

**VARIACIÓN DE LA DENSIDAD DE LA MADERA EN POBLACIONES NATURALES DE *Pinus oocarpa* SCHIEDE EX SCHLTDL. DEL ESTADO DE CHIAPAS, MÉXICO**

**WOOD DENSITY VARIATION IN NATURAL POPULATIONS OF *Pinus oocarpa* SCHIEDE EX SCHLTDL. FROM THE STATE OF CHIAPAS, MÉXICO**

**Benito N. Gutiérrez Vázquez<sup>1\*</sup>, Martín Gómez Cárdenas<sup>1</sup>, Salvador Valencia Manzo<sup>2</sup>, Eladio H. Cornejo Oviedo<sup>2</sup>, José A. Prieto Ruiz<sup>3</sup> y Mario H. Gutiérrez Vázquez<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Etlá, Oaxaca. Tels. Fax (951)521 5502, 521 6044, 521 6253 Ext. 131. <sup>2</sup>Departamento Forestal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. <sup>3</sup>Campo Experimental Valle de Guadiana, INIFAP. Durango, Dgo. <sup>4</sup>Ingeniero Forestal. Frontera Comalapa, Chiapas.

\* Autor para correspondencia (gutierrez.benito@inifap.gob.mx)

**RESUMEN**

El objetivo de este estudio fue determinar la variación de la densidad de la madera (peso seco/volumen verde) de tres poblaciones de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. del Estado de Chiapas, México. Las muestras de madera de árboles de tres poblaciones (Las Margaritas, Motozintla y Cintalapa) se obtuvieron de la distribución natural de la especie, con tamaños de muestra de 5 a 17 árboles; de la muestra se extrajo un cilindro de madera a 1.30 m de altura. Los resultados mostraron diferencias ( $P \leq 0.05$ ) en la densidad de la madera, con un promedio de  $0.56 \text{ g cm}^{-3}$  que corresponde a madera pesada, y una desviación estándar de  $0.078 \text{ g cm}^{-3}$ . La población de Cintalapa presentó mayor densidad de la madera ( $0.61 \text{ g cm}^{-3}$ ) que las de Motozintla y Las Margaritas ( $0.47$  y  $0.53 \text{ g cm}^{-3}$ ). La variabilidad encontrada indica la posibilidad de realizar selección por densidad de la madera, en programas de mejoramiento genético.

**Palabras clave:** *Pinus oocarpa*, densidad de la madera, variación.

**SUMMARY**

The objective of this study was to determine wood density (dry weight/fresh volume) variability among three populations of *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. located in the State of Chiapas, México. Wood samples were obtained at a 1.30 m height from five to 17 trees from each population. Results showed an average wood density of

$0.56 \text{ g cm}^{-3}$ , which is considered as heavy wood, with a standard deviation of  $0.078 \text{ g cm}^{-3}$ , and variability ( $P \leq 0.05$ ) among populations. The Cintalapa population showed a higher density ( $0.61 \text{ g cm}^{-3}$ ) than those from Motozintla and Las Margaritas ( $0.47$  and  $0.53 \text{ g cm}^{-3}$ ). The variability observed indicates that wood density might be used as selection criterion in breeding programs.

**Index words:** *Pinus oocarpa*, variation, wood density.

**INTRODUCCIÓN**

*Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. es uno de los pinos más comunes de México y Centroamérica. Esta especie alberga amplia variación por la diversidad de ambientes en los que crece de manera natural, desde el noroeste de México hasta el centro de Nicaragua (Dvorak y Donahue, 1993). Es una de las coníferas más utilizadas en el Estado de Chiapas, México, para establecer plantaciones, pero sin conocer la variación de las poblaciones.

La densidad es una característica importante de la madera, porque determina el valor y la utilidad de la misma y está altamente correlacionada con otras propiedades como la resistencia mecánica, la rigidez, la conductividad térmica y el calor específico (Tuset y Duran, 1986). Es factible realizar mejoramiento genético en este rasgo, debido a que en diversos estudios se ha encontrado variación en diferentes niveles, así como cierto control genético (Valencia y Vargas, 2001). Sin embargo, para cada especie en particular se requiere conocer el grado de variación que presenta la densidad de la madera, así como de otras características de importancia económica en las cuales se pretenda realizar mejoramiento genético.

El objetivo del presente estudio fue determinar la variación de la densidad básica de la madera en tres poblaciones naturales de *P. oocarpa* Schiede ex Schltdl. que se ubican en diferentes sitios y altitudes del Estado de Chiapas, México.

**MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio se llevó a cabo en tres poblaciones naturales de *Pinus oocarpa* ubicadas en los municipios de Motozintla, Las Margaritas y Cintalapa, del Estado de Chiapas (Cuadro 1). En cada población se eligieron sitios para la colecta de muestras de madera de los árboles; en Motozintla se seleccionaron cinco árboles (porque se trata de una población pequeña), mientras que en Las Margaritas fueron 11 árboles y en Cintalapa 17. En todos los casos se cuidó que la distancia entre árboles fuera mayor a 50 m. A cada árbol se le midió diámetro de copa, diámetro normal (a 1.3 m de altura), altura total, altura de fuste limpio y grosor de corteza, y se determinó

la rectitud de fuste. Adicionalmente, se registro información general del área.

De cada árbol seleccionado se extrajo un cilindro de madera a 1.30 m de altura de fuste, con un taladro de Pressler. Cada muestra se identificó con el número de la población y el número de árbol, y se guardó en un cilindro de plástico para su protección durante el traslado al laboratorio. Se determinó la densidad relativa (peso seco/volumen verde) de la madera, con el método empírico propuesto por Valencia y Vargas (1997). Para estudiar el efecto de la población, se consideró un diseño completamente al azar que corresponde al modelo:

$$Y_{ij} = \mu + P_i + \epsilon_{ij}$$

$i = 1,2,3$  (poblaciones),  $j = 1 \dots n$  árboles (5, 11 y 17) en cada población; donde:  $Y_{ij}$  = valor de la observación;  $\mu$  = media general;  $P_i$  = efecto de la  $i$ -ésima población; y  $\epsilon_{ij}$  = error experimental (árbol muestra).

De acuerdo con el modelo descrito se realizó un análisis de varianza para la variable densidad de la madera, con el paquete estadístico SAS versión 9.1 (SAS Institute, 1999).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectaron diferencias ( $P \leq 0.05$ ) para la densidad de la madera entre las tres poblaciones naturales de *P. oocarpa* (Cuadro 2). El promedio de todos los individuos de la densidad de la madera fue de  $0.56 \text{ g cm}^{-3}$ , con valores mínimo de  $0.43$  y máximo de  $0.74 \text{ g cm}^{-3}$ , y un coeficiente de variación (CV) de  $13.9\%$  (Cuadro 3). La respectiva desviación estándar fue de  $\pm 0.078 \text{ g cm}^{-3}$  y el error estándar de  $0.014 \text{ g cm}^{-3}$ . Este promedio estimado ( $0.56 \text{ g cm}^{-3}$ ) permite clasificarla como una madera "pesada", de acuerdo con la clasificación de Markward y Heckt (Echenique y Díaz, 1969).

El CV estimado ( $13.9\%$ ) es superior al  $9.1\%$  reportado por Zúñiga y Valencia (Com. personal)<sup>1</sup> para poblaciones y árboles de *Pseudotsuga mensiezii* (Mirb.) Franco. Se postula entonces que el criterio de densidad de la madera puede ser utilizado en programas de mejoramiento por presentar variabilidad; además, se considera una característica altamente heredable, con valores de  $0.65$  para *Pinus patula* Schl. et Cham. (Valencia et al., 1996) y  $0.69$  para *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake (Sánchez et al., 2005), y porque su madera es de alto valor económico (Zobel y van Buijtenen, 1989). La variación aquí encontrada en *P. oocarpa* ofrece oportunidades para programas de mejoramiento genético.

**Cuadro 1. Descripción climática y topográfica de tres poblaciones de *Pinus oocarpa* del Estado de Chiapas.**

Población	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud (m)	Precip. media anual (mm)	Temp. media anual (°C)	Edad promedio (años)
Motozintla	15°20'60"	92°15'01"	1570	1500	14	40
Las Margaritas	16°27'44"	91°49'44"	1992	1350	17	37
Cintalapa	16°25'01"	93°58'46"	825	1150	21	39

**Cuadro 2. Análisis de varianza de la densidad de la madera de las poblaciones de *Pinus oocarpa* del Estado de Chiapas.**

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculada	Pr > F
Población	2	0.0424822	11.73	0.0002
Error	28	0.0036229		
Total	30			

**Cuadro 3. Estadísticas descriptivas para la densidad de la madera de las poblaciones de *Pinus oocarpa* del Estado de Chiapas.**

Población	Obsvrs.	Mínimo	Medio	Máximo	Desviación estándar	Error estándar	Coefficiente de variación
Las Margaritas	11	0.44	0.53 b	0.58	0.043	0.013	8.2
Motozintla	5	0.43	0.47 b	0.53	0.046	0.023	9.7
Cintalapa	17	0.50	0.61 a	0.74	0.071	0.017	11.6

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey = 0.05).

<sup>1</sup>Zúñiga B M C, S Valencia M (1999) Variación de la densidad de la madera de *Pseudotsuga* entre árboles y entre localidades del Norte de México. In: Resúmenes del IV Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales. Durango, México. pp:119-120.

La densidad promedio encontrada en la madera de *P. oocarpa* ( $0.56 \text{ g cm}^{-3}$ ) es superior a la de  $0.42 \text{ g cm}^{-3}$  reportada por Ladrach (Com. personal)<sup>2</sup>, pero similar a la de  $0.55 \text{ g cm}^{-3}$  reportada por Reyes *et al.* (1992) en la misma especie. En comparación con otras especies del género *Pinus*, la de *P. oocarpa* es mayor que la de *P. greggii* Engelm. con  $0.45 \text{ g cm}^{-3}$  (Cornejo *et al.*, 2009); que *P. arizonica* Engelm. con  $0.42 \text{ g cm}^{-3}$  (Borja y Tamarit, 1997); que *P. patula* con  $0.45 \text{ g cm}^{-3}$  (Reyes *et al.*, 1992); que *P. elliotii* Engelm. con  $0.40 \text{ g cm}^{-3}$  y que *P. pseudostrabus* Lindl. con  $0.41 \text{ g cm}^{-3}$  (Ladrach, Com. personal)<sup>3</sup>; y similar a *P. caribaea* Morelet con  $0.51 \text{ g cm}^{-3}$  (Reyes *et al.*, 1992).

Para diversas características las diferencias atribuibles al efecto de localidades por lo general se asocian con la adaptabilidad de las especies, mientras que las atribuibles a árboles están más asociadas con la heredabilidad a nivel individual (Zobel y Talbert, 1988). En este caso, la población del Cintalapa presentó mayor densidad de la madera que las poblaciones de Motozintla y Las Margaritas (Cuadro 3), sin que ello signifique que este valor alto sea necesariamente heredable.

Las diferencias encontradas en este estudio dentro de la misma especie, pueden ser debidas al ambiente y al efecto genético. Aquí se postula que las diferencias encontradas entre poblaciones son principalmente debidas al efecto ambiental y en menor grado al control genético, como lo reportaron Zobel y Talbert (1988) para *Pinus taeda* L. del sureste de Estados Unidos.

Debido a que no se conoce la relación de la densidad de la madera en diferentes condiciones de sitio y crecimiento en *Pinus oocarpa*, conviene estudiar si la densidad de la madera de esta especie es afectada por la velocidad de crecimiento, y en qué magnitud, así como para detectar los factores del ambiente que más le afectan y el grado de control genético a nivel de procedencia, ya que en géneros como *Abies* y *Picea* se ha encontrado una relación negativa entre la densidad de la madera y la velocidad de crecimiento (Zobel y Talbert, 1988); no obstante, en otros géneros los resultados no son claros (Daniel *et al.*, 1982). En su revisión acerca del género *Pinus*, Zobel y van Buijtenen (1989) encontraron que en la mayoría de los casos no hay correlación entre ambas variables; en algunos estudios se encontró una débil

relación negativa, como la reportada por Valencia y Vargas (2001) para *Pinus patula* con  $-0.07$  y  $-0.36$ . En contados casos se ha encontrado una relación positiva, como en *Araucaria cunninghamii* Aiton ex A. Cunn. (Eisemann *et al.*, 1990), entre la densidad de la madera y la altura ( $0.69$ ) y el diámetro ( $0.32$ ) del fuste.

Las poblaciones de Motozintla y Las Margaritas, ubicadas a mayor altitud y en terreno con mayor pendiente, presentaron menores valores de densidad de la madera que la población de Cintalapa ubicada a menor altitud y con menor pendiente del terreno. Parecería entonces que a medida que aumenta la altitud y la pendiente, disminuye la densidad de la madera de *P. oocarpa*. Sin embargo, Zamora *et al.* (2007) observaron lo contrario en *Pinus montezumae* Lamb., ya que los valores medios de densidad de la madera mostraron una tendencia a incrementarse a medida que aumentaba la altitud.

Para precisar el potencial de las poblaciones evaluadas para el establecimiento de futuras plantaciones destinadas a obtener productos de calidad y con la densidad de la madera deseada, conviene realizar ensayos de procedencias-progenie en varios sitios de estas poblaciones, para así determinar qué tan heredable es la densidad de la madera y si la mayor densidad de Cintalapa es un efecto genético o ambiental.

## CONCLUSIONES

Los resultados mostraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tres procedencias de *Pinus oocarpa*, en cuanto a su densidad de madera. La densidad promedio fue de  $0.56 \text{ g cm}^{-3}$ , por lo que se le puede clasificar como una madera pesada. La población de Cintalapa presentó mayor densidad de la madera ( $0.61 \text{ g cm}^{-3}$ ) que las poblaciones de Motozintla ( $0.47 \text{ g cm}^{-3}$ ) y Las Margaritas ( $0.53 \text{ g cm}^{-3}$ ). Los resultados muestran la posibilidad de realizar selección por la densidad de la madera en programas de mejoramiento genético.

## AGRADECIMIENTOS

Al gobierno del Estado de Chiapas y a la Comisión Forestal Sustentable del Estado de Chiapas, por el apoyo otorgado para el proyecto "Establecimiento y registro de unidades productoras de germoplasma forestal en el Estado de Chiapas".

<sup>2</sup>W E Ladrach (1987) Calidad de Madera de *Pinus oocarpa*. Informe de Investigación No. 116. Investigación Forestal, Smurfit Cartón de Colombia. Cali, Colombia. 7 p.

<sup>3</sup>W E Ladrach (1986) Control de las Propiedades de la Madera en Plantaciones con Especies Exóticas. Informe de Investigación No. 106. Investigación Forestal, Smurfit Cartón de Colombia. Cali, Colombia. 10 p.

## BIBLIOGRAFÍA

- Borja de la R A, J C Tamarit J (1997)** Propiedades tecnológicas de la madera de *Pinus arizonica* Engelm. del estado de Durango. Rev. Chapingo S. C. For. 1:103-108.
- Cornejo O E H, E Bucio Z, B Gutiérrez V, S Valencia M, C Flores L (2009)** Selección de árboles y conversión de un ensayo de procedencias a un rodal semillero. Rev. Fitotec. Mex. 32:87-92.
- Daniel T W, J A Helms, F S Baker (1982)** Principios de Silvicultura. McGraw-Hill, México, D. F. 490 p.
- Dvorak W S, J K Donahue (1993)** Reseña de Investigaciones de la Cooperativa CAMCORE 1980-1992. Departamento Forestal, Colegio de Recursos Forestales, Universidad Estatal de Carolina del Norte. Raleigh, North Carolina, USA. 94 p.
- Echenique M R, V Díaz G (1969)** Algunas Características Tecnológicas de la Madera de 11 Especies Mexicanas. Boletín Técnico Número 27. INIF. México. 61 p.
- Eisemann R L, K J Harding, D B Eccles (1990)** Genetic parameters and predicted selection responses for growth and wood properties in a population of *Araucaria cunninghamii*. Silvae Genet. 39:206-216.
- Reyes G, S Brown, J Chapman, A Lugo E (1992)** Wood densities of tropical Tree species. Gen. Tech. Rep. SO-88. U.S.D.A., Forest Service. Forest Experiment Station. New Orleans, LA, USA. 15 p.
- Sánchez I E, J J Vargas H, J López U, A Borja de la R (2005)** Parámetros genéticos del crecimiento y densidad de madera en edades juveniles de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. Agrociencia 39:469-479.
- SAS Institute (1999)** SAS/STAT Guide for Personal Computers. Version 8. Cary, NC. USA. 518 p.
- Tuset R, F Durán (1986)** Manual de la Madera Comercial, Equipos y Procesos de Utilización. Ed. Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay: 688 p.
- Valencia M S, J J Vargas H (2001)** Correlaciones genéticas y selección simultánea del crecimiento y densidad de la madera en *Pinus patula*. Agrociencia 35:109-120.
- Valencia M S, J J Vargas H (1997)** Método empírico para estimar la densidad básica en muestras pequeñas de madera. Madera y Bosques 3:81-87.
- Valencia M S, J J Vargas H, J D Molina, J Jasso M (1996)** Control genético de la velocidad de crecimiento y características de la madera en *Pinus patula*. Agrociencia 30:265-273.
- Zamora C E M, A Pérez A, R Cano F, E Fernández P, O G Vázquez C, A Aparicio R (2007)** Variación natural de la densidad de la madera en *Pinus montezumae* Lamb. en tres altitudes del parque nacional la Malinche, Tlaxcala. Foresta Veracruzana 9:33-37.
- Zobel B J, J P van Buijtenen (1989)** Wood Variation, its Causes and Control. Ed. Springer Verlag. Alemania. 363 p.