

Influencia de la procedencia sobre las propiedades físico- mecánicas de la madera de *Pinus tropicalis* Morelet en Viñales; Pinar del Río, Cuba.

Influence of provenance on physical and mechanical properties wood of *Pinus tropicalis* Morelet in Viñales. Pinar del Río. Cuba.

MSc. Yarelys Garía García*, Dr. C Daniel Alvarez Lazo, Dr. C Pedro Pablo Torriente, Ing. Zoukaneri Ibrahim Moumouni, Ing. Pablo Echeverría, Ing. Segundo Curbelo, Rinaldo Caraciolo Ferreira, Exedito Baracho Jr.

* Estación Experimental Forestal de Viñales, Cuba. E-mail: yaro@af.upr.edu.cu

RESUMEN

El objetivo general de este trabajo es analizar el efecto de la procedencia sobre las propiedades físicas- mecánicas de la madera de *Pinus tropicalis* Morelet, con vista a proporcionar la información necesaria para su empleo racional. Se seleccionaron cinco procedencias en las parcelas experimentales de la Estación Experimental de Viñales, donde se tomaron al azar 10 árboles, para analizar las siguientes variables dendrométricas: diámetro a 1,30 altura total, diámetro de copa y altura de copa. A su vez, a la altura de 1,30 m se obtiene una troza de 50 cm de longitud para la realización del estudio de las Densidades, Contracción Volumétrica Total, Contracción Radial, Longitudinal, Tangencial y la Compresión. Los resultados obtenidos permiten expresar que la procedencia no es una variable que presenta una marcada influencia sobre las propiedades físico - mecánicas analizadas. El diámetro a 1,30 y el diámetro de copa son las variables dendrométricas que mejores niveles de correlación presentan en relación con las propiedades de la madera estudiadas. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se debe considerar que las procedencias La Jagua y Viñales deben ser objeto de mucho cuidado durante el secado y la puesta en servicio ya que presentan mayor coeficiente de anisotropía.

Palabras claves: madera, propiedades físico - mecánicas, procedencias.

ABSTRACT

The overall objective of this paper is to analyze the effect of origin on the physical-mechanical *Pinus tropicalis* Morelet wood, with a view to providing the information necessary for their rational use properties. Five provenances were selected in the experimental plots at the Experimental Station of Viñales, where 10 trees were randomly selected to analyze the dendrometer following variables: diameter at 1.30 total height, crown diameter and crown height. In turn, at the height of 1.30 m a log of 50 cm in length for the study Densities, Total shrinkage in volume, radial contraction, Longitudinal, tangential and compression is obtained. The results obtained state that the origin is not a variable that has a marked influence on the physical - mechanical properties analyzed. Diameter 1.30 and crown diameter dendrometric variables are best levels of correlation present in relation to the properties of the wood examined. Considering the results obtained provenances La Jagua and Viñales must be very careful during drying and commissioning since they have a higher coefficient of anisotropy.

Keywords: wood, physical - mechanical properties, origins.

INTRODUCCIÓN

Las propiedades físico-mecánicas de la madera que manifiesta una especie en particular, podrían variar debido a otros factores tales como: sitio y condiciones de crecimiento, edad, altura, tasa de crecimiento, ubicación respecto al radio del fuste, prácticas silviculturales y estado fitosanitario. Además, su valor o magnitud se vería afectado por la presencia en la madera de: gradientes de humedad, dirección o desviación del grano o fibra, nudos (vivos o muertos), madera de reacción, proporción de madera juvenil y deterioro por agentes bióticos y abióticos (Alvarez et al., 2013).

Aunque el objetivo principal de la mayoría de los programas de mejoramiento forestal es obtener árboles de crecimiento más rápido, con mejor forma, bien adaptados y resistentes a plagas es posible mejorar las propiedades de la madera en los mismos programas (Zobel y Talbert, 1988).

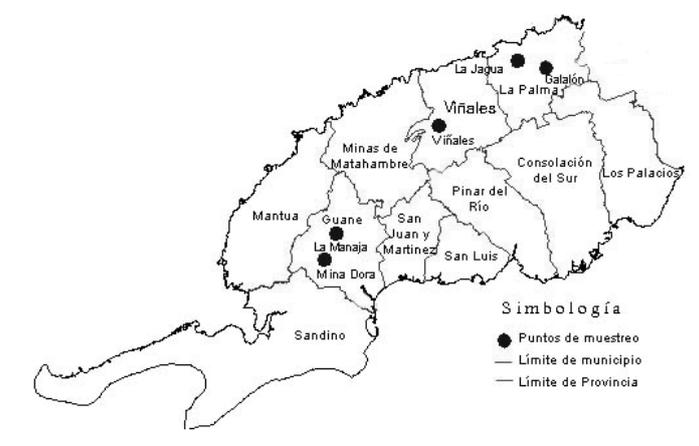
Pinus tropicalis Morelet, especie endémica de la provincia de Pinar del Río e Isla de la Juventud, crece en lugares donde muchas no logran subsistir. Esta especie que crece en áreas forestales está sujeta a la existencias de considerables variaciones en las condiciones de crecimiento, como es el caso del tipo de suelo, naturaleza del terreno y condiciones del clima. Tales factores tienen una marcada influencia sobre las propiedades de la madera (Ormarsson, 1999; Alvarez et al., 2013).

El objetivo general de este trabajo es analizar el efecto de la procedencia sobre las propiedades físicas- mecánicas de la madera de *Pinus tropicalis* Morelet, con vista a proporcionar la información necesaria para su empleo racional.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se encuentra situado en áreas de la Estación Experimental Forestal Viñales, en el municipio de Viñales, Pinar del Río, en los 22° 35' de latitud norte y 83° 40' de longitud oeste a una altura de 150 msnm. Las muestras se obtuvieron siguiendo las normas europeas UNE, que exigen probetas de pequeñas dimensiones libres de defectos. El experimento de *Pinus tropicalis* Morelet donde se consiguieron las muestras fue establecido por un grupo de trabajadores de la Estación Experimental de Viñales hace 33 años en áreas de la propia entidad, con semillas provenientes de bosques naturales de la provincia Pinar del Río (**Figura 1**).

Figura 1: Localización geográfica de las fuentes naturales de las semillas utilizadas.

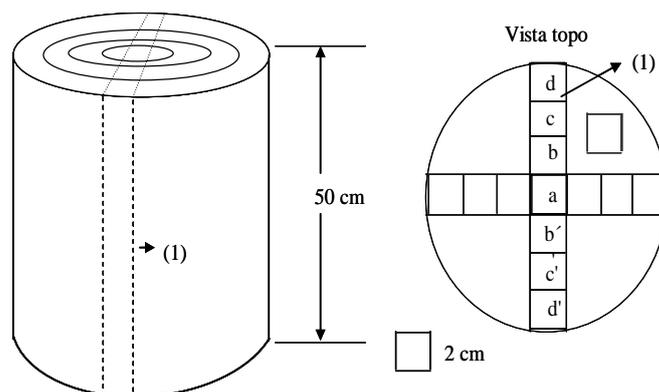


Se derribaron un total de 50 árboles en áreas de la Estación Experimental de Viñales, correspondiendo así a 10 árboles por procedencia. La selección de los árboles se hizo completamente al azar, evitando los efectos de borde y árboles menores de 20 cm de diámetro. A la altura de 1,30 m se extrajo una troza de 50 cm de longitud, la cual fue enumerada.

Preparación de las muestras.

De cada troza se tomó una pieza central de 5 cm de grosor, ancho y longitud de la troza; o sea 50 cm. De cada pieza se sacaron probetas de 2 x 2 x 50 cm en sentido radial. La primera probeta contiene la médula. (Figura 2).

Figura 2. Preparación de la muestra.



Ensayos de densidad.

En el Taller de Tecnología de la Madera del IIF, se elaboraron probetas de 2 x 2 x 3 cm. de acuerdo con la norma UNE56531-77 y NBR-71 (1996). Cada una fue identificada y pesada con una balanza analítica digital de alta estabilidad, marca Sartorius.

Luego se tomaron las dimensiones con un micrómetro marca Tesa master 75-100 mm de 0,001 mm de precisión; conforme los trabajos desarrollados por Scanavaca Jr. y García (2004).

Densidad al aire libre.

Las probetas se dejaron libres al ambiente, luego fueron pesadas y se les midieron el ancho, grosor y longitud. Posteriormente, se calcularon los valores de densidad normal utilizando la fórmula:

$$D_{12} = P_{12} / V_{12}$$

Donde: D_{12} = Densidad a 12 %, $\text{cm}^3 * \text{g}^{-1}$; P_{12} = Peso a 12 %, g; V_{12} = Volumen a 12 %, g.

Densidad al estado saturado o en verde

Las probetas se dejaron en el agua durante 10 días asegurando así que las probetas llegaran al punto de saturación de la fibra. Se pesaron y se midieron las dimensiones de cada probeta. Después se calculó la densidad mediante la siguiente fórmula:

$$D_v = P_v / V_v$$

Donde: D_v = Densidad en verde, $\text{cm}^3 * \text{g}^{-1}$; P_v = Peso en verde, g; V_v = Volumen en verde, g.

Densidad anhidra.

Las probetas fueron puestas en una estufa (descripción) a 103 ± 2 grado hasta peso constante. Se midieron las dimensiones y el peso de cada probeta. Fue determinada a través la fórmula:

$$D_a = P_a / V_a$$

Donde: D_a = Densidad anhidro, $\text{cm}^3 * \text{g}^{-1}$; P_a = Peso anhidro, g; V_a = Volumen anhidro, g;

Densidad básica.

Determinada a partir de los datos anteriores y aplicando la fórmula siguiente:

$$D_b = P_a / V_v$$

Donde: D_b = Densidad básica, $\text{cm}^3 * \text{g}^{-1}$; P_a = Peso anhidro, g; V_v = Volumen en verde, g;

Ensayos de contracción.

Se determinó la contracción volumétrica total, longitudinal, tangencial y radial a partir de los datos anteriores y aplicando las siguientes fórmulas utilizadas por Hillig et al., (2012):

$$\beta_{vh} = \frac{V_H - V_0}{V_H} * 100 ; \alpha_r = \frac{(lr_v - lr_o)}{lr_o} * 100 ; \alpha_T = \frac{(lt_v - lt_o)}{lt_o} * 100$$

$$\alpha_A = \frac{(la_v - la_o)}{la_o} * 100$$

Donde: β_{vh} - Contracción volumétrica total, %; V_h - Volumen de la probeta en estado de saturación, m³; V_0 - Volumen de la probeta en estado anhidro, m³; α_r - contracción radial, %; lr_v - longitud radial de la probeta en estado verde, cm; lr_o - longitud radial de la probeta en estado anhidro, cm; α_T - contracción tangencial, %; lt_v - longitud tangencial de la probeta en estado verde, cm; lt_o - longitud tangencial de la probeta en estado anhidro, cm; α_A - contracción axial, cm; la_v - longitud axial de la probeta en estado verde, cm; la_o - longitud axial de la probeta en estado anhidro, cm.

Ensayos de compresión.

Se realizaron los ensayos de compresión paralela a las fibras con probetas de 2 x 2 x 5 cm utilizando la Prensa Universal Avery Demison con 5 escalas y una capacidad total de 40 t. En ese caso se trabajó con la escala de 4 t, con una lectura mínima de 10 kg. Posteriormente se anotó la carga máxima reflejada. Los resultados fueron ajustados al 12 %.

Análisis Estadístico

Considerando el paquete estadístico SPSS 10,0 Windows se realiza una prueba de comparación de medias con la finalidad de determinar la influencia de la procedencia sobre las propiedades físico-mecánicas estudiadas de la madera de *Pinus tropicalis*.

Para cada uno de los 50 árboles utilizados en el estudio se calcula la altura total, diámetro a 1,30 cm, diámetro de copa y altura de copa, con el objetivo de obtener correlaciones entre estas variables dendrométricas y las propiedades físico-mecánicas estudiadas, a través del análisis estadístico proporcionado por el programa SPSS 10,0 Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Densidad anhidra

En la Tabla 1, se observan los resultados obtenidos para la densidad anhidra en dependencia de la procedencia, apreciando que no existe diferencia significativa entre ellas, según el análisis de comparación de medias Anova.

Tabla 1. Densidad anhidra por procedencia.

| Procedencia | Densidad (g * cm ⁻¹) |
|-------------|----------------------------------|
| La Manaja | 0,594040 a |
| Mina Dora | 0,614121 a |
| Galalón | 0,615113 a |
| La Jagua | 0,616984 a |
| Viñales | 0,626934 a |

Resultados con la misma letra no presentan diferencia significativa para $p < 0,05$

Densidad Básica

La densidad básica es una variable muy importante a tener en cuenta en los procesos de transformación de la madera y en especial para la consecución de pulpa y pasta de papel, así como en la obtención de una materia prima adecuada para la elaboración de madera aglomerada, sobre todo en el caso de la producción de tableros de fibras.

En la Tabla 2 se puede observar que los resultados obtenidos para las diferentes procedencias son similares, ubicándose en el rango de 0,52 – 0,55 g/cm³; sin existir diferencia significativa entre ellas, lo que corrobora los elementos antes mencionados.

Tabla 2: Densidad básica por procedencia.

| Procedencia | Densidad (g/cm ³) |
|-------------|-------------------------------|
| La Manaja | 0,527124 a |
| Mina Dora | 0,533394 a |
| Galalón | 0,536023 a |
| Viñales | 0,543170 a |
| La Jagua | 0,554764 a |

Resultados con la misma letra no presentan diferencia significativa para $p < 0,05$

Densidad al 12 % de humedad

La densidad al 12 % es la que normalmente es utilizada para la comparación entre especies; determinada con peso y volumen al 12 % de humedad, también es llamada densidad normal. En la Tabla 3, se aprecia que la procedencia influye grandemente sobre las propiedades de la madera. La Jagua (0,70 g/cm³) presenta la mayor densidad normal, mientras la de La Manaja (0,653775) tiene la densidad más baja.

Tabla 3: Densidad al 12%.

| Procedencia | |
|--------------------|--------------------|
| Viñales | 0,681125 ab |
| La Jagua | 0,702681 a |
| Galalón | 0,664485 ab |
| Mina Dora | 0,669165 ab |
| La Manaja | 0,653775 b |

Resultados con la misma letra no presentan diferencia significativa para $p < 0,05$

En la Tabla 4 se aprecia que los mayores valores de densidad verde se encuentran en la procedencia Viñales (0,925248), con los valores más bajos en la procedencia Galalón (0,86020); lo que demuestra la influencia de la procedencia sobre las propiedades de la madera.

Tabla 4: Densidad verde por procedencia.

| Procedencia | |
|--------------------|--------------------|
| Viñales | 0,925248 a |
| La Jagua | 0,897013 ab |
| Galalón | 0,860201 b |
| Mina Dora | 0,890338 ab |
| La Manaja | 0,889927 ab |

Resultados con la misma letra no presentan diferencia significativa para $p < 0,05$

En la Tabla 5 se resumen las densidades por procedencia, destacando el hecho de que esta última presenta una determinada influencia sobre la densidad de la madera.

Tabla 5. Densidades por procedencia.

| Procedencias | Densidad en verde | Densidad al 12 % | Clasificación | Densidad anhidra | Densidad básica |
|---------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|------------------------|
| Viñales | 0,9234 | 0,6811 | Pesado | 0,6273 | 0,5431 |
| La Jagua | 0,8949 | 0,7027 | Muy pesado | 0,6125 | 0,5548 |
| Galalón | 0,8602 | 0,6474 | Pesado | 0,6151 | 0,5360 |
| Mina Dora | 0,8735 | 0,6692 | Pesado | 0,6141 | 0,5334 |
| La Manaja | 0,8927 | 0,6564 | Pesado | 0,5818 | 0,5292 |

Estos resultados difieren a los obtenidos por Ibáñez et al., (2002) sobre *Pinus tropicalis*. Cabe destacar que el autor obtuvo una densidad normal de 0,740 g/cm³ para la especie; sin embargo los resultados del presente trabajo arrojan valores de densidad normal inferiores a 0,70 en cuatro procedencias. Ello se debió a que el autor en su trabajo consideró un conjunto de muestras de diferentes sitios o localidades del país.

Contracción

A partir de los resultados expuestos en la Tabla 6, se aprecia una diferencia significativa entre las procedencias en cuanto a Contracción Volumétrica Total (CVT), Contracción Longitudinal (CL), y Contracción Tangencial (CT), principales parámetros en la deformación de la madera (Díaz et al., 1986). La procedencia La Jagua presenta mayor CVT, mientras que La Manaja es de menor CVT.

Tabla 6. Resumen del comportamiento de las propiedades físicas de las cinco procedencias.

| Procedencia | CVT | CL | CT | CR |
|--------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Viñales | 13,1483 ab | 0,7814 a | 7,8672 a | 6,102146 a |
| La Jagua | 14,0619 a | 0,6114 ab | 8,3636b c | 5,922116 a |
| Galalón | 12,6364 bc | 0,5084 cd | 7,5305 c | 5,693555 a |
| Minadora | 13,5308 ab | 0,5908 ab | 7,8069 ab | 6,502817 a |
| La Manaja | 12,5035 c | 0,3243 d | 7,3899 abc | 5,290729 a |

Resultados con la misma letra no presentan diferencia significativa para $p < 0,05$

Compresión paralela a la fibra

La madera en la dirección de las fibras resiste menos en compresión que en tracción, siendo la relación del orden de 0,50; aunque varían de una especie a otra (Lazo, 2003). Como se observa en la Tabla 7, las procedencias Viñales, La Jagua y Galalón presentan diferencias significativas para la compresión en comparación con las procedencias Mina Dora y Manaja.

La procedencia Viñales es la de mayor compresión (52,22 MPa), y la de menor compresión es la procedencia La Manaja (32,40 MPa). La procedencia Viñales resulta ser entonces desde ese punto de vista la que más carga podría soportar a la hora de la utilización del *Pinus tropicalis* como material estructural.

Tabla 7. Compresión por procedencia. Análisis Anova.

| Procedencia | |
|-------------|-----------|
| Viñales | 522,21 a |
| La Jagua | 519,23 a |
| Galalón | 514,130 a |
| Mina Dora | 350,52 bc |
| Manaja | 323,97 c |

Resultados con la misma letra no presentan diferencia significativa para $p < 0,05$

Correlación entre las propiedades de la madera y las variables dendrométricas de *Pinus tropicalis*.

Tabla 8. Correlación entre las variables dendrométricas y las propiedades de la madera.

| Variables dendrométricas (m) | Propiedades de la madera | | | | |
|------------------------------|--------------------------|--------|---------|-------|-------|
| | Dens | CVT | CL | CT | CR |
| Diámetro | 0,321* | 0,346* | - 0,150 | 0,133 | 0,264 |
| Altura Total | 0,014 | 0,167 | 0,107 | 0,075 | 0,201 |
| Altura de copa | 0,236 | 0,206 | - 0,036 | 0,080 | 0,189 |

| | | | | | |
|------------------|--------|--------|----------|---------|--------|
| Diámetro de copa | 0,352* | 0,295* | - 0,328* | - 0,010 | 0,340* |
|------------------|--------|--------|----------|---------|--------|

*Existe correlación con un 0,05 de nivel de significación.

En la Tabla 8 se puede apreciar que el diámetro tiene correlación con la densidad normal a un 32,1 %, y con la contracción volumétrica total (CVT) a un 34,6 %. Por otro lado el diámetro de copa es la variable dendrométrica que más se correlaciona con las propiedades físicas. Tiene una correlación de 35,2 % con la densidad normal y de 29,5 % con la contracción volumétrica total (CVT). El diámetro de copa es inversamente proporcional a la Contracción Longitudinal (CL) y la correlación con la contracción tangencial es de 34 %.

CONCLUSIONES

- Considerando todos los elementos antes expuestos se puede concluir que: la procedencia no influye sobre las propiedades físico-mecánicas de la madera.
- Los valores de compresión fueron superiores en las procedencias Viñales y La Jagua, coincidiendo estas con los mayores valores de densidad. El diámetro y el diámetro de copa son las variables dendrométricas que mejores niveles de correlación presentan en relación con las propiedades estudiadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. *Associação brasileira de normas técnicas: Normas técnicas*. Rio de Janeiro. 1997.
- ALVAREZ, D., et al.. *Tecnología da madeira*. AV Akademikerverlag GmbH & Co. KG Heinrich-Böcking-Str. 6-8 66121, Saarbrücken, Germany. Editorial Académica Española. 2013. ISBN 978-3-8473-5576-2
- DIAZ, A. et al. *Ciencia de la Madera*. Ciudad Habana, Cuba. Editorial ENPES. 1986.

- GARCIA, Y. *Adaptabilidad de seis procedencias de Pinus tropicalis Morelet en las condiciones ecológicas de Viñales, Pinar del Río*. Tesis de maestría. Universidad de Pinar del Río. Cuba. 2001.
- GONZALEZ, I. *Comportamiento de algunas propiedades físicas en la dirección radial de la madera de la especie de Pinus caribaea Morelet var. caribaea. Pinar del Río*. Tesis doctoral inédita. Universidad de Pinar del Río. Cuba. 2008.
- HILLIG, E. et al. Propriedades físicas da madeira de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Kuntze em função da posição no fuste para diferentes idades. Revista Cerne, Lavras, 2012. **18**(2). 257-263.
- IBAÑEZ, A. et al. *Propiedades y uso de 50 especies maderables que crecen en Cuba*. La Habana, Cuba. Ministerio de la Agricultura. 2002.
- ISO 3133 Wood – *Determination of ultimate strength in static bending*. International Organization for Standardization, CH-1211, Genève, SWITZERLAND. 1975.
- ISO 3787 Wood – Test methods – *Determination of ultimate stress in compression parallel to grain*. International Organization for Standardization, Genève, SWITZERLAND. Genève, SWITZERLAND. 1976.
- SCANAVACA, J. L., GARCIA, J. N. *Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de Eucalyptus uruphylla*. Revista Scientia Forestalis, 65, 1290-1297. 2004.
- SERRANO, J. R., et al. *Evaluación de características y propiedades tecnológicas para madera de Teca (Tectona grandis) de plantación*. CATIE. Costa Rica. 2002.
- SILVA OLIVEIRA, J. T.; TOMAZELLO, Jr, M.; FIELDER, N. C. Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*. Rev. Árvore 2010, **34**(5).
- ORMARSSON, S, DAHIBLOM, O. PERSSON, K. 1998. Influence of varying growth characteristics on stiffness grading of structural timber. In: Meeting 31 of CIB-W18, Document CIB-W18/31-5-1.
- UNE56531-77. *Características físico-mecánicas de la madera: Determinación del peso específico*.
- UNE56531-77. *Características físico-mecánicas de la madera: Determinación del peso específico*.

- VIGNOTE, S.; JIMENEZ PERIS, F. J.. *Tecnología de la madera*. Ed. MAPA- Mundi-Prensa. Madrid. 1999.
- ZOBEL, B. y J. TALBERT. *Técnicas del mejoramiento genético de árboles forestales*. Editorial Linusa. México. 1988.

Aceptado: 11/02/2014