

ARTÍCULO ORIGINAL

# Efecto del vaporizado en las características anatómicas macroscópicas y microscópicas de la especie Brosimum alicastrum Swartz en la región Ucayali

Effect of steaming on the macroscopic and microscopic anatomical characteristics of the species Brosimum alicastrum Swartz in the Ucayali region

Kevin I. Rodríguez Vásquez <sup>1a</sup>, Jefferson A. Rodriguez Sotelo  <sup>1b</sup>, José Víctor Valdez Campos  <sup>1c\*</sup>, Wilfredo Morí Insapillo  <sup>1d</sup> y Juan Carlos Armas  <sup>2e</sup>

<sup>1</sup> Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica Forestal (CITEforestal Pucallpa), Instituto Tecnológico de la Producción (ITP), Pucallpa, Perú

<sup>2</sup> Services Forest S.A.C, Pucallpa, Perú

<sup>a</sup> krodriguez@itp.gob.pe, <sup>b</sup>jeffersonr535@gmail.com, <sup>c</sup>valdezcampos.jose@gmail.com, <sup>d</sup>wmori@itp.gob.pe,  
<sup>e</sup> armas\_87@hotmail.com

\* Autor de correspondencia

| Recibido: 04/05/22 |  
| Arbitrado por pares |  
| Aceptado: 27/06/22 |

## Resumen

La investigación ha tenido como objetivo evaluar el efecto del vaporizado en las características anatómicas macroscópicas y microscópicas antes y después del vaporizado en 3 niveles longitudinales (base, medio y ápice) del fuste del árbol. El estudio se realizó en el Laboratorio de la madera del CITEforestal Pucallpa. La muestra estuvo conformada por cuatro árboles; la preparación y selección de probetas obtenidas de árboles se realizó de acuerdo a la Norma Técnicas Peruana NTP: 251,008 y para el estudio anatómico se utilizó lista de las características microscópicas para la identificación de madera de la IAWA. El diseño estadístico utilizado fue factorial con 2 factores (antes y después del

vaporizado) y 3 niveles (base, medio y ápice del fuste) con 4 repeticiones. Los resultados indican que el proceso vaporizado no tiene efecto significativo en las características macroscópicas organolépticas como el color, brillo, olor, sabor, textura, grano, veteado, poros, porosidad, parénquima y radio. En cuanto a los resultados de las características microscópicas, la frecuencia de poros (20.92 # de poros/mm<sup>2</sup>), frecuencia radios (9.96 # de radio/ mm<sup>2</sup>) y tamaño de radios (328.83 µm) no tiene un efecto significativo. Sin embargo, el tamaño de la tilosis y cristales disminuyen de 294.86 µm<sup>2</sup> a 239.90 µm<sup>2</sup> después del vaporizado, teniendo un efecto significativo sobre estas 2 características, favoreciendo el tiempo de secado de la especie.

**Palabras claves:** secado; madera; tilosis; poros

## Abstract

The objective of the research was to evaluate the effect of steaming on the macroscopic and microscopic anatomical characteristics before and after steaming at 3 longitudinal levels (base, middle and apex) of the tree stem. The study was carried out in the Wood Laboratory of CITEforestal Pucallpa. The sample consisted of four trees; The preparation and selection of specimens obtained from trees was carried out according to the Peruvian Technical Standard NTP: 251,008 and for the anatomical study, the IAWA list of microscopic characteristics for wood identification was used. The statistical design used was factorial with 2 factors (before and after steaming) and 3 levels (base, middle and apex of the stem) with 4 repetitions. The results indicate that the vaporized process has no significant effect on the organoleptic macroscopic characteristics such as color, brightness, smell, flavor, texture, grain, veining, pores, porosity, parenchyma and radius. Regarding the results of the microscopic characteristics, the pore frequency (20.92 # of pores/mm<sup>2</sup>), spoke frequency (9.96 # of radius/mm<sup>2</sup>) and spoke size (328.83 µm) did not have a significant effect. However, the size of the tylosis and crystals decrease from 294.86 µm<sup>2</sup> to 239.90 µm<sup>2</sup> after steaming, having a significant effect on these 2 characteristics, favoring the drying time of the species.

**Keywords:** drying; wood; tylosis; pores

## Introducción

La madera, materia prima de gran valor, tiene características estructurales exclusivamente que se deriva de su naturaleza biológica. A diferencia de otros materiales, como los metales. La deformación de los elementos leñosos representa muchas veces una incógnita debido a la distribución no homogénea de sus fibras lo cual representa una debilidad en el sector forestal en productos de construcción (ISVE Wood, 2020).

La caracterización tecnológica de la madera es muy variable debido a muchos factores como son las condiciones climáticas, niveles de sucesión ecológica, edafología, calidad de sitio, edad, entre otros, y sus interrelaciones en el ecosistema; la variabilidad también se manifiesta dentro de un mismo árbol y estas variaciones se observan en los tres ejes de estudio del árbol, en madera temprana y tardía dentro de un mismo anillo de crecimiento que no siempre son diferenciados (Álvarez y Ruiz 1995).

En condiciones favorables, hay árboles que muestran un mayor crecimiento obteniendo madera que aún falta significar, esta porción en coníferas es conocido como madera de primavera y la que se forma en la estación menos favorable se conoce como madera tardía o de verano, observándose claramente los anillos de crecimiento anuales (Rodriguez & Sibille, 1996).

Las maderas presentan tres planos de corte (transversal, tangencia y radial) el cual nos permite orientar para así realizar las propiedades físicas y mecánicas de la madera estas orientaciones tienden a variar los resultados lo que comúnmente se conoce como anisotropía de la madera, en un intento de equilibrarse con las condiciones atmosféricas del ambiente (Olorunnisola, 2019).

La ganancia y/o pérdida de humedad da como resultado la hinchazón y contracción, de la madera, en particular si la madera no ha sido debidamente secada y conduce a la aparición de deformaciones reduciendo el valor estético y del mercado tales como alabeo, ventosas, inclinándose en muchos productos de madera (Muñoz-Acosta & Moreno-Perez, 2013) y (Rodolfo et al., 2011)

La especie *Brosimum alicastrum* Swartz, La distribución de la especie fue obtenida de la literatura y de reportes de herbario, se encuentra en los departamentos de Loreto, Madre de Dios, San Martín y Ucayali, entre 0 y 1500 msnm. La especie existe en buenas cantidades en la amazonía del Perú. Alcanza 40 m de altura y 150 cm de diámetro; aletones gruesos, empinados, medianamente a bien desarrollados (Perú, Congreso de la República, 2022).

Copa de color verde claro. La corteza superficial del tronco es de color oliva, de apariencia lisa, a veces con fisuras superficiales. Corteza viva de color crema amarillento; al corte exuda látex abundante, blanco, pegajoso (PromPerú, 2004). El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto del vaporizado en las

características anatómicas macroscópicas y microscópicas antes y después del vaporizado en 3 niveles longitudinales (base, medio y ápice) del fuste del árbol.

## Material y métodos

### Área de estudio

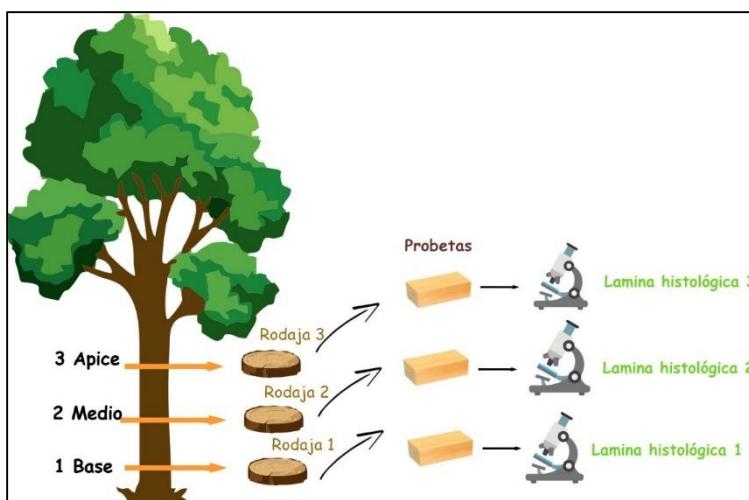
El área de estudio estuvo conformada por dos espacios. El primero corresponde al lugar donde se obtuvieron los árboles, se trata Comunidad nativa Nuevo CANCHAHUAYA con coordenada UTM 9224000N, 505000E, ubicado en la región Loreto. El segundo espacio corresponde al lugar donde se realizó la evaluación de las características anatómicas, se trata del Laboratorio de Tecnología de la Madera del CITEforestal Pucallpa con coordenada 548367E, 9072733, ubicado en el distrito de Calleria, provincia de Coronel Portillo, región Ucayali.

### Población y muestra

*La población estuvo conformada por 120 árboles existentes en la Comunidad nativa Nuevo CANCHAHUAYA, los cuales contaban con un diámetro a la altura del pecho superior a 80 cm. La muestra estuvo conformada por 4 árboles de los 120 existentes, el criterio del número de árboles elegidos fue presupuestal. El tipo de muestreo utilizado en la selección de la muestra fue aleatorio simple. De cada árbol se obtuvieron tres rodajas por nivel (base, medio y ápice) longitudinal del fuste. De cada rodaja se obtuvo 6 probetas para los ensayos macroscópicos con dimensiones (5cm x 5cm x 6.3 cm) y 2 probetas para ensayos microscópicas con dimensiones (25 mm x 25 mm x 25 mm). En la figura 1 se ilustra la obtención muestras desde las rodajas, probeta y lámina histológica por árbol en los tres niveles del fuste.*

**Figura 1**

*Esquema de la obtención de muestras de probetas y láminas por árbol*



### *Elaboración de probetas y láminas histológicas*

Para el ensayo a nivel macroscópico se maquinaron 6 probetas por cada rodaja según su nivel longitudinal (base, medio y ápice) del fuste de cada árbol, orientando los planos de corte (tangencial, radial, trasversal) bien definidos. Se obtuvo un total de 36 probetas para la evaluación antes del vaporizado y 36 probetas para después del vaporizado, obteniendo un total de 72 probetas con medidas de 5cm x 5cm x 6.3 cm, según la Norma ASTM D143– 94.

Para el ensayo a nivel microscópico se maquinaron 2 probetas por cada nivel longitudinal (base, medio y ápice) de fuste de cada árbol, obteniendo 12 probetas para la evaluación antes del vaporizado y 12 probetas después de vaporizado, siendo un total de 24 probetas de 25 mm x 25 mm x 25 mm y con los planos de corte bien definidos (transversal, radial y tangencial), de las cuales se obtuvieron 4 láminas histológicas por cada probeta, dando un total de 96 láminas histológicas evaluadas.

### *Evaluación macroscópica y microscópica*

La evaluación de las características macroscópicas (poros, radios, parénquima e inclusiones) se realizó con ayuda de una cuchilla cortes uniformes en la parte de la sección transversal de las probetas de 5cm x 5cm x 6.3 cm y con ayuda de una lupa de mano de 10x. Posteriormente se describió las características organolépticas (color, olor, sabor, textura, grano, brillo) en la cual con ayuda de un formón se realizó un corte a lo largo de las probetas, exponiendo el tejido fresco y limpio, permitiendo una mejor descripción.

En la evaluación de las características microscópicas (Longitud de vasos, Frecuencia de poros, Diámetro de poros, Frecuencia de radios, Tamaño de radios, Ancho de radios, Área de los cristales, Área de cristales en 200  $\mu\text{m}^2$ , se realizó con la lista de las características microscópicas para la identificación de madera de la IAWA.

### *Ensayo de vaporizado en laboratorio*

Consistió en someter la madera saturada a un tratamiento de vaporizado por 96 horas distribuidos en 03 etapas, 12 horas de calentamiento, 72 horas a 90°C y 12 horas de enfriamiento. Todo el proceso fue desarrollado en una cámara de vaporizado, diseñado para ablandar las fibras de la madera.

La temperatura de la madera fue medida a lo largo del proceso con 4 sensores del tipo pt100 con sondas tipo clavo de 75 mm que fueron colocadas en la madera. La cámara de vaporizado fue monitoreada por un PLC, que controlara la temperatura y la humedad de cámara. Después del proceso de vaporizado se procedió a la preparación de las probetas para los ensayos macroscópicos y microscópicos.

### Diseño estadístico

El diseño estadístico utilizado fue factorial con 2 factores (antes y después del vaporizado) y 3 niveles longitudinales del fuste del árbol (base, medio y ápice) y 4 repeticiones para cada uno de las interacciones (factor x nivel x repetición).

**Tabla 1**

*Arreglo del diseño estadístico factorial*

Factor	Niveles	Repeticiones				Interacción Factor / Nivel	Total de probetas Macroscópicas - Microscópicas
		1	2	3	4		
Antes de Vaporizado	Base	7	7	7	7		
	Medio	7	7	7	7	84	
	Ápice	7	7	7	7		168
Después de Vaporizado	Base	7	7	7	7		
	Medio	7	7	7	7	84	
	Ápice	7	7	7	7		

### Análisis estadístico

El software que se utilizó fue el MINITAB19. Se realizó el análisis de varianza para determinar si hubo diferencia significativa entre el factor y los niveles, posteriormente se realizó la comparación de medias mediante la prueba de Tukey al 0.05.

### Resultados y discusiones

#### *Características macroscópicas antes y después del vaporizado*

De acuerdo a los resultados de las características macroscópicas antes y después del vaporizado que se indica en la Tabla 02. El Color, Albura, Brillo, Textura, Grano, Veteado, Poros, Porosidad, Parénquima y Radio no se evidenciaron cambio alguno después del proceso de vaporizado; sin embargo, las inclusiones mostraron un cambio debido que no se evidencio la tilosis después de proceso de vaporizado.

**Tabla 2**

*Resultados de las características macroscópicas antes y después del vaporizado*

Característica	Antes	Después
<b>Color</b>	Grupo II - amarillo	Grupo II – amarillo
<b>Albura y Duramen</b>	No diferenciado	No diferenciado
<b>Brillo</b>	Medio	Medio
<b>Olor</b>	No distintivo	No distintivo
<b>Sabor</b>	No distintivo	No distintivo
<b>Textura</b>	Media	Media
<b>Grano</b>	Entrecruzado	Entrecruzado
<b>Veteado</b>	Arcos superpuestos (Sección tangencial)	Arcos superpuestos (Sección tangencial)
<b>Poros</b>	Solitarios y múltiples (10 x)	Solitarios y múltiples (10 x)
<b>Porosidad</b>	Difusa	Difusa
<b>Parénquima</b>	Parénquima paratraqueal aliforme, ala fina	Parénquima paratraqueal aliforme, ala fina
<b>Radio</b>	No estratificado	No estratificado
<b>Inclusiones</b>	Tilosis	No distintivo

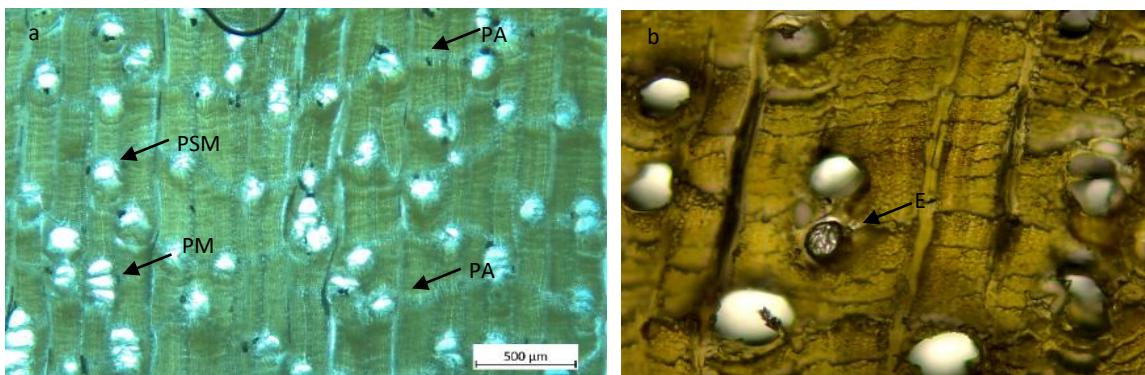
Según León (2005), menciona que ésta la especie presenta coloración amarilla sin transición entre albura y duramen, no diferenciado la albura del duramen. El cual coincide con las características evaluada del albura y duramen no diferenciado.

#### *Características microscópicas de las muestras evaluadas.*

En la figura 02, se muestra la cara transversal donde se presentan poros solitarios predominantes y múltiples de 2-3, además cabe destacar que no tienen un patrón definido en su disposición y presenta un parénquima paratraqueal aliforme a la fina (Figura 02 a). Se observa la esclerotílides evidenciándose las dificultades que presenta esta especie en el secado (Figura 02 b).

## Figura 2

Vista fotográfica al microscopio de la cara transversal

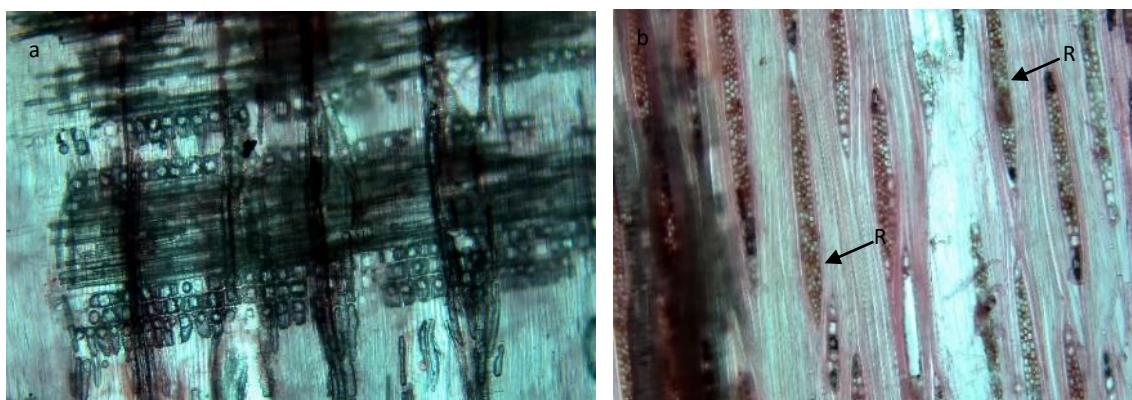


Nota. a) Poros solitarios (PS) y múltiples (PM) con parénquima paratraqueal aliforme (PA) ala fina, b) presencia de esclerotílides (E) en los poros

En la figura 03, se muestra los radios de 3 a 5 células de ancho (Figura 3b), con respecto a su composición poseen radios con células erectas, cuadradas y marginales mezcladas a través de todo el cuerpo del radio (Figura 3a), coincidiendo con lo reportado por (León, 2005), radios homocelulares de células cuadradas o erectas y heterocelulares.

## Figura 3

Vista fotográfica al microscopio de los radios en la cara tangencial y radial

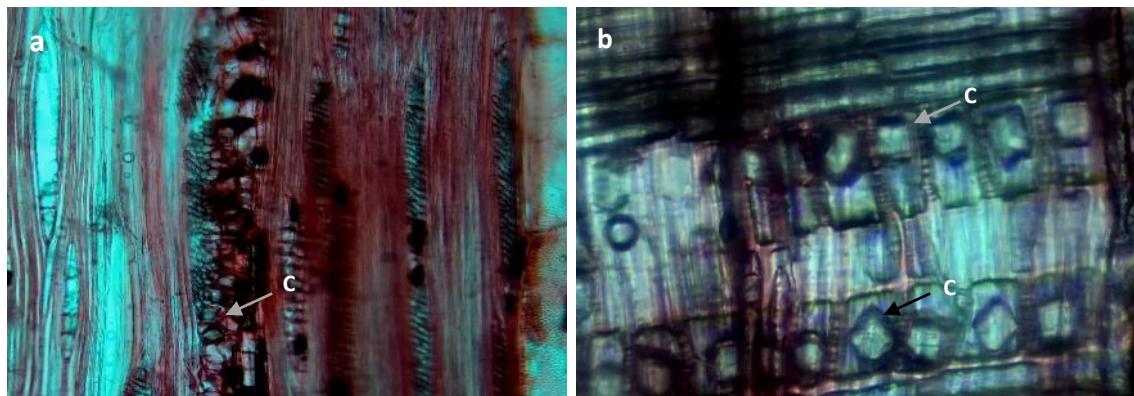


Nota. a) Radios células cuadradas, erectas y marginales b) Radios (R) no estratificados, uniseriados y multiseriados

En la figura 4, se evidencia los cristales encontrados dentro de las células radiales verticales erectas cuadradas son prismáticos, algunos se muestran en células procumbentes y ocasionalmente en células parenquimatosas axiales (Figura 04 b).

**Figura 4**

Vista fotográfica al microscopio de los cristales dentro de las células radiales



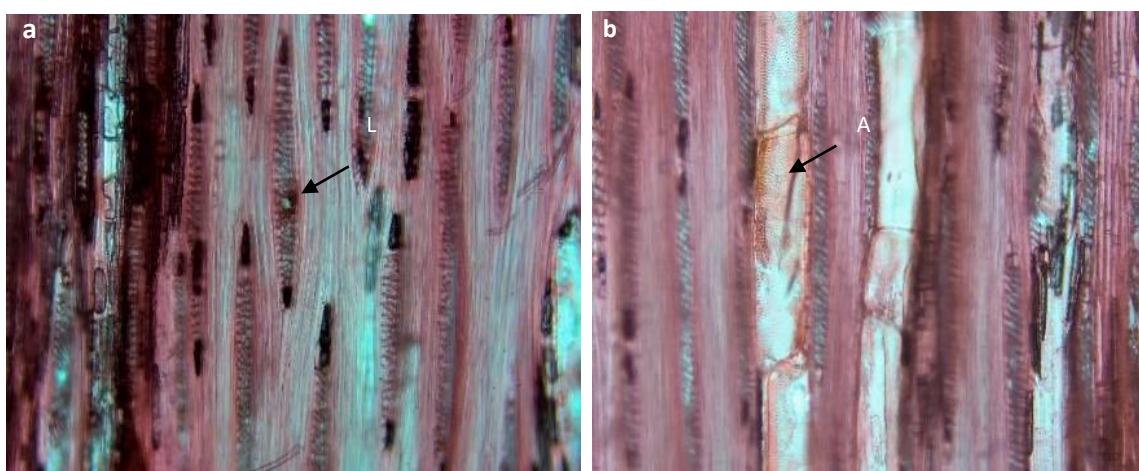
Nota. a) Presencia de cristales en el parénquima (C). b) Corte radial, presencia de cristales en radios (C)

Los vasos y tubos laticíferos o taniferos son canales de sustancias (taninos y aceites) en muchos casos estos depósitos al encontrarse obstruidos dificultan el proceso de secado; así mismo la especie presenta sustancias dentro de los radios (Figura 5), misma característica reportada por (León 2005).

En las muestras obtenidas se encontraron que las características macroscópicas cualitativas de la especie no difieren en los niveles longitudinales. Por lo que se determinó que no hay variación entre la condición antes y después de un proceso vaporizado.

**Figura 5**

Vista fotográfica al microscopio de la tilosis dentro de los canales laticíferos y vasos.



Nota. a) Presencia de tubos laticíferos dentro de los radios (L). b) Presencia de aceites (A) en los vasos

### Análisis de varianza (ANOVA)

En la Tabla 3, se muestra el análisis de varianza de las variables evaluadas, donde se observa que existe diferencia significativa en el factor condición antes y después de un proceso de vaporizado; sin embargo, el factor nivel no presento diferencias estadísticas significativa.

La condición antes y después del vaporizado tienen efectos significativos en la longitud de vasos ( $\mu\text{m}$ ), diámetro de poros ( $\mu\text{m}$ ), ancho de radios ( $\mu\text{m}$ ) y área de los cristales( $\mu\text{m}^2$ ) respectivamente.

**Tabla 3**

*Análisis de varianza de las características microscópicas antes y después de vaporizado por nivel del fuste base, medio y ápice*

FV	GL	Cuadrados medios							
		Longitud de vasos	Frecuencia de poros	Diámetro de poros	Frecuencia de radios	Tamaño de radios	Ancho de radios	Área de los cristales	Área de cristales en 200 $\mu\text{m}^2$
		$\mu\text{m}$	$\text{mm}^2$	$\mu\text{m}$	$\text{mm}^2$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}^2$	$\mu\text{m}^2$
Condición (C)	1	29953.4*	10.667 <sup>ns</sup>	2295.19*	5.042 <sup>ns</sup>	3587.5 <sup>ns</sup>	244.91*	18123.8*	16812484.2*
Nivel (N)	2	137.2 <sup>ns</sup>	2.792 <sup>ns</sup>	14.45 <sup>ns</sup>	2.042 <sup>ns</sup>	482.7 <sup>ns</sup>	7.591 <sup>ns</sup>	379.5 <sup>ns</sup>	1486830.4 <sup>ns</sup>
E x N	2	936.6 <sup>ns</sup>	16.792 <sup>ns</sup>	20.98 <sup>ns</sup>	2.792 <sup>ns</sup>	2302.7 <sup>ns</sup>	0.9 <sup>ns</sup>	1740.2 <sup>ns</sup>	1265509.4 <sup>ns</sup>
Residuo	18	1257.3	5.222	315.74	3.458	2932.9	17.27	2235.4	1136005.6
CV (%)		14	12	17	18	16	14	20	25

Nota. \*, ns: significativo y no significativo según la prueba de F a 5% de probabilidad

### Prueba de medias según Tukey

En la Tabla 4, se indican los resultados de pruebas de medias según Tukey al 95%; la longitud de los vasos por nivel de fuste no existe diferencia significativa con y sin vaporizado, sin embargo, a nivel de promedio si existe diferencias significativas la longitud de vasos con vaporizado y sin vaporizado. La longitud de vasos con vaporizado es de (391.6  $\mu\text{m}$ ), inferior respecto a la longitud de vasos de (320.9  $\mu\text{m}$ ) sin vaporizado.

**Tabla 4**

*Prueba de medias según Tukey de la longitud de los vasos por nivel (base, medio y ápice) del fuste del árbol*

Condición	Longitud de vasos			Promedio
	Base	Medio	Ápice	
Sin vaporizado	313.46	322.18	327.18	320.94 b
Con vaporizado	408.61	384.87	381.31	391.60 a
Promedio	361.03	353.53	354.25	

*Nota.* Letras minúsculas iguales en la columna no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey a 5% de probabilidad

En la Tabla 5, se indican resultados de pruebas de medias según Tukey al 95%; el diámetro de los poros por nivel del fuste no muestra diferencia significativa, sin embargo, a nivel de promedio si existe diferencia significativa en el diámetro de los poros con vaporizado y sin vaporizado. El diámetro de poros promedio sin vaporizado es de (119.03 µm), superior en relación al diámetro promedio de los poros con vaporizado (99.47 µm).

**Tabla 5**

*Prueba de medias según Tukey del diámetro de poros por nivel (base, medio y ápice) del fuste del árbol*

Condición	Diámetro de poros			Promedio
	Base	Medio	Ápice	
Sin vaporizado	120.48	116.14	120.47	119.03 a
Con vaporizado	100.86	99.85	97.70	99.47 b
Promedio	110.67	108.00	109.09	

*Nota.* Letras minúsculas iguales en la columna no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey a 5% de probabilidad

En la Tabla 6, se indican resultados de la prueba de medias según Tukey al 95%; el ancho de radios por nivel de fuste no muestra diferencia significativa, sin embargo, a nivel de promedio si existe diferencia significativa en el ancho de los radios con vaporizado y sin vaporizado. El diámetro de los radios sin vaporizado en promedio es (38.83 µm), superior en relación al diámetro promedio de los radios con vaporizado 32.44 µm.

**Tabla 6**

*Prueba de medias según Tukey del ancho de los radios por nivel (base, medio y ápice) del fuste del árbol*

Condición	Ancho de radios			Promedio
	Base	Medio	Ápice	
Sin vaporizado	40.08	37.59	38.82	38.83 a
Con vaporizado	32.91	31.56	32.85	32.44 b
Promedio	36.49	34.58	35.83	

*Nota.* Letras minúsculas iguales en la columna no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey a 5% de probabilidad

En la Tabla 7, se indican resultados de la prueba de medias según Tukey al 95%; se evidencia que existe diferencia significativa entre el área de los cristales con y sin vaporizado; el valor más alto con promedio de ( $294.86 \mu\text{m}^2$ ) sin vaporizado y ( $239.9 \mu\text{m}^2$ ) con vaporizado. Mientras que en los niveles del fuste no existe diferencia significativa, lo que nos indica que el área de los cristales es similar a lo largo del fuste, con un promedio general de  $267.38 \mu\text{m}^2$ .

**Tabla 7**

*Prueba de medias según Tukey del área de los cristales por nivel (base, medio y ápice) del fuste del árbol*

condición	Área de los cristales			Promedio
	Base	Medio	Ápice	
Sin vaporizado	280.04	302.38	302.15	294.86 a
Con vaporizado	255.35	245.82	218.53	239.90 b
Promedio	267.69	274.10	260.34	

*Nota.* Letras minúsculas iguales en la columna no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey a 5% de probabilidad

En la Tabla 8, se indican resultados de la prueba de medias según Tukey al 95%; se evidencia que existe diferencia significativa entre el área de los cristales por  $200 \mu\text{m}^2$  en los tratamientos con y sin vaporizado, obteniendo el valor más alto el tratamiento sin vaporizado con promedio de  $6305.2 \mu\text{m}^2$  y con vaporizado  $4631.2 \mu\text{m}^2$ . Mientras que en los niveles del fuste no existe diferencia significativa lo que nos indica que la suma del área por  $\mu\text{m}^2$  de los cristales es similar a lo largo del fuste, con un promedio general de  $5468.2 \mu\text{m}^2$ .

**Tabla 8**

*Prueba de medias según Tukey del área de los cristales en 200 µm<sup>2</sup> por nivel (base, medio y ápice) del fuste del árbol*

condición	Área de los cristales en 200 µm <sup>2</sup>			Promedio
	Base	Medio	Ápice	
Sin vaporizado	6265.6	7121.3	5528.5	6305.2 a
Con vaporizado	4367.9	4787.8	4737.9	4631.2 b
Promedio	5316.8	5954.6	5133.2	

*Nota.* Letras minúsculas iguales en la columna no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey a 5% de probabilidad

En la tabla 9, se indican resultados de la prueba de medias según Tukey al 95%; Se evidencia que no existe diferencia significativa con y sin vaporizado, de la misma manera por nivel (base, medio y ápice) del fuste de cada árbol. El valor promedio obtenido frecuencia de poros fue 20.92 (# de poro/ mm<sup>2</sup>) y el valor promedio para frecuencia de radios fue 9.96 (# de radio/ mm<sup>2</sup>). El valor promedio obtenido para el tamaño de radios fue de (341.06 µm) antes del vaporizado y (316.60 µm) después del vaporizado.

**Tabla 9**

*Prueba de medias según Tukey de la frecuencia de poros y tamaño de radios por nivel (base, medio y ápice) del fuste del árbol*

Condición	Frecuencia de poros	Frecuencia de radios	Tamaño de radios
Sin vaporizado	21.58 a	10.42 a	341.06 a
Con vaporizado	20.25 a	9.50 a	316.60 a
Promedio	20.92	9.96	328.83

*Nota.* Letras minúsculas iguales en la columna no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey a 5% de probabilidad

Valores similares se encontraron en el reporte de León (2015) que obtuvo en frecuencia de poros un promedio de 16, con variación de 13 – 19, y en tamaño de radios un promedio de 502.84 µm con variación de 190 – 915 µm.

Según la clasificación establecida por IAWA (International Association of Wood Anatomists), la especie presentó una frecuencia radios por mm<sup>2</sup> de (9.96) encontrándose dentro del rango de (4-12 mm<sup>2</sup>) moderadamente poco, con un

máximo y mínimo ( $5 - 13 \text{ mm}^2$ ) concordado por lo mencionado por León (2005), con valores de ( $5 - 9 \text{ mm}^2$ ).

En el caso del tamaño de los radios presentó un promedio ( $328.83 \mu\text{m}$ ) representado 2 a 4 células de ancho. En la investigación de Aróstegui et al. (1981) reportaron tamaños de radios promedios de  $436 \pm 93 - 122$ ; de la misma manera León (2005), reportó valores de 502.84, con variación de 190-915.

## Conclusiones

Las variables organolépticas y macroscópicas color, albura y duramen, brillo, olor, sabor, textura, grano, veteado, poros, porosidad, parénquima, radio, no difieren del tratamiento con y sin vaporizado ni en los niveles.

La tilosis difiere del tratamiento obteniendo una menor presencia dentro de los poros después del vaporizado. Este factor está asociado a la salida de agua libre e higroscópica de la madera durante el proceso de secado artificial.

Existe diferencia significativa en las características microscópicas cuantitativas de la madera en el diámetro de poros y ancho de radios obteniendo el valor más alto antes del vaporizado con un promedio de ( $119.30 \mu\text{m}$ ) y ( $38.83 \mu\text{m}$ ) respectivamente.

Existe diferencia significativa en las características microscópicas cuantitativas de la madera en la longitud de vasos y en el tamaño de los cristales obteniendo el valor más alto antes del vaporizado con un promedio de ( $391.60 \mu\text{m}$ ) y ( $239.90 \mu\text{m}^2$ ) respectivamente.

Las variables microscópicas cuantitativa frecuencia de poros, frecuencia de radios y tamaño de radios no difieren del tratamiento con y sin vaporizado obteniendo promedios ( $20.92 \# \text{ de poros}/\text{mm}^2$ ), ( $9.96 \# \text{ de radio}/\text{mm}^2$ ) y ( $328.83 \mu\text{m}$ ) respectivamente.

La especie por poseer radios finos y grano entrecruzado es susceptible de presentar arqueadoras y torceduras durante un proceso de secado convencional, así mismo se puede evidenciar que en la superficie de la madera se presencia grano arrancado, durante el taladrado, lijado y cepillado.

La especie presenta un parénquima aliforme paratraqueal moderadamente abundante, la cual permite ser una reserva de almidón para diferentes agentes patógenos y entomológicos.

## Contribución de autoría

Kevin Isaac Rodriguez Vasquez, supervisión, validación, metodología, visualización de datos, redacción, corrección y edición.

Jefferson Alexander Rodriguez Sotelo, metodología, visualización de datos, redacción, corrección y edición

José Víctor Valdez Campos, metodología, Validación, metodología, redacción - primera redacción, Redacción - corrección y edición.

Wilfredo Morí Insapillo, metodología, visualización de datos, redacción - corrección y edición.

Juan Carlos Armas Acuña, colecta de muestras, identificación, transporte, redacción de la metodología.

## Conflictos de interés

No existe conflicto de interés institucional o económica.

## Referencias bibliográficas

- Aróstegui V., A., González F., V. R., & Sato A. A. (1981). Propiedades Tecnológicas y usos de 40 Especies del Bosque Nacional Von Humboldt. Revista Forestal del Perú; v10(1-2), 1-86.
- Álvarez J, A Ruiz. 1995. Dasometría: Introducción a las Técnicas de Modelización Forestal. Madrid, España, Unicopia. 83 p. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=76787>
- ISVE Wood. (2020). Vaporizadores electricos - Photogallery - Tratamiento madera. ISVE Wood - Tratamiento Madera. <https://www.isvewood.com/es/vaporizadores-electricos-photogallery/>
- COPANT 1974 "Descripción de Características Organolépticas Macroscópicas y Microscópicas de la Madera" Ante proyecto de Norma COPANT 30.12 pgs.
- IAWA Commite. (1989). List of Microscopic Features for Hardwood Identification. International Association of Wood Anatomists. IAWA Bull., n.s Vol. 10: 217-332.
- León Hernández, W. (2005). Estudio anatómico de la madera de cinco especies del género brosimum Swartz. (moraceae) que crecen en Venezuela. Revista forestal venezolana Vol 49 (2), 163-173.
- Perú. Congreso de la República. (2022). Maderas del Perú. INIA. <https://www4.congreso.gob.pe/comisiones/1999/ciencia/cd/inia/inia-p4/inia-p4-12.htm>
- Muñoz-Acosta, F. & P. A. Moreno-Perez. 2013. Contracciones y propiedades físicas de *Acacia mangium* Willd., *Tectona grandis* L. f. y *Terminalia amazonica* A. Chev, maderas de plantación en Costa Rica. Revista

- Chapingo, Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente, 19(2), 287–303.  
<https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.06.040>
- Norma ASTM D-5536-99, ASTM, 1999. Métodos estándar de prueba de muestras claras pequeñas de madera, ASTM: D5536-99. Libro Anual de ASTM. Filadelfia
- PromPerú, 2004. Maderas del Perú = Woods of Perú. Proyecto promoción de nuevas especies forestales del Perú en el comercio exterior 80 pg.
- Rodríguez, M. R. & A. Sibille. 1996. Manual de identificación de especies forestales de SubRegión Andina.
- Rodolfo, J.; G. Télles; A. V. Martínez; A. Borja; D. Rosa; J. Capulín & C. Palacios. 2011. Radial variation of basic density in *Pinus patula* Schltdl. et Cham. In Three Locations From Hidalgo State. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 2(7), 71–78.
- SENAMHI (2019). CLIMAS DEL PERÚ – Mapa de Clasificación Climática Nacional. 128 p. Consultado en Mayo, de 2021, disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01404SENA-4.pdf>
- Olorunnisola, A. O. 2019. Design of Structural Elements with Tropical Hardwoods. Taylor & Francis, 284. <https://doi.org/10.4324/9780203301838>