

## ALTITUDINAL GENETIC VARIATION AMONG *Pinus pseudostrabus* POPULATIONS FROM MICHOACÁN, MÉXICO. TWO LOCATION SHADEHOUSE TEST RESULTS

### VARIACIÓN GENÉTICA ALTITUDINAL ENTRE POBLACIONES DE *Pinus pseudostrabus* DE MICHOACÁN, MÉXICO. RESULTADOS DE ENSAYO EN CASAS DE SOMBRA EN DOS LOCALIDADES

Cuauhtémoc Sáenz-Romero<sup>1\*</sup>, Gerald E. Rehfeldt<sup>2</sup>, José Carmen Soto-Correa<sup>1</sup>, Selene Aguilar-Aguilar<sup>3,5</sup>,  
Verónica Zamarripa-Morales<sup>3</sup> and Javier López-Upton<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (IIAF-UMSNH). Km 9.5 Carretera Morelia-Zinapécuaro. 58880, Tarímbaro, Michoacán, México. <sup>2</sup>Forestry Sciences Laboratory, Mountain Research Station, USDA Forest Service. 1221 S. Main, Moscow, Idaho 83843, USA. <sup>3</sup>Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Av. Francisco J. Mújica s/n, Col. Felicitas del Río. Morelia, Michoacán, México. <sup>4</sup>Forestal, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Km. 36.5 Carr. México-Texcoco. 56230 Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. <sup>5</sup>Present address: Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California (ICA-UABC). Carretera a Delta s/n. 21705, Ejido Nuevo León, Baja California, México.

\*Corresponding autor (csaenzromero@gmail.com)

#### SUMMARY

*Pinus pseudostrabus* Lindl. is the forest species most important economically in the state of Michoacán, at central-west México. We investigated genetic variation among *P. pseudostrabus* populations along an altitudinal gradient in the native indian community of Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. Cones were collected from eight populations at 100 m of altitudinal intervals between 2200 m and 2900 m. Seedlings were grown for approximately two years in two shadehouse environments at Morelia, Michoacán, México and at Moscow, Idaho, USA. Total height was periodically measured during the second growing season to estimate a series of growth indexes for both locations, and dry weights were obtained only for the Morelia test. For the Moscow test there were significant differences ( $P < 0.05$ ) among populations for cessation of growth, duration of the growth period, and final height. For the Morelia tests there were differences among populations for foliage, shoot and total dry weight ( $P < 0.025$ ), and significant differences for stem dry weight at  $P = 0.055$  level. There was a strong altitudinal cline for dry weight variables, with seedlings originated from populations from the lowest altitudes having more biomass ( $r^2 = 0.80$ ,  $P = 0.003$ ). Populations separated altitudinally by about 295 m are likely to be genetically different. We suggest delineation of three altitudinal seed zones (Zone I: 2100 m to 2400 m; Zone II: 2400 m to 2700 m; Zone III: 2700 m to 3000 m), that can be translated into climatic zones delimited according to mean annual temperatures or by degree days  $> 5$  °C. To accommodate climate change we suggest implementing assisted migration programs by transferring populations 300 m upwards to maintain adaptiveness of populations for future climates.

**Index words:** *Pinus pseudostrabus*, altitudinal genetic variation, altitudinal seed zoning, assisted migration, climatic change.

#### RESUMEN

*Pinus pseudostrabus* Lindl. es la especie forestal económicamente más importante en el Estado de Michoacán, al centro-oeste de México. Se investigó la variación genética entre poblaciones de *P. pseudostrabus* a lo largo de un gradiente altitudinal en los bosques de la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. Se colectaron conos de ocho poblaciones a intervalos altitudinales de 100 m, entre 2200 m y 2900 m. Las plantas se crecieron por aproximadamente dos años en dos diferentes ambientes de casas de sombra: en Morelia, Michoacán, México y en Moscow, Idaho, USA. La altura total se midió periódicamente durante la segunda estación de crecimiento para estimar una serie de índices de crecimiento para ambas localidades, y en Morelia se estimaron variables de peso seco. En el ensayo de Moscow hubo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre poblaciones para terminación, duración del período de crecimiento y para altura final. En el ensayo de Morelia hubo diferencias significativas entre poblaciones para peso seco de follaje, parte aérea y total ( $P < 0.025$ ), y para peso seco del tallo al nivel de  $P = 0.055$ . Existió un fuerte patrón clinal altitudinal para las variables de peso seco, en donde las plantas originadas de poblaciones de la menor altitud tuvieron mayores valores de biomasa ( $r^2 = 0.80$ ,  $P = 0.003$ ). Es probable que las poblaciones separadas por 295 m de diferencia altitudinal sean genéticamente diferentes. Aquí se propone la delimitación de tres zonas altitudinales (Zona I: 2100 m a 2400 m; Zona II: 2400 m a 2700 m; Zona III: 2700 m a 3000 m), que se pueden convertir en zonas climáticas delimitadas por

temperatura media anual o grados día  $> 5$  °C. Para dar cabida al cambio climático, se sugiere implementar programas de migración asistida para transferir poblaciones hacia arriba (300 m), como una medida de adaptación de las poblaciones a los climas futuros.

**Palabras clave:** *Pinus pseudostrobus*, cambio climático, migración asistida, variación genética altitudinal, zonificación altitudinal de semillas.

