

Una muestra de *Pinus pseudostrubus* cuenta su historia de crecimiento a través de la dendrocronología

A sample of *Pinus pseudostrubus* tells its growth story through dendrochronology

Recepción del artículo: 10/07/2023 • Aceptación para publicación: 30/11/2023 • Publicación: 05/01/2024

<https://doi.org/10.32870/e-cucba.vi21.319>

Carlos Medina Tello

Tecnológico Nacional de México. Campus Zitácuaro. Zitácuaro, Michoacan, México.

Antonio Paniagua Cornejo

Tecnológico Nacional de México. Campus Valle de Morelia, Michoacan, México.

Max Gamaliel Espinosa Correa

Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.

Durango, Durango, México.

Gilberto Javier Arriaga Campos

Centro de Bachillerato Tecnológico Forestal No. 6. Ciudad Hidalgo, Michoacan, México.

Víctor Rocha Ramírez

Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia. Instituto de Investigaciones en

Ecosistemas y Sustentabilidad. Morelia, Michoacan, México.

María Dolores Uribe Salas*

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y

Forestales. Tarímbaro, Michoacan, México.

*Autor para correspondencia: maria.uribe@umich.mx

Resumen

Se hizo un estudio dendrocronológico con información obtenida de la plantación forestal del Tecnológico Nacional de México Campus Zitácuaro, donde se tomó una muestra de cinco árboles de la especie *Pinus pseudostrubus* el 3 de junio de 2021 y las muestras se trasladaron al Laboratorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales (FCFyA) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED) en octubre de 2023. Las muestras de los árboles fueron lijadas para facilitar la observación de los anillos de crecimiento, y se utilizó un estereoscopio para examinarlos con detalle y precisión, además, se empleó el sistema Velmex "TA" para tomar mediciones de los anillos de crecimiento, calculando el Incremento Corriente Anual (ICA) y el de Incremento Medio Anual (IMA). Este proceso incluyó la identificación de anillos falsos o fluctuaciones a través de cortes en las rodajas de madera. Los datos recopilados permitieron comprender la historia de crecimiento de los árboles y su respuesta a condiciones ambientales.

Palabras clave: Anillos de árboles, Incremento Corriente Anual (ICA), Incremento Medio Anual (IMA).

Abstract

A dendrochronological study was carried out with information obtained from the forest plantation of the Tecnológico Nacional de México Campus Zitácuaro, where a sample of five trees of the species *Pinus pseudostrubus* was taken on June 3, 2021 and the samples were transferred to the Laboratory of the Faculty of Forest and Environmental Sciences (FCFyA) from the Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED) in October 2023. The tree samples were sanded to facilitate observation of the growth rings, and a stereoscope was used to examine them in detail and precision, in addition, the Velmex "TA" system was used to take measurements of the growth rings, calculating the Annual Current Increase (ICA) and the Average Annual Increase (IMA). This process included identifying false rings or fluctuations through cuts in the wood slices. The data collected allowed us to understand the growth history of the trees and their response to environmental conditions.

Keywords: Tree rings, Annual Current Increase (ICA), Average Annual Increase (IMA).

Introducción

Los productos forestales brindan satisfactores como materias primas, la protección de suelos y cuencas, la regulación del ciclo hidrológico, la captura de carbono y la prestación de servicios ambientales (Rojas-García *et al.*, 2020). Sin embargo, estos valiosos ecosistemas naturales enfrentan amenazas debido a diversas causas y agentes, lo que se traduce en una disminución de la superficie forestal y en la conversión de suelos forestales para otros usos. Llevar a cabo con éxito la plantación y desarrollo de una masa forestal implica una investigación exhaustiva en varios frentes: técnico, económico, social y legal. La investigación técnica desempeña un papel crucial en la determinación de los mejores métodos de plantación y gestión forestal, garantizando un crecimiento saludable y sostenible de los bosques plantados. La investigación económica se enfoca en evaluar la viabilidad financiera de las plantaciones y su capacidad para generar ingresos sostenibles a largo plazo. La investigación social considera cómo las plantaciones afectan a las comunidades locales y cómo se pueden abordar las preocupaciones relacionadas con el empleo y la participación comunitaria. La investigación legal es esencial para asegurar que las plantaciones cumplan con las regulaciones ambientales y forestales, y para establecer acuerdos de tenencia de la tierra apropiados (Marlés *et al.*, 2015; Rojas-García *et al.*, 2020; DOF, 2020).

En ese sentido, la plantación forestal del Instituto Tecnológico de Zitácuaro, Michoacán (ITZ) desempeña un papel fundamental al proporcionar datos que documentan la historia de crecimiento de superficies forestales, lo que proporciona una variedad de beneficios y servicios esenciales para la comunidad local (Medina *et al.*, 2014).

En el presente estudio, se documentó la historia de crecimiento de árboles de la especie *Pinus pseudostrabus* a partir de la identificación y cuantificación de los anillo de crecimiento anual el Índice de Corriente Anual (ICA) y el Incremento Medio Anual (IMA), basado en la utilidad del análisis de los anillos de los árboles

y cómo esto puede ser de interés para la gestión de los bosques. Adicionalmente, se documentó el crecimiento de la masa forestal y el impacto que se originó en el área al deforestar para la implementación de una cancha de fútbol para alumnos del ITZ.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la Fracción B del ITZ, en un periodo de tiempo del año 2002 hasta el 2012. El ITZ se localiza en la latitud Norte 19° 25' y Longitud Oeste 100° 23'. El municipio se localiza al Oriente con respecto a la Ciudad de Morelia. El clima dominante para la zona es del grupo templado, subgrupo templado subhúmedo, con lluvias en verano y un porcentaje de lluvias invernales menor a T. Cuya fórmula climática de acuerdo al sistema de clasificación de Köppen, modificado por García (1968) es C(w1) (w). Este tipo de clima es mesotérmico, La precipitación media anual es mayor a 800 mm, con una temperatura media anual entre 12 y 18 grados centígrados, la máxima incidencias de lluvias se presenta en julio con valores entre 150 y 160 mm, las sequías se registran en los meses de febrero y diciembre con un valor menor de 10 mm. Las heladas varían de 0 a 20 días por año. Las granizadas se presentan de 0 a 2 por año, estando relacionadas con el periodo de lluvias. Se monitorearon parámetros de densidad de plantación, diámetro de los árboles, área basal y altura. Posteriormente, cuando se construyó el estadio de fútbol, se efectuaron recorridos de campo para la ubicación de los árboles a derribar, se identificó la especie *P. pseudostrabus* como la especie predominante del área. Una vez que se derribaron los árboles, se obtuvieron rodajas como marca la técnica reportada por Pacheco *et al.*, (2016). Se documentó el diámetro normal y la altura de los árboles derribados. Se tomaron muestras de rodajas en la base y a una altura de 1.10 m y éstas fueron trasladadas al Laboratorio de La facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente (FCFyA) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Se identificaron los anillos de crecimiento reales, excluyendo facto-

res que pudieran generar anillos falsos y minimizar las fluctuaciones que puedan llevar a mediciones erróneas. Se midió el crecimiento de los anillos, utilizando un sistema Velmex, tal como lo reporta Constante *et al.*, (2009).

Resultados y discusión

La edad promedio calculada para los árboles fue de 12 años, con una densidad de plantación inicial de 2500 árboles/ha que en el último año de medición fue de 753 árboles/ha, características promedio en diámetro normal de 17.35 cm, área basal de 0.086 m²/árbol, altura promedio de 10.5 m; el área basal por hectárea fue de 20.21 m² y un volumen de 98.465 m³/ha.

En la plantación modelo del 2021, fue notorio un crecimiento significativo, especialmente en las áreas cercanas donde se proporcionaba agua y nutrientes en abundancia. Los árboles en los bordes crecieron en diámetro y altura debido a la competencia entre ellos. Algunos árboles en el centro, que no tuvieron tanta competencia, se retrasaron en términos de altura. Lo anterior concuerda con lo reportado por Marlés *et al.*(2015) quienes reportaron que la señal media de las poblaciones supera el nivel de confianza aceptado de 0.85 únicamente en la cronología de *Pinus pseudostrobus* en Zitácuaro. En ese mismo estudio, se reporta que para esta especie la correlación del crecimiento con la temperatura máxima media es negativa,



Figura 1. Incremento de masa forestal basado en imágenes de Google Earth. A) año 2006, B) 2008, C) 2010, D) 2013, E) 2015 y F) 2020.

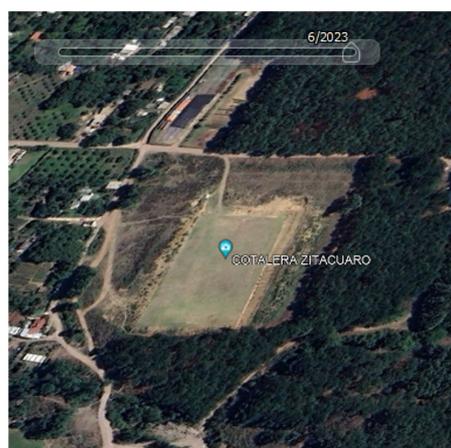


Figura 2. Aspecto actual del área deforestada para la creación de un campo de fútbol en el ITZ.

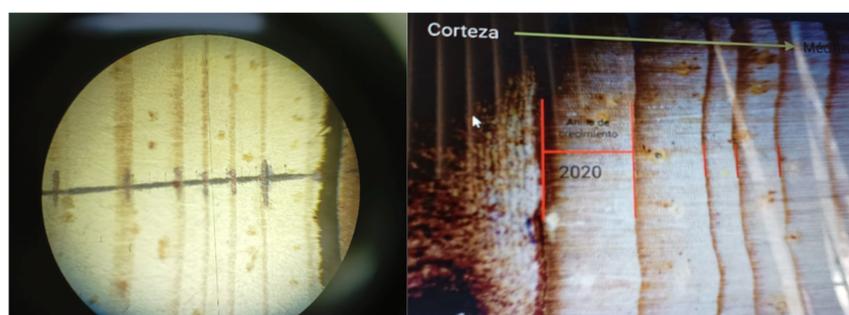
es decir, a mayor temperatura menos crecimiento, así que el crecimiento se relaciona negativa y significativamente con las temperaturas.

En la Figura 3, se observa de izquierda a derecha, la madera temprana y la madera tardía, delimitada por una línea que indica la formación de cada anillo. Se encuentra señalado el crecimiento de un anillo correspondiente al año 2020 lo que indica que en este año en particular, las condiciones para el crecimiento de este árbol fueron favorables. Esto es debido posiblemente a la ubicación del árbol, el cual crecía en condiciones de pendiente menor al 10% en un suelo profundo.

En el siguiente Cuadro, se muestran los datos obtenidos para los árboles muestreados. La variabilidad anual en el crecimiento está vinculada a factores ambientales, como se había mencionado previamente. Los datos obtenidos de esta plantación, sugieren que la presencia predominante de madera temprana revela condiciones favorables de crecimiento.

El análisis de las rodajas del pino en estudio, confirma lo reportado por Medina et al. (2014) en cuanto al crecimiento de los árboles derribados. El Ancho de Anillo (AA) varía desde un mínimo de 0.0034 mm en 2021 hasta un máximo de 0.0734 mm en 2006.

Figura 3. Medición de la corteza de árboles de *P. pseudostrobus* mediante el sistema Velmex. Se destaca el crecimiento del anillo correspondiente al año 2020.



Cuadro 2. Incrementos anuales en volumen y en diámetro de árboles de *Pinus pseudostrobus* en el Instituto Tecnológico de Zitácuaro, Michoacán.

Año	AA1	ICA-A1 (m3)	AA2	ICA-A2 (m3)	AA3	ICA-A3 (m3)	AA4	ICA-A4 (m3)	AA5	ICA-A5(m3)
2003	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	12.517	0.0457
2004	19.01	0.0415	12.121	0.0317	7.571	0.0108	NA	NA	30.334	0.1109
2005	28.703	0.0627	21.901	0.0572	26.3725	0.0377	NA	NA	34.854	0.1274
2006	33.593	0.0734	32.4685	0.0848	32.6515	0.0466	29.3193	0.0730	40.3465	0.1474
2007	21.1445	0.0462	25.831	0.0675	31.379	0.0448	28.9913	0.0722	30.9295	0.1130
2008	16.506	0.0361	20.2065	0.0528	26.1245	0.0373	38.1427	0.0950	24.834	0.0908
2009	18.862	0.0412	15.485	0.0404	17.714	0.0253	43.65	0.1087	28.7755	0.1052
2010	14.121	0.0309	12.306	0.0321	19.595	0.0280	19.1807	0.0478	28.971	0.1059
2011	10.3185	0.0226	11.437	0.0299	18.6865	0.0267	22.8707	0.0570	23.281	0.0851
2012	7.6385	0.0167	10.093	0.0264	11.6	0.0166	20.9407	0.0522	18.3325	0.0670
2013	7.199	0.0157	10.9005	0.0285	6.666	0.0095	17.844	0.0445	13.4985	0.0493
2014	5.4205	0.0118	9.1185	0.0238	4.7255	0.0067	13.414	0.0334	16.6235	0.0608
2015	5.509	0.0120	10.367	0.0271	4.008	0.0057	14.0267	0.0349	14.1075	0.0516
2016	3.541	0.0077	8.679	0.0227	3.908	0.0056	10.0467	0.0250	7.9805	0.0292
2017	2.5175	0.0055	3.9785	0.0104	2.453	0.0035	12.91	0.0322	6.3765	0.0233
2018	2.589	0.0057	3.1415	0.0082	1.6975	0.0024	7.03	0.0175	5.313	0.0194
2019	2.755	0.0060	2.416	0.0063	1.7685	0.0025	4.7053	0.0117	5.4555	0.0199
2020	3.3845	0.0074	2.247	0.0059	1.674	0.0024	2.866	0.0071	6.276	0.0229
2021	1.567	0.0034	0.274	0.0007	1.2055	0.0017	1.3073	0.0033	0.2755	0.0010
IMA	10.7568	0.0248	11.209	0.0309	11.5684	0.0174	15.1182	0.0447	18.3727	0.0620
Diámetro en la corta(cm)	25		28		22		33		40	
Diámetro sin corteza(mm)	204.3790		212.971		219.8		287.2453		349.0815	
Altura en la corta (m)	19.58		19.8		17.5		18.9		23.4	
VTA (m3)	0.4467		0.5563		0.3139		0.7156		1.2757	

AA_n= Ancho de Anillo de árbol n ésimo; ICA=Incremento Corriente Anual; NA=No aplica (no existe información para ese año); IMA= Incremento Medio Anual; VTA = Volumen total árbol.

El Incremento Corriente Anual (ICA) varía desde un mínimo de 0.0007 m³ en 2021 hasta un máximo de 0.1474 m³ en 2006. El Incremento Medio Anual (IMA) se sitúa en un valor mínimo de 0.0248 m³ y un valor máximo de 0.0620 m³. Los diámetros de corteza varían desde un mínimo de 204.3790 mm hasta un máximo de 349.0815 mm. Las alturas en el momento de la tala oscilan desde un mínimo de 17.5 metros hasta un máximo de 23.4 metros. El Volumen Total del Árbol (VTA) muestra un valor mínimo de 0.3139 m³ y un valor máximo de 1.2757 m³.

Conclusiones

Esta información ahora permite al Tecnológico compensar y planificar acciones de reforestación en otra zona con la misma especie, contribuyendo así a la conservación y recuperación de la vegetación local. Cabe mencionar que tal como lo indican Arriaga y Gómez (2019), el impacto del cambio ambiental en la especie estudiada, puede ser de hasta -65%. La dendrocronología y el análisis de crecimiento de estos árboles resultan esenciales para una gestión más consciente y sostenible de los recursos naturales. La dendrocronología se revela como una herramienta invaluable en los estudios de manejo forestal sostenible. A diferencia de las metodologías convencionales, como las Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM), la dendrocronología ofrece la ventaja de obtener datos precisos sobre el incremento anual de crecimiento de manera más sencilla, económica y a corto plazo. Esta información es fundamental para calcular la velocidad de crecimiento radial de los árboles, lo que, a su vez, permite deducir los volúmenes de madera aprovechables por hectárea y determinar los turnos de corta de manera más efectiva.

Literatura citada

- Arriaga, L. y Gómez, L. (2019). *Posibles efectos del cambio climático en algunos componentes de la biodiversidad de México*. Recuperado de <https://iefectividad.conanp.gob.mx/iefectividad/OyPC/PN%20Nevado%20de%20Colima/COMPONENTE%20DE%20MANEJO/ATENCI%C3%93N%20DE%20AMENAZAS/Posibles%20efectos.%20INECC%202017.pdf>
- Constante, G., Villanueva, J., Cedano, J. y Estrada, J. (2009). *Medición y calidad de fechado en anillos de árboles*. Folleto Técnico 14.
- Diario Oficial de la Federación 31/12/2020. Programa Nacional Forestal 2020-2024. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609275&fecha=31/12/2020#gsc.tab=0
- Marlès M., Valor, T., Claramunt, L., Pérez, D., Maneja, R., Sánchez, S. y Boada, J. (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*. Boletín 88. Instituto de Geografía. UNAM, México. DOI: 10.14350/ig.47378.
- Medina-Tello, C., Marcial-Gómez, J.G. y Salazar-Mata, J.M. (2014). Evaluación dasométrica de las plantaciones forestales establecidas con fines de reforestación en 2002 en la fracción B del Instituto Tecnológico de Zitácuaro, Estado de Michoacán En: *Contribuciones a la enseñanza y aprendizaje de la probabilidad y estadística*. Benemérita Universidad Autónoma De Puebla. México.
- Pacheco, G., Santiago, W., Martínez, D. y Ortiz, R. (2016). Análisis del crecimiento e incremento y estimación de índice de Sitio para *Pinus montezumae Lamb.* en Santiago Textitlán, Sola de Vega, Oaxaca. *Foresta Veracruzana*, 18(2), 21-28.
- Ramírez, K. (2018). Etapas de crecimiento, incremento corriente anual e incremento medio anual de *Prunus serotina Mcvaugh* mediante dendrocronología, en los Distritos de Pilcomayo y Huamancaca Chico. (Tesis para optar el Título Profesional de Licenciada en Ingeniero Forestal y Ambiental). Universidad Nacional del Centro del Perú Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente, Huancayo – Perú.
- Rojas-García, F., Gómez-Guerrero, A., Gutiérrez, G., Ángeles, G., Reyes, V. y de Jong, B. (2020). Aplicaciones de la dendroecología en el manejo forestal: una revisión. *Madera y Bosques*, 6(3), 1-19. DOI: 10.21829/myb.2020.2632116