

SPLINE MODELS OF CONTEMPORARY, 2030, 2060 AND 2090 CLIMATES FOR MICHOACÁN STATE, MÉXICO. IMPACTS ON THE VEGETATION

MODELOS “SPLINE” DE CLIMAS CONTEMPORÁNEO, 2030, 2060 Y 2090 PARA MICHOACÁN, MÉXICO. IMPACTOS EN LA VEGETACIÓN

Cuahtémoc Sáenz-Romero^{1*}, Gerald E. Rehfeldt², Nicholas L. Crookston², Pierre Duval³ and Jean Beaulieu⁴

¹Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (IIAF-UMSNH). Km 95 Carr. Morelia-Zinapécuaro. Tarímbaro, Michoacán. 58880, México. Phone: + (52)(443) 334 0475 ext. 118, Fax ext. 200. ²Forestry Sciences Laboratory, Rocky Mountain Research Station, USDA, Forest Service. 1221 S. Main, Moscow, Idaho, 83843, USA. ³Center de Foresterie des Laurentides, Service Canadien des Forêts, Ressources Naturelles Canada, 1055 rue du P.E.P.S., 10380 Succ. Sainte-Foy, Québec QC G1V4C7, Canada. ⁴Center Canadien sur la Fiebre de Bois, Service Canadien des Forêts, Ressources Naturelles Canada. 1055 rue du P.E.P.S., 10380 Succ. Sainte-Foy, Québec QC G1V 4C7, Canada.

*Corresponding author (csaenzromero@gmail.com)

SUMMARY

Climate data from 149 weather stations of Michoacán State, at Western México, were extracted from a spline climate model developed for México's contemporary climate (1961-1990), and for climate projected for the decades centered in years 2030, 2060 and 2090. The model was constructed using outputs from three general circulation models (GCMs: Canadian, Hadley and Geophysical Fluid Dynamics) from two emission scenarios (A “pessimistic” and B “optimistic”). Mean annual temperature (MAT), mean annual precipitation (MAP), annual degree days > 5 °C (DD5), and annual aridity index (DD5^{0.5}/MAP) were mapped for Michoacán at an 1 km² scale, and means were estimated averaging all weather stations. The state average in GCMs and emission scenarios point out that mean annual temperature would increase 1.4 °C by year 2030, 2.2 °C by year 2060 and 3.6 °C by year 2090; whereas annual precipitation would decrease 5.6 % by year 2030, 5.9 % by year 2060 and 7.8 % by year 2090. Climate models can be used for inferring plant-climate relationships and for developing programs to counteract global warming effects. Climate variables were estimated also at *Pinus hartwegii* and *Pinus pseudostrobus* growth locations, at Pico de Tancítaro in Central Western Michoacán and Nuevo San Juan Parangaricutiro (near Tancítaro), respectively. According to the annual aridity index values estimated for such locations, it is necessary to conduct assisted migration to match current genotypes to projected climates. This translates into an altitudinal shift of 400 to 450 m higher to match 2030 climates predicted by Canadian Model scenario A2, and 600 to 800 m to match 2060 climates.

Index words: *Pinus hartwegii*, *Pinus pseudostrobus*, assisted migration, climate change, emission scenarios, Michoacán, thin plate smoothing splines.

RESUMEN

Datos climáticos de 149 estaciones climáticas del Estado de Michoacán, al oeste de México, fueron extraídos de un modelo climático “spline” desarrollado para México para el clima contemporáneo (1961-1990) y para proyecciones de clima para décadas centradas en los años 2030, 2060 y 2090, con base en salidas de tres modelos de circulación global (GCM: Canadian, Hadley y Geophysical Fluid Dynamics), de dos escenarios de emisiones (A “pesimista” y B “optimista”). Temperatura media anual (MAT), precipitación anual promedio (MAP), grados día anuales > 5 °C (DD5) y un índice de aridez (DD5^{0.5}/MAP) fueron mapeados para Michoacán a una escala de 1 km², y se estimaron medias de todas las estaciones. Con base en promedios para el estado y entre GCM y escenarios de emisiones, se estima que la temperatura promedio anual se incrementaría en 1.4 °C para el año 2030, en 2.2 °C para el año 2060, y en 3.6 °C para el año 2090; la precipitación anual decrecerá en 5.6 % para el año 2030, 5.9 % para el año 2060 y 7.8 % para el año 2090. Los modelos climáticos pueden ser usados para inferir relaciones planta-clima y para desarrollar programas que aminoren los efectos del calentamiento global. Las variables climáticas fueron estimadas para localidades donde actualmente crecen poblaciones de *Pinus hartwegii* en Pico de Tancítaro, al centro-oeste de Michoacán, y *Pinus pseudostrobus* en Nuevo San Juan Parangaricutiro (cerca de Tancítaro). Con valores del índice de aridez estimados para esas localidades, se concluye que es necesario realizar migración asistida para acoplar genotipos actuales con climas predichos, mediante un ascenso altitudinal de 400 a 450 m para acoplarse a los climas predichos para 2030 por el modelo Canadiense escenario A2, y de 600 a 800 m para acoplarse a climas del 2060.

Palabras clave: *Pinus hartwegii*, *Pinus pseudostrobus*, migración asistida, cambio climático, escenarios de emisiones, Michoacán, modelos “spline” suavizados de capas delgadas.