B) y con estabilidad estable (E); además, cuando el índice (T/R) de estabilidad se acerca a uno significa que la madera es más estable y tiene buen comportamiento al secado.

Los bloques (árboles) no presentaron diferencias respecto a las contracciones de la especie. Los niveles de fuste no presentaron diferencias estadísticas respecto a las contracciones a excepción de la contracción radial; siendo numéricamente mayores los valores en diferentes niveles, entre ello se tiene 5,38% de contracción radial (medio), 7,25% de contracción tangencial (basal), 0,39% de contracción longitudinal (apical) y 12,67% de contracción volumétrica (basal) y 1,59 de relación T/R (basal), resultados que en muchos casos son similares a los reportes de Jost (2006) al encontrar que, las contracciones radiales disminuyen con la altura. Otros autores como Aguirre (2009), también encontraron similares comportamientos en la especie *J. copaia* al indicar mayor valor de contracciones en el nivel base del fuste disminuyendo hacia el ápice, con valores, 9,78 - 6,59% de contracción tangencial, 5,29 - 4,24% de contracción radial, 18,39 - 12,26% de contracción volumétrico y 1,91 - 1,57 de relación T/R. Asimismo, los resultados coinciden en algunas variables al obtenido por Quispe (2016) en la especie *Z. riedelianum* (hualaja) donde mayor contracción presentó en el nivel medio del fuste, con valores, 8,58% de contracción tangencial y 11,78% de contracción volumétrica; mientras que, la relación T/R se incrementa de la base (1,89) hacia el ápice (1,66) del fuste.

Las tres secciones transversales del fuste presentaron diferencias para la contracción radial y volumétrica, excepto para la contracción tangencial, longitudinal y relación tangencial/radial; donde el valor se incrementa de la sección externo hacia el interno para la contracción radial (4,32% - 5,56%), tangencial (6,58% - 7,33%) y volumétrica (11,00% - 13,32%); y al contrario sucede para la contracción longitudinal (0,32% - 0,36%) y relación tangencial/radial (1,41 - 1,67). La variación de la contracción longitudinal obtenida es corroborada por Panshin y De Zeeuw (1980) al mencionar, en la madera juvenil la contracción longitudinal es más alta cerca de la médula, disminuyendo rápidamente hacia la parte exterior del periodo de crecimiento juvenil; este cambio en la magnitud de las contracciones longitudinales está relacionado con el incremento en la longitud de las células y contenido de celulosa.

VI. CONCLUSIONES

1. En el fuste de *Brosimum utile* (Kunth) Oken "panguana", los promedios de la humedad seca al aire, densidad saturada, densidad básica, densidad anhidra y contracción longitudinal ascienden hacia la parte apical; dentro del comportamiento transversal, se tiene que la humedad saturada, contracción radial, contracción tangencial y contracción volumétrica descienden sus valores desde la parte interior hacia el exterior; y en caso de las orientaciones, fueron superiores los valores de la humedad seca al aire, contracción tangencial y la relación T/R en la orientación Este.
2. La humedad saturada disminuyó desde la base (75,15%) hacia el ápice (72,53%), mientras que el contenido de humedad seca al aire presenta un comportamiento contrario con valores de 14,81% y 14,95% respectivamente. En caso del eje transversal, la humedad saturada disminuyen desde la parte exterior hacia la médula y para la humedad seca al aire ocurre lo contrario.
3. La densidad saturada, básica y anhidra se incrementan desde la base (0,88, 0,51 y 0,58 g/cm³) hacia el ápice (0,94, 0,54 y 0,61 g/cm³), mientras que en el eje transversal disminuye las densidades saturada, básica y anhidra desde la parte exterior (0,92, 0,54 y 0,60 g/cm³) hacia el interior (0,88, 0,49 y 0,56 g/cm³ respectivamente).

4. Las contracciones radial, tangencial, volumétrica y la relación T/R disminuyeron desde la base (4,84%, 7,25%, 12,67% y 1,59) hacia el ápice (4,37%, 6,67%, 11,53% y 1,45 respectivamente), comportamiento contrario se observó en la contracción longitudinal. En caso de la contracción radial, tangencial y volumétrica disminuyeron desde lo interior (5,56%, 7,33% y 13,32%) hacia lo exterior (4,32%, 6,58% y 11,00%), mientras que la contracción longitudinal y la relación T/R disminuyeron desde las muestras extraídas de lo más exterior (0,36% y 1,67) hacia el interior (0,32% y 1,41).

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios considerando factores en estudio como la edad de los árboles debido a que fortalecerá los resultados de las propiedades físicas y se le pueda otorgar usos adecuados para cada edad del árbol.
2. Realizar estudios de las propiedades físicas en las demás especies forestales que vienen aprovechándose en la concesión con la finalidad de difundir e incrementar mayores usos que les pueda atribuir y de esa manera se pueda obtener mejores precios para su comercialización.
3. Considerar otros estudios enfocándose a la parte silvicultural de la especie, desde la propagación y el manejo en plantaciones debido a que cuando se incrementa sus usos de una especie se incrementa la demanda de dicha especie y puede generarse una extinción en caso de no conocer su repoblamiento de dicha especie forestal.
4. Elaborar una base de datos y catálogos de las especies forestales que vienen aprovechando las concesiones forestales y los que se encuentran bajo predios particulares con la finalidad de fortalecer los conocimientos de los profesionales entendidos en el tema y se pueda atribuir un uso a los resultados de las investigaciones.

EVALUATION OF THE PHYSICAL PROPERTIES OF *Brosimum utile*
(KUNTH) OKEN "PANGUANA", PROVENIENT OF THE SHORT PLOT N° 05,
OPERATIONAL PLAN N° 03 OF THE NATIVA YAMINO COMMUNITY -
UCAYALI

VIII. ABSTRACT

With the objective of evaluating the physical properties along the longitudinal and transverse axis of the *Brosimum utile* (Kunth) Oken "panguana" stem, coming from the short plot No. 05, operative plan N ° 03 of the Yamino native community - Ucayali and the Technology, Utilization and Forestry Machinery workshop in the Huánuco region. Samples were selected on the basis of NTP 251.008, then specimens were elaborated belonging to trunk levels (base, middle and apex), cardinal orientations (east and west) and cross sections (exterior, center and interior) and their analysis of the Physical properties were determined according to NTP 251.010, 251.011 and 251.012. As a result it is reported that the content of air-dried moisture, saturated density, basic density, anhydrous density and longitudinal shrinkage is greater in the apical part, while the content of saturated moisture, radial contraction, tangential contraction, volumetric shrinkage and the ratio T/R is lower in the apical part; the content of saturated moisture, saturated density, basic density, anhydrous density and longitudinal contraction descend from the inside to the outside, and the opposite occurs with the content of dry moisture to the air, radial contraction, tangential contraction, volumetric contraction and the T/R ratio. The air dry moisture content, tangential shrinkage and the T/R ratio is higher in the

East orientation, while the saturated moisture content, saturated density, basic density, anhydrous density, radial shrinkage, longitudinal shrinkage and volumetric shrinkage is higher in the west orientation. It is concluded that the physical properties in the species under study vary both longitudinally and transverse to the shaft axis.

Keywords: *Brosimum utile*, physical properties, basic density, tangential contraction, volumetric contraction.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, A. 2009. Determinación de las propiedades físicas a tres alturas del fuste de huamanzamana (*Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.), procedente del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva - Tingo María. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Tingo María. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 105 p.
- Álvarez, H; Fernández, J. 1992. Fundamentos teóricos del secado de la madera. Madrid, España. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. 240 p.
- Amaral, D. 2014. Anatoquímica de nós de *Pinus elliottii* var. *elliottii*. Tesis Doctoral. Curitiba, Brasil. Universidad Federal de Paraná. 156 p.
- Ananías, R. 1992. Física de la Madera. Material de ayuda. Concepción, Chile. Universidad del Bio-Bio. 41 p.
- Aróstegui, A. 1984. Recopilación y análisis de estudio tecnológico de maderas peruanas. Documento de trabajo N° 2 PNUD/FAO 81/002. Lima, Perú. 57 p.
- Aróstegui, A. 1982. Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas. Documento de Trabajo W2. Lima, Perú. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 57 p.

- Aróstegui, A; Gonzáles, V; Sato, A. 1975. Estudio tecnológico de maderas del Perú (Zona Pucallpa): Características tecnológicas de la madera de 40 especies del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt. Lima – Perú. Ministerio de Agricultura - Universidad Nacional Agraria La Molina. 3:1-171.
- Arroyo, J. 1983. Propiedades físico - mecánicas de la madera. Mérida, Venezuela. Universidad de los Andes. 197 p.
- Brolin, A; Norén, A; Stahl, EG. 1995. Wood and Pulp Characteristics of Juvenile Norway spruce: A Comparison Between a Forest and Agricultural Stand. Tappi Journal 78(4):203-214.
- Campos, A; Cubillos, G; Morales, F; Pastene, A. 1990. Propiedades y usos de especies madereras de corta rotación. Santiago, Chile. Corporación de Fomento y Producción (CORFO). 87 p.
- COMAFORS. 2010. Sande: Manual de descripción general de especies de bosque secundario. Quito, Ecuador. 8 p.
- CORMA (Corporación Chilena de la Madera). 2003. Manual para la construcción de vivienda en madera. Santiago, Chile. 55 p.
- Cuevas, E. 2003. Propiedades físicas y mecánicas de la madera. Material de apoyo en propiedades físicas y mecánicas. Talca, Chile. Universidad de Talca. 68 p.
- Desch, HE; Dinwoodie, JM. 1981. TIMBER: Its structure, properties and utilization. 6 ed. Timber Press. Oregon, United States of America. p. 161-162 y 174-176.

- Díaz, P. 2005. Evaluación de propiedades físicas y mecánicas de madera de *Nothofagus glauca* (Hualo) proveniente de la zona de Cauquenes. Tesis Ing. Industrias de la Madera. Talca, Chile. Universidad de Talca. 179 p.
- Downes, G; Hudson, I; Raymond, C; Dean, G; Michell, A; Schimleck, L; Evans, R; Muneri, A. 1997. Sampling plantation eucalypts for wood and fibre properties. CSIRO Publishing, Melbourne, Australia. 132 p.
- Eduardo, C. 1985. Programa de investigación de celulosa y papel Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. PROCYP. Argentina. Universidad Nacional de Misiones. sp. Consultado 03 Mar. 2019. Disponible en <https://docplayer.es/94122311-Procyp-programa-de-investigacion-de-celulosa-y-papel-html>.
- Espinoza De Pernía, N; León, W. 2001. Anatomía de la madera. Mérida, Venezuela. Universidad de Los Andes. 396 p.
- Jovanovski, A; Jaramillo, M; Loguercio, G; Antequera, S. 2002. Densidad de la madera de *Pinus ponderosa* (Dougl. Ex Laws) en tres localidades de Argentina. Bosque 23(2):57-67.
- GOREU (Gobierno Regional de Ucayali, Pucallpa). 2009. Estudio preliminar de la zona propuesta para Área de Conservación Regional Velo de la Novia. Pucallpa, Perú. 74 p.
- Gonzales, R. 1996. Secado de madera. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria de La Molina. 164 p.
- Grigoriev, MA. 1985. Estudio para materiales para ebanistas y carpinteros. MIR MOSCU-URSS. Rusia. 240 p.

- Haygreen, J; Bowyer, J. 1982. Forest Products and Wood Science. Iowa, USA. Iowa State University. 495 p.
- IIAP (Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana). 2001. Zonificación ecológica y económica de la cuenca del río Aguaytía. Consultado 17 Feb. 2019. Disponible en <http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicación/zin-aguaytía/zee.htm>.
- INIA (Instituto Nacional de Investigaciones de la Amazonía Peruana). 1999. Maderas del Perú. Pucallpa, Perú. s.p.
- Janzen, D. 1991. Cómo salvar la diversidad biológica tropical. Am. Entornol. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. p. 159-171.
- Jost, F. 2006. Propiedades físicas y mecánicas de *Araucaria angustifolia* proveniente de plantaciones de Oxapampa. Tesis Ing. Forestal. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 159 p.
- JUNAC (La Junta del Acuerdo de Cartagena). 1984. Manual de diseño para maderas del grupo andino. PADTREFORT. Lima, Perú. JUNAC. sp.
- MADEXO. 2017. Especificación técnica de la madera panguana. Lima, Perú. 3 p.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura). 1988. Manual de secado de las maderas del Grupo Andino. Lima, Perú. JUNAC. 105 p.
- MINAM (Ministerio del Ambiente). 2014. Propiedades anatómicas, físicas y mecánicas de 93 especies forestales. Quito, Ecuador. 171 p.

- Monteoliva, S; Senisterra, G; Marquina, J; Marlats, R; Villegas, S. 2002. Estudio de la variación de la densidad básica de la madera de ocho clones de sauce (*Salix* spp.). Rev. Fac. Agron. 105(1):77- 82.
- Moya, R; Arce, V. 2003. Efecto del espaciamiento en plantación sobre dos propiedades físicas de madera de teca a lo largo del fuste. Madera y Bosques 9(2):15-27.
- Noack, D. 1970. Evaluación de propiedades de maderas tropicales. Trabajo presentado en I Reunión del Grupo de Trabajo IUFRO. Hamburgo, Alemania. Traducción: OVERBEEK, A.
- 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.
- PADT-REFORT/JUNAC. 1989. Manual del grupo andino para el secado de maderas. Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el Área de los Recursos Forestales Tropicales. Junta de acuerdo de Cartagena. Lima, Perú. sp.

- Panshin, A; De Zeeuw, C. 1980. Textbook of wood technology. 4 ed. New York, US. McGraw-Hill series in forest resources; McGraw – Hill Book Company. 722 p.
- PLAN MAESTRO. 2011-2016. Parque Nacional Cordillera Azul. Diagnóstico del Proceso de Actualización. Lima, Perú. p. 92-95.
- Pérez, V. 1983. Manual de propiedades físicas y mecánicas de maderas Chilenas. Santiago, Chile. Corporación Nacional Forestal. 451 p.
- Quispe, AGY. 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 Ing. Agroforestal Acuícola. Yarinacocha, Perú. Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia. 80 p.
- 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.
- Spavento, E; Keil, G; Monteoliva, S. 2008. Propiedades físicas de la madera; Curso de Xilotecología. Buenos Aires, Argentina, Universidad Nacional de la Plata. 30 p.
- Solano, W. 2013. Utilización industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales. Lima, Perú. 59 p.
- Torres, F. 2009. Evaluación de las propiedades físico mecánicas de la especie Pino chuncho (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) proveniente

- de plantaciones del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt – Ucayali. Tesis Ing. Forestal. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 126 p.
- Tuset, R. 1989. Manual de maderas comerciales, equipos y procesos de utilización. Montevideo – Uruguay. Hemisferio Sur. 689 p.
- Vásquez, A. 2010. Anatomía de la madera de las podocarpaceas colombianas. Tesis Doctoral. Córdoba, España. Universidad de Córdoba. 147 p.
- Velásquez, J; Toro, ME; Gómez, L; Terzo, FM; Márquez, A. 2009. Patrón de variación axial y radial del peso específico en la madera de *Erismia uncinatum* Warm. *Interciencia* 34(12):873-879.
- Vignote, S. 2000. Tecnología de la madera en construcción arquitectónica. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 277 p.
- Zobel, B; Talbert, J. 1994. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Limusa. México, México. p. 413-424.

ANEXO

Anexo A: Datos registrados

Cuadro 59. Contenido de humedad saturada y seca al aire de *Brosimum utile* (Kunth) Oken "panguana".

Árbol	Nivel	Orientación	Sección transversal	Humedad saturada	Humedad seca al aire
1	1	1	3	63,36	15,26
1	1	1	2	67,40	14,92
1	1	1	1	75,92	14,75
1	1	2	3	64,05	15,07
1	1	2	2	74,54	14,22
1	1	2	1	79,30	14,11
1	2	1	3	67,69	15,11
1	2	1	2	65,48	14,90
1	2	1	1	77,58	14,35
1	2	2	3	71,75	14,81
1	2	2	2	77,06	14,77
1	2	2	1	76,06	14,34
1	3	1	3	64,15	15,17
1	3	1	2	64,12	15,08
1	3	1	1	75,64	14,90
1	3	2	3	77,05	14,71
1	3	2	2	70,88	14,39
1	3	2	1	76,26	14,20
2	1	1	3	70,67	15,43
2	1	1	2	73,34	14,71
2	1	1	1	76,31	14,75
2	1	2	3	73,75	15,10
2	1	2	2	75,45	14,25

Árbol	Nivel	Orientación	Sección transversal	Humedad saturada	Humedad seca al aire
2	1	2	1	85,54	13,85
2	2	1	3	72,92	15,36
2	2	1	2	75,35	14,73
2	2	1	1	72,50	14,62
2	2	2	3	73,32	14,34
2	2	2	2	76,65	14,85
2	2	2	1	87,46	14,47
2	3	1	3	68,56	15,28
2	3	1	2	72,68	14,97
2	3	1	1	72,82	15,05
2	3	2	3	73,26	15,15
2	3	2	2	74,52	14,86
2	3	2	1	75,75	14,71
3	1	1	3	75,03	15,00
3	1	1	2	81,76	14,10
3	1	1	1	91,23	14,25
3	1	2	3	78,97	15,31
3	1	2	2	75,12	15,08
3	1	2	1	87,49	14,56
3	2	1	3	81,78	14,51
3	2	1	2	80,51	14,65
3	2	1	1	87,99	14,55
3	2	2	3	76,34	15,33
3	2	2	2	76,36	14,86
3	2	2	1	101,18	14,44
3	3	1	3	72,62	14,97
3	3	1	2	77,60	14,75

Árbol	Nivel	Orientación	Sección transversal	Humedad saturada	Humedad seca al aire
3	3	1	1	89,84	14,51
3	3	2	3	71,78	15,41
3	3	2	2	75,98	14,77
3	3	2	1	80,72	14,57
5	1	1	3	65,33	15,51
5	1	1	2	70,36	15,13
5	1	1	1	74,68	14,79
5	1	2	3	65,65	15,53
5	1	2	2	74,59	15,31
5	1	2	1	83,81	14,54
5	2	1	3	66,17	15,53
5	2	1	2	77,00	15,00
5	2	1	1	82,61	14,06
5	2	2	3	66,13	15,27
5	2	2	2	69,38	14,84
5	2	2	1	75,56	14,34
5	3	1	3	63,65	15,44
5	3	1	2	69,97	15,04
5	3	1	1	72,44	15,02
5	3	2	3	63,79	15,57
5	3	2	2	69,00	15,30
5	3	2	1	67,74	14,86

Nivel del fuste: Base (1), medio (2), ápice (3); Orientación: este (1), oeste (2); Sección transversal: interno (1), centro (2), externo (3).

No se consideró el árbol número cuatro (04) debido a que fue otra especie.

Cuadro 60. Densidades: saturada, básica y anhidra seco al aire de *Brosimum utile* (Kunth) Oken "panguana".

Árbol	Nivel	Orientación	Sección transversal	D, saturada	D, Básica	D, anhidra
1	1	1	3	0,84	0,51	0,57
1	1	1	2	0,84	0,50	0,57
1	1	1	1	0,82	0,47	0,54
1	1	2	3	0,85	0,52	0,58
1	1	2	2	0,94	0,54	0,62
1	1	2	1	0,94	0,53	0,62
1	2	1	3	0,84	0,50	0,56
1	2	1	2	0,81	0,49	0,56
1	2	1	1	0,83	0,47	0,53
1	2	2	3	0,94	0,55	0,63
1	2	2	2	0,96	0,54	0,62
1	2	2	1	0,89	0,51	0,59
1	3	1	3	0,90	0,55	0,61
1	3	1	2	0,92	0,56	0,65
1	3	1	1	0,87	0,50	0,57
1	3	2	3	0,97	0,55	0,61
1	3	2	2	0,98	0,57	0,66
1	3	2	1	0,92	0,52	0,61
2	1	1	3	0,94	0,55	0,62
2	1	1	2	0,90	0,52	0,60
2	1	1	1	0,86	0,49	0,56
2	1	2	3	0,91	0,52	0,59
2	1	2	2	0,99	0,56	0,67
2	1	2	1	0,94	0,50	0,59
2	2	1	3	0,93	0,54	0,61

Árbol	Nivel	Orientación	Sección transversal	D, saturada	D, Básica	D, anhidra
2	2	1	2	0,93	0,53	0,61
2	2	1	1	0,85	0,49	0,58
2	2	2	3	1,06	0,61	0,72
2	2	2	2	0,96	0,55	0,63
2	2	2	1	0,81	0,43	0,51
2	3	1	3	0,90	0,54	0,60
2	3	1	2	1,01	0,58	0,66
2	3	1	1	0,97	0,56	0,65
2	3	2	3	0,93	0,54	0,61
2	3	2	2	1,01	0,58	0,67
2	3	2	1	1,00	0,57	0,66
3	1	1	3	0,92	0,53	0,59
3	1	1	2	0,97	0,53	0,60
3	1	1	1	0,86	0,45	0,53
3	1	2	3	0,87	0,48	0,54
3	1	2	2	0,87	0,50	0,57
3	1	2	1	0,84	0,45	0,52
3	2	1	3	1,04	0,57	0,66
3	2	1	2	0,95	0,53	0,60
3	2	1	1	0,82	0,43	0,49
3	2	2	3	0,87	0,49	0,55
3	2	2	2	0,87	0,49	0,56
3	2	2	1	0,79	0,39	0,45
3	3	1	3	0,91	0,53	0,59
3	3	1	2	0,91	0,51	0,58
3	3	1	1	0,82	0,43	0,48
3	3	2	3	0,90	0,53	0,59

Árbol	Nivel	Orientación	Sección transversal	D, saturada	D, Básica	D, anhidra
3	3	2	2	0,90	0,51	0,57
3	3	2	1	0,84	0,47	0,52
5	1	1	3	0,86	0,52	0,57
5	1	1	2	0,85	0,50	0,56
5	1	1	1	0,86	0,49	0,55
5	1	2	3	0,87	0,53	0,58
5	1	2	2	0,85	0,49	0,55
5	1	2	1	0,85	0,46	0,61
5	2	1	3	0,90	0,54	0,60
5	2	1	2	0,87	0,49	0,55
5	2	1	1	0,88	0,48	0,56
5	2	2	3	0,95	0,57	0,64
5	2	2	2	0,97	0,57	0,64
5	2	2	1	0,91	0,52	0,60
5	3	1	3	0,93	0,57	0,63
5	3	1	2	1,01	0,60	0,67
5	3	1	1	0,92	0,53	0,60
5	3	2	3	0,95	0,58	0,64
5	3	2	2	1,00	0,59	0,67
5	3	2	1	0,94	0,56	0,63

Nivel del fuste: Base (1), medio (2), ápice (3); Orientación: este (1), oeste (2); Sección transversal: interno (1), centro (2), externo (3).

No se consideró el árbol número cuatro (04) debido a que fue otra especie.

Cuadro 61. Contracciones: radial, tangencial y longitudinal de *Brosimum utile* (Kunth) Oken "panguana".

Árbol	Nivel	Orientación	Sección transversal	Cont. Tang.	Cont. Rad.	Cont. Long.
1	1	1	3	5,92	3,86	0,18
1	1	1	2	5,89	6,53	0,07
1	1	1	1	8,25	4,95	0,08
1	1	2	3	6,49	3,48	0,54
1	1	2	2	6,80	5,41	1,17
1	1	2	1	6,39	9,07	1,07
1	2	1	3	6,85	4,23	0,32
1	2	1	2	5,36	7,18	0,04
1	2	1	1	8,29	3,76	0,11
1	2	2	3	3,30	8,01	0,24
1	2	2	2	7,64	4,65	0,34
1	2	2	1	8,44	3,55	0,47
1	3	1	3	7,29	4,46	0,17
1	3	1	2	7,27	5,06	0,36
1	3	1	1	4,31	6,46	0,28
1	3	2	3	7,60	3,03	0,40
1	3	2	2	7,69	4,73	1,07
1	3	2	1	7,25	4,64	0,58
2	1	1	3	8,10	3,95	0,20
2	1	1	2	8,64	4,03	0,32
2	1	1	1	8,48	4,37	0,34
2	1	2	3	7,81	3,50	0,16
2	1	2	2	4,36	4,19	0,88
2	1	2	1	8,74	6,27	0,73
2	2	1	3	7,32	4,25	0,36

Árbol	Nivel	Orientación	Sección transversal	Cont. Tang.	Cont. Rad.	Cont. Long.
2	2	1	2	8,24	4,47	0,25
2	2	1	1	7,57	5,53	0,08
2	2	2	3	2,99	9,76	1,00
2	2	2	2	4,22	9,12	0,35
2	2	2	1	7,01	7,23	0,31
2	3	1	3	5,69	4,23	0,38
2	3	1	2	6,86	3,80	1,01
2	3	1	1	7,63	4,55	0,25
2	3	2	3	7,12	3,22	1,09
2	3	2	2	7,46	4,22	0,53
2	3	2	1	8,80	4,66	0,56
3	1	1	3	7,65	4,17	0,17
3	1	1	2	8,76	4,23	0,57
3	1	1	1	9,92	6,72	0,38
3	1	2	3	7,46	3,89	0,18
3	1	2	2	8,03	4,31	0,17
3	1	2	1	7,30	8,15	0,08
3	2	1	3	8,64	3,69	0,75
3	2	1	2	8,43	3,70	0,20
3	2	1	1	6,78	5,33	0,41
3	2	2	3	7,04	4,02	0,49
3	2	2	2	7,00	3,99	0,37
3	2	2	1	7,81	6,63	0,30
3	3	1	3	6,72	4,21	0,26
3	3	1	2	6,66	4,22	0,08
3	3	1	1	5,64	3,90	0,07
3	3	2	3	7,33	3,98	0,28

Árbol	Nivel	Orientación	Sección transversal	Cont. Tang.	Cont. Rad.	Cont. Long.
3	3	2	2	6,59	4,06	0,06
3	3	2	1	6,35	4,06	0,39
5	1	1	3	6,01	3,64	0,21
5	1	1	2	6,01	3,57	0,03
5	1	1	1	6,26	4,24	0,08
5	1	2	3	6,69	3,96	0,04
5	1	2	2	6,46	3,68	0,16
5	1	2	1	7,46	6,08	0,09
5	2	1	3	6,03	4,24	0,54
5	2	1	2	6,55	4,45	0,37
5	2	1	1	8,44	7,46	0,18
5	2	2	3	6,35	3,60	0,65
5	2	2	2	6,96	4,45	0,30
5	2	2	1	6,63	5,72	0,37
5	3	1	3	5,55	4,33	0,07
5	3	1	2	5,55	4,18	0,74
5	3	1	1	5,91	5,99	0,25
5	3	2	3	5,89	4,00	0,04
5	3	2	2	6,68	4,67	0,15
5	3	2	1	6,23	4,12	0,23

Nivel del fuste: Base (1), medio (2), ápice (3); Orientación: este (1), oeste (2); Sección transversal: interno (1), centro (2), externo (3).

No se consideró el árbol número cuatro (04) debido a que fue otra especie.

Cuadro 62. Contracción volumétrica y relación tangencial/radial de *Brosimum utile* (Kunth) Oken "panguana".

Árboles	Niveles	Orientación	Sección transversal	Contr. Vol. total	R Tg/Rd
1	1	1	3	10,33	1,53
1	1	1	2	12,36	0,90
1	1	1	1	13,16	1,67
1	1	2	3	11,05	1,87
1	1	2	2	13,67	1,26
1	1	2	1	15,19	0,70
1	2	1	3	10,85	1,62
1	2	1	2	12,67	0,75
1	2	1	1	12,07	2,21
1	2	2	3	12,32	0,41
1	2	2	2	13,20	1,64
1	2	2	1	14,23	2,38
1	3	1	3	9,53	1,63
1	3	1	2	14,06	1,44
1	3	1	1	13,36	0,67
1	3	2	3	10,27	2,51
1	3	2	2	13,58	1,62
1	3	2	1	13,63	1,56
2	1	1	3	11,38	2,05
2	1	1	2	13,07	2,14
2	1	1	1	12,76	1,94
2	1	2	3	11,50	2,23
2	1	2	2	15,97	1,04

Árboles	Niveles	Orientación	Sección transversal	Contr. Vol. total	R Tg/Rd
2	1	2	1	14,00	1,39
2	2	1	3	11,39	1,72
2	2	1	2	13,47	1,84
2	2	1	1	14,26	1,37
2	2	2	3	14,67	0,31
2	2	2	2	13,60	0,46
2	2	2	1	14,62	0,97
2	3	1	3	11,10	1,34
2	3	1	2	12,32	1,81
2	3	1	1	12,77	1,68
2	3	2	3	11,44	2,21
2	3	2	2	12,62	1,77
2	3	2	1	13,25	1,89
3	1	1	3	11,45	1,83
3	1	1	2	11,34	2,07
3	1	1	1	15,59	1,48
3	1	2	3	11,24	1,92
3	1	2	2	12,54	1,86
3	1	2	1	13,89	0,89
3	2	1	3	12,75	2,34
3	2	1	2	12,06	2,28
3	2	1	1	11,52	1,27
3	2	2	3	10,96	1,75
3	2	2	2	11,75	1,75
3	2	2	1	12,42	1,18

Árboles	Niveles	Orientación	Sección transversal	Contr. Vol. total	R Tg/Rd
3	3	1	3	11,05	1,60
3	3	1	2	11,19	1,58
3	3	1	1	9,57	1,45
3	3	2	3	11,05	1,84
3	3	2	2	10,95	1,62
3	3	2	1	10,45	1,56
5	1	1	3	9,26	1,65
5	1	1	2	10,13	1,68
5	1	1	1	9,90	1,48
5	1	2	3	9,98	1,69
5	1	2	2	10,29	1,75
5	1	2	1	23,98	1,23
5	2	1	3	10,23	1,42
5	2	1	2	11,00	1,47
5	2	1	1	13,56	1,13
5	2	2	3	10,27	1,76
5	2	2	2	11,11	1,56
5	2	2	1	12,95	1,16
5	3	1	3	9,96	1,28
5	3	1	2	10,55	1,33
5	3	1	1	11,35	0,99
5	3	2	3	10,03	1,47
5	3	2	2	11,30	1,43
5	3	2	1	11,22	1,51

Nivel del fuste: Base (1), medio (2), ápice (3); Orientación: este (1), oeste (2); Sección transversal: interno (1), centro (2), externo (3). No se consideró el árbol número cuatro (04) debido a que fue otra especie.

Anexo B: Panel fotográfico

Figura 43. Herborización de la especie en estudio.



Figura 44. Muestra de la especie en estudio.



Figura 45. Codificación de muestras de madera.



Figura 46. Habilitado de los tablonces para obtener probetas.



Figura 47. Codificación de los listones.



Figura 48. Secado de las probetas en estufa.



Figura 49. Probetas en el desecador.



Figura 50. Pesado de las probetas.



Figura 51. Medición de las probetas.

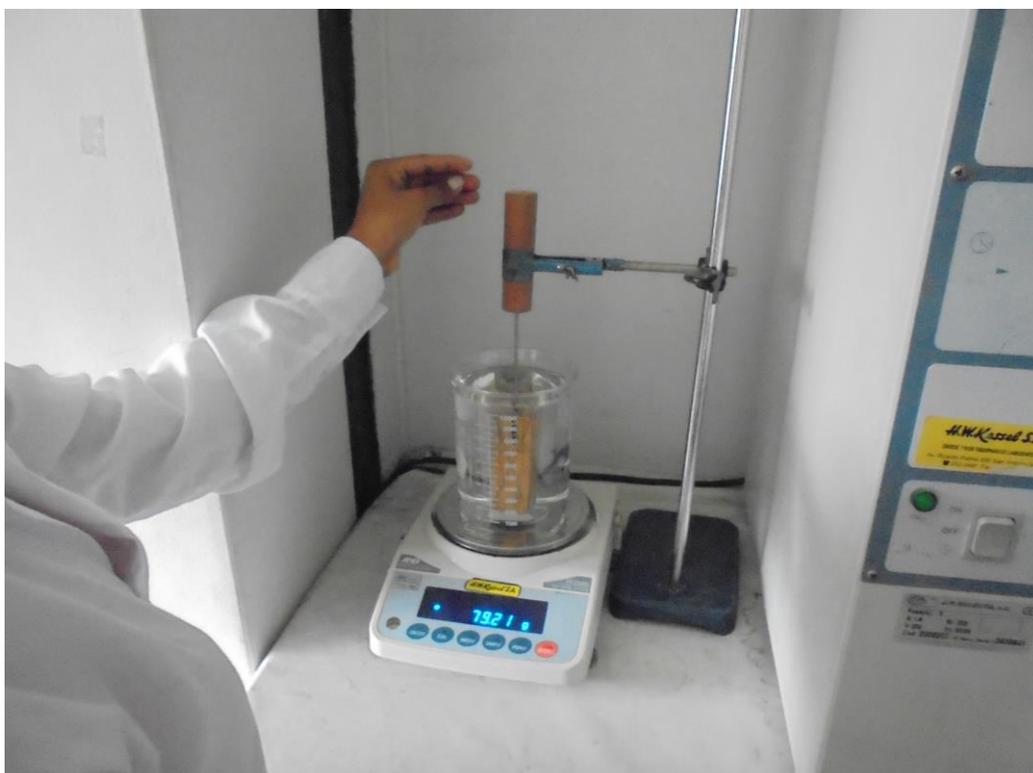


Figura 52. Determinación del volumen de las probetas.