

Análisis del crecimiento y potencial dendrocronológico del *Pinus arizonica* en Galeana, nuevo león

Analysis of the growth and dendrochronological potential of *pinus arizonica* in Galeana, Nuevo Leon

Vicenta Constante-García^{*1}, José Villanueva-Díaz¹, Erika Nava-Reyna¹,
Jesús Arcadio Muñoz-Villalobos² y Aldo Rafael Martínez-Sifuentes

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. CENID-RASPA. Canal Sacramento Km. 6.5, Gómez Palacio, Durango.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Delicias, Chihuahua. Km 2 Carretera Delicias-Rosales, Cd Delicias, Chihuahua.

*Autor de correspondencia: constante.garcia@inifap.gob.mx

RESUMEN

Ante la tendencia a una mayor aridez asociada al aumento del estrés hídrico en especies vegetales, se prevé un descenso en la tasa de fijación de carbono de los árboles y una reducción del crecimiento, se espera que eventos climáticos afecten la mortalidad de árboles en amplias áreas del planeta. Por lo que, el objetivo consistió en analizar los crecimientos anuales de una población de *Pinus arizonica* que presenta mortalidad masiva en el poblado de Galeana Nuevo León. Para ello, se analizó su potencial dendrocronológico y el decrecimiento anterior a la muerte masiva de la especie. Se empleó un muestreo selectivo para obtener los incrementos anuales a 1.30 m del suelo, extraídos del fuste de *Pinus arizonica* utilizando un taladro de Pressler. Las muestras o virutas se fecharon siguiendo las técnicas dendrocronológicas estándar (Stokesy Smiley, 1996), considerando exclusivamente el ancho del anillo total. La evaluación del potencial dendrocronológico se realizó tomando en cuenta la sensibilidad media, la correlación entre series, la relación señal ruido, la autocorrelación de primer orden y la señal expresada de la población. El análisis de los crecimientos se realizó detectando los periodos húmedos y secos, además de evaluar el decrecimiento de los anillos anuales para la especie en estudio. Los resultados indican un buen potencial dendrocronológico en la mayoría de los criterios, sin embargo, los crecimientos anuales presentan una alta autocorrelación de primer orden, indicando una alta influencia de primer orden en los crecimientos del Pino blanco. Además, la cronología presentó eventos secos que son reportados para el norte de México, observando una fuerte caída de los anillos anuales del año 2015 al 2023, deduciendo el posible impacto de este decrecimiento sobre la muerte masiva que presenta el *Pinus arizonica*.

Palabras clave: Mortalidad, sequía, dendrocronología.

ABSTRACT

A trend towards greater aridity associated with increased water stress in plant species, a decrease in the carbon fixation rate of trees and a reduction in growth are expected, and climatic events are expected to affect tree mortality in large areas of the planet. Therefore, the objective was to analyze the annual growth of a population of *Pinus arizonica* that presents mass mortality in the town of Galeana, Nuevo León. To do so, its dendrochronological potential and the decrease prior to the mass death of the species were analyzed. Selective sampling was used to obtain the annual increments at 1.30 m from the ground, extracted from the trunk of *Pinus arizonica* using a Pressler drill. The samples or chips were dated following standard dendrochronological techniques (Stokesy Smiley, 1996), considering only the width of the total ring. The evaluation of the dendrochronological potential was carried out taking into account the average sensitivity, the



correlation between series, the signal-to-noise ratio, the first-order autocorrelation and the expressed signal of the population. The analysis of the growths was carried out by detecting the wet and dry periods, in addition to evaluating the decrease of the annual rings for the species under study. The results indicate a good dendrochronological potential in most of the criteria, however, the annual growths present a high first-order autocorrelation, indicating a high first-order influence on the growths of the White Pine. In addition, the chronology presented dry events that are reported for northern Mexico, observing a strong drop in the annual rings from 2015 to 2023, deducing the possible impact of this decrease on the mass death of *P. arizonica*.

Keywords: Mortality, drought, dendrochronology.

INTRODUCCIÓN

Ante la tendencia a una mayor aridez asociada al aumento del estrés hídrico en especies vegetales, se prevé un descenso en la tasa de fijación de carbono de los árboles y una reducción del crecimiento, se espera que eventos climáticos afecten la mortalidad de árboles en amplias áreas del planeta, al considerar el escenario actual de cambio climático con temperaturas más altas que conllevan a un incremento en el estrés hídrico (Allen *et al.*, 2010; Berry *et al.*, 2014); eventos que afectan la fisiología, el metabolismo y el crecimiento de las plantas, así como la productividad de especies arbóreas (Giammarchi *et al.*, 2017).

En México desde hace más de dos décadas se menciona que los ecosistemas más afectados respecto al cambio climático corresponden al bosque mesófilo de montaña, con una superficie afectada de hasta 31% de su superficie total, seguido de bosques templados con un decremento del 22%; ubicando las zonas más sensibles en los bosques templados de la Sierra Madre Occidental, mientras que para la Sierra Madre Oriental permanecerán las regiones secas, aunque con mayor grado de aridez (Villers-Ruiz, 2000). Para la parte sureste de Coahuila única área subhúmeda para el estado se ha pronosticado tornarse una zona semiárida (Mendoza-Hernández *et al.*, 2013). Asimismo, otro estudio proyecta que los estados de Coahuila y Nuevo León mostrarán un calentamiento moderado a severo; con sequías muy someras 2050 (Ruiz-Corral *et al.*, 2017).

Los trastornos fisiológicos que provocaran este aumento en las temperaturas y disminución de la precipitación, se evidencian a través de una disminución de la asimilación de carbono y nutrientes, reduciendo los compartimentos de almacenamiento al final de la temporada de crecimiento. El árbol debe asignar Las reservas almacenadas existentes entre las demandas de reparación, mantenimiento, crecimiento y defensa. Cualquier demanda adicional sobre las reservas ya limitadas puede retrasar o inhibir la recuperación del potencial de crecimiento. Como consecuencia, el ancho de los anillos de los suelen ser menores durante varios años después de una sequía severa, siendo común el reporte de la muerte del arbolado, debido al agotamiento de las reservas (Bréda *et al.*, 2006; Le Dantec *et al.*, 2000). Por lo que, el objetivo del presente trabajo consistió en analizar los crecimientos anuales de la especie *Pinus arizonica* afectada por la mortalidad masiva, cercana al poblado de Galeana, Nuevo León. Para ello, se analizó su potencial climático y el decrecimiento anterior a la presencia de la muerte masiva ocurrida en los últimos años (2021, 2022 y 2023).

MATERIALES Y MÉTODOS

El área se ubica al noreste de México, provincia Sierra Madre Oriental, Subprovincia Gran Sierra Plegada. El clima se describe como árido, semiárido con lluvias en verano y un porcentaje invernal del 5% al 10.2% del total anual. Las temperaturas se presentan ente 18°C y 22°C, con veranos frescos; la temperatura del mes más cálido es mayor a 22°C,



temperatura del mes más frío se encuentra entre -3°C. En el área predominan los suelos de tipo Litosol de color grisáceo oscuro, con textura media y pH ligeramente alcalino; generalmente asociado al Feozem calcárico, Feozem luvico que presentan un

horizonte superficial de color gris, de 30-50 cm. La vegetación presente en el área de estudio es de bosques de pino y encino; teniendo como elementos florístico predominante a *P. arizonica* con individuos aislados de Yuca filifera. (INEGI., 2024) (Figura 1).

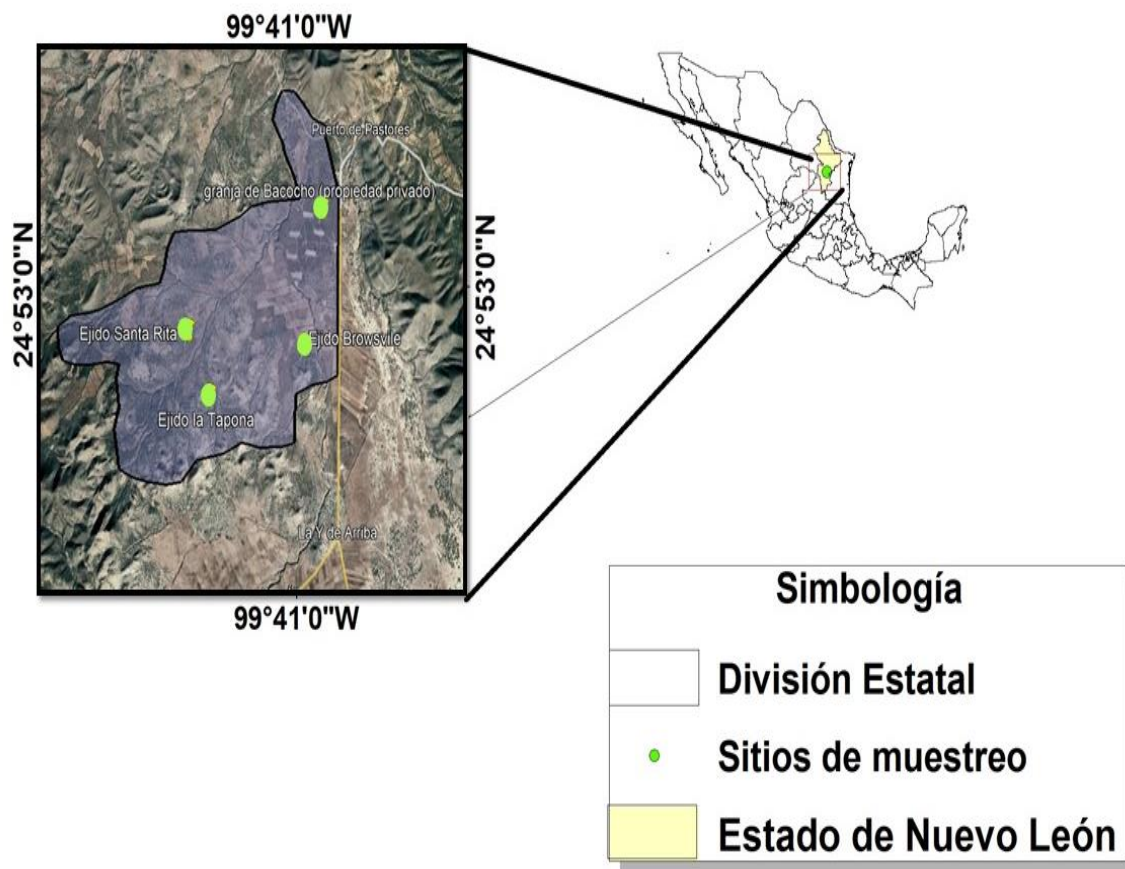


Figura 1. Ubicación del área de estudio y sitios de muestreo dendrocronológico.

Se utilizó un muestreo selectivo para obtener los incrementos anuales a 1.30 m del suelo, extraídos del fuste de *P. arizonica* utilizando un taladro de Pressler. La preparación del montado, pulido y lijado de las muestras se llevó a cabo utilizando técnicas dendrocronológicas estándar (Stokes y Smiley, 1996), considerando exclusivamente el ancho del anillo total. La medición de los incrementos anuales se realizó empleando el programa Measure J2X para Windows, medidas al 0.001 mm de precisión. La calidad del datado de cada anillo anual se verificó a través del programa COFECHA (Holmes, 1983). La eliminación de la varianza en cada muestra (serie de crecimiento anual) debido a factores biológicos y

ecológicos fue disminuida ajustando diferentes tipos de curvas empleando el paquete dplR perteneciente al programa R versión 3.4 (Bunn, 2008), posteriormente se realizó un promedio de cada anillo de crecimiento a nivel anual, realizando una cronología promedio o cronología maestra. (Figura 2).

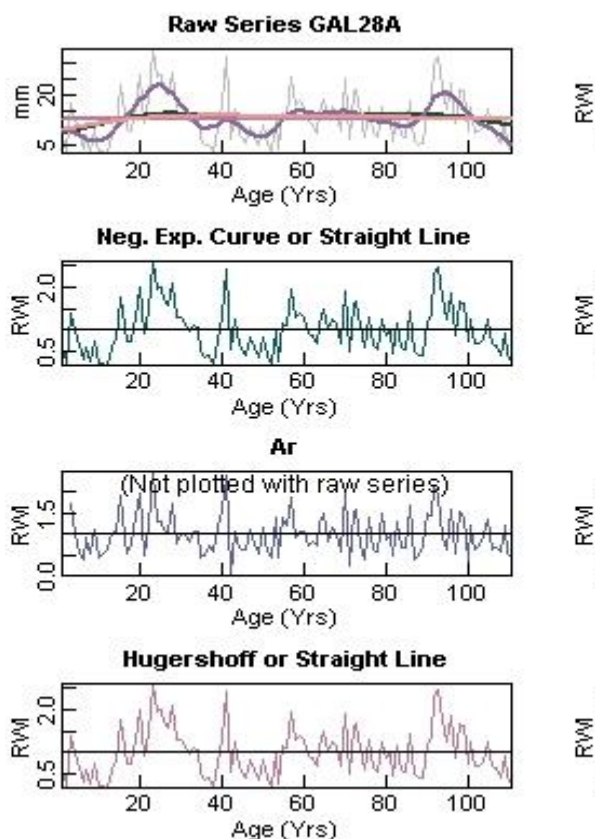


Figura 2. Curvas de estandarización de las series de crecimiento de *Pinus arizonica*

Los parámetros estadísticos que se utilizaron para la evaluación de la cronología fue la sensibilidad media (MS), estadístico que evalúa la variabilidad en el crecimiento de un año al otro; 2) el coeficiente de autocorrelación de primer orden (AR1), el cual estima la influencia del año previo en el crecimiento del año actual; 3) correlación media entre árboles (Rbt), que mide la señal climática común entre series; 4) la relación señal/ruido (SNR), que indica la porción de la señal climática presente en la cronología con relación a otros factores de disturbio y un último

criterio, 5) se encuentra, la señal expresada de la población (EPS), en donde un valor de $EPS \geq 0.85$ se utiliza a menudo como un umbral, en el que la cronología se considera suficientemente sólida para la reconstrucción climática de acuerdo a un número suficiente de muestras de señal común (Wigley *et al.*, 1984). Para este último se realizó un gráfico que determina la sección o periodo validado bajo criterios estadísticos de series de tiempo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Criterios estadísticos dendrocronológicos

La cronología presentó una extensión de 154 años, iniciando en el año de 1870 – 2023, con 32 núcleos de crecimiento, procedente de 19 árboles de *P. arizonica* (Pino blanco). La cronología master presentó un Rbar de 0.69; un índice de SM de 0.51; un valor de SRN de 27.91, así como un AR1 de 18.70. Los valores obtenidos en el presente trabajo son similares a valores reportados en varias especies pertenecientes al género *Pinus*. La primera se llevó a cabo en el centro-norte del México en la especie *Pinus pinceana* (Santillán-Hernández *et al.*, 2010); así como los presentados para el *Pinus lumholtzii* al norte del país, en la parte serrana del estado de Durango (Villanueva-Díaz *et al.*, 2018). Otro trabajo, cuyos resultados son concordantes con el estudio en discusión, es el realizado en Michoacán por Marlès *et al.*, (2015) en las especies *Pinus devoniana* y *Pinus pseudostrobus*, finalmente, se confrontan los valores obtenidos en la especie *Pinus cembroides* que se distribuye en los bosques más secos de las partes bajas de la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre Occidental (Constante-García *et al.*, 2009) (Cuadro 1)

Cuadro 1. Estadísticos de potencial dendrocronológico en diferentes especies de *Pinus*

Parámetros estadísticos	<i>Pinus pinceana</i>	<i>Pinus lumholtzii</i>	<i>Pinus pseudostrobus</i> y <i>P. devoniana</i>	<i>Pinus cembroides</i>
Rbar	0.61 - 0.77	0.52 - 0.66	0.25 - 0.45	0.72
Ms	0.49 - 0.64	0.25 - 0.38	0.18 - 0.23	0.30
AR1	0.09 - 0.39	0.01 - 0.30	0.58 - 0.79	0.26
SNR	1.35 - 34.63	1.16 - 18.51	0.58 - 0.79	22.94
EPS	-	EPS > 0.85	0.49 - 0.87	-

Los crecimientos anuales del *P. arizonica* presentan una sensibilidad climática que permite describir el clima al presentar un alto valor (0.51) en el estadístico MS, concordante con la alta asociación o sincronización entre los radios o series de tiempo Rbar (0.69), evidenciando con ello, el alto valor obtenido (27.91) en la señal climática común entre los radios medidos. Asimismo, se obtuvo un valor alto en el estadístico EPS (0.85) en la mayor parte de la cronología, lo que permite inferir en el clima de manera confiable a través de los anillos de los árboles. Sin embargo, se obtuvo una alta autocorrelación de primer orden ARI2, indicando la influencia de un crecimiento en particular con el inmediato sucesor, disminuyendo la confiabilidad del crecimiento como estimativo del clima en el año corriente.

Periodos secos presentes en la cronología de *P.arizonica*

La cronología realizada presenta cuatro periodos secos en los años de 1900 - 1925, de 1945 - 1965, de 1995 - 2005 y un último periodo de gran intensidad que inicia en el año 1915 hasta 2023 (Figura 3). La ocurrencia de estos episodios secos coincide con las sequías severas que ocurre en los bosques del norte de territorio mexicano cada 50 a 60 años, o bien, cada inicios y mediados de siglo reportadas por diferentes autores para el norte de México (Cerano-Paredes *et al.*, 2011; Constante-García *et al.*, 2009; Stahle *et al.*, 2016; Villanueva-Díaz *et al.*, 2021),

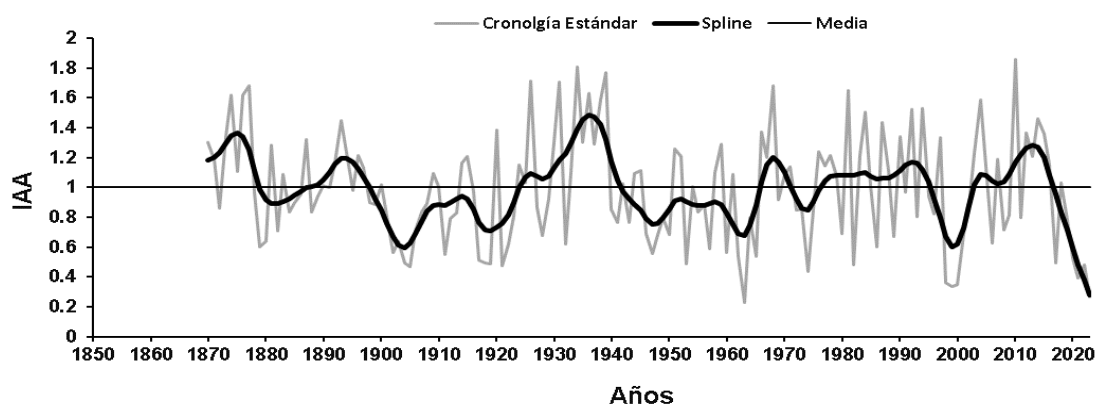


Figura 3. Índices de ancho de anillo (IAA) y media móvil a lo largo de la cronología promedio (spline) y su media (línea negra delgada) que define periodos secos y húmedos.

Dentro de este periodo de 1870 a 2023, la parte más sustentada estadísticamente acorde al EPS, se considera poco sólida para análisis climático (Figura 4). indica dentro del polígono de color gris, el cual, se

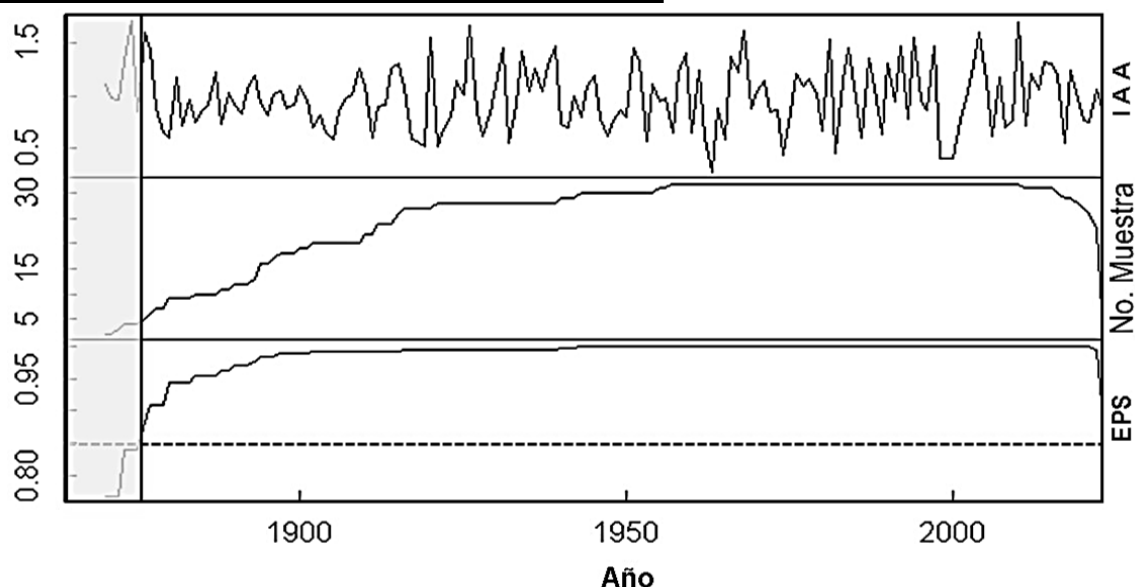


Figura 4. Periodo de tiempo de 1880 a 2023 estadísticamente útil para análisis dendrocronológicos. señal expresada de la población (EPS) y índice de ancho de anillo (IAAA) y tamaño de muestra.

En términos general se entiende que una cronología que presenta valores altos en los parámetros tales como, correlación entre series, sensibilidad media, desviación estándar, relación señal ruido, así como un valor bajo en el parámetro autocorrelación se pueden considerar como una especies con potencialidad para análisis dendroclimáticos (Speer, 2011).

CONCLUSIÓN

Los resultados indican que los crecimientos de *P. arizonica* son confiables para inferir sobre los mismos como estimativos de la variabilidad climática en el periodo de 1880 al 2023, no obstante, se debe tomar en cuenta el alto valor en el estadístico de la autocorrelación de primer orden, el cual se puede intentar compensar aumentando un poco el tamaño de muestra con la finalidad de disminuir su valor. Por otra parte, la cronología realizada para *P. arizonica* indica la presencia de periodos secos que ha padecido por más de un siglo, evidenciado una fuerte caída de los crecimientos a partir de año 2015 al 2023, dicho periodo pudo haber sido el detonante de la mortalidad masiva que ocurre de esta especie en las afueras del poblado de Galena, Nuevo León. Sin

embargo, se debe indagar en la asociación de los crecimientos anuales con el clima para llegar a conclusiones más acertadas, que ayuden o aporten a su futura protección y/o restauración.

AGRADECIMIENTOS

Para la generación de la información contenida en el presente documento y su publicación se agradece el apoyo otorgado a través del proyecto titulado "Estudio dendroanatómico e isotópico del decaimiento y mortalidad por sequía en *Pinus arizonica* en el sureste de Nuevo León". No. Proyecto SIGI 10305936592.

LITERATURA CITADA

- Allen, C. D., Macalady, A. K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., Kitzberger, T., Rigling, A., Breshears, D. D., Hogg, E. H. (Ed.), Gonzalez, P., Fensham, R., Zhang, Z., Castro, J., Demidova, N., Lim, J. H., Allard, G., Running, S. W., Semerci, A., & Cobb, N. (2010). A global overview of drought and heat-induced tree mortality

- reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*, 259(4), 660–684. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.001>
- Berry, Z. C., Hughes, N. M., & Smith, W. K. (2014). Cloud immersion: An important water source for spruce and fir saplings in the southern Appalachian Mountains. *Oecologia*, 174(2), 319–326. <https://doi.org/10.1007/s00442-013-2770-0>
- Bréda, N., Huc, R., Granier, A., & Dreyer, E. (2006). Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences. *Annals of Forest Science*, 63(6), 625–644. <https://doi.org/10.1051/forest:2006042>
- Bunn, A. G. (2008). A dendrochronology program library in R (dplR). *Dendrochronologia*, 26(2), 115–124. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2008.01.002>
- Constante-García, V., Villanueva-Díaz, J., Cerano-Paredes, J., Cornejo-Oviedo, E., & Valencia-Manzo, S. (2009). Dendrocronología de *Pinus cembroides* Zucc y reconstrucción de precipitación estacional para el sureste de Coahuila. *Rev. Ciencia Forestal En México.*, 34, 1–16. <https://www.scielo.org.mx/pdf/cfm/v34n106/v34n106a2.pdf>
- Giammarchi, F., Cherubini, P., Pretzsch, H., & Tonon, G. (2017). The increase of atmospheric CO₂ affects growth potential and intrinsic water-use efficiency of Norway spruce forests: insights from a multi-stable isotope analysis in tree rings of two Alpine chronosequences. *Trees*, 31(2), 503–515. <https://doi.org/10.1007/s00468-016-1478-2>
- Holmes, R. (1983). Computer-Assisted Quality Control in Tree-Ring Dating and Measurement. *Tree-Ring Bulletin*.
- INEGI. (2024). Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Geografía y Ambiente. Cartas Temáticas. Recuperada 3 Marzo Del 2024 En La Pág. <https://www.inegi.org.mx/temas/>
- Le Dantec, V., Dufrêne, E., & Saugier, B. (2000). Interannual and spatial variation in maximum leaf area index of temperate deciduous stands. *Forest Ecology and Management*, 134(1–3), 71–81. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00246-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00246-7)
- Marlès Magre, J., Valor Ivars, T., Claramunt López, B., Maneja Zaragoza, R., Pérez Salicrup, D. R., Sánchez Mateo, S., & Boada Juncà, M. (2015). Análisis dendroclimático de *Pinus pseudostrobus* y *Pinus devoniana* en los municipios de Áporo y Zitácuaro (Michoacán), Reserva de la Biósfera de la Mariposa Monarca. *Investigaciones Geográficas*, 88, 19–32. <https://doi.org/10.14350/rig.43338>
- Mendoza-Hernández, J. M., Zermeno-González, A., Covarrubias-Ramírez, J. M., & Cortés-Bracho, J. J. (2013). Proyecciones climáticas para el estado de coahuila usando el modelo precis bajo dos escenarios de emisiones. *Agrociencia*, 47(6), 523–537.
- Ruiz-Corral, J. A., Medina-García, G., Rodríguez-Moreno, V. M., Sánchez-González, J. de J., Villavicencio García, R., Durán Puga, N., Grageda Grageda, J., & García Romero, G. E. (2017). Regionalización del cambio climático en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13, 2451–2464. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i13.460>
- Santillán-Hernández, M., Cornejo-Oviedo, E. H., Villanueva-Díaz, J., Cerano-Paredes, J., Valencia-Manzo, S., & Capó-Arteaga, M. Á. (2010). Potencial dendroclimático de *Pinus pincheana* Gordon en la Sierra Madre



- Oriental. *Madera y Bosques*, 16(1), 17–30.
<https://doi.org/10.21829/myb.2010.1611177>
- Speer, J. H. (2011). Fundamentals of tree-ring research. James H. Speer. *Geoarchaeology*, 26(3), 453–455.
<https://doi.org/10.1002/gea.20357>
- Stokes, M. A., & Smiley, T. I. (1996). An introduction to tree-ring dating. (2 nd). University of Arizona Press.
- Villanueva-Díaz, J., González-Elizondo, M., Cerano-Paredes, J., Ávalos, J. E., Sifuentes, A. R. M., & Mata, S. R. (2018). Dendrochronological potential of sad pine (*Pinus lumholtzii* B.L. Rob. & fernald) in the sierra madre occidental for seasonal rainfall reconstructions. *Madera y Bosques*, 24(2), 1890–1896.
<https://doi.org/10.21829/myb.2018.2421530>
- Villers-Ruiz, L. (2000). EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA VEGETACIÓN EN MÉXICO Lourdes Villers-Ruiz e Irma Trejo-Vázquez.
- Wigley, T. M. L., Briffan, K. R., & Jones, P. . (1984). On the average value of correlated time series, with Applications in Dendroclimatology and Hydrometeorology. *American Metodolgcical Society*, 23, 2001–2213. [https://doi.org/doi/pdf/10.1175/1520-0450\(1984\)023%3C0201:OTAVOC%3E2.0.CO;2](https://doi.org/doi/pdf/10.1175/1520-0450(1984)023%3C0201:OTAVOC%3E2.0.CO;2)