

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



**PROPIEDADES FÍSICAS DE DOS ESPECIES *Cecropia utcubambana* Y *Cecropia engleriana*, (CETICO), LEONCIO PRADO.**

**Tesis**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO FORESTAL**

**PRESENTADO POR:**

**MALPARTIDA ROJAS, SONIA YAYSELIN**

**Tingo María – Perú**

**2024**



**ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N° 09-2025-FRNR-UNAS**

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 05 de diciembre 2024, a horas 9:00 a.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

**“PROPIEDADES FÍSICAS DE DOS ESPECIES *Cecropia utcubambana* y  
*Cecropia engleriana*, (CETICO), LEONCIO PRADO”**

Presentado por la Bachiller: **MALPARTIDA ROJAS, SONIA YAYSELIN**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENA”**.

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

Tingo María, 10 de enero de 2025

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

  
Ing. **JORGE LUIS VERGARA PALOMINO**  
**MIEMBRO**

  
Ing. MSc. **MARIBEL FLORA ROCA CAPCHA**  
**MIEMBRO**

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





“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

## CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 040 - 2025 - CS-RIDUNAS

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

### CERTIFICA QUE:

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

Programa de Estudio:

Ingeniería Forestal

Tipo de documento:

Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de Suficiencia Profesional	<input type="checkbox"/>
-------	-------------------------------------	------------------------------------	--------------------------

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
PROPIEDADES FÍSICAS DE DOS ESPECIES <i>Cecropia utcubambana</i> y <i>Cecropia engleriana</i> , (CETICO), LEONCIO PRADO	MALPARTIDA ROJAS, SONIA YAYSELIN	<b>19 %</b> <b>Diecinueve</b>

Tingo María, 30 de enero de 2025

C.C. Archivo

  
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN  
Dr. Tomás Menacho Mallqui

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



**PROPIEDADES FÍSICAS DE DOS ESPECIES DE *Cecropia utcubambana* Y *Cecropia engleriana*, (CETICO), LEONCIO PRADO.**

Autor	: MALPARTIDA ROJAS, Sonia Yayselin
Asesor	: Ing. M.Sc. PECHO DE LA CRUZ, Robert Gilbert
Programa de investigación	: Ciencias básicas forestal (Química, Física, Anatomía Forestal, Biotecnología)
Línea de investigación	: Física forestal
Eje temático	: Propiedades físicas de la madera y otros materiales lignocelulósicos
Lugar de ejecución	: Laboratorio de Anatomía de la Madera UNAS
Duración	: 8 meses
Financiamiento	: Propio

Tingo María – Perú

2024

## **DEDICATORIA**

Agradezco a Dios, por ser mi inspiración y haberme brindado la fortaleza para alcanzar mis objetivos.

A mis padres y hermano, quienes son fundamental en mi vida, por siempre alentarme a ser mejor persona estando conmigo en los buenos y malos momentos demostrando el amor y apoyo incondicional en todo momento.

## **AGRADECIMIENTOS**

A DIOS, por permitirme culminar con éxito mi carrera profesional.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva; Escuela Profesional de Ciencias Forestales, por la formación profesional.

Al Ing.Mg. Sc. Robert Gilbert Pecho De La Cruz por el asesoramiento, orientación, dedicación y apoyo durante la elaboración de la tesis.

A los ingenieros miembros del jurado de tesis: Ing. Mg. Sc. Ricardo Ochoa Cuya, Ing. Mg. Maribel Roca Capcha, Ing. Jorge Luis Vergara Palomino, por sus sugerencias, apoyo y colaboración en la realización de este trabajo.

A mis amigos por su apoyo incondicional para la culminación del presente estudio.

## ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1. Marco teórico.....	3
2.1.1. Aspectos generales del género <i>Cecropia</i> .....	3
2.1.2. Clasificación taxonómica de la <i>C. utcubambana</i> .....	3
2.1.3. Clasificación taxonómica de la <i>C. engleriana</i> .....	3
2.1.4. Distribución .....	4
2.1.6. Propiedades físicas de la madera .....	5
2.1.6.1. Contenido de humedad .....	5
2.1.6.2. Densidad .....	8
2.1.6.3. Contracción .....	10
2.2. Estado del arte .....	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	15
3.1. Lugar de ejecución.....	15
3.1.1. Zona de vida y variables climáticas .....	15
3.1.2. Clima .....	16
3.2. Material y métodos .....	16
3.2.1. Material vegetativo.....	16
3.2.2. Materiales .....	16
3.2.3. Equipos .....	17
3.3. Metodología.....	17
3.3.1. Selección y colección de muestras .....	17
3.3.2. Determinación de las propiedades físicas de la especie <i>C. utcubambana</i> y <i>C. engleriana</i> .....	18
3.3.3. Método de la determinación del contenido de humedad saturado y seco al aire.. .....	19
3.3.4. Método para la determinación de la densidad .....	19
3.3.5. Método determinación de la contracción .....	21
3.4. Tipo y diseño de la investigación .....	22
3.4.1. Tipo.....	22

3.4.2. Diseño .....	22
3.4.3. Modelo estadístico .....	23
3.4.4. Esquema ANVA .....	24
3.5. Variables en estudio .....	24
3.5.1. Variables independientes .....	24
3.5.2. Variables dependientes .....	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	25
4.1. Propiedades físicas: Contenido de humedad, Densidad y Contracción .....	25
4.1.1. Determinación del contenido de humedad saturada y seco al aire .....	25
4.1.1.1. Contenido de humedad saturada (%) .....	25
4.1.1.2. Contenido de humedad seca al aire .....	29
4.1.2. Densidad saturada, anhidra y básica .....	33
4.1.2.1. Densidad saturada .....	33
4.1.2.2. Densidad básica .....	36
4.1.2.3. Densidad anhidra .....	40
4.2.1. Contracción tangencial, radial, volumétrica, longitudinal, y relación tangencial/radial .....	44
4.2.1.1. Contracción tangencial total .....	44
4.2.1.2. Contracción radial total .....	48
4.2.1.3. Contracción longitudinal .....	51
4.2.1.4. Contracción volumétrica .....	55
4.2.1.5. Relación tangencial/radial .....	59
V. CONCLUSIONES .....	63
VI. PROPUESTAS A FUTURO .....	64
VII. REFERENCIAS .....	65
ANEXO .....	71

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Denominación de la madera según su contenido de humedad. ....	7
2. Clasificación de las maderas peruanas según la densidad básica. ....	9
3. Coordenadas UTM de los árboles de <i>C. utcubambana</i> y <i>C. engleriana</i> seleccionados. ....	15
4. Factores y niveles en estudio .....	23
5. Análisis de varianza del contenido de humedad saturada (%) de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . ....	25
6. Prueba Tukey al 5% de significancia para la especie <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . ....	26
7. Prueba Tukey al 5% de significancia para el nivel de altura para las especies <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> .....	27
8. Prueba Tukey al 5% de significancia para la sección transversal para <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . ....	28
9. Análisis de la varianza del contenido de humedad en estado seco al aire de las especies <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> (%). ....	29
10. Prueba Tukey al 5% de significancia para las especies <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . ....	30
11. Prueba Tukey al 5% de significancia para el nivel de altura de las especies <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> (%). ....	31
12. Prueba Tukey al 5% de significancia para la sección transversal de las especies <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> (%). ....	32
13. Análisis de varianza de la densidad saturada para las especies <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . ....	33
14. Prueba Tukey al 5% de significancia para la especie <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . ...	34
15. Prueba Tukey al 5% de significancia para el nivel de altura de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . ....	35
16. Prueba Tukey al 5% de significancia para la sección transversal de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . ....	36
17. Análisis de varianza para la densidad básica de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . ....	37
18. Prueba Tukey al 5% de significancia para la especie <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . ...	37
19. Prueba Tukey al 5% de significancia para el nivel de altura. ....	38
20. Prueba Tukey al 5% de significancia para la sección transversal las especies <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> .....	39

21. Análisis de varianza para la densidad anhidra de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . .....	40
22. Prueba Tukey al 5% de significancia para la especie <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . ..	41
23. Prueba Tukey al 5% de significancia para el nivel de altura de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . .....	42
24. Prueba Tukey al 5% de significancia para la sección transversal de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . .....	43
25. Análisis de varianza para la contracción tangencial de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> .	44
26. Prueba Tukey al 5% de significancia para la especie <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . ..	45
27. Prueba Tukey al 5% de significancia para el nivel de altura de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . .....	46
28. Prueba Tukey al 5% de significancia para la sección transversal de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . .....	47
29. Análisis de varianza para la contracción radial de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . .....	48
30. Prueba Tukey al 5% de significancia para la especie <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . ..	49
31. Prueba Tukey al 5% de significancia para el nivel de altura de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . .....	50
32. Prueba Tukey al 5% de significancia para la sección transversal de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . .....	51
33. Análisis de varianza de contracción longitudinal para las especies <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . .....	52
34. Prueba Tukey al 5% de significancia para la especie <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . ..	52
35. Prueba Tukey al 5% de significancia para el nivel de altura de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . .....	53
36. Prueba Tukey al 5% de significancia para la sección transversal de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . .....	54
37. Prueba Tukey al 5% de significancia para la especie <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . ..	55
38. Análisis de varianza de contracción volumétrica para las especies <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . .....	56
39. Prueba Tukey al 5% de significancia para el nivel de altura <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . .....	57
40. Prueba Tukey al 5% de significancia para la sección transversal <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . .....	58
41. Análisis de varianza de la relación tangencial/radial para las especies <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> .....	59

42. Prueba Tukey al 5% de significancia para la especie <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . ..	60
43. Prueba Tukey al 5% de significancia para el nivel de altura <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . .....	61
44. Prueba Tukey al 5% de significancia para la sección transversal <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Curva de la humedad relativa y temperatura en función a los días de evaluación. ....	16
2. Diseño para la obtención de probetas para la evaluación de las propiedades físicas. ....	18
3. Contenido de humedad saturada de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . ....	26
4. Humedad saturada de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> por el nivel de altura. ....	27
5. Humedad saturada de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> según sección transversal. ....	29
6. Contenido de humedad seco al aire de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> ....	30
7. Contenido de humedad seco al aire de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> por nivel de altura. .....	31
8. Contenido de humedad seco al aire de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> por sección transversal. ....	32
9. Densidad saturada de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . ....	34
10. Densidad saturada de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> por nivel de altura. ....	35
11. Densidad saturada de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> por sección transversal. ....	36
12. Densidad básica de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . ....	38
13. Densidad básica de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> por nivel de altura. ....	39
14. Densidad básica de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> por sección transversal. ....	40
15. Densidad anhidra de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . ....	41
16. Densidad anhidra de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> por nivel de altura. ....	42
17. Densidad anhidra de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> por sección transversal. ....	43
18. Contracción tangencial total de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> ....	45
19. Contracción tangencial total por nivel de altura de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . ....	46
20. Contracción tangencial total por sección transversal de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . .....	47
21. Contracción radial de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . ....	49
22. Contracción radial de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> por nivel de altura. ....	50
23. Contracción radial por sección transversal de las especies <i>C. engleriana</i> y <i>C.</i> <i>utcubambana</i> . ....	51
24. Contracción longitudinal de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . ....	53
25. Contracción longitudinal de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> , en el nivel de altura. ....	54
26. Contracción longitudinal de las especies <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> , por sección transversal. ....	55

27. Contracción volumétrica de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . .....	56
28. Contracción volumétrica de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> por nivel de altura. ....	57
29. Contracción volumétrica de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> , por sección transversal. ..	58
30. Relación tangencial/radial de las especies <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . ....	60
31. Relación tangencial/radial de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> , por nivel de altura. ....	61
32. Relación tangencial/radial de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> , por sección transversal. ..	62
33. Selección y georreferenciación del árbol de la especie <i>C. engleriana</i> .....	72
34. Talado del árbol de la especie <i>C. utcubambana</i> . ....	72
35. Corte de las trozas y habilitado de las probetas en el LATAM. ....	73
36. Obtención y codificación de las probetas de las especies <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . .....	73
37. Secado de la muestra botánica de las 2 especies en estudio, en el LATAM. ....	74
38. Evaluación del peso de la probeta de <i>C. engleriana</i> . ....	74
39. Se colocó las probetas en la estufa. ....	75
40. Probetas en el desecador, posterior de haber sido retirados de la estufa. ....	75
41. Registro de las medidas y se colocó la probeta en el punzón para el parafinado. ....	76
42. Parafinado de las probetas de las dos especies de <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> . ....	76
43. Evaluación del volumen a través del principio de Arquímedes.....	77
44. Constancia de identificación de las especies <i>C. engleriana</i> y <i>C. utcubambana</i> .....	78

## RESUMEN

El objetivo fue evaluar las características de las propiedades físicas de la madera de dos especies de *Cecropia utcubambana* y *Cecropia engleriana*. Se ejecutó en el Laboratorio de Anatomía de la Madera de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, donde la evaluación se realizó de acuerdo con la NTP 251.010, 251.011 y 251.012. El método de la investigación fue no experimental, en el análisis estadístico se empleó un arreglo factorial de 2 especies x 3 repeticiones x 3 secciones transversales (interno, centro y externo) x 3 niveles del fuste (base, medio y ápice), de las cuales se obtuvo 54 unidades experimentales. Los resultados fueron: *C. engleriana*: contenido de humedad saturada 166,92%, en cuanto a los niveles, la base mostró el valor más alto con un 211%; respecto a las secciones transversales, la sección interna presentó el mayor valor de humedad saturada de 210,58% y un contenido de humedad en estado seco al aire de 13,75%. Para las densidades fueron: saturada 0,81 g/cm<sup>3</sup>, anhidra 0,36 g/cm<sup>3</sup> y básica fue 0,32 g/cm<sup>3</sup>. Las contracciones en promedio fueron: tangencial 6,70%; radial 3,49%, longitudinal 0,32%, volumétrica 10,15% y relación T/R 1,86. *C. utcubambana*: contenido de humedad saturada promedio de 123,42%, en cuanto a los niveles del fuste, la base mostró un valor mayor de 156.4%; respecto a las secciones transversales el valor de la sección interno fue el más alto con un 134.77%, y el contenido de humedad seco al aire fue del 14,03%, referente a las densidades: saturada 0,84 g/cm<sup>3</sup>, anhidra 0,44 g/cm<sup>3</sup> y básica 0,39 g/cm<sup>3</sup>. Las contracciones fueron: tangencial 7,07 %, radial 3,74%, longitudinal 0,35%, volumétrica 10,72% y la relación T/R 1,90. Por todo ello se concluye que las especie estudiadas *C. utcubambana* y *C. engleriana*, presentan una madera de baja densidad y buena estabilidad ante los cambios dimensionales, lo que facilita su trabajabilidad.

Palabras clave: Propiedades físicas, *Cecropia utcubambana*, *Cecropia engleriana*.

## ABSTRACT

The objective was to evaluate the characteristics of the physical properties of two wood species, *Cecropia utcubambana* and *Cecropia engleriana*. It was carried out in the Universidad Nacional Agraria de la Selva's wood anatomy laboratory, where the evaluation was done according to the NTP 251.010, 251.011 and 251.012. The research method was non-experimental for the statistical analysis a factorial arrangement of 2 species x 3 repetitions x 3 cross-sections (internal, central and external) x 3 trunk levels (base, middle and apex) was used, from which fifty four experimental units were obtained. The results were: *C. engleriana* contained a saturated humidity of 166.92%; with respect to the levels, the highest value was at the base with 211%. With respect to the cross-sections, the internal section presented the greatest saturated humidity value at 210.58% and a humidity content in an air-dried state of 13.75%. For the densities, they were: 0.81 g/cm<sup>3</sup> saturated, 0.36 g/cm<sup>3</sup> anhydrous and 0.32 g/cm<sup>3</sup> basic. The average contractions were: 6.70% tangential, 3.49% radial, 0.32% longitudinal, 10.15% volumetric and a T/R relationship of 1.86. *C. utcubambana* average saturated humidity content was 123.42% with respect to the trunk levels, the base showed the greatest value at 156.4%. With respect to the cross-sections, the value of the internal section was the highest at 134.77% and the humidity content in an air-dried state was 14.03%. Referring to the densities: 0.84 g/cm<sup>3</sup> saturated, 0.44 g/cm<sup>3</sup> anhydrous and 0.39 g/cm<sup>3</sup> basic. The contractions were: 7.07 % tangential, 3.74% radial, 0.35% longitudinal, 10.72% volumetric, and a T/R relationship of 1.90. Due to all of this, it was concluded that the species in study, *C. utcubambana* and *C. engleriana*, presented wood that was low density and good stability in the face of dimensional changes, which facilitates its workability.

Keywords: physical properties, *Cecropia utcubambana*, *Cecropia engleriana*.

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial existe explotación de las especies forestales, lo cual genera pérdida de la cobertura boscosa, es decir, no existe un aprovechamiento sostenible. Por esta razón, actualmente se está buscando especies forestales de rápido crecimiento e implementando plantaciones, como una alternativa contra la deforestación; ante ello se evidencian que diversas especies no tienen estudios tecnológicos, lo que las excluyen del mercado en la industria forestal.

En la provincia de Leoncio Prado, existen extensiones boscosas que cuentan con gran diversidad de especies forestales, la mayoría de estos cuentan con escasos estudios tecnológicos, este es el caso de la *Cecropia utubambana* y *Cecropia engleriana*, especies pioneras que abundan en los bosques secundarios, se distinguen de las diversas especies forestales por su rápido crecimiento; no obstante, la información con respecto a las propiedades físicas es limitado, por lo que tiene un uso empírico por parte de la población rural, para las industrias de cajonería para frutas, revestimiento de interiores, aislamiento térmico y acústico y la madera para tacos de zapatos. En base a lo expuesto se plantea la interrogante ¿Cuáles son las propiedades físicas de dos especies de *C. utubambana* y *C. engleriana* (cetico), Leoncio Prado?, en este sentido, la hipótesis que se debe responder fue: Existen variaciones de las propiedades físicas de las dos especies de *Cecropia* en el sentido longitudinal y radial.

En tal sentido la investigación genera información tecnológica de las propiedades físicas *C. utubambana* y *C. engleriana* (cetico), para el uso adecuado de la madera en la industria forestal y la población, de esta manera se diversificara las especies forestales en la región y contribuirá el aprovechamiento sostenible y la valorización del bosque; asimismo, la madera de *C. utubambana* y *C. engleriana* podría sustituir a las especies con similar característica, como la especie *Guazuma ulmifolia*, ya que actualmente se aprovecha de manera desmedida, y de esta manera se reducirá la presión sobre las especies de mayor demanda.

### **Objetivo general**

Evaluar las propiedades físicas de dos especies de *Cecropia utubambana* y *Cecropia engleriana* (cetico) en el nivel longitudinal del fuste y sección transversal, Leoncio Prado.

**Objetivo específico**

Determinar el contenido de humedad saturada y seca al aire, de dos especies *Cecropia utcubambana* y *Cecropia engleriana* (cetico), en el nivel longitudinal del fuste y sección transversal, Leoncio Prado.

Determinar las densidades: saturada, básica y anhidra de dos especies *Cecropia utcubambana* y *Cecropia engleriana* (cetico), en el nivel longitudinal del fuste y sección transversal, Leoncio Prado.

Determinar las contracciones: radial, tangencial, longitudinal, volumétrica y relación T/R, de dos especies *Cecropia utcubambana* y *Cecropia engleriana* (cetico), en el nivel longitudinal del fuste y sección transversal, Leoncio Prado.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Marco teórico

#### 2.1.1. Aspectos generales del género *Cecropia*

Según el sistema de clasificación taxonómica de Engler, el género *Cecropia* pertenece a la familia Moraceae, mientras que Cronquist (1981) y Thorne (1992) lo incluyen dentro de familia Cecropiaceae creada por Berg (1978); sin embargo, la última versión del sistema de clasificación taxonómica APG IV (*Angiosperm Phylogeny Group*), actualizada en el 2016 lo incluye en la familia Urticaceae (APG IV, 2016).

#### 2.1.2. Clasificación taxonómica de la *C. utcubambana*

Según Global Biodiversity Information Facility (2022), la clasificación taxonómica es:

Reino	: Plantae
Filo	: Tracheophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Rosales
Familia	: Urticaceae
Género	: <i>Cecropia</i> Loeft.
Especie	: <i>Cecropia utcubambana</i> Cuatrec.

#### 2.1.3. Clasificación taxonómica de la *C. engleriana*

Según Global Biodiversity Information Facility (2022), la clasificación taxonómica es:

Reino	: Plantae
Filo	: Tracheophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Rosales
Familia	: Urticaceae
Género	: <i>Cecropia</i> Loeft.
Especie	: <i>Cecropia engleriana</i> Snethl

#### **2.1.4. Distribución**

En el Perú, es conocida por presentar 58 especies y tres géneros. Esta especie endémica se encuentran entre los 500 y 2000 m de altitud aproximadamente y en bosques secundarios (Cáceres, 2006).

#### **2.1.5. Factores de la madera**

##### **2.1.5.1. Nivel longitudinal**

Es paralela al eje de crecimiento del árbol y, por lo tanto, a las fibras. En esta dirección, la madera presenta sus mejores propiedades mecánicas, como una alta resistencia a la flexión, compresión y tracción; la madera tiene una resistencia entre 20 y 200 veces mayor en el sentido longitudinal que en dirección transversal; estas direcciones se denominan: dirección axial (largo del eje del árbol), dirección radial (perpendicular al eje del árbol) y dirección tangencial (perpendicular al eje, a lo largo de la circunferencia del tronco) (Vignote y Martínez, 2006).

De acuerdo con Solano (1998) las células tienen una forma alargada y están principalmente situadas en orientación paralela al eje del árbol, interconectadas mediante perforaciones y punteaduras, se puede deducir por el desplazamiento de agua dentro de la madera hacia la superficie ocurre de manera más eficiente en dirección longitudinal.

##### **2.1.5.2. Sección transversal**

Acuña y Casado (2005) hacen mención que la sección transversal de un árbol es dividida en tres categorías y consiste corteza, madera y cambium. La corteza es la capa exterior y está constituida por el floema de material seco y poroso, compuesto de células muertas y floema interno delgado formado por células vivas. Sus funciones principales son la protección y la conducción de nutrientes. El grosor y la apariencia de la corteza varían según la especie y edad del árbol.

En la sección transversal, la amplitud de la albura varía dependiendo de la especie y edad del árbol. Lo que respecta al duramen, que es la parte central del tronco y suele presentar un color más oscuro, está formado por las capas internas de la madera, en un árbol en desarrollo, el duramen no contiene células vivas, y los materiales de reserva que en

algún momento estuvieron presentes en él se han convertido en compuestos fenólicos característicos del duramen (Chavesta, 2005).

### **2.1.6. Propiedades físicas de la madera**

Las propiedades de la madera están influenciadas por varios factores, edad del árbol, tipo de suelo, contenido de humedad y las distintas secciones del tronco. Además, estas propiedades varían según la dirección, siendo las principales orientaciones radial, axial y tangencial (Reynaldo, 2020)

La madera, debido a sus propiedades y características, se considera un material complejo, cuyos atributos dependen de la composición y disposición de los diferentes elementos que la conforman, así como de la orientación en que están dispuestos. Las propiedades físicas la densidad, contenido de humedad y cambio dimensional, tienen un impacto significativo en su comportamiento, los cuales son fundamentales para la industria forestal, ya que su composición influye en su proceso de transformación y uso (Ananías, 2004).

Umerez (2015) refiere que, las propiedades físicas de la madera son las que determinan su comportamiento frente al entorno donde se desarrollan a los diferentes factores del medio ambiente, sin que sufrir alguna alteración o modificación química de su estructura.

Las propiedades físicas de la madera son características cuantitativas que describen su comportamiento frente a factores externos del entorno. Estas incluyen la densidad, humedad, propiedades eléctricas, térmicas y resistencia a la descomposición. Comprender las propiedades físicas de la madera es fundamental, ya que puede influir considerablemente en el rendimiento y la durabilidad de la madera en aplicaciones estructurales (Anchundia, 2021)

Winandy (1994) señala que las propiedades físicas son las características cuantitativas de la madera y su comportamiento a las influencias externas con fuerzas aplicadas afectan las propiedades direccionales, contenido de humedad, estabilidad dimensional, propiedades térmicas, eléctricas, químicas, densidad y la resistencia a la pudrición.

#### **2.1.6.1. Contenido de humedad**

La madera, es higroscópico por ello tiene la capacidad de absorber y liberar humedad fácilmente al ambiente en el que se encuentre. El contenido de humedad de la madera puede variar considerablemente, ya que una pieza recién cortada puede tener un

contenido de humedad entre el 50 % y el 60 %. Estas fluctuaciones en el contenido de agua provocan que la madera se expanda o se encoja, lo que genera un cambio en su volumen y, como consecuencia, su densidad (Reynaldo, 2020).

La contracción, peso, resistencia y otras propiedades de la madera están directamente relacionados con su contenido de humedad. La humedad en los árboles puede variar entre aproximadamente el 30% y más del 200% del peso de la madera (Anchundia, 2021).

Cuando el contenido de humedad en una pieza de madera varía, también lo hacen sus dimensiones. Esto se evidencia cuando el contenido de humedad está por debajo del punto de saturación de las fibras, que se encuentra aproximadamente en un 30 %. A medida que el agua aumenta, la madera se expande, y al disminuir el agua, se reduce o contrae. Alcanzado el punto de saturación de las fibras, el volumen se mantiene constante, mientras que el peso cambia según el contenido de agua presente (Umerez, 2015)

La humedad de la madera es el factor que más afecta sus propiedades mecánicas y físicas. La estructura de la madera retiene una considerable cantidad de agua, que se encuentra en las siguientes formas:

- Agua libre: Llena las cavidades celulares y no influye en la variación dimensional de la madera. Es la primera en ser eliminada cuando la madera se expone al ambiente y comienza el proceso de secado.

- Agua higroscópica: Está contenida en las paredes celulares. Esta agua comienza a perderse después de eliminado por completo el agua libre. Tiene gran influencia en las propiedades mecánicas y físicas de la madera, ya que al perder, la madera se contrae, y al incrementarse, se expande.

- Agua de constitución: Se encuentra en la estructura molecular de la madera y solo se elimina mediante combustión, destruyendo completamente el material. Dependiendo de la cantidad de agua que contenga, la madera puede clasificarse en tres estados: verde, seco y anhidro

- Madera verde: Se pierde parte del agua libre.

- Madera seca: Se pierde la totalidad del agua libre y parte del agua higroscópica.

- Madera anhidra: Se pierde la totalidad del agua libre e higroscópica (JUNAC, 1989).

Es ampliamente conocido que la presencia de agua en la madera es inevitable, dado que el agua es esencial para la vida de las plantas. Después de que un árbol es talado, la madera conserva un porcentaje de agua tanto en el lumen celular como en la pared celular, así como en otros espacios presentes dentro de la madera. La cantidad de agua en la madera puede fluctuar considerablemente dependiendo de factores como especie, tipo de madera (albura o duramen), el lugar de origen y edad de la madera (Ananías, 1992).

Vizcarra (2020) afirma que, según su contenido de humedad, la madera se clasifica en varias categorías:

**Tabla 1.** Denominación de la madera según su contenido de humedad.

Denominación	Humedad (%)	Lugar de Ubicación
Madera muy húmeda	80 >	Bajo cubierta en el bosque
Madera húmeda	25 – 80	Recién cortada en patio o a la intemperie
Madera poco seca	20 – 25	Aire libre
Madera seca al aire	15 – 20	Bajo techo
Madera muy seca	8 – 15	Interiores
Madera anhidra	0	Laboratorio

Fuente: Vizcarra (2020)

Cuevas (2003) señala que el término "contenido de humedad" hace referencia la cantidad de agua presente en una muestra de madera, la cual se expresa como un porcentaje de la masa de la muestra sin agua, también conocida como masa anhidra.

El contenido de humedad de la madera se calcula con la siguiente expresión:

$$CH (\%) = \frac{P_i - P_o}{P_o} \times 100$$

Siendo:

Ch = Contenido de humedad en porcentaje (%)

Pi = Peso inicial de la probeta (gr)

Po = Peso anhidro (gr)

### 2.1.6.2. Densidad

La densidad es la relación de la masa entre el volumen de una pieza en estudio. El peso de la madera es la suma del peso de su parte sólida y peso del agua que contiene. El peso específico y la densidad son numéricamente iguales cuando se encuentran en condiciones anhidras. A medida que aumenta el contenido de humedad, la densidad se vuelve mayor que el peso específico (Rivera, 2014).

Chave (2006) afirma que existen múltiples definiciones sobre la densidad de la madera, y se determina midiendo el peso seco de un volumen de madera, sobre el volumen húmedo y el secado al aire puede variar según el país, siendo una fracción de agua restante en la muestra de madera entre el 12 % y 15 %.

La densidad de la madera se determina a partir de sus características, tamaño de la célula, espesor de la pared celular, proporción de madera juvenil y tardía, número de vasos, cantidad de células radiales entre otros; asimismo, la presencia de extractivos dentro de la célula puede influir en la variación del peso específico (León, 2010).

#### - Densidad básica

Según Díaz (2008), la densidad es la relación de la masa anhidra de la madera y su volumen cuando la humedad que es igual o superior a 30%. La densidad resulta de dividir la masa entre volumen. En la madera, debido a su naturaleza higroscópica, tanto la masa y el volumen cambian con el contenido de humedad, lo cual es importante determinar la densidad. Esta propiedad física está estrechamente vinculada a la durabilidad de la madera y las características mecánicas. La densidad varía considerablemente entre el tipo de madera y especie. La densidad de la madera es un factor clave para predecir su comportamiento mecánico, ya que proporciona valores que permiten estimar cómo se comportará bajo diferentes condiciones de carga y estrés. Esta propiedad no es uniforme y puede variar dependiendo de la especie del árbol y su edad. Generalmente, a medida que los árboles envejecen, la densidad de la madera tiende a aumentar. Esto se debe a que, con el tiempo, el crecimiento celular de los árboles se vuelve más denso, lo que contribuye a una mayor resistencia y rigidez en la madera.

La madera se clasifica en rangos de acuerdo con sus propiedades físicas (Aróstegui, 1982).

**Tabla 2.** Clasificación de la madera peruana según su densidad básica.

Grupo	Clasificación	
	Densidad Básica (g/cm <sup>3</sup> )	
I	< 0,30	Muy baja
II	0,30 – 0,40	Baja
III	0,41 – 0,60	Media
IV	0,61 – 0,75	Alta
V	> 0,75	Muy Alta

Fuente: Aróstegui (1982)

**Grupo I:** Incluye maderas que generalmente presentan buenas propiedades en términos de la contracción, las que presentan baja resistencia mecánica, y propensas al ataque de insectos y hongos. A pesar de estas limitaciones, su durabilidad puede mejorarse a través de procesos de preservación, ya que estas maderas tienen una buena capacidad para retener y absorber productos químicos. Debido a sus características tecnológicas estas maderas pueden emplearse para construcciones en funciones de laminado, revestimientos, aislantes, y fabricación para cajonería liviana (Aróstegui, 1982).

**Grupo II:** Usualmente esta madera presenta buenas cualidades para el trabajo con máquinas de carpintería, tienen una contracción moderada y brindan una resistencia mecánica y durabilidad natural relativamente baja, aunque esta última puede incrementarse mediante tratamientos con productos químicos. Debido a su característica tecnológica, esta madera se emplea comúnmente en: moldurado, cajonería liviana, laminados y revestimiento. (Aróstegui, 1982).

**Grupo III:** Sobresalen por su buen desempeño al trabajar con herramientas de carpintería y por tener propiedades moderadas en cuanto a la contracción, durabilidad, y resistencia mecánica; además, su durabilidad puede mejorarse fácilmente debido a su capacidad para absorber y retener productos químicos, por estas características, son ampliamente empleadas en la industria de la construcción para aplicaciones como: revestimientos, encofrados, estructuras empernadas y clavadas. (Aróstegui, 1982).

**Grupo IV:** Las propiedades tecnológicas destacadas de la madera en este grupo incluyen una textura fina, alta resistencia mecánica, propiedades de contracción que varían de regular a malo, así como resistencia al cizallamiento, la compresión, y una buena dureza. Además, su durabilidad natural oscila entre regular a buena. Debido a estas características, la madera del grupo IV, es ideal en la construcción de estructuras como columnas, vigas, así como para revestimientos, pisos y parquet. (Aróstegui, 1982).

**Grupo V:** Las maderas se distinguen por la resistencia estructural y elevada durabilidad de forma natural. Su propiedad tecnológica la hacen aptas para la construcción, estructuras empernadas y parquet. (Aróstegui, 1982).

- Densidad saturada

La densidad en estado verde o densidad saturada se refiere a la relación entre el peso y volumen de una muestra cuando esta se encuentra completamente saturada de agua, en otras palabras, en su estado verde. En este estado, el contenido de humedad de la madera supera el 30%; la densidad en estado verde es fundamental para entender las propiedades, ya que el agua presente en la madera influye en su volumen, peso y en sus propiedades mecánicas y durabilidad (Sánchez, 2021).

- Densidad anhidra

La proporción de la masa entre el volumen, el cual se determina posterior de que las muestras lleguen un peso estable en la estufa a temperatura de  $103 \pm 2$  °C (Pérez et al., 2011).

### **2.1.6.3. Contracción**

La contracción es una propiedad física importante para el uso de la madera. Toda madera que pasa por el proceso de secado experimenta una contracción, lo cual provoca reducción en sus dimensiones. Este fenómeno genera tensiones internas de la madera, el cual da lugar a la formación de las deformaciones, grietas y torceduras (Morvely, 2017).

Ananías (2004) afirma que la contracción longitudinal (CL) de la madera generalmente es irrelevante, en tanto que la contracción tangencial (CT) es 1,5 y 3 veces superior a la contracción radial (CR).

Los cambios dimensionales de la madera se deben a la ganancia o pérdida del agua higroscópica de la estructura celulósica de la pared celular. Las maderas con mayor densidad contienen mayor cantidad de agua higroscópica comparado con las de menor densidad, lo que resulta mayor contracción en las maderas con mayor densidad. A medida que aumenta la diferencia entre la contracción tangencial y radial, también lo realiza la distorsión durante el proceso de secado. Finalmente, la madera alcanza un equilibrio en las dimensiones cuando el contenido de humedad se encuentra alrededor del 12% (García, 2018).

La contracción volumétrica en dirección transversal aumenta de la medula hasta la corteza, en dirección longitudinal se reduce con la altura del árbol; Sin embargo, la contracción tangencial muestra un comportamiento irregular (Goche et al., 2000).

**Tabla 2.** Clasificación de la contracción volumétrica.

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

Fuente Aróstegui (1982)

La relación entre la contracción radial y la tangencial varía de 1.3 a 2.5, dependiendo la especie. Cuando la contracción es más similar, la madera experimenta menos tensión y es más estable. Por otro lado, las especies con gran diferencia de contracciones tienden a experimentar cambios dimensionales más bruscos en comparación con aquellas con una menor diferencia (Vignote y Martínez, 2006).

**Tabla 3.** Clasificación de estabilidad entre la relación tangencial, radial.

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

Fuente Aróstegui (1982)

Es un indicativo de estabilidad; la madera que muestra un comportamiento favorable durante el secado y es más estable cuando la proporción se acerca a 1 (Aróstegui, 1982).

## 2.2. Estado del arte

Cartuche (2022) investigó sobre la caracterización de las propiedades físicas, anatómicas y organolépticas de 95 especies forestales en el sur de Ecuador, especifica que la especie *Cecropia peltata* (cetico), presentó los siguientes valores en sus propiedades físicas, contenido de humedad del 56,06%, densidad básica de 0,24 g/cm<sup>3</sup>, densidad de equilibrio fue 0,28 g/cm<sup>3</sup>, densidad anhidra de 0,26 g/cm<sup>3</sup>, densidad saturada 0,38 g/cm<sup>3</sup> y una contracción volumétrica de 0,83%.

Jauregui y Ramos (2019) estudió la caracterización macroscópica y evaluación de las propiedades físicas de dos especies, *Parkia pendula* (pashaco) y *Anacardium giganteum* (casho), obtuvieron los siguientes valores; contenido de humedad 86,16% y la densidad básica 0,41 g/cm<sup>3</sup>, clasificándose como una densidad media. La contracción radial fue de 4,16%, longitudinal de 0,58%, volumétrica 10,71%, la relación T/R de 1,93 y la tangencial de 7,99%, por los resultados encontrados lo clasificó como madera estable. En cuanto a la especie *A. giganteum*, obtuvo mayor contenido de humedad con un valor de 105,22% y una densidad básica de 0,44 g/cm<sup>3</sup> y presentó una resistencia mecánica bajo debido a la presencia de fibras cortas; la contracción longitudinal fue de 0,70%, volumétrica 11,19%, tangencial 7,65%, radial de 4,92% y la relación T/R de 1,56.

Quispe (2016) estudió las características físicas del *Zanthoxylum iedelianum* Engl. (hualaja), y obtuvo el siguiente resultado: contenido de humedad saturada 80,46%, siendo el nivel del ápice el que mostró mayor valor 82,4%, seguido por la base y el nivel medio, en cuanto a la sección transversal, la sección interna presentó mayor humedad con un valor de 88,13%, seguido el centro 80,82% y un valor inferior el externo 72,44%; para el contenido de humedad seca al aire, el nivel medio mostró el valor más alto y con respecto a las secciones el externo presentó mayor valor con 14,92% y el mínimo valor la sección interno 14,70%, en cuanto a la densidad (básica 0,47 g/cm<sup>3</sup>, saturada 0,85 g/cm<sup>3</sup> y anhidra 0,54 g/cm<sup>3</sup>), esta disminuye de la base hacia el ápice; en las secciones transversales, aumenta de la sección interna hacia el externo. La contracción radial y la longitudinal no mostraron diferencias estadísticas significativas; para la contracción tangencial presentó mayor valor en el nivel medio de 8,58%

y menor valor en el ápice con un 6,95%. Del mismo modo, la contracción volumétrica presentó mayor valor en el nivel medio, seguido la base e inferior el ápice. Para la relación T/R se obtuvo la tendencia de incrementar desde el ápice hacia la base y para la sección transversal se incrementa desde el interno hacia el externo.

Cachique (2014) estudió las características de la propiedad física de la especie *Guazuma ulmifolia* (bolaina negra) y la variación según el nivel longitudinal, las muestras fueron extraídas de la zona de Macuya, y se prepararon muestras de 2 cm x 2 cm x 10 cm; los resultados demostraron para el contenido de humedad disminuye de 47,45% a 13,84%, en cuanto a la densidad saturada por nivel del fuste, el mayor valor corresponde al nivel de la base con 0,69 g/cm<sup>3</sup>, seguido del ápice con 0,61 g/cm<sup>3</sup>, siendo el nivel medio el más bajo 0,59 g/cm<sup>3</sup>, se observó la misma tendencia para la densidad seco al horno, la densidad seco al aire y densidad básica, con un valor de 0,43 g/cm<sup>3</sup> para la base, seguido el ápice 0,41 g/cm<sup>3</sup> e inferior el nivel medio 0,40 g/cm<sup>3</sup>, se observa lo contrario en la contracción tangencial ya que se incrementa desde el ápice hacia la base; a nivel transversal la contracción tangencial, radial y volumétrica se incrementa desde la albura hasta la medula, mientras que la relación T/R muestra un patrón inverso, para el nivel medio 2,03, seguido del ápice 1,99 y para la base 1,98.

Scharff (2010) determinó la propiedad física de las especies *Cecropia engleriana* Snethiage, *Cecropia sciadophylla* Mart, *Cecropia membranacea* Trecul, y *Cecropia Polystachya* Trecul (cetico); los resultados obtenidos muestran que la *C. membranacea* presentó un contenido de humedad de 228,96%, *C. engleriana* 170,96%, *C. polystachya* 168,53% y *C. sciadophylla* 153,03%; asimismo, la densidad saturada de la *C. membranacea* fue 0,87 g/cm<sup>3</sup>, *C. engleriana* 0,80 g/cm<sup>3</sup>, *C. polystachya* 0,88 g/cm<sup>3</sup>, *C. sciadophylla* 0,79 g/cm<sup>3</sup>, y la densidad anhidra el mayor valor presentó la *C. engleriana* y la *C. polystachya* 0,39 g/cm<sup>3</sup>, seguido *C. sciadophylla* 0,36 g/cm<sup>3</sup> y con un valor inferior la *C. membranacea* 0,31 g/cm<sup>3</sup>, en cuanto a la densidad básica la *C. engleriana* 0,32 g/cm<sup>3</sup>, *C. polysfachya* 0,34 g/cm<sup>3</sup>, *C. membranacea* 0,25 g/cm<sup>3</sup> y *C. sciadophylla* 0,31 g/cm<sup>3</sup>. En la contracción radial la *C. engleriana* presentó 5,03%, *C. membranacea* 4,78%, *C. polysfachya* 3,4% y la *C. sciadophylla* 2,86%, para la contracción tangencial *C. membranacea* 17,1 %, *C. engleriana* 14,51%, *C. polysfachya* 11,06% y la *C. sciadophylla* 8,39% y la contracción volumétrica para *C. membranacea* con 23,45%, *C. engleriana* 21,19%, *C. polysfachya* 15,77% y *C. sciadophylla* 12,02%.

Torres (2009) en su investigación de la propiedad física de la *Cecropia sciadophylla* (cetico) en tres niveles longitudinales. Determinó un contenido de humedad de 138,67% en el nivel ápice, medio y base del fuste, siendo la base el nivel con mayor valor, seguido el nivel medio y ápice con valores más bajos; con respecto a la densidad básica obtuvo mayor valor en el ápice con 0,36 g/cm<sup>3</sup>, seguido el nivel medio 0,31 g/cm<sup>3</sup> y un valor inferior la base 0,28 g/cm<sup>3</sup>, lo contrario sucede en la contracción radial, el máximo valor presentó fue para el nivel medio 2,74%, seguido por la base 2,71% y un valor inferior el ápice 2,67%, asimismo, la contracción tangencial total en el nivel base fue mayor con 8,93%, seguido el nivel medio 8,23% e inferior el ápice 7,73%, de igual manera la contracción volumétrica presentó valor mayor en el nivel base 11,08% y el valor mínimo el nivel ápice con 9,64%, en cuanto a la contracción longitudinal se incrementó del nivel base hacia el nivel ápice.

Hernández y Pinilla (2010) determinaron la propiedad física de la madera de las especies forestales exóticas y nativas en Chile, por lo cual obtuvieron como resultado para la especie *Populus nigra* L (alamo), una contracción desde estado verde a 0%, radial 3,4%, tangencial 8,0% y volumétrica 11,4%; asimismo, para la densidad seco al 12% con 381 kg/m<sup>3</sup> y verde 302 kg/m<sup>3</sup>; y para la especie *Fitzroya cupressoides* (alerce) la contracción en estado verde 0%, radial 3,8%, tangencial 6,3% y volumétrica 10,1%, y una densidad seca al 12% con 444 kg/m<sup>3</sup> y verde 424 kg/m<sup>3</sup>.

Chipana (2009) estudió los cambios dimensionales y su variación en la curva de secado a distintas alturas del fuste para la especie *Cecropia sciadophylla* (cetico), las muestras se obtuvieron del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS). Los resultados presentaron cambios dimensionales a diversas alturas del fuste, con promedios de contenido de humedad de 81%, 97% y 142% para el ápice, nivel medio y base, respectivamente; la contracción tangencial en promedio 4,36%, 4,98% y 5,57% en ápice, medio y base respectivamente, en la contracción radial se obtuvo los siguientes resultados en promedio 1,6% ápice, 1,8% medio y 2% base y la contracción longitudinal en promedio 0,7% para el ápice, 0,9% medio y 0,6% base; asimismo, en la relación CT/CR se obtuvo valores iguales para el nivel base y medio de 2,72 y un valor inferior 2,62 en el ápice.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

Para el estudio, las muestras de las especies *C. utcubambana* y *C. engleriana*, se extrajeron del Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo La Divisoria (CIPTALD), geográficamente en las coordenadas 385007 E, 8991292 S, de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, situado a unos 27 km aproximadamente desde la ciudad de Tingo María en dirección a la ciudad de Aucayacu, por la carretera Fernando Belaunde Terry y políticamente, distrito José Crespo y Castillo, Leoncio Prado, Huánuco.

**Tabla 3.** Coordenadas UTM de los árboles de *C. utcubambana* y *C. engleriana* seleccionados.

Árbol	Coordenadas (UTM)		Altitud	HC(m)	DAP (cm)	Especie
	Este	Norte				
1	385096	8991416	583	10,10	34,2	<i>C. engleriana</i>
2	384999	8991301	583	12,80	36,5	<i>C. engleriana</i>
3	385007	8991292	589	8,20	31,8	<i>C. utcubambana</i>
4	385083	8991281	590	9,20	31,3	<i>C. utcubambana</i>
5	385109	8991294	589	9,30	38,6	<i>C. engleriana</i>
6	385081	8991312	602	9,70	30,1	<i>C. utcubambana</i>

El habilitado y obtención de la muestra para evaluar la propiedad física se realizó en el Laboratorio Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal (LATAMF), correspondiente a la Universidad Nacional Agraria de la Selva, distrito Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco.

Para la evaluación de la muestra se realizó en el laboratorio de Anatomía de la Madera, que forma parte de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal, Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

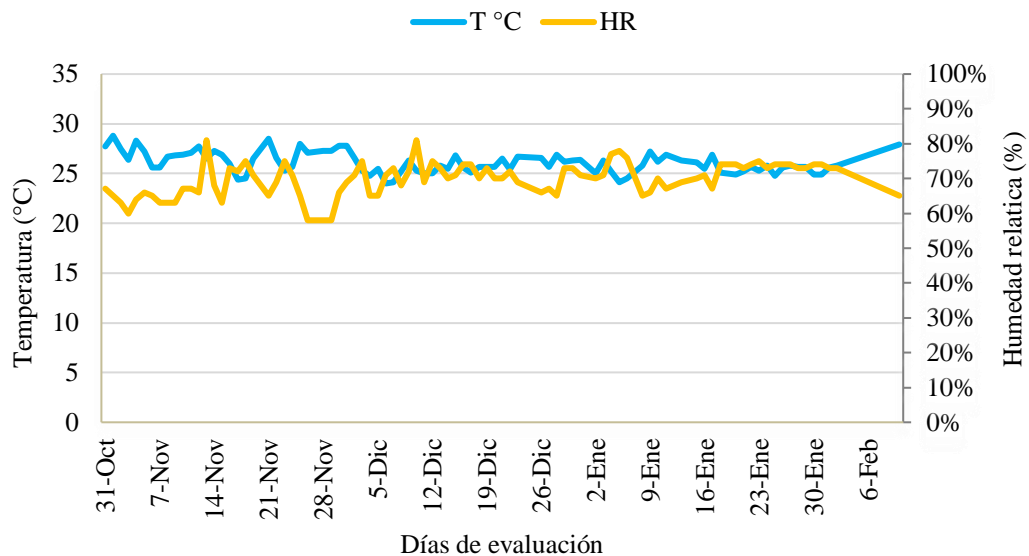
##### 3.1.1. Zona de vida y variables climáticas

Se categoriza bajo la clasificación de bosque muy húmedo Premontano Sub Tropical (bmh-PST) establecida por (Holdridge, 1987).

Precipitación : 3300 mm/año  
 T° promedio : 24°C  
 Humedad relativa : 87%

### 3.1.2. Clima

En la **Figura N° 1**, se observa los datos del clima del Laboratorio de Anatomía de la Madera, donde se realizó la evaluación de las probetas y presentó una temperatura media de 26.1 °C y humedad relativa promedio de 70%.



**Figura 1.** Curva de la humedad relativa y temperatura en función a los días de evaluación.

## 3.2. Material y métodos

### 3.2.1. Material vegetativo

Se utilizó las probetas procedentes del fuste de las especies *C. utcubambana* y *C. engleriana*.

### 3.2.2. Materiales

Cinta métrica, bolsas plásticas, prensa botánica, periódico, pintura, plumón indeleble, libreta de campo, formato de evaluación, soporte universal, desecador, vaso precipitado, parafina, pinza de metal, punzón y agua destilada.

### 3.2.3. Equipos

GPS, brújula, motosierra, sierra cinta, balanza digital con una precisión 0.01 g, micrómetro 0.01 mm de precisión, estufa eléctrica, cocina eléctrica, vernier digital y cámara fotográfica.

### 3.3. Metodología

El siguiente estudio se llevó a cabo conforme a la Norma Técnica Peruana.

- NTP 251.008.2016. Selección y colección de muestras.
- NTP 251.010:2014. Método para determinar el contenido de humedad.
- NTP 251.011:2014. Método de determinación de la densidad.
- NTP 251.012:2015. Método de determinación de la contracción.

#### 3.3.1. Selección y colección de muestras

Se realizó la solicitud para la extracción de árboles de las especies de *C. utcubambana* y *C. engleriana* ante la facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para obtener el material vegetal; posteriormente se realizó la selección de los individuos tomando en cuenta el número total de individuos (población) igual a 15 individuos por cada especie de los cuales se extrajeron 3 árboles de cada una de las especies *C. utcubambana* y *C. engleriana*, los cuales fueron seleccionados al azar, y cuyas características en función a la NTP 251.008.2016 considerando el estado fitosanitario, calidad de fuste buena y un DAP mayor a 30 cm, se procedió a talar los árboles seleccionados, seguidamente se registraron los datos de la altura comercial y total, así como el diámetro a la altura del pecho.

Una vez que se talaron los 6 árboles, se procedió a cortar trozas de 50 cm de longitud correspondientes a la parte (base, media y ápice), obteniéndose un total de 18 trozas, posteriormente se codificó el número de árbol, especie, nivel, sección y orientación, (A1-E-N-S-O), estos fueron marcados con pintura.

Asimismo, se colectó muestras botánicas que incluye hojas, corteza, flores y frutos de los 6 árboles, seguidamente fueron colocadas en bolsas de polietileno, y trasladados al Laboratorio Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal, se prensó la muestra entre periódico y cartón, para ser secadas en la estufa. Finalmente, se procedió las muestras para su

montaje y depositados al herbario de la Universidad Nacional Agraria de la selva, para la identificación. (Ver constancia de identificación del anexo, **Figura 44**).

### 3.3.2. Determinación de la propiedad física de la especie *C. utcubambana* y *C. engleriana*

La elaboración y codificación de las muestras se realizó en el laboratorio Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal, se obtuvo 108 probetas de 2 x 2 x 10 cm, distribuidas en 6 probetas por cada nivel, (Figura N° 2), las probetas fueron codificados del modo que: El primer dígito hace referencia al número de árbol (1,2,3,4,5,6), el segundo indica el nivel (base, media y ápice), el tercer dígito indica la sección (interno, centro y externo), y finalmente la orientación (oeste y este), posteriormente fueron remojadas por un periodo de 24 horas, para lograr el peso en estado saturado.

Ejemplo: 2BIE

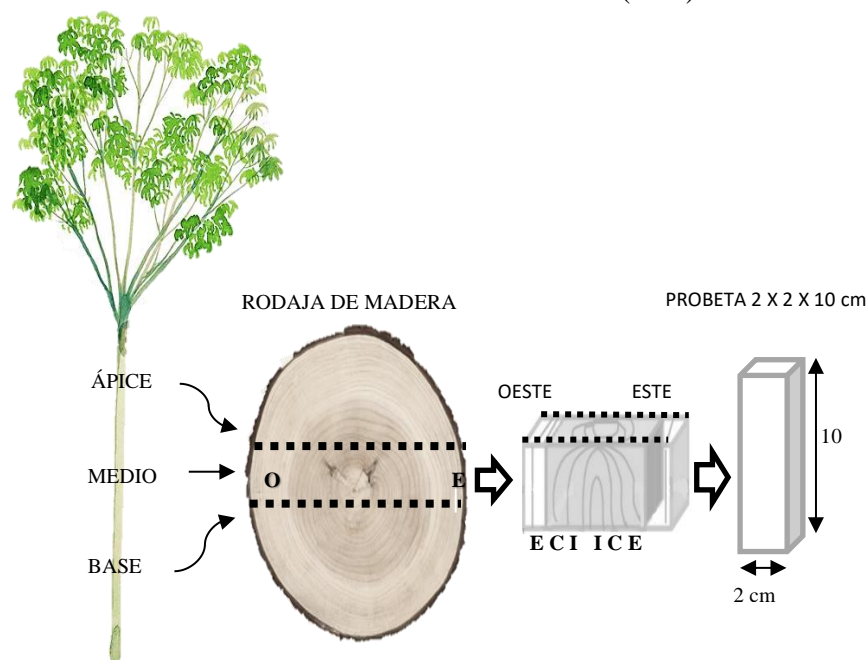
Siendo:

2 : N° del árbol (2)

B : Nivel del fuste (Base)

I : Sección transversal (Interno)

E : Orientación cardinal (Este)



**Figura 2.** Diseño para la obtención de probetas para la evaluación de la propiedad física.

### 3.3.3. Método para la determinación de contenido de humedad saturado y seco al aire

Para determinar esta propiedad física se realizó de acuerdo con la NTP N° 251.010.2014 “Método para determinar contenido de humedad”.

Las muestras se pesaron en estado saturado y se obtuvo el peso húmedo (Ph), en gramos. Posterior a ello, se dejó secar las probetas al ambiente pesándolas diariamente hasta lograr un peso constante. Posteriormente de obtener el peso constante de las 108 muestras, se colocaron en la estufa para obtener el peso seco al horno, aplicando un calentamiento gradual de temperatura por día, desde 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, hasta los 103 °C; terminado el proceso se retiraron las muestras y fueron colocados en el desecador por 15 minutos, posterior a ello se registró el peso y las mediciones correspondientes.

- Contenido de humedad saturada

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

Siendo:

CH (%) = Contenido de humedad saturada.

Ph = Peso húmedo o saturado (g).

Psh = Peso seco al horno (g).

- Contenido de humedad seca al aire

$$CH (S) = \frac{Psa - Psh}{Psh} \times 100$$

Siendo:

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

Psa = Peso seco al aire (g).

Psh = Peso seco al horno o anhídrido (g).

### 3.3.4. Método para la determinación de la densidad

Para evaluar esta propiedad física, se realizó de acuerdo con la NTP N° 251.011.2014 “Método para determinar la densidad”.

Se considero el peso húmedo de las muestras, y se procedió a calcular el volumen húmedo ( $V_h$ ), de manera indirecta, aplicando el principio de Arquímedes, se sumergió la probeta sostenida con un punzón, se sumergió en un vaso precipitado con un volumen de agua conocido, sin que la probeta tocara el fondo del recipiente, y se anotó el aumento en el peso.

Las probetas fueron evaluadas por un periodo de tres meses, posteriormente fueron colocados dentro de la estufa y se sometieron un calentamiento progresivo de temperatura comenzando desde 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, hasta 103 °C, luego de terminar el proceso se procedió a retirar las probetas y colocados en el desecador por 15 minutos. Finalmente, se anotó el peso, y las muestras se parafinaron para calcular su volumen seco al horno ( $V_{sh}$ ).

- Densidad saturada

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

Siendo:

DS = Densidad saturada ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ).

Ph = Peso húmedo (g).

Vh = Volumen húmedo ( $\text{cm}^3$ ).

- Densidad básica

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

Siendo:

DB = Densidad básica ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ).

Psh = Peso seco al horno (g).

Vh = Volumen húmedo ( $\text{cm}^3$ ).

- Densidad anhidra

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

Siendo:

DA = Densidad anhidra ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ).

Psh = Peso seco al horno (g).

Vsh = Volumen seco al horno ( $\text{cm}^3$ ).

### 3.3.5. Método para la determinación de la contracción

Para calcular la propiedad, se empleó el procedimiento conforme a la Norma Técnica Peruana NTP N° 251.012. 2015.

Las muestras fueron etiquetadas en la superficie longitudinal, tangencial y radial. Se procedió al registro de las dimensiones de las muestras con un vernier digital para la longitud y un micrómetro para el ancho y espesor. Posteriormente, se colocaron en la estufa; después de ser retiradas, se ubicaron en el desecador y, finalmente, se midieron nuevamente las dimensiones para determinar la dimensión anhidra.

- Contracción tangencial total

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

Siendo:

CTt = Contracción tangencial total (%).

Dth = Dimensión tangencial humedad (cm).

Dtsh = Dimensión tangencial seca al horno (cm).

- Contracción radial total

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

Siendo:

CRt = Contracción radial total (%).

Drh = Dimensión radial húmeda (cm).

Drsh = Dimensión radial seca al horno (cm).

- Contracción longitudinal total

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

Siendo:

CLt = Contracción longitudinal total (%).

Dlh = Dimensión longitudinal húmeda (cm).

Dlsh = Dimensión longitudinal seca al horno (cm).

- Contracción volumétrica total

$$CVt = \frac{Vh - Vsh}{Vh} \times 100$$

Siendo:

CVt = Contracción volumétrica total (%).

Vh = Volumen húmedo (cm<sup>3</sup>).

Vsh = Volumen seco al horno (cm<sup>3</sup>).

- Relación tangencial/radial

$$Relación = \frac{CTt}{CRT}$$

Siendo:

CTt = Contracción tangencial total (%).

CRT = Contracción radial total (%).

### 3.4. Tipo y diseño de la investigación

#### 3.4.1. Tipo

La presente investigación corresponde al tipo básico aplicado ya que busca ampliar la teoría, por consiguiente, se generan nuevos conocimientos.

#### 3.4.2. Diseño

El estudio corresponde a un diseño no experimental, ya que se observó el fenómeno en el entorno natural, para posteriormente ser analizado. Para llevar a cabo la prueba estadística, se aplicó el Análisis de Varianza (ANVA) utilizando un modelo de Diseño Completo al Azar (DCA), con el objetivo de determinar si existen diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre, 2 especies (*C. utcubambana* y *C. engleriana*) por 3 repeticiones, por 3 niveles de altura (ápice, medio y base) y por 3 secciones transversales (externo, centro e interno), se obtuvo un total de 54 unidades experimentales, siguiendo la metodología de (Vega, 2010).

Factor A (Especies: *C. utcubambana* y *C. engleriana*)

Factor B (nivel de altura: ápice, medio y base)

Factor C (sección transversal: externo, centro e interno)

Para la evaluación los datos en cada variable se empleó el análisis de varianza con un nivel de confianza de 95%, y la comparación de media entre niveles se realizó utilizando la prueba de Tukey (95%).

**Tabla 4.** Factor y nivel en estudio

Especies	Nivel	Sección transversal	Interacción
<i>Cecropia utcubambana</i> (a <sub>1</sub> )	Base (b <sub>1</sub> )	Interno (c <sub>1</sub> )	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>
		Centro (c <sub>2</sub> )	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>
		Externo (c <sub>3</sub> )	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>3</sub>
	Medio (b <sub>2</sub> )	Interno (c <sub>1</sub> )	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>
		Centro (c <sub>2</sub> )	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>
		Externo (c <sub>3</sub> )	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>3</sub>
	Ápice (b <sub>3</sub> )	Interno (c <sub>1</sub> )	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> c <sub>1</sub>
		Centro (c <sub>2</sub> )	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> c <sub>2</sub>
		Externo (c <sub>3</sub> )	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> c <sub>3</sub>
<i>Cecropia engleriana</i> (a <sub>2</sub> )	Base (b <sub>1</sub> )	Interno (c <sub>1</sub> )	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>
		Centro (c <sub>2</sub> )	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>
		Externo (c <sub>3</sub> )	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>3</sub>
	Medio (b <sub>2</sub> )	Interno (c <sub>1</sub> )	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>
		Centro (c <sub>2</sub> )	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>
		Externo (c <sub>3</sub> )	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>3</sub>
	Ápice (b <sub>3</sub> )	Interno (c <sub>1</sub> )	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> c <sub>1</sub>
		Centro (c <sub>2</sub> )	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> c <sub>2</sub>
		Externo (c <sub>3</sub> )	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> c <sub>3</sub>

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.3. Modelo estadístico

El modelo aditivo lineal del experimento está representado por la siguiente ecuación:

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + b_j + c_k + ab_{ij} + ac_{ik} + bc_{jk} + abc_{ijk} + e_{ijk}$$

Siendo:

$Y_{ijkl}$  : Variable respuesta

- $\mu$  : Media poblacional  
 $a_i$  : Especie (*Cecropia utubambana* y *Cecropia engleriana*).  
 $b_j$  : Nivel de fuste (Ápice, medio y base).  
 $c_k$  : Sección transversal (Externo, centro e interno).  
 $ab_{ij}$  : Interacción de variable a y b, a niveles i, j.  
 $ac_{ik}$  : Interacción de variable a y c, a niveles i, k.  
 $bc_{jk}$  : Interacción de variable b y c, a niveles j, k.  
 $abc_{ijk}$  : Interacción de variable a, b y c, a niveles i, j, k.  
 $e_{ijk}$  : Un componente del error aleatorio.

#### 3.4.4. Esquema ANVA

FV	GL	CM	SC	F	Valor-p
Especie (a)	a-1	Cma	Sca	Cma/Cme	P(F>Fa)
Nivel (b)	b-1	Cmb	Scb	Cmb/Cme	P(F>Fb)
Sección (c)	c-1	Cmc	Sc	Cmc/Cme	P(F>Fc)
a*b	(a-1)*(b-1)	Cmab	Scab	Cmab/Cme	P(F>Fab)
a*c	(a-1)*(c-1)	Cmac	Scac	Cmac/Cme	P(F>Fac)
b*c	(b-1)*(c-1)	Cmbc	Scbc	Cmbc/Cme	P(F>Fbc)
a*b*c	(a-1)*(b-1)*(c-1)	Cmabc	Scabc	Cmabc/Cme	P(F>Fabc)
error	a*b*c(r-1)	Cme	Sc		
Total	a*b*c*r-1				

### 3.5. Variables en estudio

#### 3.5.1. Variables independientes

- Nivel de altura (basal, medio, ápice)
- Sección transversal (interna, centro y externa)

#### 3.5.2. Variables dependientes

- Contenido de humedad, contracción y densidad

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Propiedades físicas: Contenido de humedad, Densidad y Contracción.

#### 4.1.1. Determinación del contenido de humedad saturada y seco al aire

##### 4.1.1.1. Contenido de humedad saturada (%)

En la **Tabla 5** se muestra el análisis de variancia respecto al contenido de humedad saturada de un total de 54 probetas evaluadas, la *C. engleriana* presenta un valor promedio total del contenido de humedad saturada de 166,92%, el mayor valor del contenido de humedad saturada fue 310,89%, mientras que el valor menor 105,01%, y la *C. utcubambana*, en promedio general del contenido de humedad saturada fue 123,42%, con un valor máximo de 257,83% y el mínimo de 80,93%.

Se muestra que existen diferencias estadísticamente significativas, entre el factor evaluado, respecto al contenido de humedad saturada en especie, niveles y secciones, cuyos valores son (P=0,0001), (P=0,0001) y (P=0,0007) respectivamente; en cuanto a las interacciones, no presentó diferencias estadísticas significativas para el contenido de humedad saturada.

**Tabla 5.** Análisis de variancia del contenido de humedad saturada (%) de *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	P-VALOR
Especie	1	25547,12	25547,42	19,57	0,0001**
Niveles	2	44154,05	22076,49	16,91	0,0001**
Secciones	2	23187,41	11592,93	8,88	0,0007*
Especie*Niveles	2	917,07	458,58	0,35	0,7062 <sup>ns</sup>
Especie*Secciones	2	7274,95	3637,5	2,79	0,0750 <sup>ns</sup>
Niveles*Secciones	4	9008,89	2252,28	1,73	0,1658 <sup>ns</sup>
Especie*Niveles*Secciones	4	1704,87	426,18	0,33	0,8583 <sup>ns</sup>
Error	36	46992,40	1305,38		
Total	53	158786,75			

*C. engleriana* CV: 36.51%; *C. utcubambana* CV:30.42%; R<sup>2</sup>:0.70 \*\*: Altamente significativo; \*: Significativo; ns: No significativo

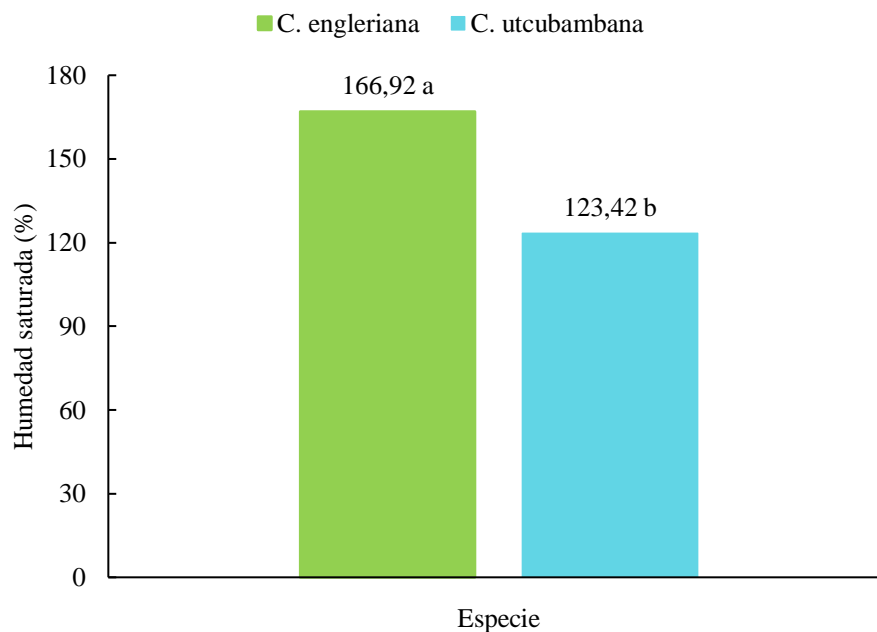
Al encontrar diferencias estadísticas entre las especies, (**Figura 3**). Los resultados obtenidos del test de Tukey, para *C. engleriana* presento mayor contenido de

humedad con un valor de 166,92 %, y la *C. utcubambana* presentó un contenido de humedad saturado menor 123,42 %, por ello se concluye que las dos especies son diferentes estadísticamente y numéricamente.

Asimismo, Sharff (2010), encontró valores similares para las especies *C. engleriana*, *C. Polystachya* y *C. Sciadophylla*, registró 170,96 %, 168,53 % y 153,03 % de igual manera Torres (2009) para la especie *C. sciadophylla* se obtuvo el valor de 138,67%.

**Tabla 6.** Prueba Tukey al 5% de significancia para la especie *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Especie	Media	Significancia (5%)
<i>C. engleriana</i>	123,42	a
<i>C. utcubambana</i>	166,92	b



**Figura 3.** Contenido de humedad saturada de *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

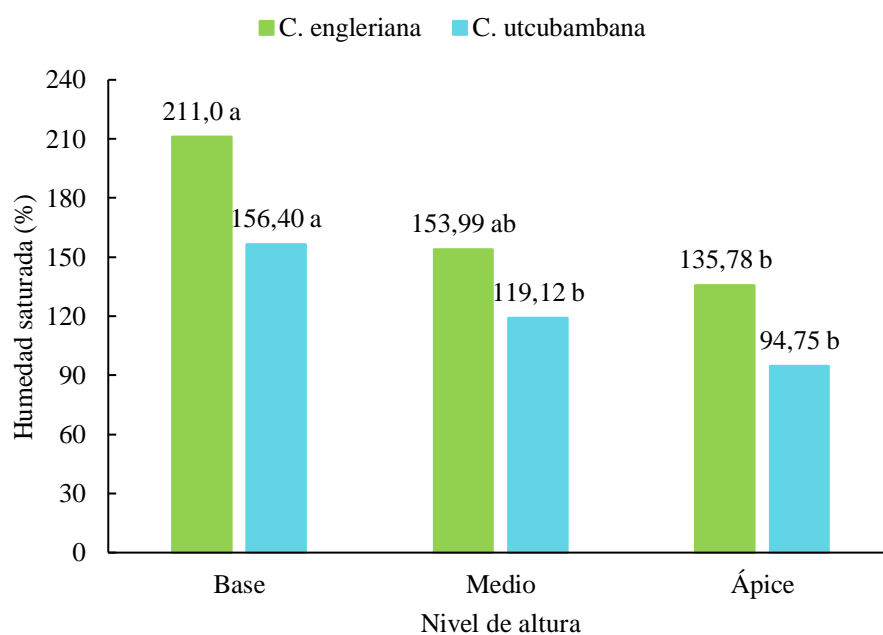
En la **Figura 4**, se observa los datos obtenidos del test de Tukey, en el contenido de humedad saturada para el nivel de longitudinal, la *C. engleriana* presentó el mayor contenido de humedad saturada para el nivel base del fuste, alcanzando un valor de 211%, superando estadísticamente y numéricamente a las probetas del nivel medio 153,99% e inferior al valor del nivel ápice 135,78% , asimismo, para la especie *C. utcubambana* el contenido de humedad más alto se observó para el nivel base del fuste un valor de 156,4%, seguido el nivel

medio 119,12%, mientras que el ápice registró el valor más bajo con 94,75%, en comparación a los otros niveles del fuste.

Del mismo modo, Torres (2009) obtuvo un contenido de humedad que varía según la altura del fuste, mostrando una tendencia de reducir desde la base hasta el nivel del ápice; asimismo, Cachique (2014) y Jauregui y Ramos (2019) estudiaron a las especies *G. ulmifolia* y *A. giganteum*, *P. pendula*, respectivamente y obtuvieron que el contenido de humedad con respecto a los niveles disminuye a medida que pasa del nivel inferior al nivel superior. La humedad disminuye a medida que se pasa del nivel base al ápice, debido a la cantidad de agua presente en el lumen y pared celular.

**Tabla 7.** Prueba Tukey al 5% de significancia para el nivel de altura para las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana*

Especie	Nivel de altura	Media	Significancia (5%)
<i>C. engleriana</i>	Base	211,00	a
	Medio	153,99	a b
	Ápice	135,78	b
<i>C. utcubambana</i>	Base	156,40	a
	Medio	119,12	b
	Ápice	94,75	b



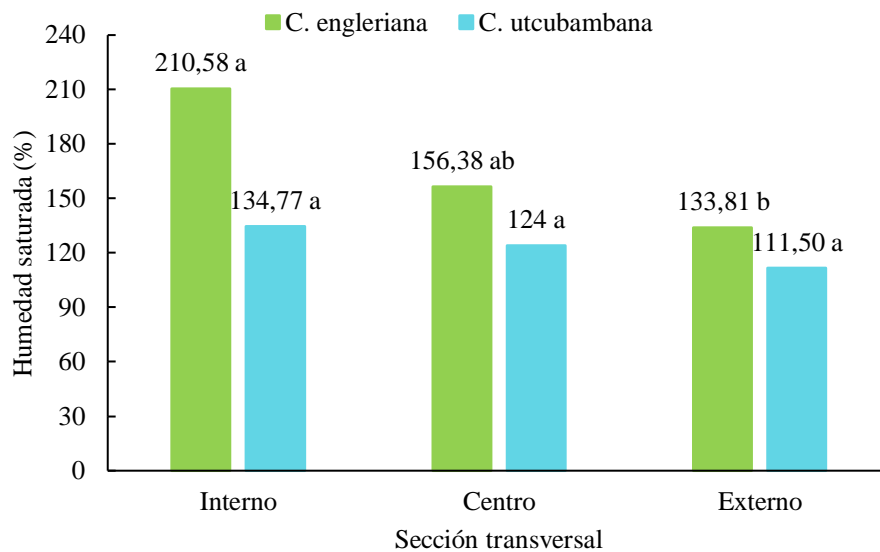
**Figura 4.** Humedad saturada de *C. engleriana* y *C. utcubambana* por el nivel de altura.

En la **figura 5**, se muestra el test de Tukey del contenido de humedad saturada en la sección transversal, la *C. engleriana* presentó mayor contenido de humedad en la sección interna, con un valor de 210,58%, seguido por la sección centro del fuste con 156,38%, mientras que la sección externa presentó un valor menor de 133,81%, en cuanto a la *C. utcubambana* se tuvo la misma tendencia, el mayor valor presentó la sección interno con 134,77%, la sección centro 124% y el valor menor la sección externo 111,5% el cual es estadísticamente y numéricamente menor con respecto a las anteriores.

En tal sentido, en investigaciones de otras especies los resultados obtenidos son similares con la *C. sciadophylla*, mostrando una disminución del contenido de humedad desde la sección interna hasta la externa por Torres(2009); asimismo, estudios sobre la especie *C. sciadophylla* obtuvo similar tendencia Chipana (2009) y Quispe (2016) en la especie *Z. iedelianum* determinó la misma tendencia, con un aumento del contenido de humedad desde la médula hasta la corteza; la variación probablemente por los árboles juveniles que presentan mayor contenido de humedad para la sección interna, en comparación a la sección externa que es influenciada.

**Tabla 8.** Prueba Tukey al 5% de significancia para la sección transversal para *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Especie	Sección transversal	Media	Significancia (5%)
<i>C. engleriana</i>	Interno	210,58	a
	Centro	156,38	a b
	Externo	133,81	b
<i>C. utcubambana</i>	Interno	134,77	a
	Centro	124,00	a
	Externo	111,50	a



**Figura 5.** Humedad saturada de *C. engleriana* y *C. utcubambana* según sección transversal.

#### 4.1.1.2. Contenido de humedad seca al aire

Para el contenido de humedad seco al aire las 54 muestras evaluadas, la *C. engleriana* presentó un promedio general de 13,75%, con un valor máximo de 14,22% y un mínimo de 13,20%. Por otro lado, la *C. utcubambana* tuvo un promedio general de 14,03%, con un valor máximo de 14,96% y un mínimo de 13,51% en contenido de humedad seca al aire.

Asimismo, se observa que hay diferencias estadísticas significativas entre las probetas de las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana*, en cuanto al contenido de humedad seca al aire, cuyo valor fue ( $P=0,0049$ ), esto indica que una especie obtuvo valores diferentes en las variables evaluadas frente a la otra especie en estudio. (**Tabla 9**)

**Tabla 9.** Análisis de la varianza del contenido de humedad en estado seco al aire de las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana* (%).

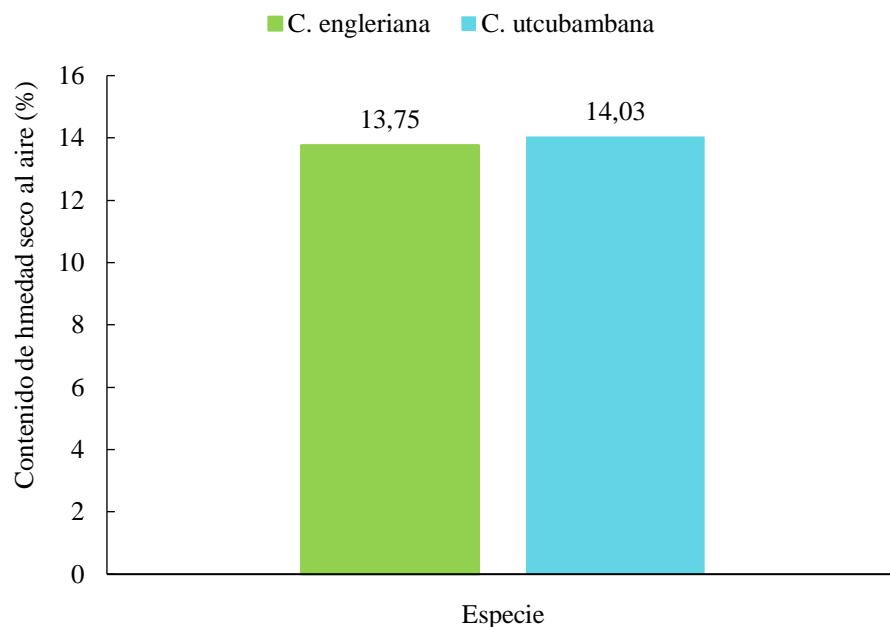
Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Especie	1,07	1	1,07	9	0,0049*
Niveles	0,14	2	0,07	0,59	0,5605 <sup>ns</sup>
Secciones	0,1	2	0,05	0,41	0,6645 <sup>ns</sup>
Especie*Niveles	0,36	2	0,18	1,5	0,2370 <sup>ns</sup>
Especie*Secciones	0,24	2	0,12	1	0,3778 <sup>ns</sup>
Niveles*Secciones	0,19	4	0,05	0,4	0,8078 <sup>ns</sup>
Especie*Niveles*Secciones	0,17	4	0,04	0,35	0,8412 <sup>ns</sup>
Error	4,26	36	0,12		
Total	6,51	53			

*C. engleriana* CV: 1.82%; *C. utcubambana* CV: 2.73%; \*: Significativo; ns: No significativo

En la **Figura 6**, se presenta el test de Tukey, del contenido de humedad seco al aire, se observaron diferencias estadísticas, así como numéricas en las probetas evaluadas para las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana*, cuyos valores fueron 13,75% y 14,03% respectivamente.

**Tabla 10.** Prueba Tukey al 5% de significancia para las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Especie	Media	Significancia (5%)
<i>C. engleriana</i>	13,75	a
<i>C. utcubambana</i>	14,03	b



**Figura 6.** Contenido de humedad seco al aire de *C. engleriana* y *C. utcubambana*

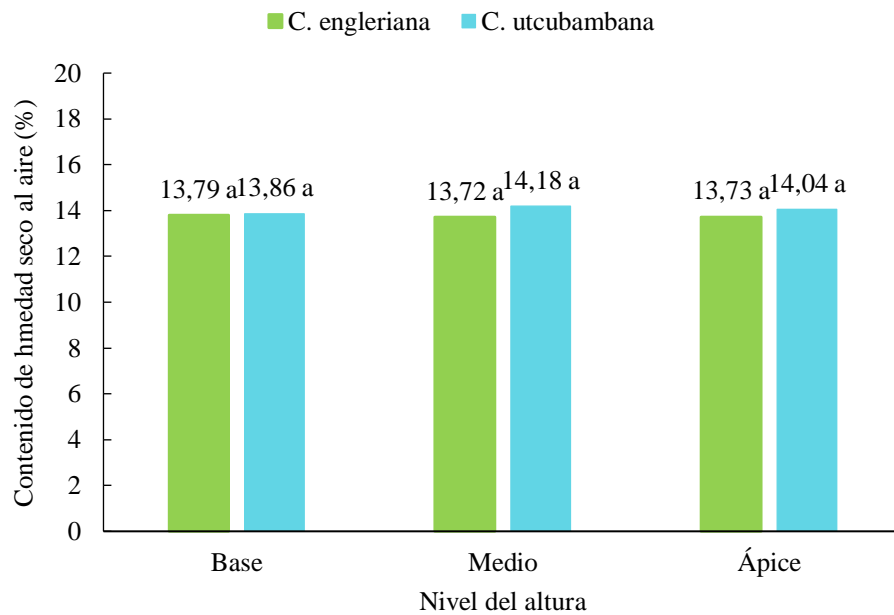
La **Figura 7**, se muestra una prueba de comparación de media de Tukey, considerando tres niveles de altura para las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana*, para lo cual las muestras procedentes del nivel ápice presentaron mayor contenido de humedad seco al aire de 13,75% y 14,03% respectivamente, los cuales son estadística y numéricamente superior a los niveles medio 13,72% y 14,18% y base 13,79% y 13,86, respectivamente.

En tal sentido las investigaciones realizadas por Cachique (2014) determinó para la especie *G. ulmifolia*, su contenido de humedad seco al aire de 13,84 % y un incremento del nivel base hacia el nivel del ápice; caso contrario obtuvo, Quispe (2016) una tendencia opuesta en la especie *Z. riedelianum*, con un incremento del contenido de humedad

desde el ápice hacia la base, posiblemente por la presencia de madera juvenil, que contiene mayor cantidad de agua dentro de las paredes celulares y en los lúmenes.

**Tabla 11.** Prueba Tukey al 5% de significancia para el nivel de altura de las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana* (%).

Especie	Nivel de altura	Media	Significancia (5%)
<i>C. engleriana</i>	Base	13,79	a
	Medio	13,72	a
	Ápice	13,73	a
<i>C. utcubambana</i>	Base	13,86	a
	Medio	14,18	a
	Ápice	14,04	a



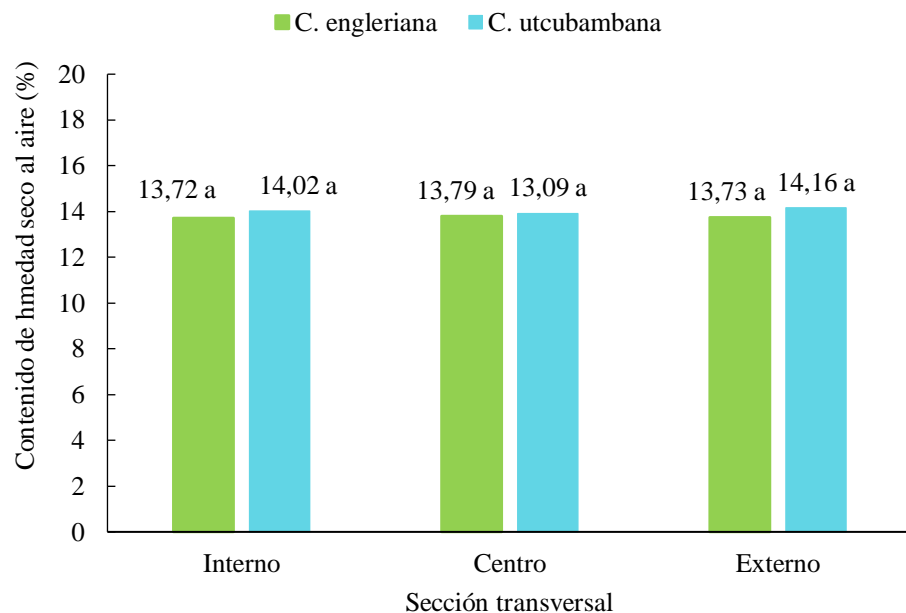
**Figura 7.** Contenido de humedad seco al aire de *C. engleriana* y *C. utcubambana* por nivel de altura.

En la **Figura 8**, presenta la prueba de comparación de media de Tukey, del contenido de humedad seco al aire en la sección transversal de las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana*; donde presentó diferencias estadísticas, en las probetas que procedieron de la sección externa con valores de 13,73% y 14,16% respectivamente, seguido de la sección interna con valores de 13,72% y 14,02%, y la sección centro, que mostró los valores más bajos, con 13,79% y 13,9%, respectivamente.

Valores parecidos encontró Quispe (2016) quien señala que la especie *Z. riedelianum*, presentó similar tendencia, un incremento del valor de contenido de humedad de la sección interna hasta la sección externa. Esto podría explicarse por la albura, ya que está compuesta por células cuyo propósito principal es el transporte de agua y muestra mayor contenido de humedad en relación al duramen.

**Tabla 12.** Prueba Tukey al 5% de significancia para la sección transversal de las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana* (%).

Especie	Sección transversal	Media	Significancia (5%)
<i>C. engleriana</i>	Interno	13,72	a
	Centro	13,79	a
	Externo	13,73	a
<i>C. utcubambana</i>	Interno	14,02	a
	Centro	13,09	a
	Externo	14,16	a



**Figura 8.** Contenido de humedad seco al aire de *C. engleriana* y *C. utcubambana* por sección transversal.

## 4.1.2. Densidad saturada, anhidra y básica

### 4.1.2.1. Densidad saturada

De un total de 54 probetas evaluadas, la *C. engleriana* presentó un promedio total de 0,81 g/cm<sup>3</sup> en la densidad saturada, con un valor máximo de 0,97 g/cm<sup>3</sup>, mientras que el valor mínimo fue 0,61 g/cm<sup>3</sup>, mientras la *C. utcubambana* presentó un promedio de 0,84 g/cm<sup>3</sup> y un valor máximo de la densidad saturada fue 0,98 g/cm<sup>3</sup> y el valor mínimo de 0,62 g/cm<sup>3</sup>.

Se evidencia la existencia de diferencias estadísticas significativas en los factores evaluados, con respecto a la densidad saturada en las secciones transversales cuyo valor fue (P=0,0158). Asimismo, el diseño muestra un coeficiente de variación con un valor de 11,66% para *C. engleriana* y 11,46% *C. utcubambana*.

**Tabla 13.** Análisis de varianza para la densidad saturada para las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

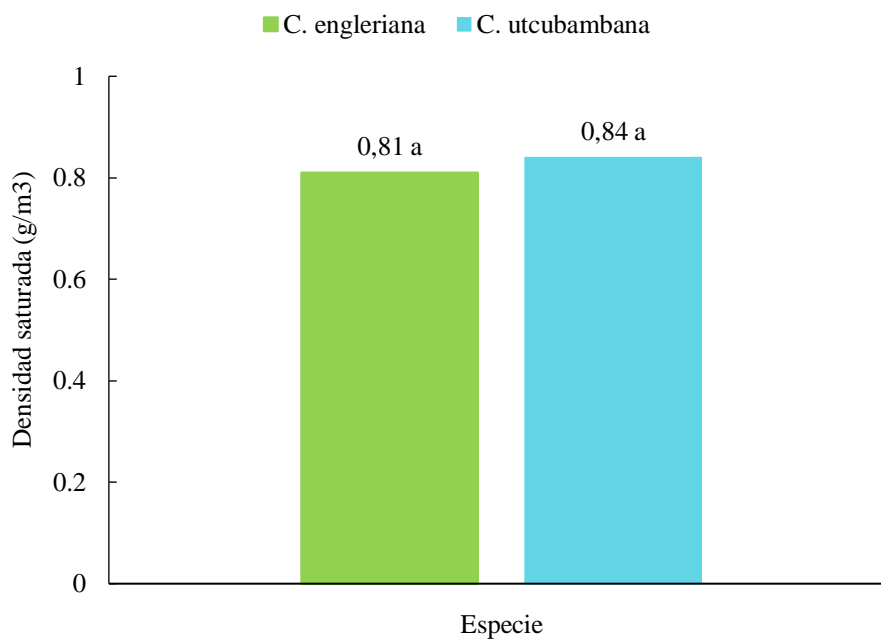
Fuente de variación	GL	SC	CM	F	P-VALOR
Especie	1	0,01	0,01	1,91	0,1751 <sup>ns</sup>
Niveles	2	0,02	0,01	1,5	0,2377 <sup>ns</sup>
Secciones	2	0,07	0,04	4,67	0,0158*
Especie*Niveles	2	0,01	0,02	0,37	0,6926 <sup>ns</sup>
Especie*Secciones	2	0,01	0,04	0,56	0,5753 <sup>ns</sup>
Niveles*Secciones	4	0,03	0,01	0,8	0,5312 <sup>ns</sup>
Especie*Niveles*Secciones	4	0,06	0,01	1,85	0,1415 <sup>ns</sup>
Error	36	0,28	0,01		
Total	53	0,49			

*C. engleriana* CV: 11.66%; *C. utcubambana* CV: 11.46%; \*: Significativo; ns: No significativo

En la prueba de comparación de media de Tukey, la densidad saturada de *C. engleriana* y *C. utcubambana* no presentaron diferencias estadísticas significativas, y se obtuvieron valores de 0,81 g/cm<sup>3</sup> y 0,84 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente (**Figura 9**). Del mismo modo Quispe (2016) para la especie *Z. riedelianum*, obtuvo un valor de 0,85 g/cm<sup>3</sup> en la densidad saturada, asimismo, Scharff (2010), para las especies *C. engleriana* y *C. membranacea*, 0,80 g/cm<sup>3</sup> y 0,87 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente.

**Tabla 14.** Prueba Tukey al 5% de significancia para la especie *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Especie	Media	Significancia (5%)
<i>C. engleriana</i>	0,81	a
<i>C. utcubambana</i>	0,84	a



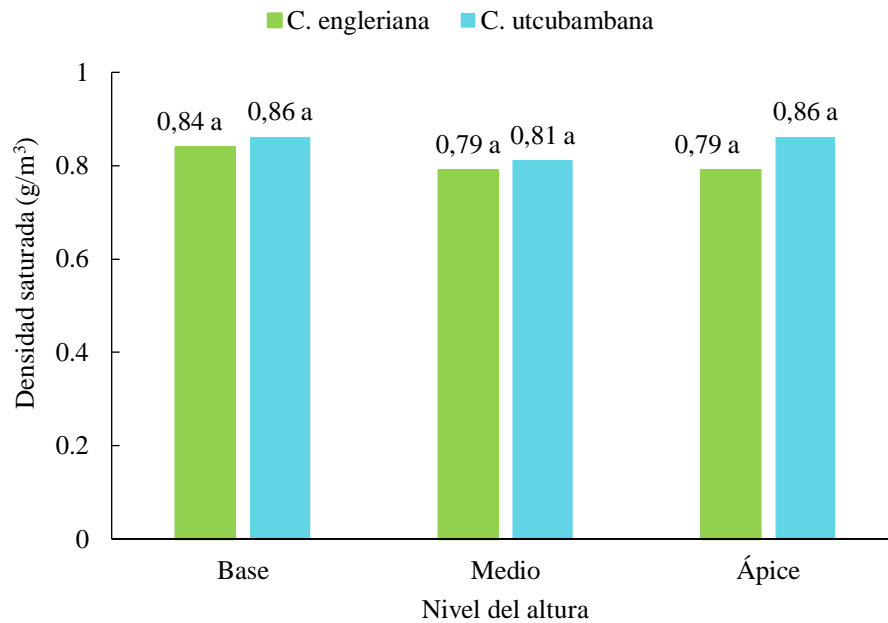
**Figura 9.** Densidad saturada de *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

La **Figura 10**, muestra la prueba de comparación de media de Tukey, para densidad saturada, a diferentes alturas en la cual no presentó diferencias significativas, para lo cual las probetas de la especie *C. engleriana* procedentes del nivel base presentaron un valor numéricamente mayor de  $0,84 \text{ g/cm}^3$ , en comparación el nivel medio y ápice con un valor de  $0,79 \text{ g/cm}^3$ , en cuanto a la especie *C. utcubambana* en el nivel base fue  $0,86 \text{ g/cm}^3$  alcanzó el mayor valor con  $0,86 \text{ g/cm}^3$ , en comparación al nivel ápice  $0,86 \text{ g/cm}^3$  y medio  $0,81 \text{ g/cm}^3$ .

Por otro lado, Quispe (2016), observó que para *Z. riedelianum*, la tendencia a disminuir desde el nivel de la base hasta el nivel del ápice; asimismo, Cachique (2014), para la especie *G. ulmifolia*, obtuvo la misma tendencia. Esto puede ser debido a la mayor cantidad de madera juvenil cercana a la copa.

**Tabla 15.** Prueba Tukey al 5% de significancia para el nivel de altura de *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Especie	Nivel de altura	Media	Significancia (5%)
<i>C. engleriana</i>	Base	0,84	a
	Medio	0,79	a
	Ápice	0,79	a
<i>C. utcubambana</i>	Base	0,86	a
	Medio	0,81	a
	Ápice	0,86	a

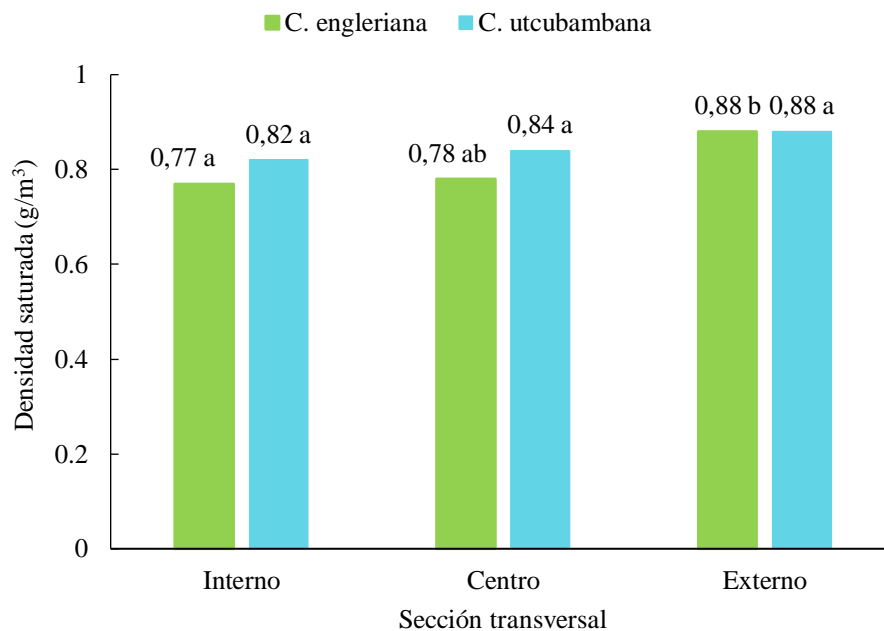


**Figura 10.** Densidad saturada de *C. engleriana* y *C. utcubambana* por nivel de altura.

La **Figura 11**, presenta un análisis de prueba de comparación de media de Tukey, para densidad saturada con respecto a la sección transversal, en la cual se observó diferencias estadísticas significativas; se encontró que la sección transversal externa para las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana* presentó un valor de  $0,88 \text{ g/cm}^3$ , lo cual es estadísticamente y numéricamente mayor con respecto a las secciones centro e interno, cuyos valores son  $0,78 \text{ g/cm}^3$  y  $0,84 \text{ g/cm}^3$  respectivamente y  $0,77 \text{ g/cm}^3$  y  $0,82 \text{ g/cm}^3$ . Datos semejantes fueron encontrados por Quispe (2016) para *Z. riedelianum*, observó un mayor valor en la sección externa, disminuyendo hacia la sección interna. Esta diferencia de la densidad entre el duramen y albura se atribuye a la cantidad de masa celular presente en cada una.

**Tabla 16.** Prueba Tukey al 5% de significancia para la sección transversal de *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Especie	Sección transversal	Media	Significancia (5%)	
<i>C. engleriana</i>	Interno	0,77	a	
	Centro	0,78	a	b
	Externo	0,88	b	
<i>C. utcubambana</i>	Interno	0,82	a	
	Centro	0,84	a	
	Externo	0,88	a	



**Figura 11.** Densidad saturada de *C. engleriana* y *C. utcubambana* por sección transversal.

#### 4.1.2.2. Densidad básica

Las probetas evaluadas de las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana*, presentaron un valor promedio de  $0,32 \text{ g/cm}^3$  y  $0,39 \text{ g/cm}^3$ , respectivamente, de acuerdo con los valores obtenidos, la madera corresponde a una clasificación “baja” Aróstegui (1982).

Se muestra un análisis de la varianza para la densidad básica, en el cual se encontró diferencias estadísticas significativas entre las especies, secciones transversales y niveles de altura, con valores de ( $P=0,0004$ ), ( $P=0,0048$ ) y ( $P=0,0009$ ), respectivamente, sin embargo, no se observaron diferencias estadísticas ni numéricas en las interacciones, asimismo,

el diseño muestra un valor de 24,24 % en el coeficiente de variación para *C. engleriana* y 20,20 % para *C. utcubambana*.

**Tabla 17.** Análisis de varianza para la densidad básica de *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	P-VALOR
Especie	1	0,07	0,07	15,47	0,0004**
Niveles	2	0,05	0,03	6,21	0,0048*
Secciones	2	0,08	0,04	8,63	0,0009**
Especie*Niveles	2	0,0041	0,0021	0,47	0,6278ns
Especie*Secciones	2	0,0038	0,0019	0,44	0,6462ns
Niveles*Secciones	4	0,01	0,0015	0,33	0,8529ns
Especie*Niveles*Secciones	4	0,02	0,004	0,92	0,4627ns
Error	36	0,16	0,0044		
Total	53	0,38			

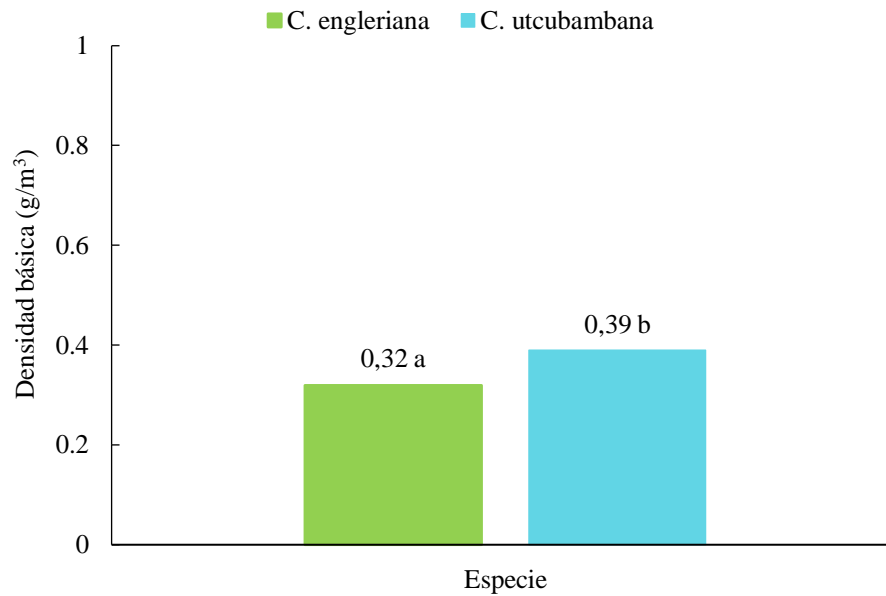
*C. engleriana* CV: 24.24 %; *C. utcubambana* CV: 20.00%; \*\*: Altamente significativo; \*: Significativo; ns: No significativo

La **Figura 12**, se observa la prueba de comparación de media de Tukey, para densidad básica, con respecto a las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana* donde existe diferencias significativas estadísticas y numéricas, cuyos valores fueron 0,32 g/cm<sup>3</sup> para *C. engleriana* y 0,39 g/cm<sup>3</sup> la *C. utcubambana*.

Asimismo, Scharff (2010), obtuvo similares valores para las especies *C. membranacea* 0,25 g/cm<sup>3</sup>, *C. engleriana* 0,32 g/cm<sup>3</sup>, *C. polytachya* 0,34 g/cm<sup>3</sup> y *C. sciadophylla* 0,31 g/cm<sup>3</sup>, del mismo modo Torres (2009) para *C. sciadophylla*, obtuvo un valor de 0,39 g/cm<sup>3</sup> y Hernández y Pinilla (2010) para la especie *P. nigra* obtuvo un valor de 0,38 g/cm<sup>3</sup>.

**Tabla 18.** Prueba Tukey al 5% de significancia para la especie *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Especie	Media	Significancia (5%)
<i>C. engleriana</i>	0,32	a
<i>C. utcubambana</i>	0,39	b



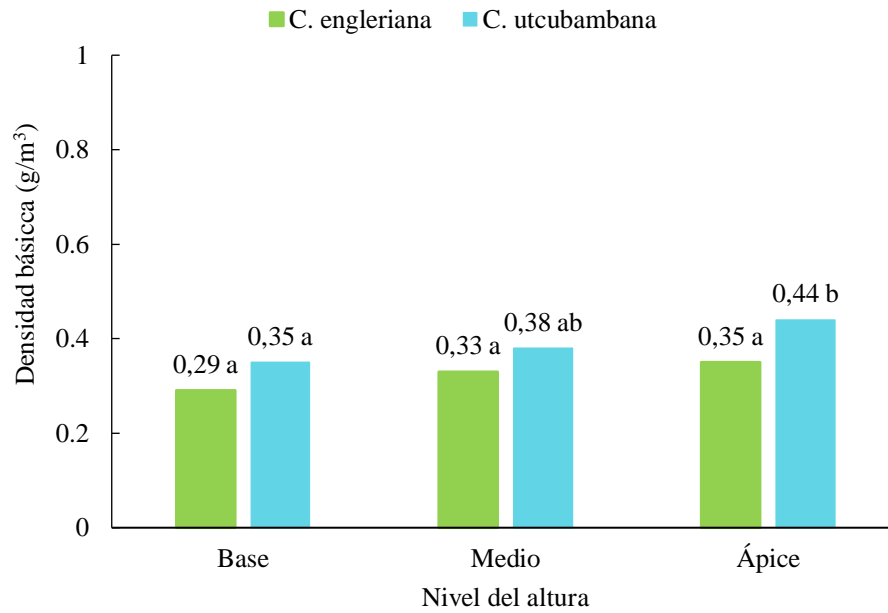
**Figura 12.** Densidad básica de *C. engleriana* y *C. utubambana*.

La **Figura 13**, muestra el análisis de prueba de comparación de media de Tukey, para densidad básica, en relación con el nivel de altura, donde encontraron diferencias estadísticas y numéricas, para *C. engleriana* el mayor valor presentó el ápice con  $0,35 \text{ g/cm}^3$ , seguidamente el nivel medio con  $0,33 \text{ g/cm}^3$ , mientras el menor valor presentó las probetas del nivel base con  $0,29 \text{ g/cm}^3$ , de igual manera para la especie *C. utubambana* el valor mayor se obtuvo de las probetas del nivel ápice con  $0,44 \text{ g/cm}^3$ , inferior a ello los niveles medio y base con valores de  $0,38 \text{ g/cm}^3$  y  $0,35 \text{ g/cm}^3$ .

Los resultados obtenidos por Cachique (2014) fueron similares para la especie *G. ulmifolia*, donde la densidad se incrementó del nivel base hasta el nivel ápice, de igual manera Torres (2009) para la especie *C. sciadophylla*; quizás se debe a la influencia de la madera juvenil, efecto que provocaría una menor densidad para la base.

**Tabla 19.** Prueba Tukey al 5% de significancia para el nivel de altura.

Especie	Nivel de altura	Media	Significancia (5%)
<i>C. engleriana</i>	Base	0,29	a
	Medio	0,33	a
	Ápice	0,35	a
<i>C. utubambana</i>	Base	0,35	a
	Medio	0,38	a
	Ápice	0,44	b



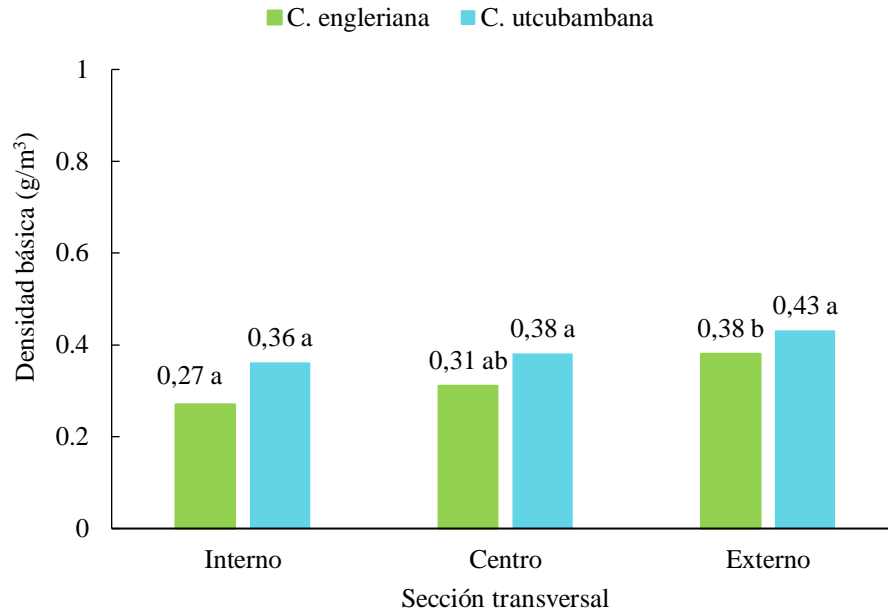
**Figura 13.** Densidad básica de *C. engleriana* y *C. utubambana* por nivel de altura.

La **Figura 14**, se observa la prueba de comparación de Tukey para la densidad básica con respecto a la sección transversal, donde existe diferencias significativas estadísticamente y numéricamente, para las especies *C. engleriana* y *C. utubambana* donde el valor mayor de la densidad básica se obtuvo en la sección externa, el valor de 0,38 g/cm<sup>3</sup> y 0,43 g/cm<sup>3</sup> respectivamente, mientras que las probetas de las secciones transversal del centro de 0,31 g/cm<sup>3</sup> y 0,38g/cm<sup>3</sup> respectivamente e interno 0,27 g/cm<sup>3</sup> y 0,36 g/cm<sup>3</sup> fueron valores inferiores.

Quispe (2016), para la especie *Z. riedelianum* obtuvo similar valor, un incremento en la densidad desde la sección interna hasta la sección externo.

**Tabla 20.** Prueba Tukey al 5% de significancia para la sección transversal las especies *C. engleriana* y *C. utubambana*

Especie	Sección transversal	Media	Significancia (5%)	
<i>C. engleriana</i>	Interno	0,27	a	
	Centro	0,31	a	b
	Externo	0,38		b
<i>C. utubambana</i>	Interno	0,36	a	
	Centro	0,38	a	
	Externo	0,43	a	



**Figura 14.** Densidad básica de *C. engleriana* y *C. utcubambana* por sección transversal.

#### 4.1.2.3. Densidad anhidra

De las 54 probetas evaluadas de las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana*; presentaron un valor promedio de 0,36 g/cm<sup>3</sup> y 0,44 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. Además, el análisis de varianza de la densidad anhidra presentó diferencias estadísticamente significativas en los factores de especie y niveles, con valores de (P=0,0002) y (P=0,0120), respectivamente. Igualmente, el estudio mostró un coeficiente de variación del 23,58% para *C. engleriana* y del 19,17% para *C. utcubambana*.

**Tabla 21.** Análisis de varianza para la densidad anhidra de *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Especie	0,09	1	0,09	16,66	0,0002**
Niveles	0,05	2	0,03	5,01	0,0120*
Secciones	0,09	2	0,04	8,22	0,0012*
Especie*Niveles	0,01	2	0,0029	0,54	0,5847 <sup>ns</sup>
Especie*Secciones	0,0047	2	0,0024	0,45	0,6416 <sup>ns</sup>
Niveles*Secciones	0,01	4	0,0017	0,32	0,8637 <sup>ns</sup>
Especie*Niveles*Secciones	0,02	4	0,01	0,99	0,4239 <sup>ns</sup>
Error	0,19	36	0,01		
Total	0,45	53			

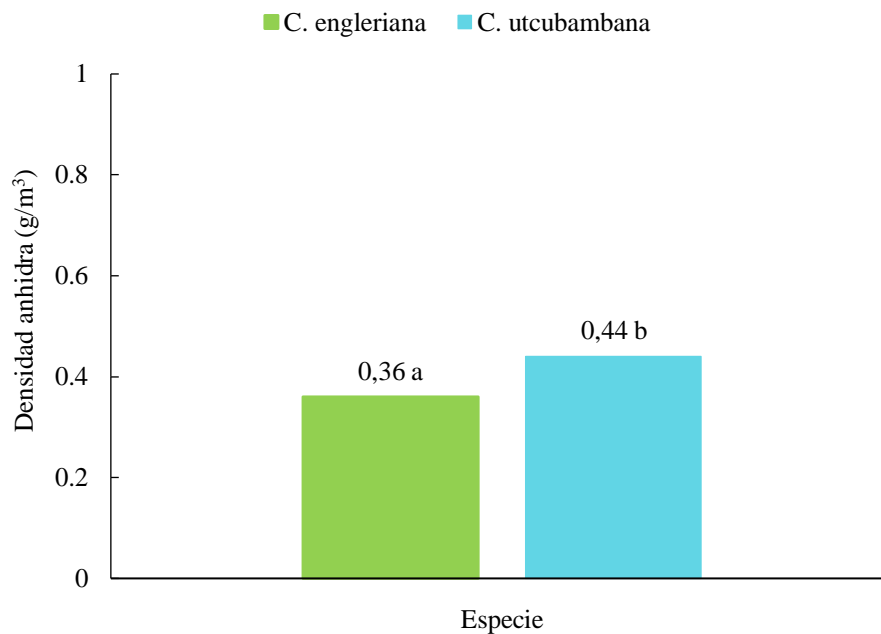
*C. engleriana* CV: 23.58 %; *C. utcubambana* CV: 19.17%; \*\*: Altamente significativo; \*: Significativo; ns: No significativo.

En la **Figura 15**, el análisis de comparación de media de Tukey de la densidad anhidra se observa que las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana*, presentan diferencias estadísticas significativas y numéricas, donde se encontró que el valor mayor presenta la *C. utcubambana* con  $0,44 \text{ g/cm}^3$ , seguido la *C. engleriana* con un valor de media total  $0,36 \text{ g/cm}^3$ .

Asimismo, Scharff (2010), obtuvo semejantes valores para las especies *C. membranacea* un valor de  $0,31 \text{ g/cm}^3$ , *C. engleriana*  $0,39 \text{ g/cm}^3$ , *C. Polystachya*  $0,39 \text{ g/cm}^3$  y *C. sciadophylla* fue  $0,36 \text{ g/cm}^3$ , de igual manera Cartuche (2022) obtuvo un valor similar para la especie *C. peltata* un valor de  $0,26 \text{ g/cm}^3$  y Quispe (2014) para la especie *Z. riedelianum*  $0,54 \text{ g/cm}^3$ .

**Tabla 22.** Prueba Tukey al 5% de significancia para la especie *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Especie	Media	Significancia (5%)
<i>C. engleriana</i>	0,36	a
<i>C. utcubambana</i>	0,44	b



**Figura 15.** Densidad anhidra de *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

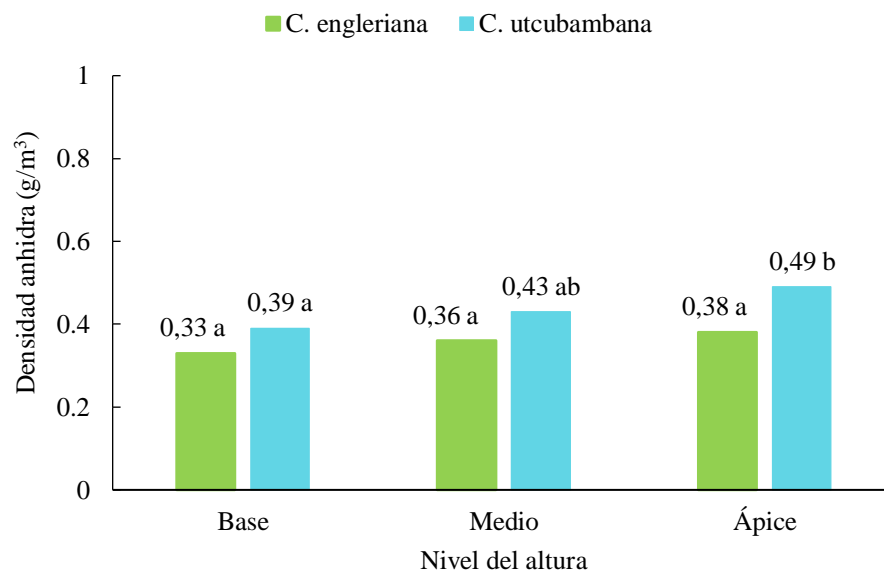
La **Figura 16**, muestra el análisis de comparación de media de Tukey, para la densidad anhidra, y se observó para el nivel ápice de la especie *C. engleriana* presenta una media total de  $0,38 \text{ g/cm}^3$ , el cual es numéricamente y estadísticamente mayor a las muestras evaluadas del nivel medio, con un promedio de  $0,36 \text{ g/cm}^3$  y para la base del fuste el

valor de 0,33 g/cm<sup>3</sup>; en cuanto a la especie *C. utcubambana* el mayor valor corresponde al nivel ápice con 0,49 g/cm<sup>3</sup> seguido el nivel medio 0,43 g/cm<sup>3</sup> y la base con 0,39 g/cm<sup>3</sup>, siendo este último un valor inferior numéricamente comparado con otros niveles de altura. Esto indica que la densidad anhidra aumenta desde la zona basal hasta el nivel ápice.

Valores similares encontró Jauregui y Ramos (2019) para la especie *A. giganteum* obtuvo similar tendencia un incremento de la base hasta el ápice; caso contrario encontró Quispe (2016) donde la densidad anhidra de la especie *Z. riedelianum* se reduce del nivel base hasta el ápice; de igual manera Cachique (2014) encontró una tendencia idéntica en su estudio de la especie *G. ulmifolia*. Probablemente los árboles en estudio presentaron una mayor cantidad de madera juvenil en el nivel de la base, lo cual explicaría la menor densidad observada.

**Tabla 23.** Prueba Tukey al 5% de significancia para el nivel de altura de *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Especie	Nivel de altura	Media	Significancia (5%)
<i>C. engleriana</i>	Base	0,33	a
	Medio	0,36	a
	Ápice	0,38	a
<i>C. utcubambana</i>	Base	0,39	a
	Medio	0,43	a b
	Ápice	0,49	b



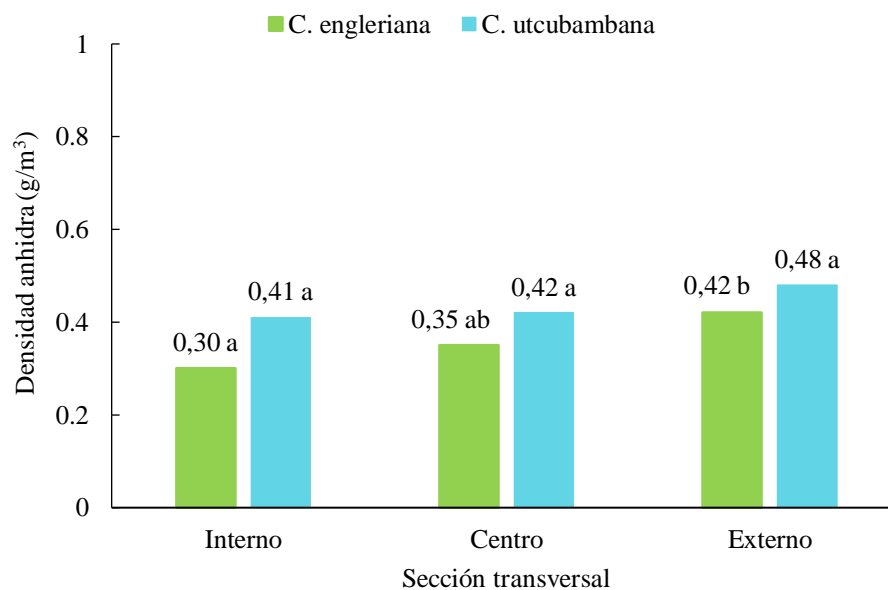
**Figura 16.** Densidad anhidra de *C. engleriana* y *C. utcubambana* por nivel de altura.

La **Figura 17**, presenta un análisis de comparación de media de Tukey, para la densidad anhidra; y se determinó para la especie *C. engleriana*, un valor promedio de  $0,42 \text{ g/cm}^3$ , para la sección transversal externa, lo cual es estadístico y numéricamente mayor a la sección centro con  $0,35 \text{ g/cm}^3$  e interno con un promedio de  $0,30 \text{ g/cm}^3$ , asimismo, la *C. utcubambana* en la sección externo presentó un valor mayor de  $0,48 \text{ g/cm}^3$ , en comparación con los niveles centro e interno  $0,42 \text{ g/cm}^3$  y  $0,41 \text{ g/cm}^3$  respectivamente.

Quispe (2016), en el análisis para la especie *Z. riedelianum*, encontró una variabilidad comparable en la tendencia, donde el valor se incrementa desde la sección interno hacia la corteza. Esto se podría deberse a la variación en la humedad, dado que la densidad es un valor muy cambiante que fluctúa significativamente en relación con el contenido de humedad de la muestra.

**Tabla 24.** Prueba Tukey al 5% de significancia para la sección transversal de *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Especie	Sección transversal	Media	Significancia (5%)	
<i>C. engleriana</i>	Interno	0,30	a	
	Centro	0,35	a	b
	Externo	0,42	b	
<i>C. utcubambana</i>	Interno	0,41	a	
	Centro	0,42	a	
	Externo	0,48	a	



**Figura 17.** Densidad anhidra de *C. engleriana* y *C. utcubambana* por sección transversal.

#### 4.2.1. Contracción tangencial, radial, volumétrica, longitudinal, y la relación tangencial/radial

##### 4.2.1.1. Contracción tangencial total

De un total de 54 probetas evaluadas, la *C. engleriana* presentó una contracción tangencial con un promedio total de 6,70 %, el valor mayor de la contracción tangencial fue de 9,52 %, mientras que el valor menor fue 5,12 %, mientras la *C. utcubambana* presentó una contracción tangencial promedio total de 7,07 %, con un valor máximo de 8,83 % y el valor mínimo de 5,56 %.

Se observa una diferencia estadística significativa, entre los factores evaluados, en relación con la contracción tangencial en distintos niveles de altura con un valor de ( $P=0,0001$ ). Asimismo, el diseño muestra un coeficiente de variación con un valor de 16,41 % para *C. engleriana* y del 13,33 % para *C. utcubambana*.

**Tabla 25.** Análisis de varianza para la contracción tangencial de *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Especie	1,9	1	1,9	2,34	0,1349 <sup>ns</sup>
Niveles	18,69	2	9,34	11,48	0,0001 <sup>**</sup>
Secciones	0,65	2	0,33	0,4	0,6732 <sup>ns</sup>
Especie*Niveles	0,81	2	0,4	0,5	0,6128 <sup>ns</sup>
Especie*Secciones	2,48	2	1,24	1,53	0,2313 <sup>ns</sup>
Niveles*Secciones	1,79	4	0,45	0,55	0,7014 <sup>ns</sup>
Especie*Niveles*Secciones	0,75	4	0,19	0,23	0,9190 <sup>ns</sup>
Error	29,31	36	0,81		
Total	56,38	53			

*C. engleriana* CV: 16.41 %; *C. utcubambana* CV: 13.33%; \*\*: Altamente significativo; ns: No significativo.

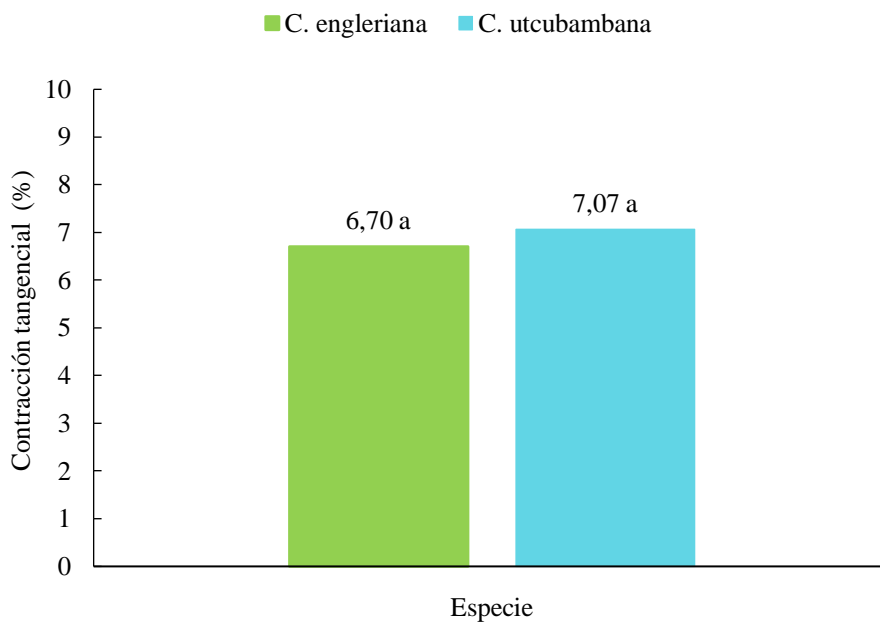
Al determinar un análisis de comparación de media de Tukey, de contracción tangencial, para *C. engleriana* y *C. utcubambana*, no presentan diferencias estadísticas significativas, debido a que presentan valores similares; sin embargo, numéricamente la *C. utcubambana*, presenta un valor mayor de 7,07 %, mientras que la *C.*

*engleriana*, que presentó una contracción tangencial promedio con un valor inferior de 6,70 %. (Figura 18).

Del mismo modo Jauregui y Ramos (2019) para la especie *P. pendula* y *A. giganteum* obtuvo un valor de 7,65 %; asimismo, Hernández y Pinilla (2010) para la especie *Fitzroya cupressoides* encontró el valor de 8 %.

**Tabla 26.** Prueba Tukey al 5% de significancia para la especie *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Especie	Media	Significancia (5%)
<i>C. engleriana</i>	6,70	a
<i>C. utcubambana</i>	7,07	a



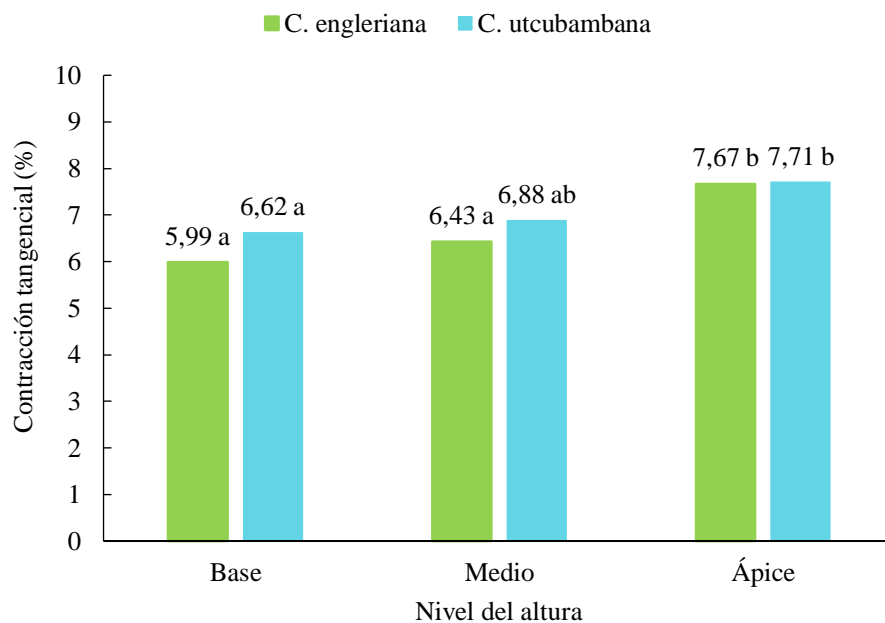
**Figura 18.** Contracción tangencial total de *C. engleriana* y *C. utcubambana*

En la **Figura 19**, se muestra el análisis de prueba de comparación de media de Tukey, de contracción tangencial total para el nivel de altura; donde se encontraron diferencias estadísticas significativas, con valor de ( $P=0,0001$ ); en cuanto a la especie *C. engleriana* se obtuvo un valor mayor en el nivel de altura ápice de 7,67%, siendo estadística y numéricamente mayor al nivel medio y base, cuyos valores fueron 6,43 % y 5,99 % respectivamente, asimismo, para *C. utcubambana* se obtuvo mayor valor en las probetas procedentes del nivel ápice 7,71%, seguido del nivel medio 6,88% y un valor inferior en el nivel base de 6,62%.

Asimismo, Cachique (2014), para *G. ulmifolia*, obtuvo similar tendencia; y caso contrario, demostró Torres (2009), Quispe (2016) y Jauregui y Ramos (2019). Este resultado puede ser explicado por la existencia de madera juvenil, la edad y procedencia, además al presentar mayor densidad en una zona determinada, conduce a una mayor contracción. Por lo tanto, las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana*, al mostrar una mayor densidad en el ápice, tendrán mayor contracción tangencial en la zona.

**Tabla 27.** Prueba Tukey al 5% de significancia para el nivel de altura de *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Especie	Nivel de altura	Media	Significancia (5%)
<i>C. engleriana</i>	Base	5,99	a
	Medio	6,43	a
	Ápice	7,67	b
<i>C. utcubambana</i>	Base	6,62	a
	Medio	6,88	a b
	Ápice	7,71	b



**Figura 19.** Contracción tangencial total por nivel de altura de *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

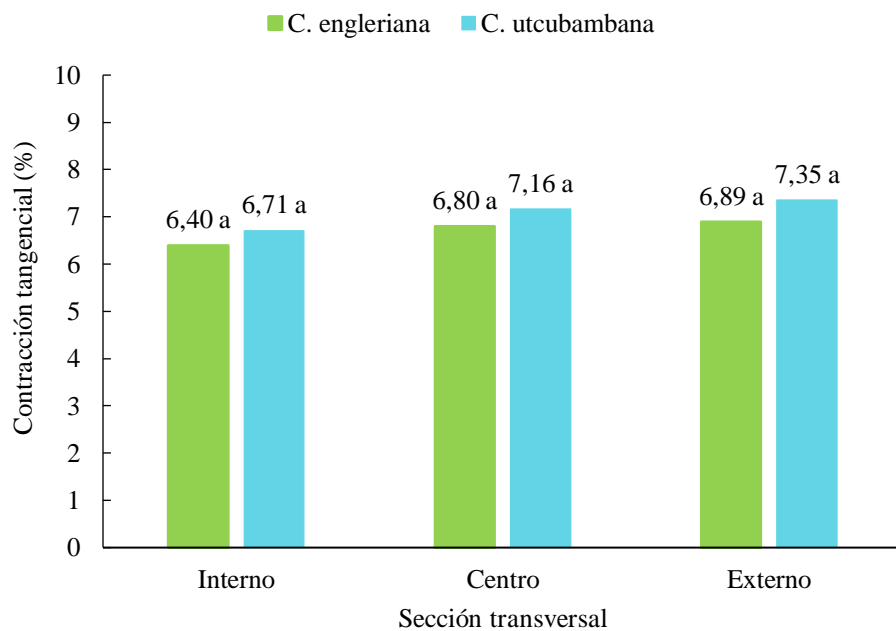
La **Figura 20**, se presenta la prueba de comparación de media de Tukey, para la sección tangencial total; con respecto a la especie *C. engleriana* se obtuvieron los

siguientes valores para la sección transversal externo un promedio de 6,89%, el cual es mayor numéricamente a las secciones centro e interno; sin embargo; estadísticamente similares, con valores de 6,8 % y 6,4%, respectivamente, en cuanto a la *C. utcubambana* las probetas procedentes de la sección externo presentaron mayor valor 7,35%, seguido de la sección centro 7,16% y un valor inferior a las secciones mencionadas con un valor de 6,71% la sección interno.

Quispe (2016), encontró similar tendencia al aumentar de la sección interna hasta la sección externo, para la especie *Z. riedelianum*.

**Tabla 28.** Prueba Tukey al 5% de significancia para la sección transversal de *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Especie	Sección transversal	Media	Significancia (5%)
<i>C. engleriana</i>	Interno	6,40	a
	Centro	6,80	a
	Externo	6,89	a
<i>C. utcubambana</i>	Interno	6,71	a
	Centro	7,16	a
	Externo	7,35	a



**Figura 20.** Contracción tangencial total por sección transversal de *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

#### 4.2.1.2. Contracción radial total

La **Tabla 29**, de un total de 54 probetas evaluadas, se observa un análisis de varianza de contracción radial con un valor promedio de 3,49 % para *C. engleriana* y 3,74 % para *C. utcubambana*; en el nivel de altura se muestra una diferencia estadística significativa de (P=0,0005); sin embargo, la especie, las secciones y las interacciones no se observa diferencia estadística significativa con los siguientes valores (P=0,359), (P=0,5475), (P=0,572), (P=0,717), (P=0,999) y (P=0,607). El diseño presenta un coeficiente de variación del 14 % para *C. engleriana* y del 12,49 % para *C. utcubambana*.

**Tabla 29.** Análisis de varianza para la contracción radial de *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Especie	0,19	1	0,19	0,86	0,3592 <sup>ns</sup>
Niveles	4,15	2	2,07	9,44	0,0005*
Secciones	0,27	2	0,13	0,61	0,5475 <sup>ns</sup>
Especie*Niveles	0,25	2	0,12	0,57	0,5720 <sup>ns</sup>
Especie*Secciones	0,15	2	0,07	0,34	0,7172 <sup>ns</sup>
Niveles*Secciones	0,02	4	0,0041	0,02	0,9993 <sup>ns</sup>
Especie*Niveles*Secciones	0,6	4	0,15	0,68	0,6071 <sup>ns</sup>
Error	7,91	36	0,22		
Total	13,54	53			

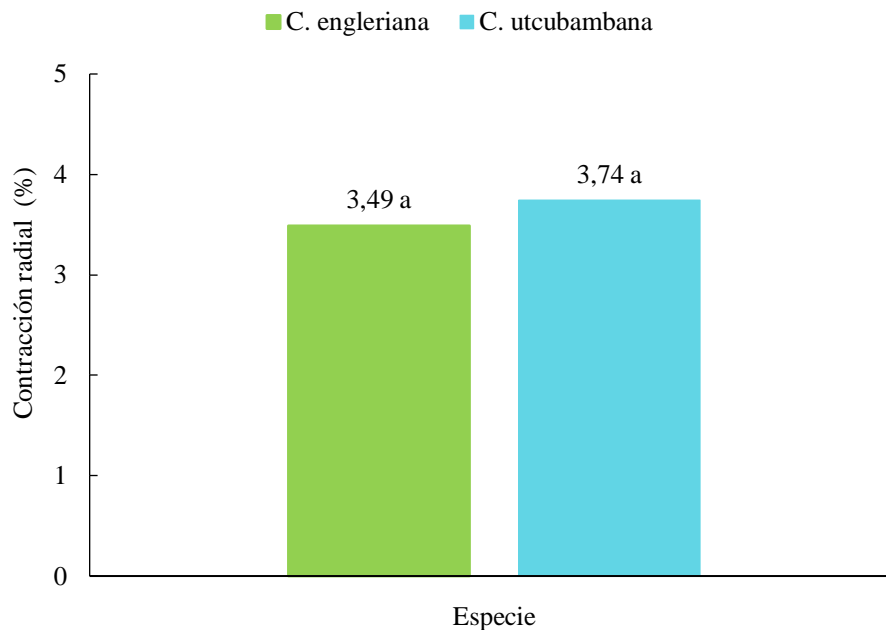
*C. engleriana* CV: 14.00 %; *C. utcubambana* CV: 12.49 %; \*: Significativo; ns: No significativo.

En la **Figura 21**, presenta la prueba de comparación de media de Tukey, para la contracción radial de las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana*; no presentó diferencias estadísticas significativas; no obstante, numéricamente se obtiene un valor superior para la especie *C. utcubambana*, de 3,74 %, frente al 3,49 % de la *C. engleriana*.

Los resultados obtenidos son similares por Scharff (2010) para la especie *C. Polystachya* de 3,4 %, de igual manera Hernández y Pinilla (2010) para la especie *P. nigra* obtuvo el valor de 3,4 %.

**Tabla 30.** Prueba Tukey al 5% de significancia para la especie *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Especie	Media	Significancia (5%)
<i>C. engleriana</i>	3,49	a
<i>C. utcubambana</i>	3,74	a



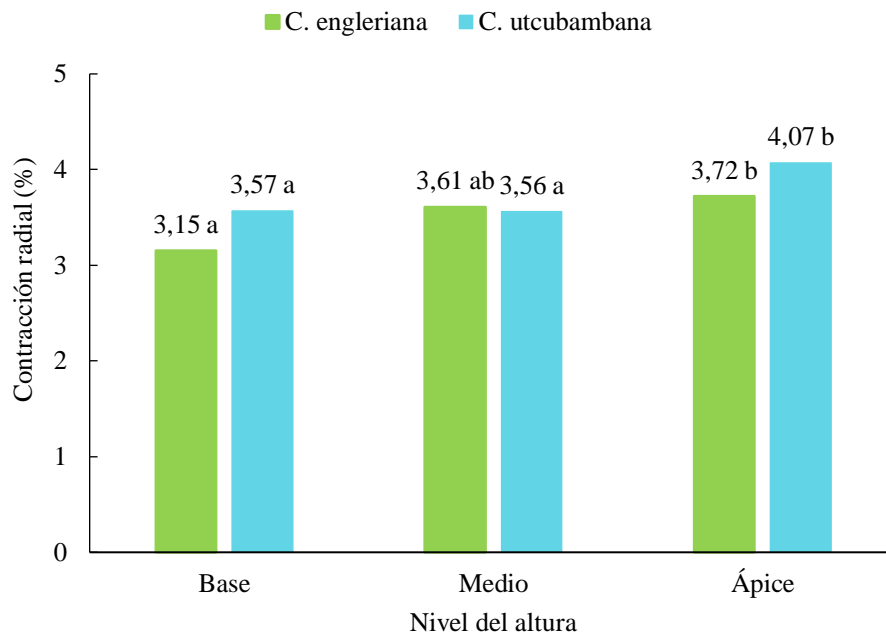
**Figura 21.** Contracción radial de *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

En la **Figura 22**, al realizar la prueba de comparación de media de Tukey, de contracción radial para *C. engleriana* y *C. utcubambana*, por nivel de altura, presenta diferencias estadísticas significativas, con un valor de ( $P=0,0005$ ), y numéricamente mayor contracción en el ápice, con valores de 3,72% y 4,07% respectivamente, seguido por el nivel medio con valores de 3,61% y 3,56% respectivamente, y finalmente el nivel base, con valores de 3,15 % y 3,57%, con lo mencionado la contracción radial se incrementa del nivel base hasta el nivel ápice.

Los resultados obtenidos por Jauregui y Ramos (2019) al estudiar la propiedad física de la especie *P. pendula*, muestra que el valor aumenta desde la base hasta el nivel ápice; de manera similar obtuvo Chipana (2009) y caso contrario encontraron Cachique (2014), Quispe (2016) y Torres (2009).

**Tabla 31.** Prueba Tukey al 5% de significancia para nivel de altura de *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Especie	Nivel de altura	Media	Significancia (5%)	
<i>C. engleriana</i>	Base	3,15	a	
	Medio	3,61	a	b
	Ápice	3,72	b	
<i>C. utcubambana</i>	Base	3,57	a	
	Medio	3,56	a	
	Ápice	4,07	b	



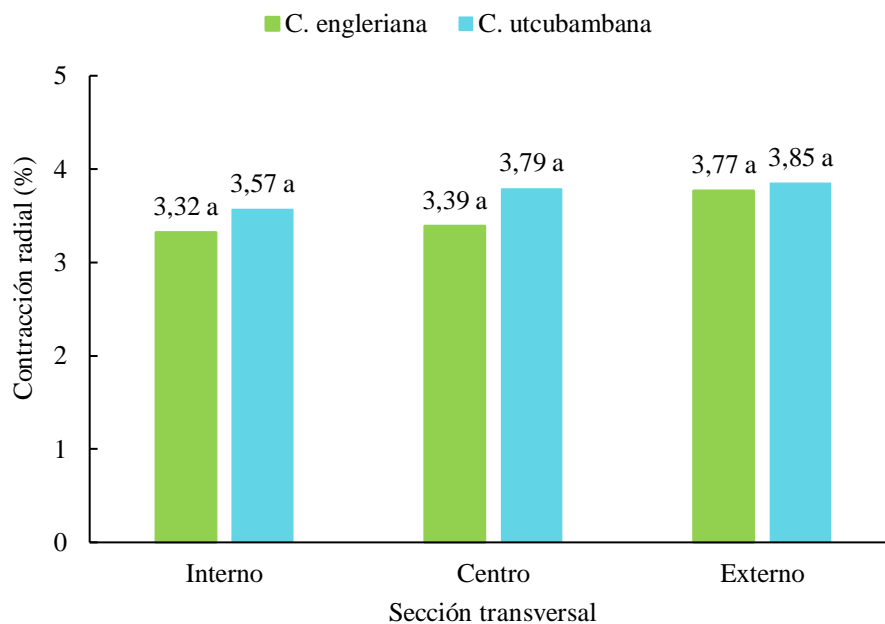
**Figura 22.** Contracción radial de *C. engleriana* y *C. utcubambana* por nivel de altura.

En la **Figura 23**, al determinar el análisis de comparación de media de Tukey, de contracción radial, para la sección transversal; no presentó diferencias estadísticas significativas para las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana* y se obtuvieron valores promedio en la sección externo de 3,77 % y 3,85% respectivamente, asimismo, 3,39 % y 3,79% respectivamente, en la sección centro y siendo inferior a los valores anteriores el nivel interno 3,32 % y 3,57% respectivamente.

Quispe (2016), al estudiar la especie *Z. riedelianum*, obtuvo resultados que mostraron una tendencia a disminuir desde la sección interno hasta la sección transversal externo.

**Tabla 32.** Prueba Tukey al 5% de significancia para la sección transversal de *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Especie	Sección transversal	Media	Significancia (5%)
<i>C. engleriana</i>	Interno	3,32	a
	Centro	3,39	a
	Externo	3,77	a
<i>C. utcubambana</i>	Interno	3,57	a
	Centro	3,79	a
	Externo	3,85	a



**Figura 23.** Contracción radial por sección transversal de las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

#### 4.2.1.3. Contracción longitudinal

La **Tabla 33**, presenta un análisis de varianza de contracción longitudinal, el cual no presenta diferencias estadísticas significativas; asimismo, al analizar las probetas de las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana*, se obtiene un promedio de 0,32 % y 0,35 %, respectivamente, y el diseño presenta un coeficiente de variación para *C. engleriana*, de 51,28 % y la *C. utcubambana* de 50,48 %.

**Tabla 33.** Análisis de varianza de contracción longitudinal para las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Especie	0,01	1	0,01	0,48	0,494 <sup>ns</sup>
Niveles	0,09	2	0,05	1,58	0,2193 <sup>ns</sup>
Secciones	0,01	2	0,0044	0,15	0,8594 <sup>ns</sup>
Especie*Niveles	0,06	2	0,03	0,98	0,3851 <sup>ns</sup>
Especie*Secciones	0,05	2	0,03	0,9	0,414 <sup>ns</sup>
Niveles*Secciones	0,17	4	0,04	1,45	0,2363 <sup>ns</sup>
Especie*Niveles*Secciones	0,07	4	0,02	0,58	0,6817 <sup>ns</sup>
Error	1,05	36	0,03		
Total	1,51	53			

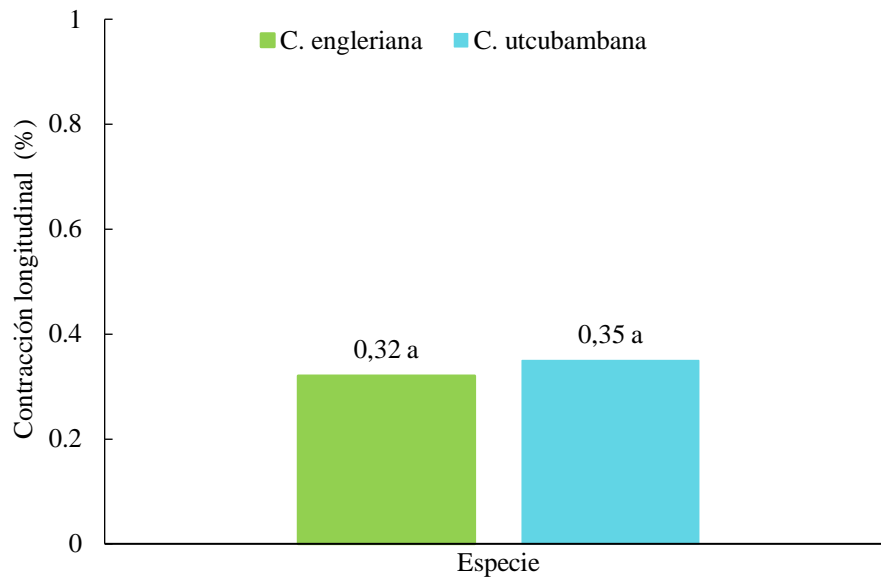
*C. engleriana* CV: 51.28 %; *C. utcubambana* CV: 50.48 %; \*: Diferencias estadísticas significativas; ns: No significativo.

En la **Figura 24**, al determinar el análisis de comparación de media de Tukey, de la contracción longitudinal en relación con las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana*, se muestran valores de 0,32 % y 0,35 %, respectivamente, siendo estadísticamente similares y numéricamente superior la *C. utcubambana*.

Asimismo, Torres (2009), para la especie *C. sciadophylla* obtuvo un valor de 0,28%, de igual manera Quispe (2016), para la especie *Z. riedelianum* un valor de 0,29%.

**Tabla 34.** Prueba Tukey al 5% de significancia para la especie *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Especie	Media	Significancia (5%)
<i>C. engleriana</i>	0,32	a
<i>C. utcubambana</i>	0,35	a



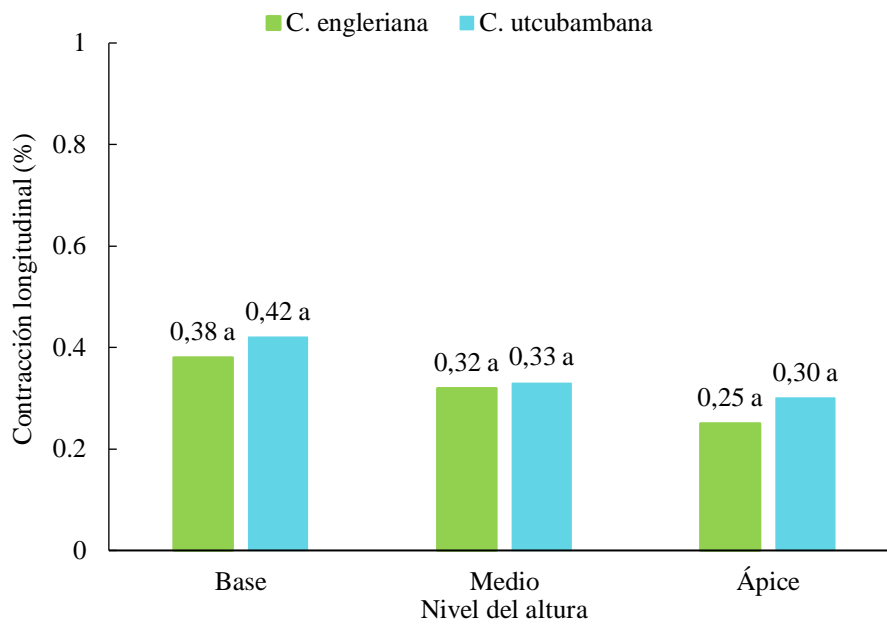
**Figura 24.** Contracción longitudinal de *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

La comparación de media de Tukey para la contracción longitudinal en el nivel de altura muestra que la *C. engleriana* en el nivel base presentó una contracción de 0,37%, el cual es similar estadísticamente y mayor numéricamente en comparación al nivel medio que presentó un valor de 0,32 % y el nivel ápice un valor de 0,25 %; asimismo, para la especie *C. utcubambana* en la base presentó mayor valor 0,42%, seguido el nivel medio 0,33% y un valor inferior de 0,30% en el nivel ápice (**Figura 25**).

Jauregui y Ramos (2019), en su estudio de la especie *A. giganteum* determinó similar tendencia, con una disminución del nivel de la base hasta el ápice del fuste; de manera similar, en la especie *C. sciadophylla*, obtuvo similar variabilidad Torres (2009); caso contrario determinó Cachique (2014) y Quispe (2016). Por otro lado, Ananías (1992) afirma que en la madera suele ser mínima la contracción longitudinal y agrega que la contracción se debe por la orientación longitudinal de los tejidos principales que constituyen la madera.

**Tabla 35.** Prueba Tukey al 5% de significancia para el nivel de altura de *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Especie	Nivel de altura	Media	Significancia (5%)
<i>C. engleriana</i>	Base	0,38	a
	Medio	0,32	a
	Ápice	0,25	a
<i>C. utcubambana</i>	Base	0,42	a
	Medio	0,33	a
	Ápice	0,30	a



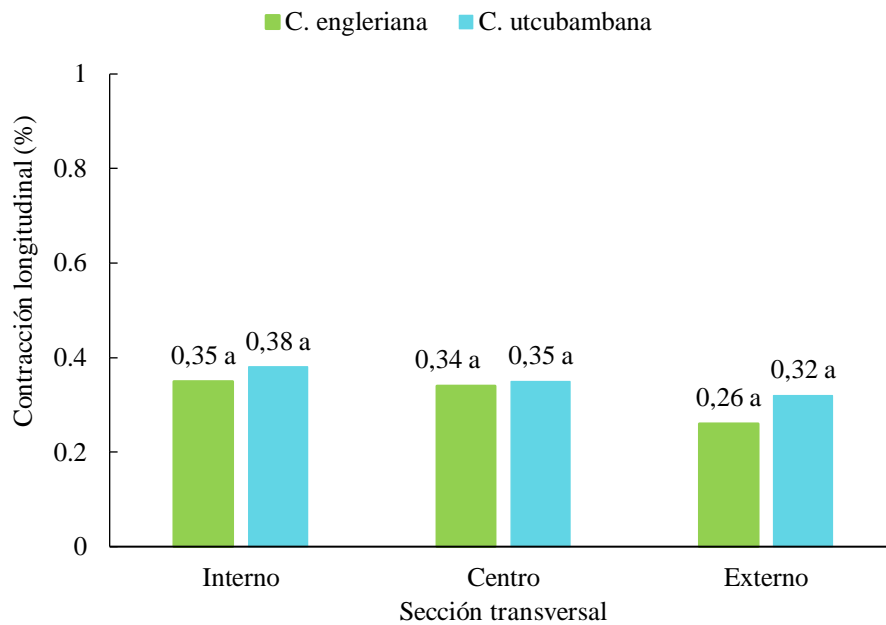
**Figura 25.** Contracción longitudinal de *C. engleriana* y *C. utcubambana*, en el nivel de altura.

En la **Figura 26**, se determinó la prueba de comparación de media de Tukey, de la contracción longitudinal, con relación a la sección transversal de las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana* y se observa que la sección interna presenta un valor de 0,35 % y 0,38% respectivamente, el cual es superior numérica y estadísticamente similar a las secciones medio con una contracción de 0,34% y 0,35% respectivamente, y la sección externa con valores de 0,26% y 0,32 %.

El resultado obtenido probablemente se debe por la presencia de madera juvenil, lo cual causa que en la sección interna presente mayor contracción longitudinal, con una tendencia a disminuir hacia la corteza.

**Tabla 36.** Prueba Tukey al 5% de significancia para la sección transversal de *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Especie	Sección transversal	Media	Significancia (5%)
<i>C. engleriana</i>	Interno	0,35	a
	Centro	0,34	a
	Externo	0,26	a
<i>C. utcubambana</i>	Interno	0,38	a
	Centro	0,35	a
	Externo	0,32	a



**Figura 26.** Contracción longitudinal de las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana*, por sección transversal.

#### 4.2.1.4. Contracción volumétrica

En la **Tabla 37**, se determinó el ANVA de 54 probetas evaluadas de las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana*, mostrando un análisis de varianza en la contracción volumétrica, y presenta diferencia estadística significativa en el nivel longitudinal con un valor de ( $P=0,0008$ ); asimismo, al analizar las probetas de las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana*, se obtuvieron un promedio de 10,15 % y 10,72 %, respectivamente, y el diseño presenta un coeficiente de variación para *C. engleriana*, un valor de 23,15 % y la *C. utcubambana* de 12,56 %.

En la **Figura 27**, al determinar el análisis de comparación de media de Tukey, de la contracción volumétrica, las probetas evaluadas para *C. engleriana* y *C. utcubambana*; no presentan diferencias estadísticas significativas, pero numéricamente se obtuvo un mayor valor para *C. utcubambana*, de 10,72 % y 10,15 % para *C. engleriana*.

**Tabla 37.** Prueba Tukey al 5% de significancia para la especie *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

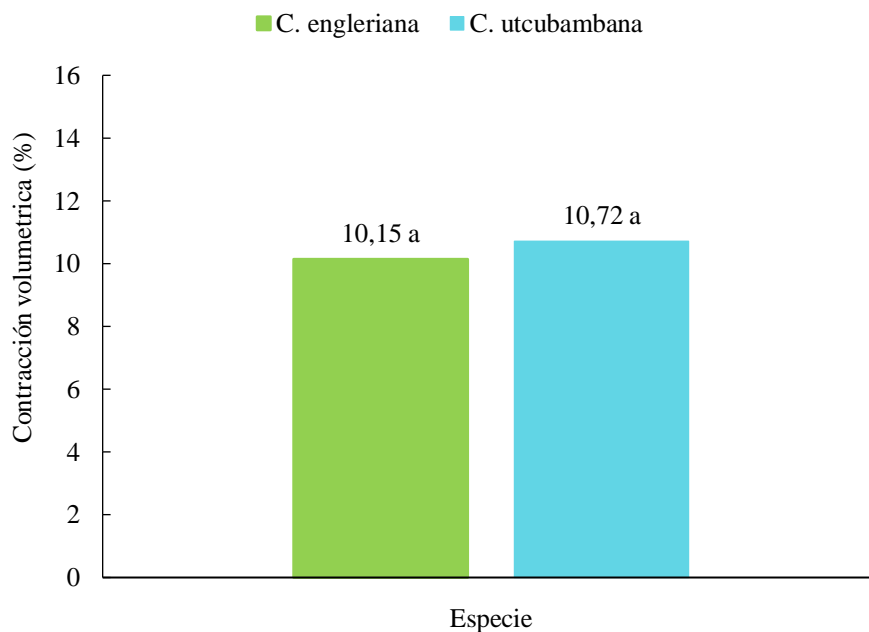
Especie	Media	Significancia (5%)
<i>C. engleriana</i>	10,15	a
<i>C. utcubambana</i>	10,72	a

**Tabla 38.** Análisis de varianza de contracción volumétrica para las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Especie	4,43	1	4,43	1,38	0,2485 <sup>ns</sup>
Niveles	56,78	2	28,39	8,81	0,0008*
Secciones	8,55	2	4,28	1,33	0,2778 <sup>ns</sup>
Especie*Niveles	2,67	2	1,34	0,42	0,6633 <sup>ns</sup>
Especie*Secciones	0,83	2	0,41	0,13	0,8798 <sup>ns</sup>
Niveles*Secciones	2,94	4	0,74	0,23	0,9206 <sup>ns</sup>
Especie*Niveles*Secciones	2,92	4	0,73	0,23	0,9218 <sup>ns</sup>
Error	115,95	36	3,22		
Total	195,07	53			

*C. engleriana* CV: 23.15 %; *C. utcubambana* CV: 12.56 %; \*: Significativas; ns: No significativo.

El resultado coincide con Jauregui y Ramos (2019) para la especie *P. pendula* y *A. giganteum* encontró valores de 10,71 % y 11,19 % de igual manera Quispe (2016) para *Z. riedelianum*, asimismo, Torres (2009) para *C. sciadophylla* obtuvo un valor de 11,08 %.



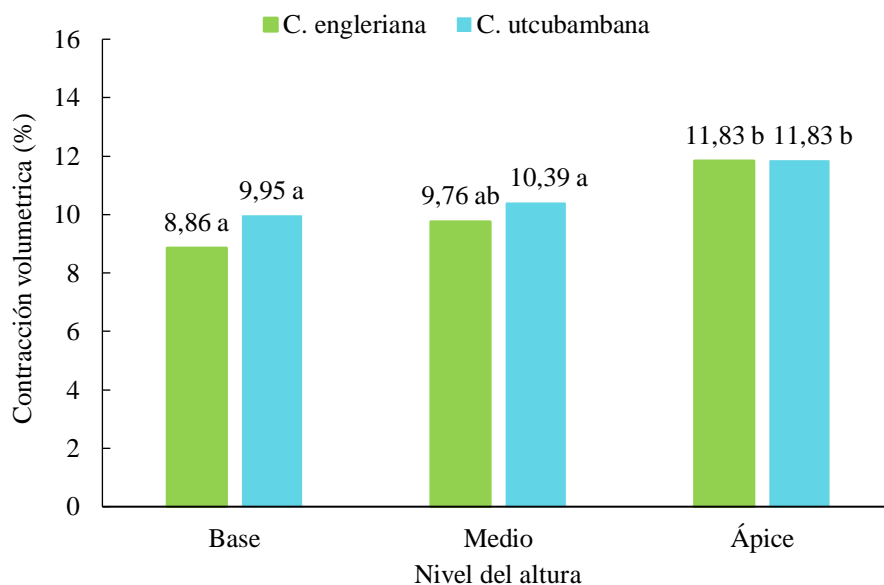
**Figura 27.** Contracción volumétrica de *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Al determinar la comparación de media de Tukey de la contracción volumétrica con relación al nivel de altura, se observa que presentan diferencia estadística significativa, y numérica para la especie *C. engleriana* se obtuvo una contracción mayor en el ápice de 11,83%, superior al nivel medio y base que presentaron valores de 9,76 % y 8,86% respectivamente; en cuanto a la especie *C. utcubambana* presento la misma tendencia en el ápice un valor de 11,83%, nivel medio 10,39% y el menor valor el nivel base 9,95% (**Figura 28**).

Caso contrario obtuvieron Jauregui y Ramos (2019) al determinar las propiedades físicas de las especies *P. pendula* y *A. giganteum* obtuvo una tendencia a disminuir desde el nivel base hasta el nivel ápice; asimismo, Torres (2009) y Cachique (2014). Esto indicaría que el ápice tiene mayor contracción volumétrica durante el secado comparado con el nivel base y medio.

**Tabla 39.** Prueba Tukey al 5% de significancia para el nivel de altura *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Especie	Nivel de altura	Media	Significancia (5%)
<i>C. engleriana</i>	Base	8,86	a
	Medio	9,76	a b
	Ápice	11,83	b
<i>C. utcubambana</i>	Base	9,95	a
	Medio	10,39	a
	Ápice	11,83	b



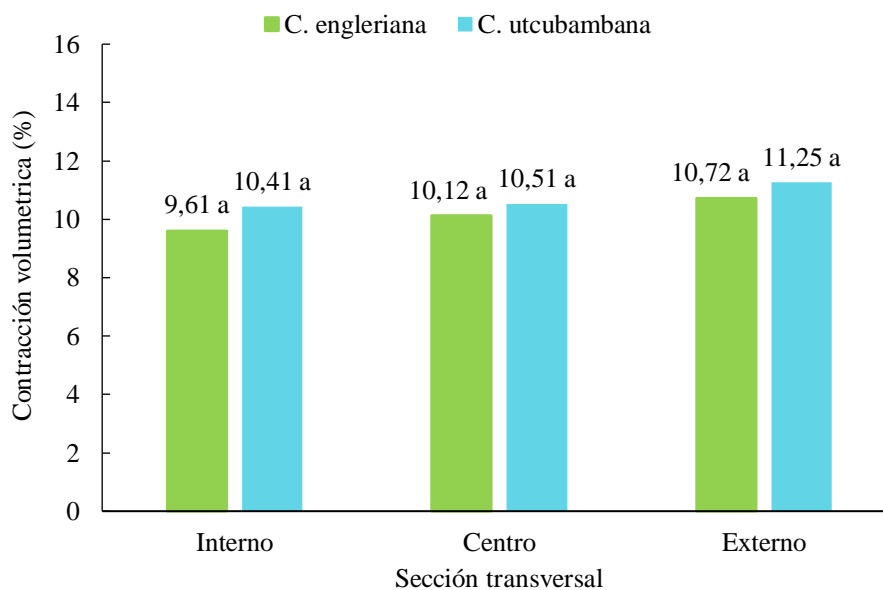
**Figura 28.** Contracción volumétrica de *C. engleriana* y *C. utcubambana* por nivel de altura.

En la **Figura 29**, al determinar el análisis de comparación de media de Tukey de la contracción volumétrica para la sección transversal, la *C. engleriana* y *C. utcubambana* no presentó diferencia estadística significativa, pero numéricamente presentó mayor contracción la sección externo, con los siguientes valores 10,72 % y 11,25% respectivamente, seguido la sección centro con un valor de 10,12% y 10,51% de manera respectiva y la sección interna que presentó los valores de contracción más bajos con 9,61% y 10,41%.

Asimismo, Quispe (2014), para la especie *Z. riedelianum*, obtuvo similar tendencia, y el valor se incrementa de la sección interna hacia la sección transversal externo. El resultado es probablemente por la presencia de madera temprana, tamaño de las fibras, edad y espesor de la pared celular.

**Tabla 40.** Prueba Tukey al 5% de significancia para la sección transversal *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Especie	Sección transversal	Media	Significancia (5%)
<i>C. engleriana</i>	Interno	9,61	a
	Centro	10,12	a
	Externo	10,72	a
<i>C. utcubambana</i>	Interno	10,41	a
	Centro	10,51	a
	Externo	11,25	a



**Figura 29.** Contracción volumétrica de *C. engleriana* y *C. utcubambana*, por sección transversal.

#### 4.2.1.5. Relación tangencial/radial

En la **Tabla 41**, se determinó el ANVA para un total de 54 probetas evaluadas de las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana*, y muestra un análisis de varianza, en el cual no registro diferencia estadística significativa; en el factor especie y se obtuvo un valor de (P=0,3611), nivel de altura (P=0,6552), secciones transversales (P=0,8986), así mismo las interacciones entre los factores, del mismo modo se obtuvieron promedios 1,86 y 1,90 para las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana*, y el coeficiente de variación de 7,60 % y 8,45 %, respectivamente.

**Tabla 41.** Análisis de varianza de relación tangencial/radial para las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana*

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Especie	0,02	1	0,02	0,86	0,3611 <sup>ns</sup>
Niveles	0,02	2	0,01	0,43	0,6552 <sup>ns</sup>
Secciones	0,01	2	0,0026	0,11	0,8986 <sup>ns</sup>
Especie*Niveles	0,03	2	0,01	0,58	0,5641 <sup>ns</sup>
Especie*Secciones	0,08	2	0,04	1,61	0,213 <sup>ns</sup>
Niveles*Secciones	0,11	4	0,03	1,2	0,3285 <sup>ns</sup>
Especie*Niveles*Secciones	0,08	4	0,02	0,84	0,5106 <sup>ns</sup>
Error	0,86	36	0,02		
Total	1,21	53			

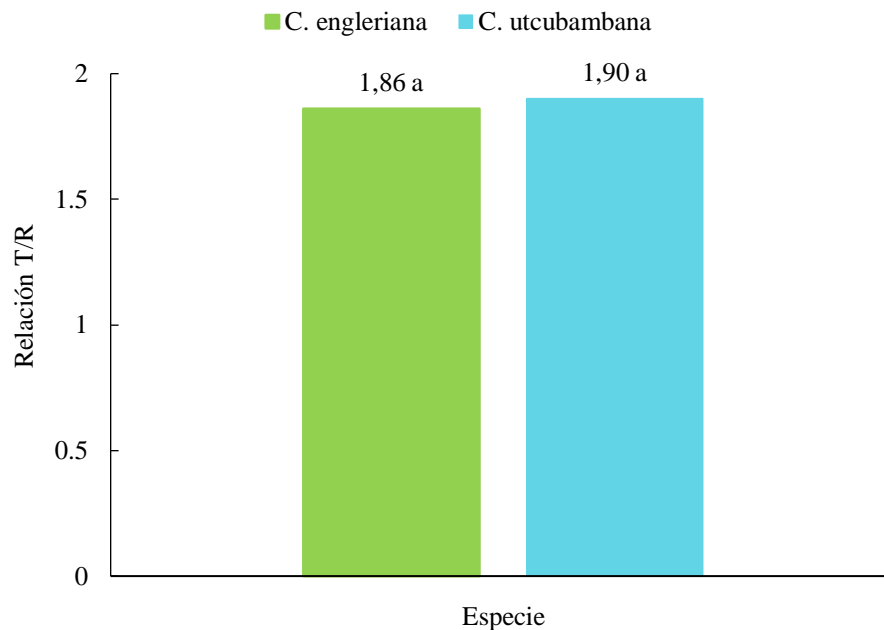
*C. engleriana* CV: 7.60 %; *C. utcubambana* CV: 8.45 %; \*: Diferencias estadísticas significativas; ns: No significativo.

En la **Figura 30**, al determinar la comparación de media de Tukey, de la relación tangencial/radial, de las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana*; se observa que no se encontraron diferencias estadísticas significativas; sin embargo, numéricamente se registró mayor valor de 1,90 para la especie *C. utcubambana* y 1,86 para *C. engleriana*.

Valores similares obtuvo Quispe (2016) para la especie *Z. iedelianum*, asimismo, Cachique (2014) obtuvo un valor de 1,98 y Chipana (2009) encontró un valor de 2,62 para la especie *C. sciadophylla*.

**Tabla 42.** Prueba Tukey al 5% de significancia para la especie *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Especie	Media	Significancia (5%)
<i>C. engleriana</i>	1,86	a
<i>C. utcubambana</i>	1,90	a



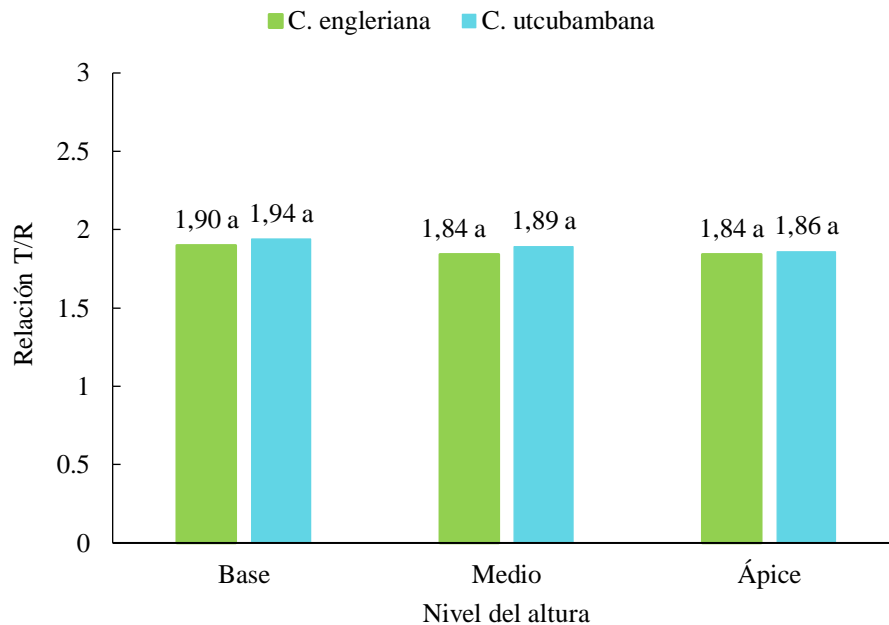
**Figura 30.** Relación tangencial/radial de las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

En la **Figura 31**, al determinar la comparación de media de Tukey, para la relación tangencial/radial, de las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana* en función al nivel de altura del fuste, no existe diferencias estadísticas significativas; sin embargo, numéricamente en la base presento mayor valor 1,90 y 1,94, seguido el nivel medio 1,84 y 1,89 de forma respectiva y el nivel base con 1,9 y 1,94. Jauregui y Ramos (2019) también encontraron similar variabilidad para la especie *P. pendula*, un valor mayor en la base disminuyendo hacia el ápice del fuste; para la especie *Z. riedelianum*, Quispe (2016) encontró similar variación; de igual manera, Torres (2009) en la especie *C. sciadophylla* y Chipana (2009) para la especie *C. sciadophylla*.

En consecuencia, se deduce que el nivel del ápice tendría mayor estabilidad en comparación con el nivel base, ya que estaría más propensa a experimentar agrietamientos y rajaduras debido a una relación T/R más alta.

**Tabla 43.** Prueba Tukey al 5% de significancia para el nivel de altura *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Especie	Nivel de altura	Media	Significancia (5%)
<i>C. engleriana</i>	Base	1,90	a
	Medio	1,84	a
	Ápice	1,84	a
<i>C. utcubambana</i>	Base	1,94	a
	Medio	1,89	a
	Ápice	1,86	a



**Figura 31.** Relación tangencial/radial de *C. engleriana* y *C. utcubambana*, por nivel de altura.

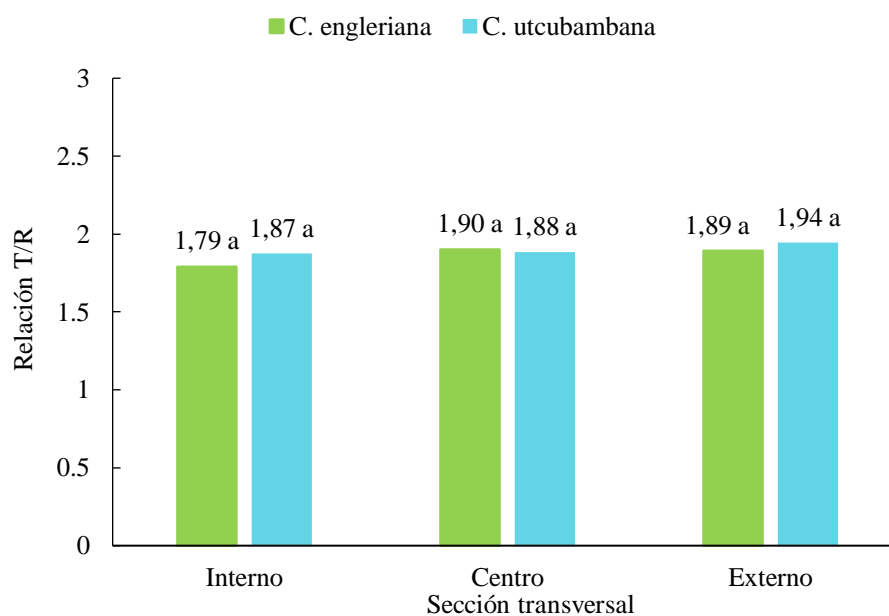
Al determinar la comparación de media de Tukey, en la relación tangencial/radial, con respecto a la sección transversal, se determinó que no existe diferencia estadística significativa; no obstante, numéricamente la *C. engleriana* presentó mayor valor en la sección centro, con 1,9 seguido la sección externo con un valor de 1,89 e interno con un valor inferior de 1,79 en comparación a las secciones centro y externo; de igual manera la *C. utcubambana* presento mayor valor en las probetas procedentes de la sección externo 1,94 seguido de la sección centro con un valor de 1,88 y un valor menor la sección interno con 1,87 (**Figura 32**).

Asimismo, Quispe (2016), obtuvo similar comportamiento para la especie *Z. riedelianum*, al encontrar mayor valor de Relación Tangencial/Radial en la sección

transversal externa, disminuyendo hacia la sección interna; según Aróstegui (1982), el ápice se caracterizaría por tener una densidad baja, mientras que la base, una densidad media; asimismo, se observa que el nivel del ápice presentó menor contracción volumétrica. El resultado podría explicarse por la actividad fotosintética de la planta y la formación de madera tardía y temprana.

**Tabla 44.** Prueba Tukey al 5% de significancia para la sección transversal *C. engleriana* y *C. utcubambana*.

Especie	Sección transversal	Media	Significancia (5%)
<i>C. engleriana</i>	Interno	1,79	a
	Centro	1,90	a
	Externo	1,89	a
<i>C. utcubambana</i>	Interno	1,87	a
	Centro	1,88	a
	Externo	1,94	a



**Figura 32.** Relación tangencial/radial de *C. engleriana* y *C. utcubambana*, por sección transversal.

## V. CONCLUSIONES

1. El contenido de humedad saturada de dos especies del género *Cecropia* Loeft., presentaron valores promedios para *C. engleriana* de 211% en la base y 135,78% en la parte apical, para la sección transversal fue de 210,58% en la sección interna y 133,81% en la sección externa para *C. utcubambana*, 156,4% en la base y 94,75% en el ápice, para la sección transversal 134,77% en la sección interna y 111,50% para la sección externa; un contenido de humedad seco al aire de 13,75% para *C. engleriana* y 14,03% la *C. utcubambana*; encontrándose diferencias estadísticas altamente significativo entre los niveles y las especies.
2. La densidad básica de la especie *C. engleriana* en promedio fue  $0,32 \text{ g/cm}^3$ , la densidad anhidra y saturada, cuyos valores promedios fueron:  $0,36 \text{ g/cm}^3$  y  $0,81 \text{ g/cm}^3$  respectivamente. Para *C. utcubambana* en promedio la densidad básica es de  $0,39 \text{ g/cm}^3$ , la densidad saturada de  $0,84 \text{ g/cm}^3$  y la densidad anhidra con un valor de  $0,44 \text{ g/cm}^3$ , de acuerdo con la clasificación de las maderas peruanas según la densidad básica corresponde a una clasificación “baja”.
3. En la contracción para la especie *C. engleriana* en promedio son: tangencial 6,70%, radial 3,49%, longitudinal 0,32%, volumétrica 10,15% y relación T/R 1,86; asimismo, para la especie *C. utcubambana* en promedio se obtuvo los siguientes valores para la contracción tangencial de 7,07 %, radial de 3,74%, longitudinal de 0,35%, volumétrica de 10,72% y la relación T/R de 1,90 en promedio.

## **VI. PROPUESTAS A FUTURO**

- Realizar estudios tecnológicos de diferentes especies forestales con limitada información en la industria forestal, con la finalidad de determinar las características y así fomentar su uso adecuado y eficiente de las especies maderables, reduciendo así la presión sobre nuestros bosques.
- Continuar con el estudio anatómico de las dos especies del género *Cecropia* Loeft, debido a que esta propiedad está relacionada con las propiedades químicas, mecánicas, físicas y otras propiedades, ya que permitirá una comprensión más detallada de cómo la estructura interna de estas especies influye en su comportamiento y utilidad en diferentes aplicaciones.

## VII. REFERENCIAS

- Acuña, L., y Casado, M. (2005). Material de apoyo del curso Tecnología de la madera. Universidad de Valladolid. España.
- Anchundia García, J. (2021). *Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de la madera de ochroma pyramidale (cav. Ex lam.) urb. (Balsa) de tres años* [Tesis para optar título profesional, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/090ec47f-c223-43ef-8307-4f17b78f30e6/content>
- Angiosperm phylogeny group IV, (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. Botanical journal of the Linnean Society.
- Ananías, R. (1992). *Física de la Madera*. Departamento de ingeniería en maderas. Universidad del Bio-Bio. Chile.
- Ananías, R. (2004). *Física de la Madera*. Departamento de ingeniería en maderas. Universidad del Bío - Bío. Chile.
- Aróstegui, A. (1982). Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas (Vol. 2). Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional Forestal y de Fauna.
- Cáceres, P. (2006). Cecropiaceae endémicas del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 13(2), 253-254. Recuperado en 30 de diciembre de 2024, de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-99332006000200034&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332006000200034&lng=es&tlng=es).
- Cachique, B. (2014). *Determinación de los valores de algunas propiedades físicas de la madera de Guazuma ulmifolia Lam (bolaina negra) y su variación por niveles del fuste, procedente del CICFOR Macuya*. [Tesis de pregrado, Pucallpa, Perú. Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3955>

- Cartuche, K. (2022). *Caracterización de la madera de 95 especies forestales del sur de Ecuador con base a sus propiedades físicas, organolépticas y anatómicas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio digital – UNL. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/9269/browse?type=subject&order=ASC&rpp=20&value=MADERA>
- Cecropia engleriana* Snethl. in GBIF Secretariat (2022). GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/39omei> accessed via GBIF.org on 2023-07-23.
- Cecropia utcubambana* Cuatrec. in GBIF Secretariat (2022). GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/39omei> accessed via GBIF.
- Chavesta, M. (2005). Separata de capacitación sobre identificación de maderas. UNALM – USAID. Lima, Perú.
- Chipana, J. (2009). *Variación de la curva de secado y cambio dimensional en diferentes alturas del fuste de cetico (Cecropia sciadophylla C. Martius), en Tingo María, Perú* [Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/695/T.FRS71.pdf>
- Cronquist, A. (1981). An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University. Press, New York, 248-250.
- Cuevas, E. (2003). Propiedades físicas y mecánicas de la madera. Material de apoyo en propiedades físicas y mecánicas. Universidad de Talca, Chile.
- Chave, J. (2006). Medición de densidad de madera en árboles tropicales. Manual de campo. PAN – AMAZONIA. Toulouse, France.
- García, A. (2018). Contribución de las propiedades físicas de la madera de *Pinus greggii* proveniente de dos plantaciones en Hidalgo. Mexico. *Revista Forestal Chapingo*, 11 – 22p.
- Global Biodiversity Information Facility (2023). Taxonomía de la columna vertebral de GBIF. Conjunto de datos de lista de verificación <https://doi.org/10.15468/39omei>

- Goche, J. R., Fuentes, M., Borja, A., & Ramírez, H. (2000). Variación de las propiedades físicas de la madera en un árbol de *Abies religiosa* y de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii*. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 6(1):83-92.
- Holdridge, L. (1987). *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano Ciencias Agrícolas. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/7936/BVE19040225e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jauregui, Y., y Ramos, J. (2019). *Anatomía y propiedades físico – mecánicas de tres especies forestales, Concesión Forestal Mendoza – Pucallpa*. [Tesis para optar título profesional], Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio UNCP. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/515>
- JUNAC (Junta del Acuerdo de Cartagena). (1989). *Manual de diseño para maderas del grupo andino*. 3era Edición. PADTREFORT. Lima, Perú.
- León, W. (2010). Anatomía y densidad o peso específico de la madera. *Revista Forestal Venezolana*. 1(54), 67 – 76 p.
- Morvely, W. (2017). *Determinación de las características anatómicas y propiedades físicas de la madera de las especies *Erisma uncinatum* Warm y *Dacryodes peruviana* (Loes) H. J Lam proveniente de la provincia de Tambopata - Madre de Dios*, [Tesis para optar título, Universidad Nacional de Madre de Dios]. Repositorio institucional - UNAMAD <https://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14070/97/004-2-3-022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- NTP (Norma Técnica Peruana). (2016). *Método para selección y colección de muestras*. NTP 251.008. Lima, Perú.
- NTP (Norma Técnica Peruana). (2014). *Método para determinar el contenido de humedad*. NTP 251.010. Lima, Perú.
- NTP (Norma Técnica Peruana). (2014). *Método de determinación de la densidad*. NTP 251.011. Lima, Perú.

- NTP (Norma Técnica Peruana). (2015). Método de determinación de la contracción. NTP 251.012. Lima, Perú.
- Pérez, N., Valenzuela, L., Díaz, J. E., y Ananías, R. A. (2011). Predicción del contenido de humedad de equilibrio de la madera en función del peso específico de la pared celular y variables ambientales.
- Pinilla, J., y Hernández, G. (2010). Compendio: Propiedades de las maderas de especies forestales nativas y exóticas en Chile [en línea]. Bio-Bio: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/58280>
- Quispe, E. (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 para optar título, Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia]. Repositorio institucional – UNIA. <http://repositorio.unia.edu.pe/bitstream/unia/120/1/QUISPE%20ESCOBAR-%20ARTHUR%20GUSTAVO%20YURI.pdf>
- Reynaldo, M. (2020). Propiedades físicas y mecánicas de la madera. Estructuras de la madera – II semestre. Practica N° 2. 13 p. <https://es.scribd.com/document/487327429/PRACTICA-N-2-PROPIEDADESMECANICAS-Y-FISICAS-DE-LA-MADERA#>
- Reynaldo, A. (2020). Propiedades físicas y mecánicas de la madera. Estructuras de la madera. <https://es.scribd.com/document/487327429/PRACTICA-N-2-PROPIEDADES-MECANICAS-Y-FISICAS-DE-LA-MADERA>
- Rivera, J. (2014). *Variación del contenido de humedad y cambio dimensional en diferentes alturas del fuste de bolaina blanca (Guazuma crinita Mart.) en la zona Tingo María*, [ Tesis para optar título, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional – UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/8da5625f-6375-4bd9-98fc-5eba92037298/content>

- Sánchez, J. (2021). *Análisis de las propiedades mecánicas de la madera de eucalipto (EUCALYPTUS), provenientes de la provincia de Tungurahua y su factibilidad como material estructural de acuerdo a la norma ecuatoriana de la construcción 2015 (NEC 2015)* [Tesis para optar título, Universidad Técnica de Ambato] Repositorio institucional UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/33541/1/Tesis%20I.%20C.%201523%20-%20S%C3%A1nchez%20Dahua%20Jos%C3%A9%20Luis.pdf>
- Scharff, A. (2010). *Aptitud de la madera de cuatro especies del género Cecropia L. (Cetico) en la fabricación de embalaje tipo caja para papaya en Pucallpa* [Tesis para optar título, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio institucional – UNU. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/2120?show=full>
- Solano, O. (1998). Seminario Sobre Diseño Ingeniería y Proceso de Secado de Maderas Tropicales. Centro Nacional de la Madera, Servicio Nacional de Aprendizaje "SENA". Medellín, Colombia. 45 p
- Torres, P. (2009). *Determinación de las propiedades físicas a tres niveles del fuste de “cetico” (Cecropia sciadophylla Mart.) En el Bosque Reservado De La Universidad Nacional Agraria de la Selva* [Tesis para optar título, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional – UNAS Repositorio institucional – UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/697>
- Thorne, R. (1992). The Classification and Geography of the Flowering Plants: Dicotyledons of the Class Angiospermae. The Botanical Review, vol. 66.
- Umerez, H. (2015). *Análisis de propiedades físicas de la madera de Populus x euramericana y Pinus pinaster tras tratamientos de oleotermia*. [Tesis para optar el título de máster en Ingeniería de Montes, Universidad de Valladolid]. Repositorio institucional- UVA <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/11151/TFM-L205.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vega, N. (2010). *Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de Cedrelinga cateniformis (Ducke) procedente de plantaciones de 20 años del Bosque Nacional Alexander von Humboldt, Ucayali (Perú)* [Tesis para optar título, Universidad Nacional de Ucayali].

Repositorio institucional – UNU. <https://repositorio.unu.edu.pe/items/72d924f6-e28b-4bf4-8c6e-cd93c930b4e1>

Vignote, S., y Martínez, I. (2006). Tecnología de la madera. Madrid, España. 3a Edición. 342 p.

Vizcarra, S. (2020). Guía para el secado de la madera aserrada. Bolivia: Chemonics International

Winandy, J. (1994). Propiedades de la madera. Revista, (4), 549-561.

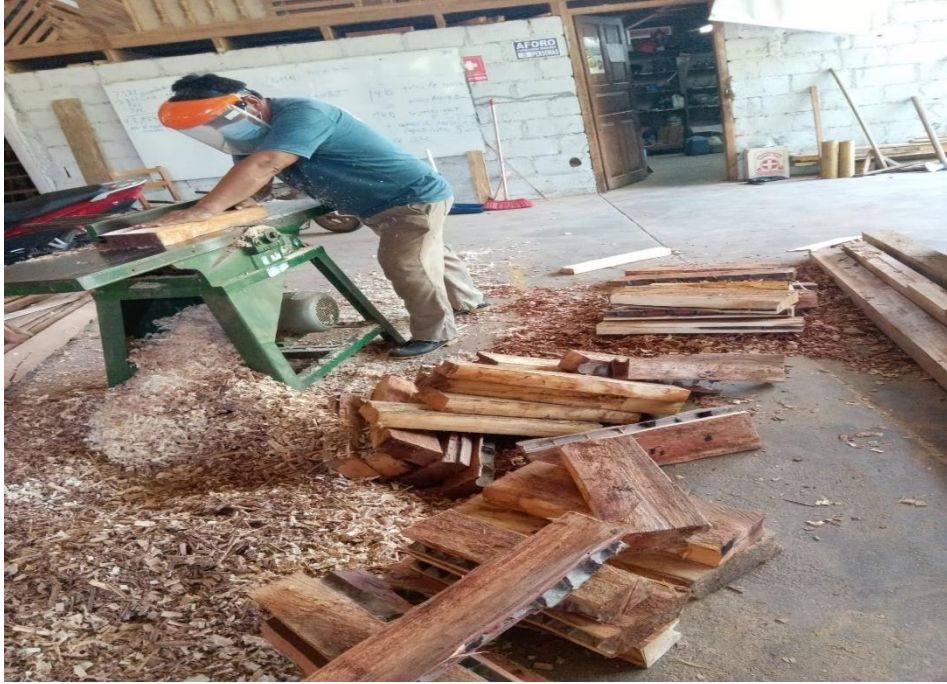
## **ANEXO**



**Figura 33.** Selección y georreferenciación del árbol de la especie *C. engleriana*



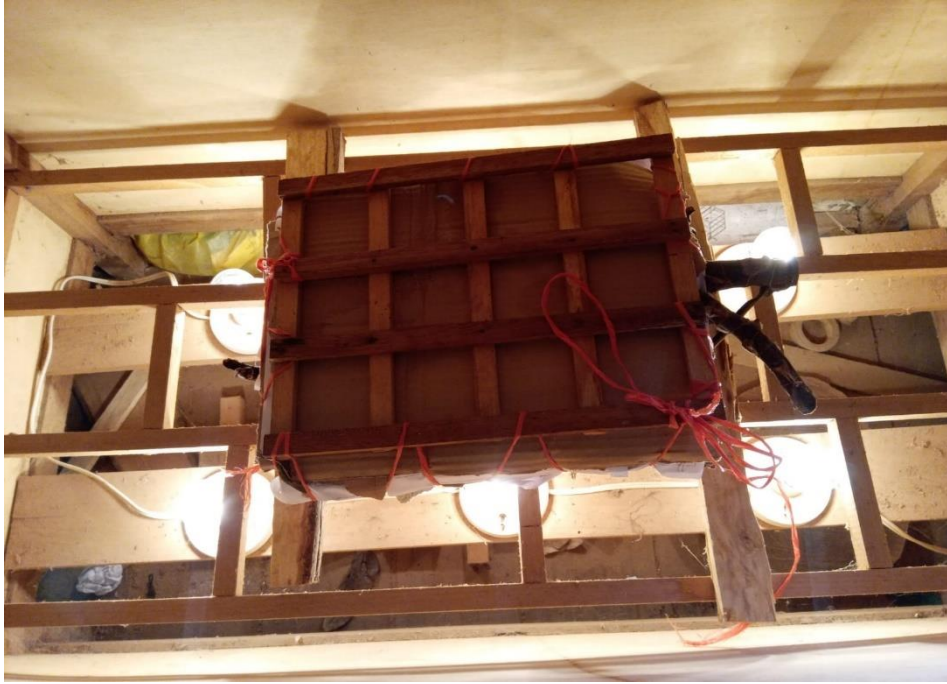
**Figura 34.** Talado del árbol de la especie *C. utcubambana*.



**Figura 35.** Corte de las trozas y habilitado de las probetas en el LATAM.



**Figura 36.** Obtención y codificación de las probetas de las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana*.



**Figura 37.** Secado de la muestra botánica de las 2 especies en estudio, en el LATAM.



**Figura 38.** Evaluación del peso de la probeta de *C. engleriana*.



**Figura 39.** Se colocó las probetas en la estufa.



**Figura 40.** Probetas en el desecador, posterior de haber sido retirados de la estufa.



**Figura 41.** Registro de las medidas y colocar la probeta en el punzón para el parafinado.



**Figura 42.** Parafinado de las probetas de las dos especies de *C. engleriana* y *C. utcubambana*.



**Figura 43.** Evaluación del volumen a través del principio de Arquímedes.

**Figura 44.** Constancia de identificación de las especies *C. engleriana* y *C. utcubambana*

**"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"**

**CONSTANCIA DE IDENTIFICACION DE ESPECIES**

EL Profesor Dr. José Kalion Guerra Lu Docente Principal D.E. de la Universidad Nacional Agraria de la Selva Tingo María.

Da constancia de que las imágenes alcanzadas, así como una muestra colectada, y las señaladas en una salida de campo corresponde según la determinación taxonómica a los siguientes especímenes vegetales:

Muestra 01  
 Reino Plantae  
 División Angiospermae  
 Clase Dicotyledoneae  
 Subclase Archyclamydeae  
 Orden Urticales  
 Familia Cecropiaceae  
*Cecropia engleriana*

Muestra 02  
 Reino Plantae  
 División Angiospermae  
 Clase Dicotyledoneae  
 Subclase Archyclamydeae  
 Orden Urticales  
 Familia Cecropiaceae  
*Cecropia utcubambana*

Muestras alcanzadas por SONIA YAYSELIN MALPARTIDA ROJAS, Bachiller en Ingeniería Forestal egresada de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, y cuyas determinaciones taxonómicas servirán para la realización del estudio intitulado: "Propiedades Físicas de dos Especies de *Cecropia utcubambana* y *Cecropia engleriana* (cético) Leoncio Prado, Huánuco.

Se expide la presente a solicitud de la parte interesada.

Tingo María 14 de diciembre 2022

  
 -----  
 José Kalion Guerra Lu  
 BIÓLOGO  
 Colegiatura N° 1762