

Respuesta del crecimiento anual de *Pinus patula* (Schl. et Cham.) a variables climáticas**Annual growth response of *Pinus patula* (Schl. et Cham.) to climate variables**

Julián Cerano-Paredes*, Vicenta Constante-García, Erika Nava-Reyna, Jesús A. Muñoz-Villalobos, Ignacio Sánchez-Cohen

INIFAP CENID-RASPA. Km 6.5 Margen Derecha del Canal Sacramento, CP 35140, Gómez Palacio, Durango, México.

*Autor para correspondencia: cerano.julian@gmail.com

RESUMEN

Determinar el potencial que tiene una especie para reconstruir variables climáticas, brinda una alternativa para extender los registros climáticos en las diferentes regiones geográficas donde se distribuye. Se tomaron 152 muestras con el objetivo de analizar cómo influyen las variables climáticas en el crecimiento de *Pinus patula* (Schl. et Cham.). Las muestras se prepararon y fecharon mediante técnicas dendrocronológicas estándar. El programa COFECHA indicó una correlación entre series de $r = 0.55$ ($p < 0.01$) y una sensibilidad media de 0.37. Se logró generar una cronología de anillo total que comprende el periodo de 1905-2011 (107 años). La longitud total de la cronología registra un valor de Señal Expresada de la Población (EPS) mayor a 0.85. La relación entre la cronología con los datos climáticos de precipitación y temperatura de la estación meteorológica más cercana, determinó mayor influencia de la precipitación en el crecimiento anual de *P. patula* que la temperatura. La cronología muestra una relación significativa ($r = 0.78$, $p < 0.01$) con la precipitación estacional enero-junio. Esto indica potencial de *P. patula* para ser considerado como proxy del clima regional y poder reconstruir la variabilidad de la precipitación invierno-primavera del último siglo.

Palabras clave: *Pinus patula*, Tlaxcala, potencial dendrocronológico, precipitación, temperatura.

ABSTRACT

Determining the potential of a species to reconstruct climatic variables provides an alternative to extend the climatic records in the different geographic regions where it is distributed. 152 samples were taken in order to analyze how climatic variables influence the growth of *Pinus patula*. Samples were prepared and dated using standard dendrochronological techniques. The COFECHA program indicated a correlation between series of $r = 0.55$ ($p < 0.01$) and an average sensitivity of 0.37. A total ring width chronology was generated that includes the period 1905-2011 (107 years). The total length of the chronology registers an Expressed Population Signal (EPS) value greater than 0.85. The relationship between the chronology with the climatic data of precipitation and temperature from the nearest meteorological station determined a greater influence of precipitation on the annual growth of *P. patula* than temperature. The chronology shows a significant relationship ($r = 0.78$, $p < 0.01$) with the seasonal precipitation January-June. This indicates the potential of *P. patula* to be considered as a proxy for the regional climate and to be able to reconstruct the variability of the Winter-Spring precipitation of the last century.

Keywords: *Pinus patula*, Tlaxcala, dendrochronological potential, precipitation, temperatura.

INTRODUCCIÓN

Los estudios dendrocronológicos analizan la relación que existe entre el crecimiento anual de los anillos de los árboles y las variaciones climáticas, con el objetivo de reconstruir y extender dichas variables (Fritts, 2001). La riqueza biológica de los ecosistemas de México permite tener un amplio campo de trabajo para desarrollar estudios dendrocronológicos, tanto de especies de climas áridos y semiáridos, bosques templados y tropicales, así como especies de hábitat ripario y de alta montaña de norte a sur (Villanueva-Díaz *et al.*, 2009).

El número de especies de coníferas para las cuales se ha determinado su potencial dendrocronológico ha ido en aumento (Constante-García *et al.*, 2009; Santillán *et al.*, 2010; Cerano-Paredes *et al.*, 2013; Chávez-Gándara *et al.*, 2017); sin embargo, falta un gran número de especies por explorar a lo largo y ancho del territorio nacional, que pueden brindar información paleoclimática de cientos o miles de años, información útil para analizar tendencias, ciclos de eventos extremos y la influencia de fenómenos climáticos océano-atmosféricos de gran escala.

P. patula, conocido como pino chino u ocote, es uno de los cuatro pinos de conos cerrados nativos de América Central, se distribuye naturalmente sobre las formaciones montañosas de la Sierra Madre Oriental, Eje Neovolcánico y

la Sierra Madre de Oaxaca (Velázquez *et al.*, 2004). Los árboles pueden alcanzar de 20 a 40 m de altura, son notables por su corteza papirácea, escamosa y de color rojizo en la parte superior del tallo, en las ramas y por sus conos seróticos persistentes y de gran tamaño (Perry, 1991).

Pese a su amplia distribución, no existen estudios que haya analizado el potencial dendroclimático de sus crecimientos anuales, la especie representa una alternativa para desarrollar una red de cronologías que permitan analizar la variabilidad climática a escala local y regional. Por tal motivo, los objetivos del presente trabajo son: (1) datar los crecimientos anuales de *P. patula* y desarrollar una cronología y 2) determinar la influencia de las variables climáticas (precipitación y temperatura) en su crecimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Áreas de estudio

El área de estudio se localiza en las zonas boscosas del estado de Tlaxcala. El sitio Mariano Matamoros se ubica en las coordenadas 98° 16' 37.99" W y 19° 39' 20.98" N; a una altitud de 2560 m sobre el nivel del mar (Figura 1).

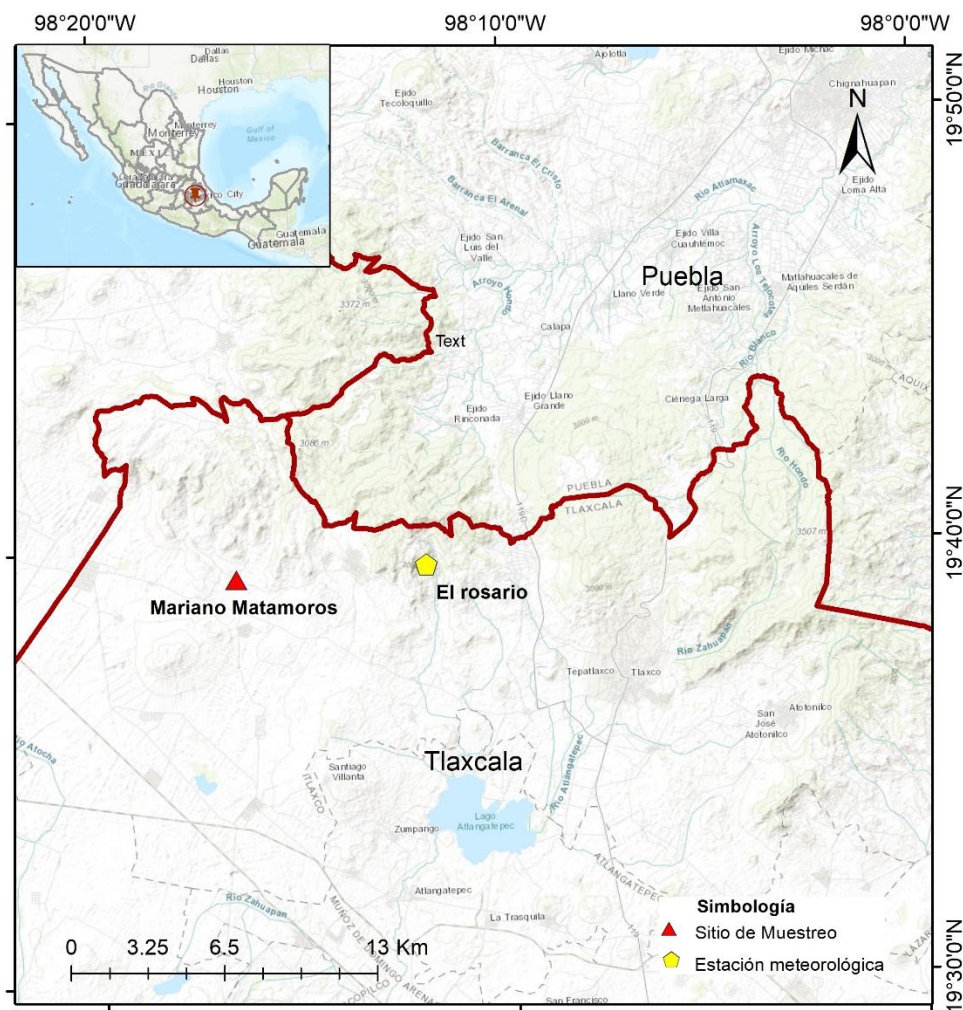


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio en el estado de Tlaxcala y la estación climatológica utilizada para el análisis dendroclimático.

El área presenta un bosque coetáneo, es decir, los árboles registran en promedio la misma edad. El muestreo se desarrolló en la parte media y alta del sitio de estudio en un bosque mixto de *P. patula*, *Pinus rudis* Endl. y *Abies bejeri* Martínez.

Toma de muestras

Con base en un muestreo selectivo en una superficie de 60 ha, se consideraron los individuos más longevos, sin daños físicos y ubicados en laderas con condiciones secas o de

mayor estrés. Empleando un taladro de Pressler de 5 mm de diámetro y de diversas longitudes para obtener virutas lo más cercanas del centro del árbol (Figura 2), se extrajeron un total de 152 núcleos de crecimiento. Cada una de las muestras se colocó en popotes de plástico con orificios para su protección y facilitar su aireación, con lo cual se evita la formación de hongos. Los datos de identificación y ubicación de cada muestra se colocaron sobre los popotes y en cuaderno de campo.



Figura 2. (A) Bosque de *Pinus patula* en el estado de Tlaxcala y (B) toma de muestra con taladro de Pressler.

Preparación de muestras y medición de crecimientos

En laboratorio, las muestras fueron montadas y adheridas con pegamento a molduras de madera, cuidando que las traqueidas quedarán en posición perpendicular a los incrementos anuales. Posteriormente, se lijaron con lijas de diferentes grados (120 a 1200) para facilitar la visibilidad de los crecimientos anuales bajo microscopio. Una vez preparadas las muestras, con base en técnicas dendrocronológicas estándar, los anillos anuales de cada muestra se contaron y fecharon al año exacto de su formación, durante éste proceso se identificaron patrones de crecimiento característicos entre las muestras (anillos anchos y angostos), anillos falsos y anillos perdidos, comenzando con las muestras de menor edad y posteriormente las muestras de mayor edad (Stokes y Smiley, 1968).

La medición del crecimiento anual total, madera temprana y tardía, se realizó con un sistema de medición Velmex con precisión de 0.001 mm conectado a una computadora y empleando el software Measure J2X (VoorTech, 2007); así mismo, se empleó un microscopio con retícula graduada para facilitar la delimitación entre anillos y las dos porciones de madera (madera temprana y tardía).

Análisis del fechado y generación de cronologías

Generadas las bases de datos de medición de ancho del anillo total, madera temprana y madera tardía, el fechado se evaluó estadísticamente con el programa COFECHA (Holmes, 1983; Grissino-Mayer, 2001).

Para la estandarización de las series de crecimiento, se corrió el software ARSTAN (Cook, 1987). Se aplicó la mejor curva de ajuste (exponencial negativa, lineal, entre otras) a cada serie de crecimiento y se eliminó el ruido por factores externos al clima, como el efecto del crecimiento por la edad o cualquier efecto biológico de crecimiento denominados “ruido” y se maximizó la varianza debida a factores ambientales. Al dividir el valor del ancho de anillo entre el valor correspondiente de la curva, se obtuvo el índice de crecimiento para cada año (Cook, 1987; Gutiérrez-Merino, 2009).

Relación clima-crecimiento

Para determinar el potencial dendroclimático de *P. patula* se corrió un análisis de correlación de Pearson, para lo cual, se relacionaron las variables climáticas (datos promedio mensuales de precipitación, temperatura máxima, media y mínima) con el índice de crecimiento. Se seleccionó la estación más cercana al área de

estudio y con el registro de datos climáticos más completo, período que comprende de 1963–2005. Los datos climáticos se extrajeron del programa ERIC III (IMTA, 2009). Para cada variable se definieron los meses y el período estacional con mayor correlación o que más influye en el crecimiento de *P. patula*, esto se verificó con el programa STATISTICA Kernel Release 5.5 (Stat Soft Inc, 2000).

RESULTADOS

Fechado de muestras. Se logró fechar el 100% de las muestras colectadas (152 núcleos de crecimiento). El programa de control de calidad de fechado y medición COFECHA, que establece como mínima correlación significativa entre muestras $r = 0.3281$ ($p < 0.01$); determinó una intercorrelación entre series de $r = 0.55$ ($p < 0.01$) (Tabla 1). Esto indica que la especie de *P. patula* posee una alta sensibilidad climática y potencial para fines de reconstrucción paleoclimática.

Tabla 1. Parámetros estadísticos de la cronología de anillo total de *Pinus patula*

Parámetros	Valores
Total de muestras fechadas	152
Longitud de la serie	107 años
Correlación entre series ¹	0.55
Sensibilidad media ²	0.374
EPS promedio ³	0.92

¹Correlación mide la asociación entre crecimientos entre las series involucradas en el estudio.

²Sensibilidad media determina la diferencia relativa en el ancho de los anillos de un año al siguiente.

³El EPS estima el grado de similitud entre las diferentes muestras utilizadas en la cronología, un valor superior a 0.85 se considera aceptable y sugiere que la cronología tiene un número suficiente de muestras.

Con base en el programa ARSTAN se desarrolló una cronología de anillo total de 107 años (1905–2011) (Figura 3A). La longitud total de la serie supera el valor de 0.85 de Señal Expresada de la Población (EPS, por sus siglas en inglés) (Figura 3B), una Sensibilidad Media (SM) mayor de 0.3 y una correlación entre muestras que indica una señal común de crecimiento entre muestras y entre árboles (Tabla 1).

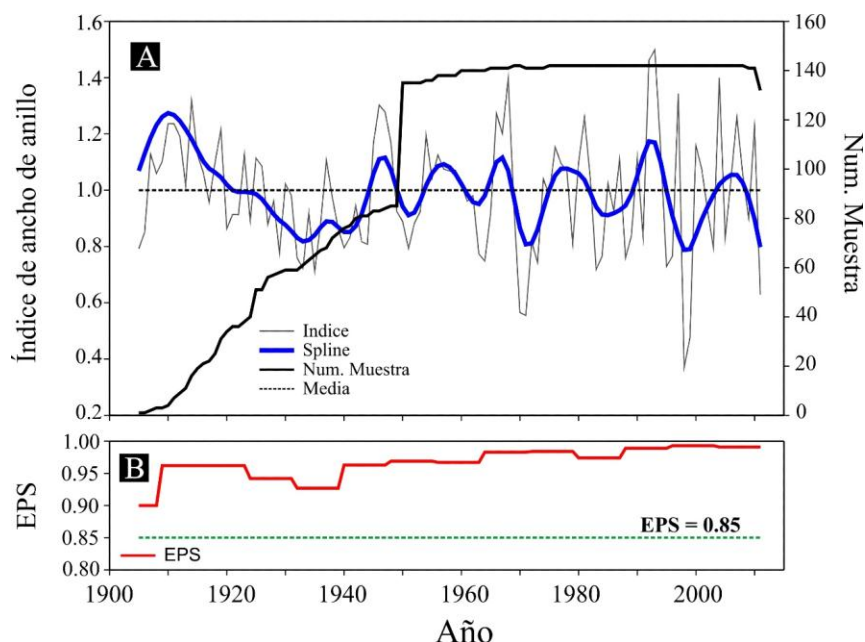


Figura 3. (A) Cronología de anillos de árboles de *Pinus patula* que se extiende desde 1722 hasta 2015 (línea gris). La línea azul gruesa representa el spline de 10 años y la línea resaltada en color negro representa el número de muestras utilizadas para desarrollar la cronología. (B) La señal expresada de la población (EPS, línea roja) fue estimada en una ventana móvil de 15 años. La línea verde discontinua horizontal denotan el valor umbral de EPS de 0.85, el período total de la serie presenta un EPS > 0.85.

Función de respuesta

La relación entre la cronología con las variables climáticas (temperatura y precipitación) de la estación El Rosario, muestra que, para la variable temperatura máxima, los meses que influyen positivamente pero no de manera significativa ($p>0.05$) sobre el crecimiento son: marzo, septiembre y octubre. Los meses de abril, mayo y junio influyen estadísticamente ($p<0.05$) de manera negativa en el crecimiento de la especie. Para la temperatura media se determinó una influencia positiva no significativa

($p>0.05$) en el crecimiento de los meses de agosto y noviembre. Así mismo, los meses de febrero, marzo, junio y diciembre de la temperatura mínima (Figura 4A). Con respecto a la variable precipitación, se observó que los meses que influyen de manera positiva sobre el crecimiento de la especie son los que comprenden el período enero-junio, agosto y diciembre; los meses enero, febrero, marzo y abril presentan una correlación estadísticamente significativa ($p<0.05$) (Figura 4A).

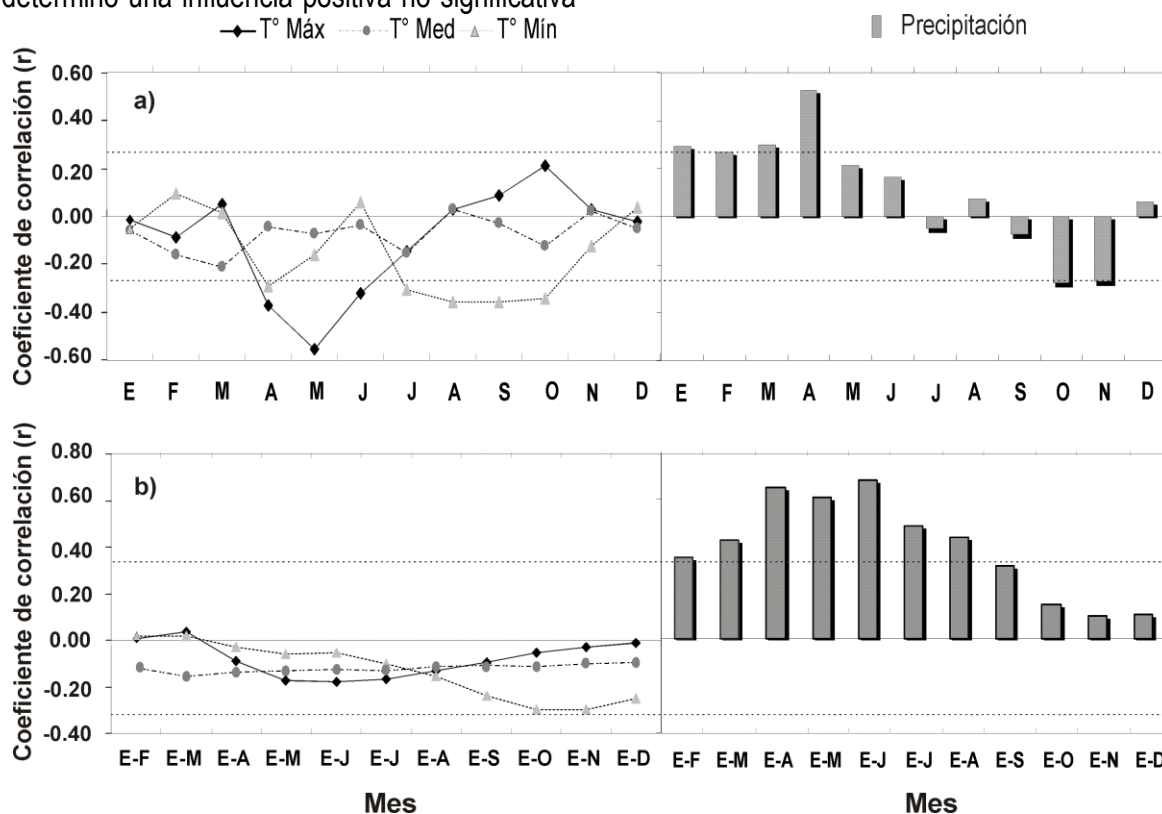


Figura 4. Función de respuesta entre el índice de ancho de anillo de *Pinus patula* y los registros de temperatura y precipitación. A) Indica las correlaciones a nivel mensual y B) las correlaciones con los registros climáticos estacionales. Las líneas punteadas horizontales inferiores y superiores, indican el nivel de significancia ($p<0.05$).

Un análisis con la temperatura promedio estacional mostró que la temperatura del período invernal (enero-marzo), tanto de la temperatura máxima como de la temperatura mínima son las que influyen de manera positiva sobre el crecimiento, aunque no de manera significativa ($p>0.05$) (Figura 4B).

La variable precipitación estacional, indica una correlación significativa ($p<0.05$) desde los

meses enero-febrero hasta el período acumulado enero-agosto (Figura 4B). Sin embargo, la relación más importante entre el crecimiento de *P. patula* y la lluvia, se determinó para el período enero-junio ($r=0.78$, $p<0.05$). El crecimiento anual de *P. patula* se ve influenciado de manera importante por la lluvia enero-junio. Esta cronología registra potencial para ser considerada proxy del clima y con fines de

reconstrucción climática, se considera apropiada para reconstruir el período estacional enero-junio (invierno-primavera), dado que permitirá analizar la variabilidad de la precipitación de un amplio período anual y explicar la mayor variabilidad de la lluvia de dicho período.

Para el presente estudio se logró fechar el 100% de las muestras. Estudios realizados para especies de coníferas tanto en el centro (Cerano-Paredes *et al.*, 2014; Villanueva-Díaz *et al.*, 2016) como en el sur de México (López-Hernández *et al.*, 2018) reportan porcentajes de muestras datadas menor, 59%, 66% y 43%, respectivamente. Tres indicadores estadísticos principales de la cronología son generados por ARSTAN para evaluar la calidad y el potencial dendroclimático, el EPS, la SM y la Interrelación entre Series (r). El EPS estima el grado de similitud entre las diferentes muestras utilizadas en la cronología y una cronología hipotética con un número infinito de muestras (Figura 3B); un valor superior a 0.85 se considera aceptable y sugiere que la cronología tiene un número suficiente de muestras para expresar la señal común de un sitio determinado (Briffa, 1995). Por lo tanto, se valida la calidad de la serie generada, la longitud total de la cronología está representada estadísticamente por un número suficiente de muestras.

La SM mide la variabilidad relativa entre anchos de anillo. La sensibilidad media se puede interpretar como una métrica de la relación potencial entre el crecimiento de los árboles y el clima. El valor de la sensibilidad media varía de cero a dos. Los valores de cero se definen cuando no hay diferencia entre dos anillos adyacentes. Una sensibilidad media de dos, cuando un anillo tiene un valor de cero junto a un anillo donde el valor es mayor que cero (Fritts, 2001). Como regla general, un valor medio de sensibilidad superior a 0.3 indica suficiente variación interanual y potencial dendroclimático. La cronología registro un valor de SM de 0.37, lo que representa variación interanual y potencial

de la serie para estudios de reconstrucción climática.

El coeficiente de correlación de Pearson (r), es un indicador de la señal común de crecimiento de árboles y entre árboles (Fritts, 2001). Se determinó una correlación altamente significativa entre series ($r = 0.55$; $p < 0.01$), valor que supera el mínimo significativo ($r = 0.3281$; $p < 0.01$) establecido por COFECHA (Holmes, 1983), dicho valor estadístico para fines dendrocronológicos se consideran adecuados y se encuentran dentro de los rangos reportados para otras especies del centro (Cerano-Paredes *et al.*, 2014; Villanueva-Díaz *et al.*, 2016, 2018) y sur de México (López-Hernández *et al.*, 2018) consideradas con buen potencial dendrocronológico.

Los resultados de los parámetros estadísticos de la cronología de *P. patula* son similares al de coníferas como *Pinus cembroides*, *Pinus pinaster*, *Pseudotsuga menziesii* y *Pinus douglasiana* (Constante *et al.*, 2009; Santillán *et al.*, 2010; Cerano *et al.*, 2011, 2013). Especies que actualmente son empleadas tanto en el norte como el centro de México para el desarrollo de series paleoclimáticas.

Se determinó que la variable que más influye en crecimiento de *P. patula* es la precipitación; así mismo, que el período estacional de invierno-primavera (enero-junio) es el de mayor influencia en su crecimiento ($r = 0.78$, $p < 0.05$). La respuesta del crecimiento de diferentes especies de coníferas a la precipitación invierno-primavera (enero-junio) se ha documentado para el norte (Constante-García *et al.*, 2009; Villanueva-Díaz *et al.*, 2009, 2014; Cerano-Paredes *et al.*, 2009; Chávez-Gándara *et al.*, 2017) y centro de México (Cerano-Paredes *et al.*, 2013, 2014; Villanueva-Díaz *et al.*, 2018).

La baja correlación entre el índice de ancho del anillo y la precipitación acumulada durante el período verano-otoño, ha sido corroborada por estudios en otras especies del género *Pinus* (Cerano-Paredes *et al.*, 2011, 2013; Chávez-Gándara *et al.*, 2017; López-Hernández *et al.*, 2018) esto generalmente se atribuye a las

precipitaciones abundantes durante este periodo, que superan la tasa de infiltración causando saturación en las partículas del suelo y generando escurrimiento superficial, por lo tanto, dicha precipitación no influye de manera significativa en el crecimiento anual del árbol (Fritts, 2001).

Referente a la temperatura, la temperatura máxima del periodo abril-junio registra correlaciones negativas significativas ($p < 0.05$) con el crecimiento de la especie, a mayores temperaturas durante los meses de abril, mayo y junio, menor crecimiento de *P. patula*. Lo cual se atribuye a que, a temperaturas mayores de 25°C ejercen una presión de vapor de agua (VPD) a nivel estomático de 2.0 kPa, provocando una disminución en la apertura del estoma, conforme aumenta la temperatura aumenta el VPD, lo cual provoca que la fotosíntesis sea prácticamente nula (Leverenz, 1981), disminuyendo el crecimiento (Kozlowski y Pallardy, 1997).

CONCLUSIONES

La especie *P. patula* mostró potencial para ser usada en estudios dendrocronológicos y empleada en futuros estudios dendroclimáticos. Este potencial se fundamenta en valores significativos de correlación, sensibilidad y EPS. La precipitación es el factor limitante y explica en mayor porcentaje la variabilidad del crecimiento anual. El crecimiento de *P. patula* responde de manera significativa al periodo de precipitación estacional invierno-primavera. La cronología puede ser considerada como proxy para reconstruir la precipitación para el centro de México, y dada su amplia distribución constituye una alternativa para estudiar la variabilidad climática a diferentes latitudes.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue posible gracias al fondo del proyecto "Estudio de la Relación Clima-Incendios en el Norte-Centro de México" financiado por SEP-CONACYT.

LITERATURA CITADA

- Briffa, K.R. 1995. Interpreting High-Resolution Proxy Climate Data — The Example of Dendroclimatology. *Analysis of Climate Variability*. doi: 10.1007/978-3-662-03167-4_5
- Cerano-Paredes, J., Villanueva-Díaz, J., Fulé, Z.P., Arreola-Ávila, J.G., Sánchez, C.I., Valdez-Cepeda, D.R. 2009. Reconstrucción de 350 años de precipitación para el suroeste de Chihuahua, México. *Madera Bosques*, 15(2), 27–44.
- Cerano-Paredes, J., Villanueva-Díaz, J., Valdez-Cepeda, D., Cornejo-Oviedo, H.E., Sánchez-Cohen, I., Constante-García, V. 2011. Variabilidad histórica de la precipitación reconstruida con anillos de árboles para el sureste de Coahuila. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2(4), 33–46.
- Cerano-Paredes, J., Méndez-Gonzales, J., Amaro-Sánchez, A., Villanueva-Díaz, J., Cervantes-Martínez, R., Rubio-Camacho, E.A. 2013. Reconstrucción de precipitación invierno-primavera con anillos anuales de *Pinus douglasiana* en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, XIX (3), 413–423. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2013.02.007>
- Cerano-Paredes, J., Villanueva-Díaz, J., Cervantes-Martínez, R., Vázquez-Selem, L., Trucios-Caciano, R., Guerra-De la Cruz, V. 2014. Reconstrucción de precipitación invierno-primavera para el Parque Nacional Pico de Tancitaro, Michoacán. *Investigaciones Geográficas: Boletín Del Instituto de Geografía, UNAM*, 83, 41–54. <https://doi.org/10.14350/rig.35190>
- Chávez-Gándara, M.P., Cerano-Paredes, J., Nájera-Luna, J.A., Pereda-Breceda, V., Esquivel-Arriaga, G., Cervantes-



- Martínez, R., Corral-Rivas, S. 2017. Reconstrucción de la precipitación invierno-primavera con base en anillos de crecimiento de árboles para la región de San Dimas, Durango, México. *Bosque*, 38(2), 387–399. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002017000200016>
- Constante-García, V., Villanueva-Díaz, J., Cerano-Paredes, J., Cornejo-Oviedo, E.H., Valencia-Manzo, S. 2009. Dendrocronología de *Pinus cembroides* Zucc. Y Reconstrucción de Precipitación, estacional para el sureste de Coahuila. *Revista Ciencia Forestal En México*, 34(106), 17–39.
- Cook, E.R. 1987. The Decomposition of Tree-Ring Series for Environmental Studies. *Tree-Ring Bulletin*, 47, 37–59.
- Fritts, H.C. 2001. *Tree Rings and Climate*. New Jersey: Blackburn Press, Caldwell
- Grissino-Mayer, H.D. 2001. Evaluating crossdating accuracy: a manual and tutorial for the computer program COFECHA. *Tree-Ring Research*, 57(2), 205–221.
- Gutiérrez-Merino, E. 2009. La dendrocronología : métodos y aplicaciones. In “*Arqueología nautica mediterrània*”. X. Nieto i M.A. Cau (eds.). Generalitat de Catalunya. Pp 309-322.
- Holmes, R.L. 1983. Computer-assisted quality control in tree- ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin*, 43(1), 69–78. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2008.01.004>
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 2009. Extractor Rápido de Información Climatológica III (ERIC). Software. Jiutepec, Mor. México. s/p.
- Kozlowski, T.T., Pallardy, S.G. 1997. *Growth control in woody plants*. San Diego: Academic Press
- Leverenz, J.W. 1981. Photosynthesis and transpiration in large forest-grown Douglas-fir : diurnal variation. *Canadian Journal of Botany*, 59(3), 349–356.
- López-Hernández, M.I., Cerano-Paredes, J., Valencia-Manzo, S., Cornejo-Oviedo, E., Villanueva-Díaz, J., Cervantes-Martínez, R., Esquivel-Arriaga, F. 2018. Respuesta del crecimiento de *Pinus oocarpa* a variables climáticas en Chiapas, México. *Biología Tropical*, 66(4), 1580-1596.
- Perry, P.J. 1991. The pines of México and Central America. 1a ed. Timber Press. Oregon, EUA. 231 p.
- Stat Soft Inc. 2000. STATISTICA Software, Kernel Release version 5.5 A. 1984-2000. Tulsa, Oklahoma, USA.
- Stokes, M.A., Smiley, T.L. 1968. *An introduction to tree-ring dating*. University of Chicago Press, Chicago, IL. USA (73 p.).
- Velázquez, M.A., Ángeles-Pérez, G., Llanderal, O.T., Román, A.J., Reyes, H.V. 2004. Monografía de *Pinus patula*. 1ª ed. Conafor-Semarnat-Colpos. México. 124 p.
- Villanueva-Díaz, J., Fulé, P.Z., Cerano-Paredes, J., Estrada-Ávalos, J., Sánchez-Cohen, I. 2009. Reconstrucción de la precipitación estacional para el barlovento de la Sierra Madre Occidental con anillos de crecimiento de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. *Ciencia Forestal En México*, 34(106), 39–71.
- Villanueva-Díaz, J., Cerano-Paredes, J., Rosales-Mata, S., Arrocena-López, J.C., Stahle, D.W., Ruiz-Corral, J.A., Martínez-Sifuentes, A.R. 2014. Variabilidad hidroclimática reconstruida con anillos de árboles para la cuenca alta del Río Mezquital, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(1), 1897–1912.
- Villanueva-Díaz, J., Vázquez-Selem, L., Gómez-Guerrero, A., Cerano-Paredes, J., Aguirre-González, N.A., Franco-Ramos, O. 2016. Potencial dendrocronológico de *Juniperus monticola* Martínez en el



- Monte Tláloc, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 39(2), 175–185.
- Villanueva-Díaz, J., Rubio-Camacho, E.A., Chávez-Durán, Á.A., Zavala-Aguirre, J.L., Cerano-Paredes, J., Martínez-Sifuentes, A.R. 2018. Respuesta climática de *Pinus oocarpa* Schiede Ex Schetol en el Bosque La Primavera, Jalisco. *Madera y Bosques*, 24(1), 1–14. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2411464>
- VoorTech. 2007. Measure J2X software. The tree ring measuring program. Retrieved from www.voortech.com/projectj2x