

Revista Cubana de
Ciencias Forestales

CFORES

Volumen 11, número 2; 2023

Artículo original

*Variación de la biometría de las traqueidas y propiedades de la madera de **Pinus caribaea morelet var caribaea barret y golfari***

*Variation of tracheid biometry and wood properties of **Pinus caribaea morelet var caribaea barret and golfari***

*Variação na biometria dos traqueídeos e propriedades da madeira de **Pinus caribaea morelet var caribaea barret e golfari***

Daniel Álvarez Lazo ^{1*} , Teresa Quilhó² , Fernanda Bessa² , José Carlos Rodríguez² ,
Fátima Tavares² 

¹Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Departamento Forestal. Pinar del Río, Cuba

²ISA. Portugal.

*Autor para la correspondencia: daniel@upr.edu.cu

*Recibido:*20/03/2023.

*Aprobado:*30/05/2023



RESUMEN

La variabilidad de las propiedades de la madera de una determinada especie podría estar influenciadas por varios factores tales como: procedencia y condiciones de crecimiento, edad, altura, tasa de crecimiento y prácticas silviculturales. Así, el objetivo del presente trabajo está relacionado con la determinación de las variaciones de las características biométricas de las traqueidas y propiedades de la madera de *Pinus caribaea* var *caribaea* Morelet en dependencia de la procedencia. Se utilizan 30 árboles de 29 años de tres procedencias en la provincia de Pinar del Río, Cuba (Malas Aguas, Cajalbana y Marbajita). La biometría de las traqueidas y propiedades de la madera se determinan a partir de trozas obtenidas a 1.30 m de altura de cada árbol. Las mediciones se realizaron en tres posiciones radiales diferentes en dirección médula corteza. Los resultados obtenidos permiten concluir que las dimensiones biométricas de las traqueidas y las propiedades físico-mecánicas varían entre procedencia; resultando Malas Aguas la que presenta los mejores indicadores. Se aprecia un fuerte efecto del parámetro distancia de la médula a la corteza en todas las características de la madera estudiadas. En la medida que aumenten las dimensiones de las traqueidas, se incrementan las propiedades físicas y mecánicas. Existe una importante relación positiva entre la densidad y las propiedades mecánicas de la madera.

Palabras clave: procedencia, variación, anatomía, resistencia, calidad.

ABSTRACT

The variability of wood properties for a certain species could be influenced by several factors such as: provenance and growth conditions, age, height, growth rate and silvicultural practices. Thus, the objective of the present work is related to the determination of the variations of tracheid biometric characteristics and wood properties of *Pinus caribaea* var *caribaea* Morelet in dependency of the provenance. Thirty 29-year-old trees from three provenances in the province of Pinar del Río, Cuba (Malas Aguas, Cajalbana and Marbajita) are used. The biometry of the tracheid and wood properties are determined from logs obtained at a height of 1.30 m from each tree. Measurements were made in three different



radial positions in direction pith to bark. The results obtained allow us to conclude that the biometric dimensions of the tracheid and the physical-mechanical properties vary between provenances and Malas Aguas provenance presents the best indicators. A strong effect of the distance parameter from pith to bark is appreciated in all the studied wood characteristics. As the dimensions of the tracheids increase, the physical and mechanical properties increase. There is an important positive relationship between the strength properties and wood density.

Keywords: provenance, variation, anatomy, stiffness, quality.

RESUMO

A variabilidade das propriedades da madeira de uma determinada espécie pode ser influenciada por diversos fatores como: origem e condições de cultivo, idade, altura, taxa de crescimento e práticas silviculturais. Assim, o objetivo do presente trabalho está relacionado à determinação das variações nas características biométricas dos traqueídeos e propriedades da madeira de *Pinus caribaea* var *caribaea* Morelet dependendo da origem. São utilizadas 30 árvores de 29 anos de três fontes na província de Pinar del Río, Cuba (Malas Aguas, Cajalbana e Marbajita). A biometria dos traqueídeos e as propriedades da madeira são determinadas a partir de toras obtidas a 1,30 m de altura de cada árvore. As medidas foram feitas em três posições radiais diferentes na direção medula-córtex. Os resultados obtidos permitem-nos concluir que as dimensões biométricas dos traqueídeos e as propriedades físico-mecânicas variam entre as origens; Malas Aguas resultando naquele que apresenta os melhores indicadores. Um forte efeito do parâmetro distância da medula à casca é observado em todas as características da madeira estudadas. À medida que as dimensões dos traqueídeos aumentam, as propriedades físicas e mecânicas aumentam. Existe uma importante relação positiva entre densidade e propriedades mecânicas da madeira.

Palavras-chave: Origem, variação, anatomia, resistência, qualidade.



INTRODUCCIÓN

Pinus caribaea var. *caribaea* Morelet Barret y Golfari es una de las especies forestales de mayor importancia debido a los usos que se hace de su madera, siendo una de las priorizadas en los planes de reforestación en la región occidental y central de Cuba (Castillo y Mendoza, 2018; Pérez *et al.*, 2020).

Por su parte, Oyelere *et al.* (2019), plantean que el análisis de las características anatómicas de la madera, como es el caso de la determinación de la longitud de las traqueidas, constituye una herramienta fundamental para identificar el comportamiento en uso de la madera. Las características dimensionales de las traqueidas son un elemento de gran importancia para el uso óptimo de la madera: variaciones en grosor de paredes, diámetro del lumen o diámetro total de traqueidas tienen efecto directo sobre la densidad, tasa de contracciones y las diferentes propiedades mecánicas (Marqués *et al.*, 2022).

Winck *et al.* (2022), exponen que se ha demostrado la existencia de la variación radial y longitudinal de las propiedades de la madera; coincidiendo con Sadiku y Abdulkareem, (2019); Zawadzka & Kozakiewicz (2019) y Loiola *et al.* (2021). Variabilidad que está influenciada por las condiciones de crecimiento existentes en los ecosistemas forestales

Se ha demostrado que existen variaciones de las propiedades de la madera entre árboles individuales desde la médula a la corteza, desde la base hasta la cima en la sección longitudinal del árbol (Sadiku y Abdulkareem, 2019); así como entre individuos de la misma especie.

Teniendo en consideración los aspectos antes señalados, el objetivo del presente trabajo está relacionado con la determinación de las variaciones de las características biométricas de las traqueidas y propiedades de la madera de *Pinus caribaea* Morelet var *caribaea* Barret y Golfari dependencia de la procedencia.



MATERIALES Y MÉTODOS

Determinación de las muestras

Se han identificado tres procedencias del *Pinus caribaea* Morelet var *caribaea* Barret y Golfari en Pinar del Río, Cuba; que son los siguientes: Cajalbana (CA); Marbajita (MB); pertenecientes al municipio La Palmas; así como Malas Aguas, municipio Minas de Matahambre; caracterizadas estas procedencias por estar ubicadas en el Norte de la provincia de Pinar del Río, Cuba. En la Tabla 1, se exponen los principales aspectos que definen la localización geográfica de estas tres procedencias (Figura 1) y (Tabla 1).

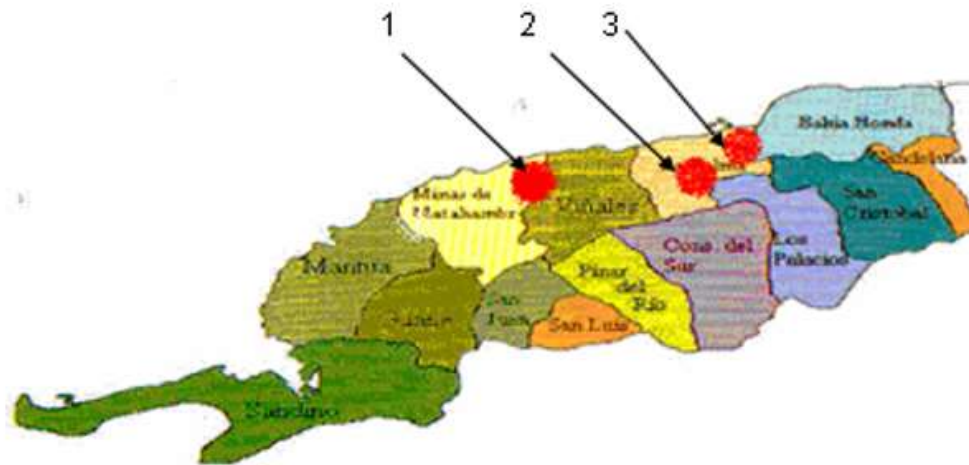


Figura 1. - Procedencias de los árboles de *Pinus caribaea* Morelet var *caribaea* Barret y Golfari

Tabla 1. - Datos geográficos de las procedencias objeto de estudio

Simbolo	CA	MA	MB
Procedencia	Cajalbana	Malas Aguas	Marbajita
Latitud	22° 41'	20° 40'	22° 34'
Longitud	83° 34'	83° 45'	82° 32'
Elevacion (m)	464	200	150



Preparación de las muestras

Se derribaron un total de diez árboles por procedencia, que han sido seleccionados de manera completamente al azar, evitando los efectos de borde y árboles menores de 20 cm de diámetro. A la altura de 1,30 m se extrajo una troza de 50 cm de longitud, la cual fue enumerada. La variación radial de las dimensiones de las traqueidas, así como las propiedades mecánicas por muestra en cada troza se realiza desde la médula a la corteza (Figura 2).

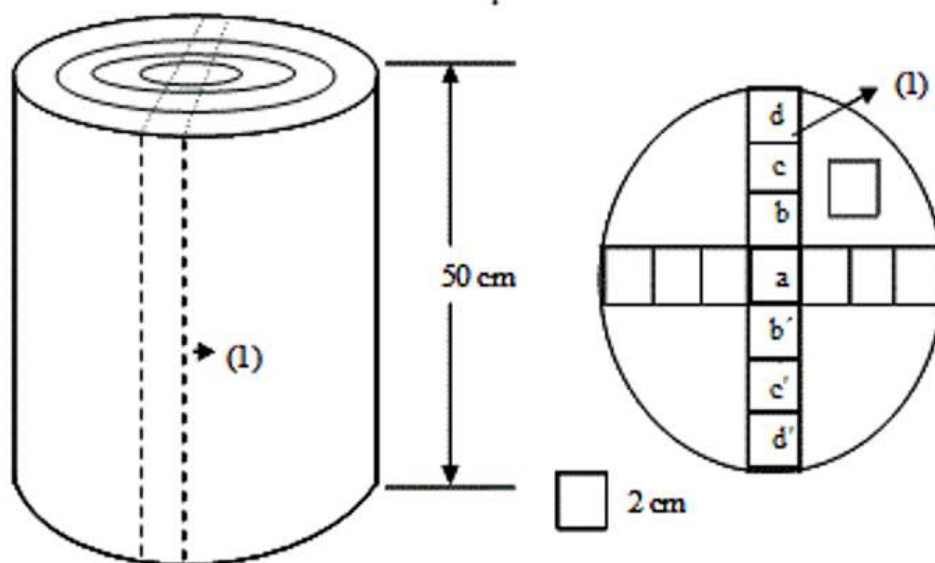


Figura 2. - Preparación de las muestras

Determinación de la variación biométrica de las traqueidas en la madera de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari

La cuantificación de la longitud, diámetro y grosor de las paredes de las traqueidas se determinan a partir de la maceración de la madera muestreada de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari en una solución al 1:1 de ácido glacial acético con Peróxido de hidrogeno. Estas muestras antes de la maceración fueron coloreadas con Azul Astra. Dos laminas conteniendo 20 fibras por lamina fueron analizadas y medidas para cada posición



seleccionada en la sección transversal de la troza con un analizador de imágenes semiautomático marca Leitz ASM 68K.

El diámetro medio radial de las traqueidas y el diámetro radial medio de lumen fueron determinados a partir del doble del grosor de la pared, calculado a partir de la sustracción del diámetro del lumen en dependencia del diámetro de las traqueidas. Se emplea el análisis de varianza para determinar estadísticamente la existencia de diferencias significativas entre las variables analizadas para un nivel de significación de $p < 0,05$; coincidiendo con la metodología propuesta por Virgen *et al.* (2022), Winck *et al.* (2022) y Costa *et al.* (2023)

Determinación de propiedades físico-mecánicas de la madera de Pinus caribaea Morelet var. caribaea Barret y Golfari

En el Laboratorio de Maderas; perteneciente al Laboratorio de los Materiales, ubicado en Lisboa, Portugal, se ubican las probetas obtenidas en un ambiente climatizado con temperatura de 20 °C y humedad relativa del 65 % (ASTM-D13, 2009), hasta obtener una humedad de equilibrio aproximadamente del 12 %; teniendo en consideración la metodología propuesta por Virgen *et al.* (2022) y Aramburu *et al.* (2023).

En la Tabla 2, se exponen aspectos relacionados con las dimensiones de las probetas utilizadas para la determinación de propiedades físico-mecánicas de la madera en dependencia de las diferentes normas utilizadas (Tabla 2).

Tabla 2. - Información general de las pruebas mecánicas analizadas

Propiedades mecánicas	Norma utilizada	Dimensiones de las probetas (mm)	Numero de probetas utilizadas
Densidad específica (DENS) ₁₂	UNE 56 531 77	20X20X25	102
Compresión paralela a las fibras (MORC)	ISO3787	20x20x60	102
Módulo de Elasticidad a la flexión estática (MOE)	ISO3133	20x20x340	102



Para la determinación de las magnitudes de las propiedades mecánicas estudiadas se utilizan las siguientes expresiones matemáticas según la metodología desarrollada por García *et al.* (2013); ASTM D1037-12 (2020); Marini *et al.* (2021); Virgen *et al.* (2022) y Costa *et al.* (2023) (Ecuación 1), (Ecuación 2) y (Ecuación 3).

Densidad al 12 % de humedad ($DENS_{12}$)

$$DENS_{12} = \frac{P_{12}}{V_{12}} \quad (1)$$

Donde:

$DENS_{12}$ - Densidad al 12 % de humedad,
 $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$; P_{12} - peso al 12 % de humedad,
 g ; V_{12} - Volumen a 12 %, m^3 .

Compresión paralela a las fibras (MORC)

$$\text{MORC} = \frac{F_{\max}}{a \cdot b} \quad (2)$$

Donde:

F_{\max} - Fuerza aplicada a las probetas al límite de proporcionalidad,
 kgf ; a - ancho de las probetas, cm ;
 b - grosor de las probetas, cm .

Módulo de elasticidad a la flexión estática (MOE)

$$\text{MOE} = \frac{PL^3}{4bdh^3} \quad (3)$$

Donde:

MOE- Modulo de elasticidad a la flexión,
 Mpa ; P - Fuerza aplicada al límite de proporcionalidad,
 kgf ; L distancia entre los puntos de apoyo de las probetas, cm ; b - ancho de las probetas, cm ;
 d - Magnitud de la deformación correspondiente a la fuerza aplicada al límite de proporcionalidad, cm ; h - grosor de la probeta, cm .



Las diferencias estadísticas en las propiedades de la madera entre procedencias y entre árboles se realiza a partir del análisis de varianza (ANOVA), con un nivel de significación $p < 0,05$; coincidiendo con las metodologías propuestas por Sadiku y Abdulkareem (2019) y Modes *et al.* (2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Influencia de la procedencia y la posición transversal de las probetas en las trozas sobre las dimensiones biométricas de las traqueidas en maderas de *Pinus caribaea* Morelet var *caribaea* Barret y Golfari

Marqués *et al.* (2022), establecen que uno de los elementos más importantes para la correcta utilización de la madera es el conocimiento de la misma. Su uso adecuado requiere de fases de transformación que permiten tener un material idóneo para la satisfacción de necesidades. Las características anatómicas de la madera ejercen una gran influencia sobre las propiedades físico-mecánicas de la misma.

En la Table 3, se aprecia la longitud promedio de las traqueidas y el grosor de la pared celular de la madera de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari a partir de las tres procedencias analizadas (Marbajita, Cajalbana y Malas Aguas) (Tabla 3).

Tabla 3. - Dimensiones promedias de las traqueidas que conforman la madera de *Pinus caribaea* Morelet var *caribaea* Barret y Golfari en dependencia de la procedencia. Análisis de comparación de medias (ANOVA)

	Marbajita	Cajalbana	Malas Aguas
Longitud (mm)	2.91±0.91b	2.82±1.12c	3.08±0.42a
Diametro (µm)	40.75±0.88b	42.37±0.25a	40.77±0.16b
Grosor de la pared (µm)	9.74±1.87b	8.35±0.37c	10.52±2.22a

Resultados con la misma letra línea no presentan diferencias significativas $p < 0,05$.



A partir de los resultados obtenidos y teniendo en consideración el análisis estadístico de comparación de medias (Anova), se puede establecer que existen diferencias significativas de las dimensiones de las traqueidas entre procedencia. Se demuestra que las mayores dimensiones aparecen en las maderas procedentes de Malas Aguas en el caso de la longitud de las traqueidas y grosor de la pared celular. Características que tienen un efecto positivo sobre la calidad de la madera; teniendo en consideración los resultados obtenidos por Trevisan *et al.* (2013) y Winck *et al.* (2015).

Con respecto a la longitud de traqueidas, su variación tiene efecto directo sobre algunos campos de utilización. Por ejemplo, en la industria de pulpa y papel se determinan una serie de índices morfológicos que permiten conocer la aptitud de una especie para ese tipo de producto y algunos de esos índices toman en consideración la longitud de las traqueidas (Marqués *et al.*, 2022).

Se define que las células más largas dan resistencia al papel; aunque en ocasiones la resistencia a la tensión, que habitualmente es la propiedad más asociada con la mayor resistencia del papel, depende más bien del enlace entre las fibras que de la longitud de éstas, pero a su vez, el grado de entrecruzamiento de las células tiene relación directa con su longitud. Adicionalmente, las variaciones de longitud de traqueidas en sentido transversal son el elemento más confiable para delimitar las zonas de madera juvenil y madera adulta; elemento de gran importancia debido a las grandes diferencias de comportamiento tecnológico entre ambas zonas.

Por otra parte, en la dirección radial de las trozas, se aprecia que las dimensiones biométricas de las traqueidas varían con un comportamiento creciente desde la médula a la corteza para las tres procedencias en estudio; coincidiendo con Kiaei (2012).

En la Figura 3, se aprecia el comportamiento biométrico de las traqueidas según la posición radial de las muestras de madera de *Pinus caribaea* Morelet var *caribaea* Barret y Golfari para la procedencia Cajalbana, que presenta un comportamiento similar a las procedencias Marbajita y Malas Aguas (Figura 3)



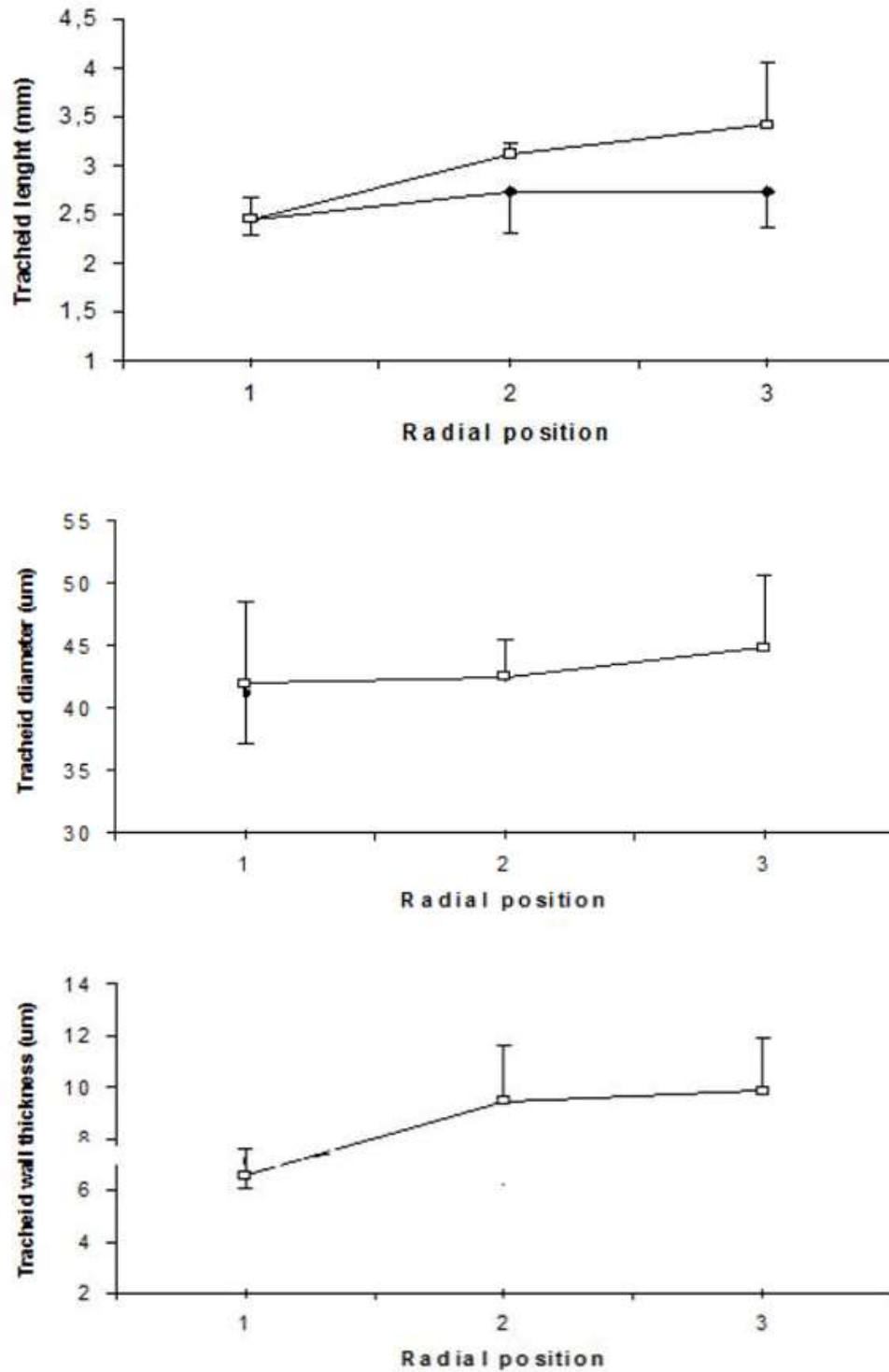


Figura 3. - Variación radial de las dimensiones biométricas de las traqueidas



Influencia de la procedencia y la posición radial sobre las propiedades físico mecánicas de la madera de Pinus caribaea Morelet var caribaea Barret y Golfari

Los resultados de las propiedades físico mecánicas de la madera que se analizan en el presente estudio aparecen en la Tabla 4, donde se aprecia a partir de un análisis de comparación de medias (Duncan), que existe diferencias significativas entre procedencias para $p < 0,05$ (Tabla 4).

Table 4. - Propiedades de la madera de *Pinus caribaea* Morelet var *caribaea* Barret y Golfari por procedencia. Análisis de comparación de medias Duncan

Propiedades de la madera	CAJALBANA	MARBAJITA	MALAS AGUAS
DENS, Kg/m ³	656.07a	664.92a	722.47 ^a
MORC, MPa	41.14a	41.40a	46.83a
MOE, MPa	13 669.96b	14 212.61ab	18 133.86a

Resultados con la misma letra línea no presentan diferencias significativas $p < 0,05$.

Por lo tanto, a partir de la magnitud de los resultados expuestos, se demuestra que la procedencia presenta una determina influencia sobre el comportamiento físico mecánico de la madera, considerando que la procedencia Malas Aguas es la que presenta los mejores indicadores relacionados con sus propiedades físico-mecánicas. Lo cual subraya la necesidad de considerar el papel de las procedencias al explicar los resultados contradictorios sobre las propiedades de la madera. Aspectos que se relacionan con los resultados obtenidos en la Tabla 3; lo cual posibilita exponer que en la medida que aumenten las dimensiones de las traqueidas, aumentan las propiedades físicas y mecánicas estudiadas; coincidiendo con Trevisan *et al.* (2013) y Winck *et al.* (2015).

A partir de los elementos antes expuestos, se puede definir que los mismos son la base teórica para la selección de procedencias como una forma de mejorar las propiedades de la madera; coincidiendo con Sandak *et al.* (2019) y Kask *et al.* (2021).



En la Tabla 5, se aprecia que existe una relación positiva entre la densidad y las propiedades mecánicas de la madera; lo que demuestra que a medida que aumente la densidad, aumenta la resistencia a la compresión y módulo de elasticidad; coincidiendo con los resultados obtenidos por Missanjo y Matsumura (2016), Herrera *et al.* (2017); así como Miyosi *et al.* (2018), que definen que, a partir del control de la densidad de la madera en programas de mejoramiento, se podrá obtener un impacto positivo sobre sus propiedades mecánicas (Tabla 5).

Tabla 5.- Correlación entre las propiedades físico mecánicas de la madera de *Pinus caribaea* Morelet var *caribaea* Barret y Golfari

	DENS	MORC	MOE
DENS	1.00	0.37*	0.39*
MORC	0.37*	1.00	0.53*
MOE	0.39*	0.53*	1.00

*Significación para un nivel de probabilidad de 95 %

Se define que la Densidad es una de las más importantes propiedades de la madera, ya que constituye un excelente indicador de rendimiento y calidad de los productos sólidos y reconstruidos a base de madera (Antony *et al.*, 2012).

En la Tabla 6, se exponen los resultados que relacionan las propiedades de la madera en dependencia de su posición radial, aspecto que es muy importante durante la definición de los esquemas de aserrado y los métodos de procesamiento secundario que se deben utilizar para obtener productos maderables con la máxima calidad posible.

Tabla 6. - Propiedades de la madera de *Pinus caribaea* Morelet var *caribaea* Barret y Golfari en dependencia de la dirección radial. Prueba de Duncan

	Pos 1	Pos 2	POS 3	POS 4
DENS, Kg/m ³	607.19 a	637.84 a	680.16 a	682.52 a
MORC, MPa	29.99 c	38.07 b	43.44 a	43.21 a
MOE, MPa	6986.56 c	11581.94 b	15600.35 a	13704.82 ab

Resultados con la misma letra línea no presentan diferencias significativas $p < 0,0$



Al realizar un análisis de varianza, a partir de la prueba de Duncan, se aprecia que existe diferencia significativa en los resultados obtenidos, demostrando que las propiedades de la madera de *Pinus caribaea* Morelet var *caribaea* Barret y Golfari, aumentan de la médula a la corteza, coincidiendo con los resultados obtenidos por Riki *et al.* (2019); Zawadzka y Kozakiewicz, (2019), así como Belleville *et al.* (2020).

De las medidas obtenidas de los 30 árboles, se puede concluir que las propiedades físico-mecánicas dependen no solo de la densidad sino también de la posición en el fuste, ya que alrededor de la médula se encontró un mayor porcentaje de madera juvenil en los especímenes de madera ensayados. La fuerte influencia de la madera juvenil en las propiedades de la madera fue demostrada por Garbachevski *et al.* (2022).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten concluir que las dimensiones biométricas de las traqueidas y las propiedades físico-mecánicas de la madera de *Pinus caribaea* Morelet var *caribaea* Barret y Golfari varían entre procedencia; resultando Malas Aguas la que presenta los mejores indicadores.

Los resultados muestran un fuerte efecto del parámetro distancia de la médula a la corteza en todas las características de la madera estudiadas.

En la medida que aumenten las dimensiones de las traqueidas, aumentan las propiedades físicas y mecánicas.

Se aprecia una importante relación positiva entre las propiedades de resistencia de la madera y su densidad.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM International. 2009. Standard test methods for small clear specimens of timber. ASTM D143. 2009. ASTM International: United States.
- ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, ASTM D1037-12. 2020. Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials, ASTM Internacional, West Conshohocken (PA).
- ANTONY, P., SCHINLECK, L. R., y DANIELS R, F. 2012. A comparison of earlywood-latedwood demarcation methods- A case study in loblolly pine. IAWA Journal, 32, 2: 187-195, 2012. Disponible en: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201900439661>
- ARAMBURU, A. B., GATTO, D. A., BELTRAME, R., y DELUCIS, R. A. 2023. Sampling sufficiency for mechanical properties of wood. Madera. Ciencia y Tecnología, v. 25, n. 12, p. 1-19. <https://revistas.ubiobio.cl/index.php/MCT/article/view/5763>
- BELLEVILLE, B., GOLARE, K. L. E., y OZARSKA, B. 2020. Assessment of physical and mechanical properties of Papua New guinea timber species. Maderas. Ciencia y tecnología, v. 22, n. 1, p. 3 12. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2020005000101>
- CASTILLO, B. R Y MENDOZA, Z. A. 2018. Modeling of Thinning Through the Use of Linear Programming in *Pinus Caribaea* Morelet Plantations from the Agroforestry Company of Pinar del Río, Cuba. Arnaldoa, v. 25, n. 2, p. 597-614. Disponible en: <http://dx.doi.org/http://doi.org/10.22497/arnaldoa.252.25215>
- COSTA, L.J.; PAULA, E.A.O.; MELO, R.R., PAULA, E., MELO, R.R., SCATOLINO, M., ALBURQUERQUE, F., OLIVEIRA, R., SOUZA, J. A., SANTOS, R., SILVA, A. K., SANTOS, M. E y RODOLFO Jr, F. 2023. Improvement of the properties of hardboard with heat treatment application. Revista material, v. 28, n. 1. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/1517-7076-RMAT-2022-0291>



- HERRERA, A. C., CARRILLO, A., PEDRAZA, F. E., CORREA, F., LÓPEZ, P., y RUTIAGA, F. 2017. Densidad, composición química y poder calorífico de la madera de tres especies de encino (*Quercus candicans*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*). Disponible en: <https://www.cic.cn.umich.mx/cn/article/view/345>
- GARCÍA, Y., ALVAREZ, D., TORRIENTE, P. P., ZOUKANERI, I., ECHEVARRÍA, P., CURBELO, S., CARACIOLO, R Y BARACHO JR, E .2013. Influencia de la procedencia sobre las propiedades físico- mecánicas de la madera de *Pinus tropicalis* Morelet en Viñales; Pinar del Río, Cuba. Revista Cubana de Ciencias Forestales, v. 1, n. 2, p. 110-120. Disponible en: <https://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/53>
- GARBACHEVSKI, E., HILLIG, E., NETO, R., RETSLAFF, F. A Y KOEHLER, H. 2022. Physico-mechanical properties and growth characteristics of pine juvenile wood as a function of age and planting spacing. Revista Árvore 2022;46:e4627. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/WTgvcqSYrNZG5r7tSW6936M/>
- KASK, R., PIKK, J Y KANGUR, A. 2021, Effect of growth conditions on wood properties of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). Forestry Studies, v. 75, p. 176-187. Disponible en: <https://sciendocom/it/article/10.2478/fsmu-2021-0019>
- KIAEI M. 2012. The Influence of Cambial Age on Fiber Dimension in Maple Wood. Middle-East Journal of Scientific Research, 11, 8: 1009-1012.
- LOIOLA, P. L., KLITZKE, R. J., PEREIRA, M., y BAPTISTA G. 2021. Physical properties of the wood *Pinus caribaea* var. *caribaea*, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* AND *Pinus oocarpa* for pencil production. Floresta, v. 51, n. 2, p. 354-362. Disponible en: DOI: 10.5380/rf.v51i2.68955
- MARINI, L. J., ALMEIDA, T. H., ALMEIDA, D. H., CHRISTOFORO, A. L Y LAHR, F. A. R. 2021. Estimativa da resistência e da rigidez à compressão paralela às fibras da madeira de *Pinus* sp. pela colorimetria. Ambiente Construído, v. 21, n. 1, p. 149-160, jan./mar.. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212021000100499>



- MARQUÉS, G., VALERO, S. W., LEÓN, W. J., GUTIERREZ, I. J y MALDONADO, J. C. 2022. Variabilidad transversal de características dimensionales de traqueidas en *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de plantaciones de 25 años de edad. *Tecnología en Marcha*, v. 35, n. 3, p. 82-93. Disponible en: https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/5868
- MISSANJO, E y MATSUMURA, J. 2016. Wood Density and Mechanical Properties of *Pinus kesiya* Royle ex Gordon in Malawi. *Forest*, v. 17, n. 7, p. 135, Disponible en: <https://doi.org/10.3390/f7070135>
- MIYOSI, Y., KOJITO., K y FURUTA, Y. 2018. Effects of density and anatomical feature on mechanical properties of various wood species in lateral tension. *Journal of Wood Science*, v. 64, p. 509514. Disponible en: <https://jwoodscience.springeropen.com/articles/10.1007/s10086-018-1730-z#citeas>
- MODES, K., BORTOLETTO JR, G., VIVIAN, M. A y SANTOS, L. M. 2020. Propriedades físico-mecânicas da madeira sólida de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* *Adv For Sci, Cuiabá*, v. 7, n. 2, p. 989-995. Disponible en: <https://doi.org/10.34062/afs.v7i2.9687>
- OYELERE, A.T., RIKI, J.T.B.1, ADEYEMO S.M., MAJEKOBAGE, A.R Y OLUWADARE, A. O. 2019. Radial and axial variation in ring width of caribbean pine (*Pinus caribaea* Morelet) in Afaka plantation, Kaduna State, Nigeria. *Journal of Research in Forestry, Wildlife & Environment*, v. 11, n. 3, p 81-89. Disponible en: <http://www.ajol.info/index.php/jrfwe>
- PÉREZ DEL VALLE, L., GEADA LÓPEZ, G. y SOTOLONGO SOSPEDRA, R., 2020. Anatomía foliar comparada de *Pinus caribaea* var. *caribaea* y *P. tropicalis* (Pinaceae) en asociación simpátrica. *Revista del Jardín Botánico Nacional*, v. 41, p. 163-174 Disponible en: <http://www.rjbn.uh.cu/index.php/RJBN/article/view/527>



- RIKI, J. T. B., ADEYEMO, S. M., MAJEKOBAJE, A. T., OYELERE, A. T Y OLUWADARE, A. O. 2019. Density variation in axial and radial positions of Caribbean pine (*Pinus caribaea* Morelet) grown in Afaka, Nigeria. *Journal of Agriculture and Environment*, v. 15, n. 2, p. 163-171. Disponible en: <https://www.ajol.info/index.php/jagrenv/article/view/235287>
- SADIKU, N. A Y ABDUKAREEN, K. A. 2019. Fibre morphological variations of some Nigerian Guinea Savannah timber species. *Maderas. Ciencia y tecnología*, v. 21, n. 2, p. 239-248. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/331551797_Fibre_morphological_variations_of_some_Nigerian_Guinea_savannah_timber_species
- SANDAK, N., SANDAK, A., CANTINI, C Y KOZAKIEWICZ, P. 2019. Differences in wood properties of *Picea abies* L. Karst. in relation to site of provenance and population genetics. *From the journal Holzforschung*, v. 69, n. 4, p. 385-399. Disponible en: <https://doi.org/10.1515/hf-2014-0061>
- TREVISAN, R., SOUZA, J.T., DENARDI, L., HASELEIN, C.R Y SANTINI, E.J. 2013. Efeito do desbaste no comprimento das fibras da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. *Ciência Florestal* 23(2): 461-473. Disponible en: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/9290>
- VÍRGEN, G. H., OLIVERA, G., HERMOSO, E Y ESTEBAN, M. 2022. Nondestructive techniques for determination of wood mechanical properties of urban trees in Madrid. *Forests* 2022, 13, 1381. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/f13091381>
- WINCK, R. A., AREA, M. C., BELABER, E. C., AQUINO, D. R Y FASSOLA, H. E. 2022. Caracterización morfológica de las traqueidas de pino híbrido de rápido crecimiento. *Maderas. Ciencia y tecnología*, v. 24, n. 43, p. 1-12. Disponible en: DOI: 10.4067/s0718-221x2022000100443



ZAWADZKA, K Y KOZAKIEWICZ P. 2019. The radial variation of the selected physical and mechanical properties of Norway spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst) wood from the provenance area in G³uchów. *Annals of WULS - SGGW. Forestry and Wood Technology*, n. 105, p. 133-143. Disponible en: <https://wulsannals.com/resources/html/article/details?id=197670>.

Conflictos de intereses:

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores:

Los autores han participado en la redacción del trabajo y análisis de los documentos.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

Copyright (c) 2023 Daniel Álvarez Lazo, Teresa Quilhó, Fernanda Bessa, José Carlos Rodríguez, Fátima Tavares

