

# Heredabilidad en caracteres cuantitativos en un ensayo de vivero en *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham. de la cuenca del río angulo, Michoacán

Carlos Alberto Ramírez-Mandujano

Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

## Resumen

Un estudio previo determinó que *Pinus leiophylla* en la cuenca del Río Angulo tiene serios problemas reproductivos. Se estableció un ensayo de progenies en vivero, en Zacapu, Michoacán, con fines de selección y para determinar los valores de heredabilidad de caracteres cuantitativos tempranos a tres niveles: individual, familiar e individual dentro de familias. Se incluyeron 30 de 48 familias recolectadas de medios hermanos maternos en un diseño experimental de bloques completos al azar con cinco bloques y dos plantas por bloque. A los 19 meses de la siembra hay diferencias entre familias ( $P < 0.01$ ), por altura de planta destacaron las familias 25 y 42 y por diámetro basal la 12. Los valores de heredabilidad para altura de la planta fueron 0.25, 0.37 y 0.22 a nivel individual, de familias y de individuos dentro de familias respectivamente, que son moderados y comparables con los de otros autores, mientras que para diámetro basal se tuvieron 0.05, 0.05 y 0.07 en el mismo orden, que se consideran muy bajos. El porcentaje de varianza aditiva respecto de la varianza genotípica para esta última variable fue de solo 9.5 %, siendo la responsable de la baja heredabilidad. La correlación genotípica entre las variables medidas fue de -0.23. Es factible la selección por altura de planta.

**Palabras clave:** *Pinus leiophylla*, ensayo de progenies, heredabilidad, correlación genotípica.

## Abstract

A previous study found that *Pinus leiophylla* in the basin of the Angulo River, has serious reproductive problems. A progeny trial was established in the nursery, in Zacapu, Michoacán, for the purpose of selection and to determine the values of heritability of early quantitative characters at three levels: individual, family and individual within families. We included 30 of 48 collected maternal full-sib families in an experimental design of randomized complete blocks with five blocks and two plants per block. At 19 Months after sowing there are differences among families ( $P < 0.01$ ), by plant height the best families are 25 and 42 and 12 by basal diameter. The values of heritability for plant height were 0.25, 0.37 and 0.22 individual, familiar and individuals within families respectively, which are moderate and comparable with those of other authors, while for basal diameter were 0.05, 0.05 and 0.07 in the same order, which are considered to be very low. The percentage of additive variance with respect to genotypic variance for this last variable was only 9.5%, being responsible for low heritability. The genotypic correlation between the measured variables was - 0.23. Selection by plant height is feasible.

**Index words:** *Pinus leiophylla*, progeny test, heritability, genotypic correlation.

## Introducción

*Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham. es una especie de importancia ecológica y económica que crece en poblaciones naturales distribuidas desde el sur de Arizona y Nuevo México en los Estados Unidos hasta el Estado de Oaxaca, a altitudes de 1500 a 3600 msnm y precipitaciones de 700 a 1700 mm anuales en la parte baja de las montañas junto a la frontera agrícola (Perry, 1991). Los productos que se obtienen de esta especie son básicamente resina, pulpa y madera para construcción (Perry, 1991). Los incendios forestales y el cambio de uso del suelo para el establecimiento de cultivos agrícolas y frutícolas han sido la principal causa de destrucción de poblaciones conformadas con árboles de esta especie (Gómez *et al.*, 2010) Es importante hacer notar la capacidad de las plántulas de esta especie para sobrevivir y crecer en condiciones de humedad restringida (Martínez-

Trinidad *et al.*, 2002), cierta tolerancia a incendios (Dvorak *et al.*, 2007) y su alta producción de semillas (Musálem y Martínez, 2003) con alternancia moderada en períodos de tres a cinco años e inicio precoz de la etapa reproductiva a los cinco o seis años (López-Upton, 2003). Este pino rara vez forma rodales puros y crece en poblaciones aisladas y de baja densidad (Perry, 1991).

Un estudio previo sobre indicadores reproductivos (Morales *et al.*, 2010) determinó que las poblaciones de la Cuenca del Río Angulo en Michoacán tienen serios problemas reproductivos probablemente por depresión debida a endogamia (Charlesworth y Charlesworth, 1999; Mápula-Larreta *et al.*, 2007), por lo que urge un programa de rescate. Para esto, una de las actividades necesarias es la determinación de la variabilidad genética que permita estimar la heredabilidad de caracteres de importancia económica y con esto el avance esperado en un programa de selección (Zobel y Talbert, 1992; Rodríguez y López, 2002).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el crecimiento de progenies de medios hermanos maternos producto de

✉ **Autor de correspondencia:** Carlos Alberto Ramírez Mandujano. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. Email: cramirzm@umich.mx

polinización libre y determinar valores de heredabilidad y correlación genética a nivel de vivero que sirvan como base para un futuro programa de mejoramiento genético.

### Materiales y métodos

La semilla recolectada por Morales *et al.* (2010) representa cuatro transectos que cubren la distribución natural de la especie en la Cuenca del Río Angulo (**fig. 1**). De ésta, 48 familias se llevaron a germinación en diciembre de 2010 con una muy pobre respuesta (13.27 %). En septiembre de 2011, a 9 meses de la siembra, se trasplantaron 10 plantas de cada una de 30 de las siguientes familias de medios hermanos: 6, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41 y 42, a charolas copper block de 125 cc con sustrato comercial Cosmo-peat mezclado con tierra de monte que se comercializa como tierra para jardín en proporción 3:1, bajo diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones y dos plantas por bloque.

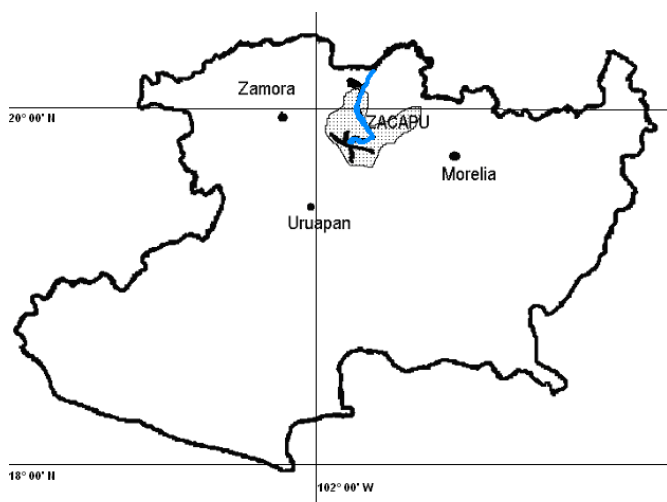


Figura 1. Ubicación de las rutas de muestreo de *Pinus leiophylla* en el suroeste de la cuenca del Río Angulo (sombreada) y cauce del río.

En julio de 2012 (19 meses después de la siembra) se midió la altura de planta y diámetro basal de tallo. Se hicieron análisis estadísticos con los procedimientos ANOVA, incluyendo la prueba de Tukey, y VARCOMP opción REML del paquete estadístico SAS (Sas Institute, 2003) y se estimó la heredabilidad y correlación genética entre ambos caracteres.

El modelo estadístico utilizado es:

$$y_{ijk} = \mu + t_i + b_j + f_i^*b_j + \epsilon_{ijk}$$

Donde:  $y_{ij}$  = Variable respuesta,  $\mu$  = Media general,  $f_i$  = Efecto de la familia  $i$ ,  $b_j$  = Efecto del bloque  $j$ ,  $\epsilon_{ijk}$  = Error intraparcelar.

Sobre la base de que los individuos de una misma familia eran medios hermanos se hicieron las estimaciones de heredabilidad en sentido estricto a nivel de plantas individuales

( $h^2_i$ ), familiar ( $h^2_f$ ), y de individuos dentro de familia ( $h^2_{i(f)}$ ), con las siguientes fórmulas (Zobel y Talbert, 1992):

$$h^2_i = 4\sigma^2_f / (\sigma^2_f + \sigma^2_{b*f} + \sigma^2_e)$$

$$h^2_f = \sigma^2_f / (\sigma^2_f + (\sigma^2_{b*f})/b + (\sigma^2_e)/nb)$$

$$h^2_{i(f)} = 3\sigma^2_f / \sigma^2_e$$

Donde:  $\sigma^2_f$  = varianza entre familias,  $\sigma^2_{b*f}$  = varianza de la interacción bloque x familia,  $\sigma^2_e$  = varianza del error intraparcelar,  $n$  = numero de individuos por parcela y  $b$  = numero de bloques.

Se estimó también la proporción de varianza aditiva y no aditiva de acuerdo a la fórmula de Márquez y Sahagún (1994).

$$\sigma^2_A = 4\sigma^2_f$$

$$\sigma^2_D = \sigma^2_e - 3\sigma^2_f$$

Donde:  $\sigma^2_A$  = varianza aditiva,  $\sigma^2_D$  = varianza no aditiva,  $\sigma^2_f$  = varianza entre familias,  $\sigma^2_e$  = varianza del error intraparcelar.

La correlación fenotípica fue estimada por medio de la correlación de Pearson. Para estimar la correlación genética entre ambos caracteres se combinaron las fórmulas de White y Hodge (1989) y Falconer y Mackay (1996).

$$r_G = (\sigma^2_{f(x+y)} - (\sigma^2_{f_x} + \sigma^2_{f_y})/2) / (\sigma^2_{f_x} * \sigma^2_{f_y})^{1/2}$$

Donde:  $r_G$  = correlación genética;  $\sigma^2_{f(x+y)}$  = varianza de familias para la suma de las variables  $x$  e  $y$ ;  $\sigma^2_{f_x}$  = varianza de familias para la variable  $x$ ;  $\sigma^2_{f_y}$  = varianza de familias para la variable  $y$ .

### Resultados y discusión

La altura promedio fue de 155.3 mm y 3.21 mm para el diámetro basal. Para la dos variables hubo diferencias significativas entre familias ( $P < 0.01$ ), sin embargo de acuerdo a la prueba de Tukey las diferencias por altura correspondieron solo a la superioridad de las familias 25 y 42 sobre la 24 y la 35, y por diámetro basal a la superioridad de la familia 12 sobre las familias 28, 34, 16, 37, 17, 41, 22, 18, 20, 24, 32, 39, 21, 19, 31, 11 y 35.

La varianza de familias representó 6% de la varianza total para altura de planta y solo 1% para diámetro basal (**tabla 1**), indicando que la primera variable es más susceptible a ser modificada por selección. Para ambos caracteres la varianza del error intraparcelar fue la de mayor magnitud. Valores similares han obtenido otros autores (Rodríguez y López, 2002; Sánchez *et al.*, 2003; Viveros *et al.*, 2005).

Los valores de varianza aditiva y no aditiva, así como los de heredabilidad se presentan en la **tabla 2**. Para altura de planta la varianza aditiva representó el 28% de la varianza genotípica,

Tabla 1. Valores medios de las variables evaluadas y componentes de varianza para bloques ( $\sigma^2_b$ ), familias ( $\sigma^2_f$ ), interacción bloques x familias ( $\sigma^2_{b*f}$ ) y error intraparcelar ( $\sigma^2_e$ ).

Variable	Media (mm)	Componentes de varianza (%)			
		$\sigma^2_b$	$\sigma^2_f$	$\sigma^2_{b*f}$	$\sigma^2_e$
Altura de planta	155.3	3	6	9	82
Diámetro Basal	3.21	2	1	42	55

**Tabla 2. Valores de varianza aditiva ( $\sigma^2_A$ ), no aditiva ( $\sigma^2_D$ ) y de heredabilidad a nivel individual ( $h^2_i$ ), de familias ( $h^2_f$ ) y de individuos dentro de familias ( $h^2_{i(f)}$ ).**

Variable	% $\sigma^2_A$	% $\sigma^2_D$	$h^2_i$	$h^2_f$	$h^2_{i(f)}$
Altura de planta	27.6	72.4	0.25	0.37	0.22
Diámetro basal	9.5	90.5	0.05	0.05	0.07

mientras que para diámetro basal fue de solo el 10%. Esto se refleja en los valores de heredabilidad, que fueron moderados para altura de planta pero bajos para diámetro basal, lo cual coincide con trabajos similares donde generalmente se han obtenido valores inferiores para ésta segunda variable en comparación con la primera (Sánchez *et al.*, 2003; Viveros *et al.*, 2005; Salaya-Domínguez *et al.*, 2012). El bajo valor de heredabilidad para diámetro basal es contrario a lo que han obtenido otros autores y pudiera atribuirse a bajo tamaño de muestra, dado que a mayor tamaño promedio de familias se espera mayor valor de heredabilidad a nivel de familias (White *et al.*, 2007), pero puede también haber un efecto de cuello de botella si se forma una población con las progenies ensayadas. Dado que el número de bloques y de plantas por bloque fue muy pequeño, se podían esperar valores mayores para la heredabilidad a nivel de familias, pero no fue así. El número de familias está dentro de los límites que mencionan Falconer (1971) y Xie and Mosjidis (1997), pero el de plantas por bloque si está por debajo del recomendado de seis en cuatro bloques por estos últimos autores.

La correlación genotípica tuvo un valor de -0.23, prácticamente el mismo valor (-0.22) que el obtenido por Viveros *et al.* (2005), y que significa que la selección por altura tendrá una respuesta correlacionada negativa sobre el diámetro del tallo, superior a la que se podría esperar por selección directa debido a la baja heredabilidad del diámetro. La correlación fenotípica tuvo un valor positivo de 0.39, hecho similar al encontrado por Viveros *et al.* (2007).

## Conclusiones

Hubo diferencias entre familias para ambas variables. La heredabilidad para altura de planta estuvo dentro de los límites comunes de acuerdo a trabajos similares en otras especies, pero para diámetro de tallo los valores fueron muy bajos a causa de la baja proporción de la varianza aditiva. Esto pudiera ser efecto del bajo tamaño de muestra. La selección por altura de planta tuvo una modesta correlación genética negativa con el diámetro basal.

## Referencias

Charlesworth B y Charlesworth D (1999) The genetic basis of inbreeding depression. *Genetical Research* 74: 329–340.

Dvorak WS, Hodge GR y Kietzka JE (2007) Genetic variation in survival, growth, and stem form of *Pinus leiophylla* in Brazil and South Africa and provenance resistance to pitch canker. *Southern Hemisphere Forestry Journal* 69(3): 125–135.

Falconer DS (1971) *Introducción a la genética cuantitativa*. Traducción por Fidel Márquez Sánchez. CECSA, México. 430 p.

Falconer DS y Mackay TF (1996) *Introduction to quantitative genetics*. 4a ed. England : Longman, 1996. 464 p.

Gómez JDM, Ramírez CH, Jasso JM y López JU (2010) Variación en características reproductivas y germinación de semillas de *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33(4): 297-304.

López-Upton J (2003) *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham. In: Tropical seed manual. Part II. Species description. 619-621. Disponible en: <http://www.rngr.net/Publications/ttsm/Folder.2003-07-11.4726> (consultado el 31 de agosto de 2007).

Mápula-Larreta M, López-Upton J, Vargas-Hernández JJ y Hernández-Livera A (2007) Reproductive indicators in natural populations of Douglas-fir in Mexico. *Biodiversity and Conservation* 16:727–742.

Martínez-Trinidad T, Vargas-Hernández JJ, Muñoz-Orozco A y López-Upton J (2002) Respuesta al déficit hídrico en *Pinus leiophylla*: consumo de agua y crecimiento en plántulas de diferentes poblaciones. *Agrociencia* 36:365-376.

Márquez SF y Sahagún JC (1994) Estimation of genetic variances with maternal half-sib families. *Maydica* 39: 197-201.

Morales-Velázquez MG, Ramírez-Mandujano CA, Delgado-Valerio P y López-Upton J (2010) Indicadores reproductivos de *Pinus leiophylla* Schltdl. Et Cham. en la cuenca del Río Angulo, Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 1(2): 31-38.

Musálem MA y Martínez SG (2003) *Monografía de Pinus leiophylla Schl. et Cham.* Inifap. Libro Técnico No. 8. División Forestal. 85 p.

Perry PJ (1991) *The pine of Mexico and Central America*. Timber Press. Portland, Oregon. 231 p.

Rodríguez GH y López CR (2002) Variación genética de progenies de *Pinus caribea* var. Hondurensis Barret y Golfari. Quebracho. *Revista de Ciencias Forestales*. 9:19-28.

Salaya-Domínguez JM, López-Upton J y Vargas-Hernández J (2012) Variación genética y ambiental en dos ensayos de progenies de *Pinus patula*. *Agrociencia* 46: 519-534.

Sánchez MV, Salazar JG, Vargas HJJ, López JU y Jasso JM (2003) Parámetros genéticos y respuesta a selección en características de crecimiento de *Cedrela odorata* L. *Rev. Fitotecnia Mexicana* 26(1): 19-27.

SAS Institute (2003) *SAS version 9.1.3 for Windows*. SAS Institute, Inc. Cary, NC.

Viveros VH, Sáenz CR y Guzmán RRR (2005) Control genético de características de crecimiento e vivero de plántulas de *Pinus oocarpa*. *Rev. Fitotecnia Mexicana* 28(4): 333-338.

White TL y Hodge GR (1989) *Predicting Breeding Values with Applications in Forest Tree Improvement*. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands. 368 p.

White TL, Adams WT y Neale DB (2007) *Forest Genetics*. CABI. Oxfordshire. 682 p.

Xie C y Mosjidis JA (1997) Influence of sample size on precision of heritability and expected selection response in red clover. *Plant Breeding* 116(1): 83-88.

Zobel B y Talbert J (1992) *Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales*. Limusa. México, D. F. 545 p.