Estructura vertical del bosque de *Pinus culminicola* a lo largo del gradiente altitudinal del Cerro El Potosí, Nuevo León, México.

Aldo Tovar-Cárdenas, Homero Gárate-Escamilla*****, Gerardo Cuéllar-Rodíguez, Israel Yerena-Yamallel, Renata Valdés-Alameda

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales, Linares, Nuevo León, México.

Artículo recibido el 4 de octubre de 2025 y aceptado el 9 de diciembre de 2025

Vertical structure of the Pinus culminicola forest along the altitudinal gradient of Cerro El Potosí, Nuevo León, Mexico.

Abstract

Mexico's temperate forests are notable for their high biodiversity and ecosystem services, although they are vulnerable to disturbances. The vertical forest structure is key to designing management strategies. *Pinus culminicola* is an endemic species with a restricted distribution in the El Potosí mountain range, with small populations and low regeneration. The objective of this study was to analyze the vertical structure of species associated with *P. culminicola* on an altitudinal gradient in the temperate forest of Galeana, Nuevo León. Twelve circular plots of 400 m² were established at four altitudes with eastern exposure and the presence of *P. culminicola*. Species and dasometric parameters were recorded in each plot. The vertical structure was analyzed using the Pretzsch Index. The highest population density was found at the lowest altitude (3190 m.a.s.l.), with a progressive decrease to 3700 m.a.s.l. At all levels, stratum III had the highest density, while stratum I had the lowest. *P. hartwegii* dominated the upper strata at most altitudes, while *P. culminicola* prevailed in stratum III. The Pretzsch index values reflect average structural diversity at all altitudinal levels. It is concluded that the temperate forest of Cerro El Potosí has a moderately uniform vertical structure, dominated by conifers such as *P. culminicola*, *P. hartwegii*, and *P. strobiformis*. The Pretzsch index is useful for forest management, as it shows vertical differentiation and promotes ecosystem conservation and productivity.

Key words: conifer, dasometric parameters, temperate forest, tree community, Pretzsch index.

Resumen

Los bosques templados de México destacan por su alta biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, aunque son vulnerables a los disturbios. La estructura forestal vertical es clave para diseñar estrategias de manejo. *Pinus culminicola* es una especie endémica de distribución restringida en el cerro El Potosí, con poblaciones reducidas y baja regeneración. El objetivo de este trabajo fue analizar la estructura vertical de las especies asociadas al *P. culminicola* en un gradiente altitudinal del bosque templado en Galeana, Nuevo León. Se establecieron 12 parcelas circulares de 400 m² en cuatro altitudes con exposición este y con presencia de *P. culminicola*. En cada parcela se registraron especies y parámetros dasométricos. La estructura vertical se analizó con el Índice de Pretzsch. Se encontró que la mayor densidad poblacional se registró en la menor altitud (3190 msnm), con una disminución progresiva a 3700 msnm. En todos los niveles, el estrato III concentró la mayor densidad, mientras que el estrato I presentó la menor. *P. hartwegii* dominó en los estratos superiores de la mayoría de las altitudes, *P. culminicola* prevaleció en el estrato III. Los valores del índice de Pretzsch reflejan una diversidad estructural media en todos los niveles altitudinales. Se concluye que el bosque templado del cerro El Potosí presenta una estructura vertical medianamente uniforme, dominada por

*Autor de correspondencia
Email: homero.garate@gmail.com
ISSN 2594-0384 (Electrónica)

coníferas como *P. culminicola*, P. *hartwegii* y *P. strobiformis*. El índice de Pretzsch es útil para el manejo forestal, pues evidencia la diferenciación vertical y favorece la conservación y productividad del ecosistema.

Palabras clave: bosque templado, comunidad arbórea**,** conífera, índice de Pretzsch, parámetros dasométricos.

Introducción

Los bosques templados de México son ecosistemas de gran relevancia ecológica, ya que albergan una elevada riqueza de especies endémicas, aunque presentan una alta vulnerabilidad frente a perturbaciones ambientales (Galicia *et al*., 2018). Dentro de su composición florística destacan los géneros *Pinus* y *Quercus*, que cubren cerca del 18 % de la superficie nacional (CONAFOR, 2020). En total, se han documentado 94 especies de coníferas en el país, de las cuales 43 son endémicas; particularmente, en el estado de Nuevo León se distribuyen 24 especies (Gernandt y Pérez-de la Rosa, 2014). Además, desempeñan un papel fundamental al proveer una amplia gama de servicios ambientales, como los de provisión, destacan el suministro de alimentos, agua, madera, bioenergía, recursos genéticos y productos forestales no maderables, en cuanto a los servicios de regulación, contribuyen al control del clima, la regulación hídrica, la captura de carbono, la purificación del aire y la protección contra la erosión y los deslizamientos, también, brindan servicios culturales, al ser espacios de valor comunitario, educativo y recreativo y por último, cumplen funciones de soporte, esenciales para la producción primaria y la formación de suelo (Galicia y Zarco-Arista, 2014).

La estructura de un ecosistema se entiende como la forma en que se organizan y distribuyen las características fundamentales de la vegetación en un espacio, donde resulta particularmente relevante la disposición de las especies según sus diferentes clases de tamaño o dimensión (Li *et al*., 2014). Comprender la estructura horizontal y vertical de los bosques resulta fundamental para diseñar estrategias de manejo que promuevan su desarrollo, este conocimiento permite seleccionar de manera adecuada los árboles a extraer, minimizando el impacto sobre la estructura original del ecosistema (Aguirre-Calderón, 2015). La estructura vertical de un bosque está condicionada por la disposición de las diferentes especies arbóreas que conforman el ecosistema, las cuales se ubican en estratos específicos en función de factores microclimáticos, gradientes altitudinales o por efecto de disturbios, tanto naturales como de origen antrópico (Remmert, 1991). El análisis de la estructura vertical de un bosque se realiza mediante la delimitación de estratos de altura (I, II y III), lo que permite identificar la diversidad de la vegetación arbórea y comprender su dinámica (Pretzsch, 2009).

Pinus culminicola es una conífera de porte arbustivo, con alturas entre 2 y 5 metros, ramificación basal y conos resinosos con semillas tipo piñón, se distribuye entre los 3200 y 3700 msnm, principalmente en el Cerro El Potosí, donde sus poblaciones han disminuido alrededor de un 40 %, quedando restringidas a unas 30 hectáreas (Estrada *et al.*, 2014; Manzanilla, 2017), y cuyo estado de regeneración se considera malo a lo largo del gradiente altitudinal en el que se distribuye (Tovar-Cárdenas *et al*., 2024). La limitada información sobre *P. culminicola* y las especies colindantes a esta a lo largo del gradiente altitudinal del Cerro El Potosí evidencia la necesidad de más estudios para su conservación. El objetivo de este estudio es analizar la estructura vertical de las especies asociadas al área de distribución de *Pinus culminicola* var. *culminicola*, a lo largo de un gradiente altitudinal con exposición este del bosque templado del cerro El Potosí, ubicado en el municipio de Galeana, Nuevo León, México.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el Cerro El Potosí, un Área Natural Protegida de jurisdicción estatal localizada en la Sierra Madre Oriental, en el municipio de Galeana, Nuevo León, México, en las coordenadas 24° 52' 7" N y 100° 13' 55" O (Figura 1). Esta montaña cuenta con una superficie total de 7,392 hectáreas y el gradiente altitudinal abarca desde los 2000 hasta los 3721 msnm (INEGI, 2017). Los suelos predominantes son de tipo litosol o protorendzina, someros (1–5 cm), desarrollados sobre roca caliza, con alto contenido de materia orgánica y pH ligeramente alcalino (7.5). En las zonas más elevadas del cerro son frecuentes las heladas y se registran vientos fuertes.

Sitios de muestreo y toma de datos

Para el análisis de la estructura vertical se delimitaron 12 parcelas circulares de 400 m², establecidas mediante un muestreo subjetivo (Alanís et al., 2020), en áreas con presencia de Pinus

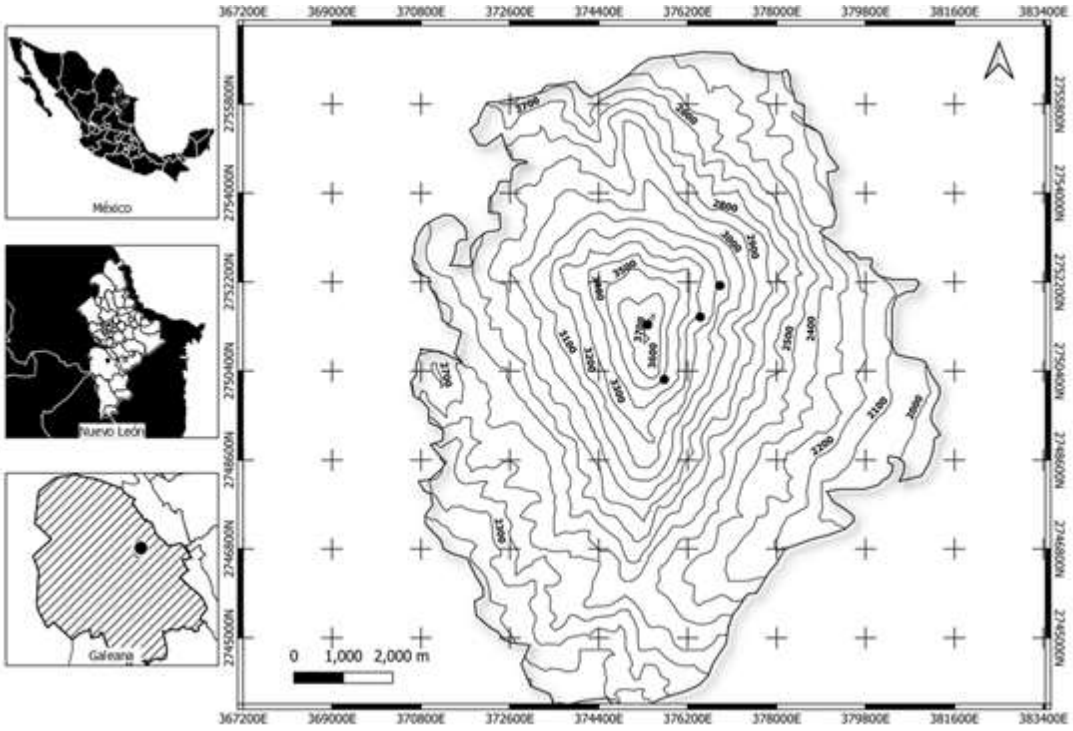


Figura 1. Cerro El Potosí en Galeana, Nuevo León, México.

culminicola y sin evidencias de perturbación. Estas se distribuyeron en cuatro niveles altitudinales del Cerro El Potosí: 3190, 3300, 3500 y 3700 msnm (Fig. 1), con tres parcelas por nivel, todas con exposición este. En cada sitio se registraron las especies presentes y se recolectaron ejemplares para su identificación en el laboratorio de botánica de la Facultad de Ciencias Forestales de la U.A.N.L. En cada parcela se registraron parámetros dasométricos como el diámetro normal (d1.30; cm), el diámetro de copa en los ejes Norte-Sur y Este-Oeste (m), así como la altura total (h; m). Las mediciones se realizaron con una cinta diamétrica Lufkin W606PM para el diámetro normal, un longímetro Truper de 100 m (modelo TEC-100ME), para el diámetro de copa y un hipsómetro láser Nikon Forestry Pro II para la altura.

Índice de Pretzsch (A)

Con el propósito de identificar la estructura vertical del Cerro El Potosí, se determinó el Índice de Pretzsch (A), el cual divide la estructura de la vegetación en tres estratos (Estrato I, II y III) (Tabla 1). Según la clasificación propuesta por Pretzsch (2009), el Estrato I constituye el 80 al 100 % de la altura de los individuos, siendo el 100 el valor máximo respecto a la altura (h) en el sitio. Por ende, el Estrato II representa el 50 al 80% y el Estrato III va del 0 al 50%.

Resultados

Índice de Pretzsch (A)

La densidad poblacional más alta registrada se registró en la menor altitud evaluada (3190 msnm), con 1042 individuos ha^{-1}. En relación con lo anterior, a los 3300 msnm, se observó una disminución del 50% en la densidad, con 524 individuos ha^{-1}. En los 3500 msnm, la densidad fue de 475 individuos ha-1; en los 3700 msnm, la densidad fue de 475 individuos ha-1. En todos los niveles altitudinales, la mayor densidad de árboles se registró en el estrato III [3190 (92%); 3300 (84%); 3500 (78%); 3700 (78%)], mientras que en el estrato I se observó la menor densidad de individuos (Tabla 2). En los 3190 msnm, se observó un dominio de *P. hartwegii* en los estratos I y II, mientras que en el estrato III fue *A. montana*. A los 3300 msnm, la especie dominante en el estrato I fue *P. hartwegii*, en el estrato II, *P. strobiformis* y en el estrato III, *P. culminicola.* En las altitudes 3500 y 3700, *P. hartwegii* fue la especie que predominó en

el estrato I y II, mientras que en el estrato III prevaleció *P. culminicola*. En los 3190 msnm, el valor del índice de Pretzsch (*A*) fue de 1.21 con un A_{max} de 2.48 y un A_{rel} de 48.6. En los 3300, el valor de *A* fue de 1.29 con un A_{max} de 2.20 y un A_{rel} de 58.7. En los 3500, *A* tuvo un valor de 1.03, 1.79 de A_{max} y 57.3 de A_{rel}. En los 3700, el valor de *A* fue de 1.17, con un A_{max} de 1.79 y A_{rel} de 65.3. Asimismo, según los valores de A_{rel} indican que, la diversidad estructural de alturas en cada altitud posee una uniformidad media (Tabla 3).

Tabla 1. Fórmulas empleadas para calcular el índice de Pretzsch (A).

Fórmula	Donde:
$A = \sum_{i=1}^{s}. \sum_{j=1}^{z} p_{ij} \text{ x } ln(p_{ij})$ $A_{max} = ln(s * z)$ $A_{rel} = \frac{A}{ln(\text{s} * \text{z}) * 100}$	*A* = índice de Pretzsch *S* = número de especies presentes *Z* = número de estratos de altura *Pij* = proporción de especies en cada zona *Pij = nij/N* *ni,j* = número individuos de la misma especie (i) en la zona (*j*) *N* = número total de individuos *In* = logaritmo natural A_{max} = valor máximo de *A* A_{rel} = valor porcentual de *A*

Tabla 2. Densidad de individuos por estrato por gradiente altitudinal.

Altitud (msnm)	3190		3300		3500		3700	
Estrato (%)	N ha^{-1}	N (%)	N ha^{-1}	N (%)	N ha^{-1}	N (%)	N ha^{-1}	N (%)
I (80-100)	25	2.40	25	4.77	25	5.26	25	5.36
II (50-80)	58	5.57	58	11.07	75	15.79	75	16.09
III (0-50)	959	92.03	441	84.16	375	78.95	366	78.54
Total	1042	100	524	100	475	100	466	100

N= número de individuos.

Tabla 3. Rango de alturas por estrato y valores de *A*, A_{max} y A_{rel} por gradiente altitudinal.

Altitud (msnm)	Estrato (%)			*A*	A_{max}	A_{rel}
	I (80-100)	II (50-80)	III (0-50)			
3700	8.8 - 11	5.5 - 8.8	≤ 5.5	1.17	1.79	65.39
3500	13.2 - 16.5	8.2 - 13.2	≤ 8.25	1.03	1.79	57.38
3300	14.4 - 18	9 - 14.4	≤ 9	1.29	2.20	58.74
3190	15.2 - 19	9.5 – 15.2	≤ 9.5	1.21	2.48	48.68

Discusión

Nuestros resultados revelaron que, en el estrato I y II en todo el gradiente de altitud es la especie que domina es *Pinus hartwegii*, lo que es consistente con su distrribucion típicamente entre 3000 y 3700 msnm como especie estructural en bosques subalpinos de México (Manzanilla-Quiñones *et al*., 2019), con mayor vigor en altitudes más elevadas comparado con límites más bajos (Gallardo-Salazar *et al*., 2023). La especie dominante en el estrato III es *Pinus culminicola* en el gradiente altitudinal del cerro El Potosí, esto es consistente en todas las altitudes ya que Tovar-Cárdenas *et al*. (2024), no encontró diferencias estadísticas significativas en la altura de los individuos entre las elevaciones. Esta tendencia refleja la especialización de *P. culminicola* en altitudes extremas (3200 - 3700 msnm), donde su porte arbustivo y tolerancia a condiciones adversas (viento, frío extremo) le permiten prevalecer. Además, aunque no hay datos directos de *P. strobiformis* en estos niveles, su variación morfológica a través de gradientes latitudinales y altitudinales sugiere que posee adaptaciones variables que podrían favorecerlo en estratos intermedios bajo condiciones específicas (Leal-Sáenz *et al*., 2020).

A lo largo del gradiente altitudinal evaluado, la estructura vertical posee una uniformidad media baja, lo cual coincide con Caballero *et al*. (2022), quienes encontraron que la estructura vertical de un bosque de pino en el estado de Puebla, con una cota

altimétrica de 2900 a 3600 msnm tuvo una uniformidad media baja. Los bosques templados sometidos a condiciones climáticas o fenómenos naturales extremos, como incendios forestales, suelen tener valores del índice más bajos (Rubio *et al*., 2014; Ramos *et al*., 2017).

Estos factores ocasionan la mortalidad del arbolado, lo que a su vez reduce la densidad de individuos, teniendo un impacto en la estructura vertical del bosque. Por otro lado, diversos estudios como Rubio *et al*. (2014); Dávila-Lara *et al*. (2019); Graciano-Ávila *et al*. (2020); Caballero *et al*., (2022); García-García *et al*. (2023), han encontrado que los valores del índice *A* pueden variar en función del tipo de bosque, la ubicación geográfica, la composición florística y las condiciones climáticas, entre otros. Indicando Granados-Sánchez *et al*. (2007), que esto se debe a que los bosques templados suelen estar formados por una gran variedad de especies de árboles, con diferentes alturas y requerimientos ecológicos. Con lo cual se podría explicar la variación de alturas a lo largo del gradiente de altitud en el Cerro El Potosí.

Conclusiones

Los resultados del presente estudio revelan que el bosque templado del cerro El Potosí posee una estructura vertical en todo el gradiente de altitud medianamente uniforme. Las poblaciones de este bosque están conformadas principalmente por coníferas como *P. culminicola*, *P. hartwegii* y *P. strobiformis*. Sin embargo, son escasas las especies que se distribuyen en el gradiente de altitud analizado.

El índice de Pretzsch resulta de utilidad para la planificación y manejo forestal, ya que permite identificar el grado de diferenciación vertical, información clave para conservar la diversidad estructural y favorecer la estabilidad y productividad del bosque**.**

La prevalencia de *P. culminicola* en los estratos bajos resalta su vulnerabilidad frente a disturbios antrópicos y al cambio climático, lo que enfatiza la necesidad de reforzar programas de conservación in situ en el Cerro El Potosí. Asimismo, resulta prioritario diseñar estrategias de restauración que integren a *P. hartwegii* y *P. strobiformis* como especies acompañantes clave para mantener la estabilidad del bosque.

Finalmente, se recomienda incorporar el índice de Pretzsch en futuros planes de manejo y monitoreo forestal, ya que su aplicación permite evaluar la dinámica de la estructura vertical a lo largo del tiempo y orientar acciones de conservación que garanticen la persistencia de esta especie endémica y de los ecosistemas que la albergan.

Agradecimientos

Se agradece a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) el apoyo otorgado mediante la beca doctoral a Aldo Tovar-Cárdenas.

Referencias

Aguirre-Calderón, O. A. 2015. Manejo Forestal en el Siglo XXI. *Madera y Bosques* 21: 17-28. DOI: https://doi.org/10.21829/myb.2015.210423.

Alanís, E., Mora Olivo, A., Marroquín de la Fuente, J.S. 2020. *Muestreo ecológico de la vegetación*. Alanís, E., Mora Olivo, A., & Marroquín de la Fuente, J. S. (eds.), 1st ed. Monterrey: Editorial Universitaria UANL. https://libros.uat.edu.mx/index.php/librosuat/catalog/book/221, [Consulted: 8, 13, 2025].

Caballero, P., Treviño Garza, E.J., Mata-Balderas, J.M., Alanís-Rodríguez, E., Yerena-Yamallel, J.I., Cuéllar-Rodríguez, L.G. 2022. Análisis de la estructura y diversidad de bosques templados en la ladera oriental del volcán Iztaccíhuatl, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(71): 76-102. DOI: https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i71.1253

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2020. *Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFYS), Datos del Inventario, Principales indicadores Forestales (2015 - 2020)*. Available: https://snmf.cnf.gob.mx/principaleindicadoresforestalesciclo-2015-2020/ [Consulted: 8, 13, 2025].

Dávila-Lara, M.A., Aguirre-Calderón, Ó.A., Jurado-Ybarra, E., Treviño-Garza, E., González-Tagle, M. A., Trincado-Villagrán, G.F. 2019. Estructura y diversidad de especies arbóreas en bosques templados de San Luis Potosí, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(18): 399–409. DOI: https://doi.org/10.19136/era.a6n18.2112

Estrada, E., Villarreal-Quintanilla, J.Á., Salinas-Rodríguez, M.M., Cantú-Ayala, C.-M., González-Rodríguez, H., Jiménez-Pérez, J. 2014. *Coníferas de Nuevo León, México*. Estrada, A. E., Villarreal Quintanilla, J. Á., Salinas Rodríguez, M. M., Cantú Ayala, C. M., González Rodríguez, H., Jiménez-Pérez, J. (eds.), 1st ed. Monterrey: Universidad Autónoma de Nuevo León. https://www.researchgate.net/publication/275276634_Coniferas_de_Nuevo_Leon_Mexico, [Consulted: 8, 13, 2025].

Galicia, L., Zarco-Arista, A.E. 2014. Multiple ecosystem services, possible trade-offs and synergies in a temperate forest ecosystem in Mexico: a review. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services y Management*, 10(4): 275-288. DOI: 10.1080/21513732.2014.973907

Galicia, L., Chávez-Vergara, B.M., Kolb, M., Jasso-Flores, R.I., Rodríguez-Bustos, L.A., Solís, L.E., Guerra de la Cruz, V., Pérez-Campuzano, E., Villanueva, A. 2018. Perspectivas del enfoque socioecológico en la conservación, el aprovechamiento y pago de servicios ambientales de los bosques templados de México. *Madera y Bosques*, 24(2): 01–18. DOI:https://doi.org/10.21829/myb.2018.2421443

Gallardo-Salazar, J.L., Lindig-Cisneros, R.A., Lopez-Toledo, L., Endara-Agramont, A.R., Blanco-García, A., Sáenz-Romero,

C. 2023. Analysis of the vigor of Pinus hartwegii Lindl. along an altitudinal gradient using UAV multispectral images: Evidence of forest decline possibly associated with climatic change. *Forests*, 14(6): 1176. DOI: https://doi.org/10.3390/f14061176

García-García, S.A., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, Ó.A., Treviño-Garza, E.J., Cuéllar-Rodríguez, L.G., Chávez-Costa, A.C. 2023. Composición, estructura y estado de la regeneración arbórea en un gradiente altitudinal en un bosque templado de Guadalupe y Calvo, Chihuahua. *Polibotánica*, 0(56): 81-100. DOI: https://doi.org/10.18387/polibotanica.56.5

Gernandt, D.S., Pérez-de la Rosa, J.A. 2014. Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 126-133. DOI: https://doi.org/10.7550/rmb.32195

Graciano-Avila, G., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, O., González-Tagle, M.A., Treviño-Garza, E., Mora-Olivo, A., Corral-Rivas, J. 2020. Cambios en la composición y estructura de especies arbóreas en un bosque templado de Durango, México. *Acta Botanica Mexicana*, 127: 1-16. DOI: https://doi.org/10.21829/abm127.2020.1522

Granados-Sánchez, D., López-Ríos, G.F., Hernández-García, M.A. 2007. Ecología y silvicultura en bosques templados. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 13(1): 67-83. https://www.redalyc.org/pdf/629/62913110.pdf

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2017. *Anuario estadístico y geográfico de Nuevo León 2017*. Available: https://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/NL_ANUARIO_PDF.pdf [Consulted: 8, 13, 2025].

Leal-Sáenz A., Waring, K.M., Menon, M., Cushman, S.A., Eckert, A., Flores-Rentería, L., Hernández-Díaz, J.C., López-Sánchez, C.A., Martínez-Guerrero, J.H., Wehenkel, C. 2020. Morphological Differences in *Pinus strobiformis* Across Latitudinal and Elevational Gradients. *Frontiers in Plant Science*, 11: 559697. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2020.559697

Li, Y., Hui, G., Zhao, Z., Hu, Y., Ye, S. 2014. Spatial structural characteristics of three hardwood species in Korean pine broad-leaved forest-Validating the bivariate distribution of structural parameters from the point of tree population. *Forest Ecology and Management* 314: 17-25. DOI:10.1016/j.foreco.2013.11.012

Manzanilla, U. 2017. *Pinus culminicola*: un pino mexicano raro, en peligro de extinción y único en el mundo. *Herbario CICY, Centro de Investigación Científica de Yucatán*, 9: 9-12. ISSN: 2395-8790

Manzanilla-Quiñones, U., Aguirre-Calderón, Ó.A., Jiménez-Pérez, J., Treviño-Garza, E.J., Yerena-Yamallel, J.I. 2019. Distribución actual y futura del bosque subalpino de Pinus hartwegii Lindl en el Eje Neovolcánico Transversal. *Madera y bosques*, 25(2): 1-17. DOI: 10.21829/myb.2019.2521804 ,

Pretzsch, H. 2009. *Forest Dynamics, Growth and Yield* (Vol. 1). Springer Berlin Heidelberg. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-88307-4

Ramos, J. C., Treviño Garza, E. J., Buendía Rodríguez, E., Aguirre Calderón, O.A., López-Martínez, J.I. 2017. Productividad y estructura vertical de un bosque templado con incidencia de incendios forestales. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 8(43): 64-88. ISSN: 2007-1132.

Remmert, H. 1991. The mosaic-cycle concept of ecosystems. Springer Verlag. Berlin, Germany 21 p.

Rubio, E.A., González-Tagle, M.A., Jiménez-Pérez, J., Alanís-Rodríguez, E., Ávila-Flores, D.Y. 2014. Diversidad y distribución vertical de especies vegetales mediante el índice de Pretzsch. *Ciencia UANL*, 17(65): 34-41. https://eprints.uanl.mx/7024/1/Diversidadydistribucion-vertical-de-especies.pdf

Tovar-Cárdenas, A., Gárate-Escamilla, H., Rodríguez, L.G.C., Pando-Moreno, M., Yerena-Yamallel, J.I., Jurado-Ybarra, E. 2024. Estado actual de la estructura y composición del bosque de *Pinus culminicola* var. culminicola en un gradiente altitudinal en el Cerro El Potosí, Galeana, Nuevo León, México. *Polibotánica*, (58): 65-83. DOI: 10.18387/polibotanica.58.5