Desarrollo de especies de pino en micro parcelas *in situ* con condiciones ecológicas contrastantes

Development of pine species in *in situ* microplots under contrasting ecological conditions

María Elena Granados García[1], Melissa Corine Carbajal Tapia[2], Pablo Ayala Hernández[1], María Alcalá de Jesús[1], Juan Carlos González Cortés[1].

[1] Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Av. Gral. Francisco J. Múgica S/N, C.P. 58030, Morelia, Michoacán.
[2] Universidad Tecnológica de Morelia, Av. Vicepresidente Pino Suárez No. 750, C.P. 58200, Morelia, Michoacán.

Resumen

Los ecosistemas forestales se renuevan de manera natural a través de procesos de sucesión que ocurren como consecuencia de cambios causados por factores naturales o por actividades antrópicas, en los que la vegetación original ha experimentado perturbación. En este estudio se muestra que las condiciones ecológicas a nivel local determinan el desarrollo de especies de pino, desde su germinación hasta su transición hacia el estado de plántula. *Pinus pseudostrobus* se desarrolló en las tres condiciones analizadas: al cénit, en ladera de cárcava y en bosque secundario, en comparación con *P. patula* y *P. lawsonii*. A través del tiempo, las condiciones ambientales de cada sitio limitaron la supervivencia y desarrollo de las especies; así, *P. pseudostrobus* estableció una diferencia significativa en el crecimiento en altura, estimado a los cuatro meses ($F=15.004$; $P < 0.001$), como al final del período de estudio, en el que *P. patula* y *P. lawsonii* no sobrevivieron a ningún tratamiento.

Palabras clave: ecosistemas forestales, ladera de cárcava, cénit, germinación de semillas, plántulas de pino.

Abstract

Forest ecosystems are naturally renewed through succession processes that occur when original vegetation is disturbed by natural factors or human activities. This study shows that ecological conditions at local level determine the development of pine species from germination to the seedling stage. *Pinus pseudostrobus* thrived in all three conditions analyzed: at the zenith, on the gully slope and in secondary forest, compared to *P. patula* and *P. lawsonii*. Over time, the environmental conditions of each site limited the survival and development of the species; thus, *Pinus pseudostrobus* established a significant difference in height growth, estimated at four months ($F=15.004$; $P < 0.001$), as well as at the end of the study period, in which *P. patula* and *P. lawsonii* did not survive any treatment.

Keywords: forest ecosystems, gully slope, pine seedlings, *Pinus pseudostrobus*, seed germination.

Introducción

La estructura y la función de los ecosistemas forestales está determinada por factores que operan en diferentes niveles (Huggett, 1995; Bailey, 1998). En el primer nivel la radiación solar, la temperatura, la precipitación pluvial, la humedad del suelo y su variación anual, son los principales factores que determinan la distribución natural de la vegetación. En el segundo nivel, la posición topográfica, la inclinación de la pendiente y su exposición influyen en la distribución de la precipitación y de los materiales del suelo, lo que se traduce en la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas. En el tercer nivel la intervención humana como incendios, tala, cambio en el uso del suelo, originan deterioro de la cubierta vegetal con formación de etapas de desarrollo o sucesión (Manson *et al*., 2009).

Historial
Manuscrito recibido: 5 de febrero de 2026
Manuscrito aceptado: 12 de marzo de 2026
Manuscrito publicado: abril 2026

Autor para correspondencia
María Elena Granados García
elena.granados.garcia@umich.mx
orcid.org/0000-0003-1942-9854

Como citar:
Granados García ME, Carbajal Tapia MC, Ayala Hernández P, Alcalá de Jesús M, González Cortés JC (2026). Desarrollo de especies de pino en micro parcelas *in situ* con condiciones ecológicas contrastantes. *Ciencia Nicolaita* 96:33-40. DOI:10.35830/cn.vi96.904

El cambio en el uso del suelo debido a factores naturales o a actividades antrópicas, donde la vegetación ha experimentado una transformación total o parcial, oc-

Copyright © Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo • ISSN 2007-7068

asiona, como consecuencia, la formación de bosques secundarios. La variación en el tipo de vegetación que se establece después de alguna perturbación se conoce como "sucesión secundaria", en la que las plantas colonizan el suelo previamente ocupado por una comunidad pionera. Este tipo de sucesión es muy frecuente en campos de cultivo abandonados, donde existen semillas o remanentes de la vegetación natural (Muñiz *et al.,* 2006). Durante este proceso se observa que las comunidades se van reemplazando una y otra vez a lo largo del tiempo, hasta lograr un equilibrio composicional.

El uso de terrenos forestales con fines de restauración de ecosistemas degradados, para promover que las especies presentes en el entorno natural se establezcan de manera eficiente, proporciona un área de oportunidad para comprender cómo estas cumplen sus funciones ecológicas. Se plantea la necesidad de desarrollar estrategias orientadas a la conservación de fragmentos forestales remanentes y la rehabilitación de terrenos degradados, con vocación forestal (Díaz *et al*., 2012). Por lo tanto, la persistencia de especies nativas en predios ubicados dentro de su distribución natural resultará en la conservación de la biodiversidad y en su capacidad de regeneración, tanto en el presente como para futuras generaciones.

La restauración de un ecosistema con vocación forestal consiste en restituir la capacidad de las tierras que antes contaban con árboles para que estos recuperen sus condiciones originales. En terrenos forestales se ha establecido una influencia positiva del dosel al proporcionar sombra a las plantas; así como un efecto de competencia con el sotobosque por recursos como agua y nutrientes. En este sentido, Smith y Huston (1989) y Valladares (2004) demostraron que la luz y el agua varían e interactúan simultáneamente, por lo que la respuesta de las plantas a la luz y su tolerancia a la sombra dependerá de la disponibilidad de agua. Por lo tanto, las estrategias de las plantas para hacer frente a condiciones de sombra y de sequía pueden producir compensaciones morfológicas y fisiológicas como respuesta a estas variaciones.

Por otro lado, el estado ontogénico (Soliveres *et al*., 2010); los requerimientos ecológicos de las especies interactuantes (Liancourt *et al*., 2005) y la presencia de diferentes factores de estrés (Baumeister y Callaway 2006; Soliveres *et al*., 2012), modulan la interacción planta-planta a través de gradientes ambientales. Por lo tanto, es importante evaluar el efecto de las condiciones del microclima en sitios con condiciones ecológicas contrastantes, sobre el desarrollo de especies nativas con potencial para la restauración *in situ*, en terrenos forestales degradados.

En este contexto, en el Convenio del Plan de Manejo para la Biodiversidad Biológica (PMDB, Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming-Montreal, 2022), México se comprometió con el objetivo estratégico *D* del PMDB. El objetivo de este Convenio establece un compromiso global integral para conservar, restaurar y usar sustentablemente su biodiversidad, incrementar su resiliencia y contribuir a la mitigación de la emergencia climática.

Con base en lo anterior, en este trabajo nos planteamos la hipótesis de que las especies de pino cuentan con características fisiológicas y fenotípicas propias para germinar y desarrollarse de manera diferenciada en condiciones naturales que experimentan cambios micro climáticos a lo largo del día.

Materiales y métodos

Localización del área de estudio

El estudio se realizó en la localidad del ejido Santa Rosalía, en el poblado "El Escobal", municipio de Morelia, Michoacán (**Figura 1**), situada a 16.4 km al Noroeste de la cabecera municipal, en las coordenadas 19°34'0" N y 101°14'0" W, a una altitud de 2160 m.

Diseño experimental

Se delimitaron tres sitios de 1 m^2 (parcelas) con condiciones ecológicas contrastantes en cuanto a pendiente, radiación solar, humedad del suelo y cubierta vegetal, con tres repeticiones. El experimento corresponde a un diseño factorial con tres sitios y tres especies como factores fijos.

En el área de estudio, la primera parcela denominada ladera de cárcava se delimita a 50 m lineales partiendo de la cabecera de la cárcava al este; sobre la misma línea hacia el oeste, a 12 m lineales se localizan las otras dos parcelas en ladera de cárcava. A partir de la primera parcela en ladera de cárcava, hacia el norte, se localizan las parcelas denominadas al cénit. De la cabecera de la cárcava hacia el oeste, a 140 m lineales, siguiendo el lecho de la cárcava, se localizan las parcelas del sitio denominado bosque secundario.

En la zona de estudio, Ibarra (2018) observó que las variables ambientales de las micro parcelas están definidas por la radiación fotosintéticamente activa (PPFD, la cual se midió con un PAR METER; SUN SYSTEM, Canada), en un transecto lineal en cada parcela, registrando 10 medidas por tratamiento, por la humedad del suelo y su clase textural, además de la pendiente del terreno. El primer sitio se delimitó en un área de cárcavas, en ladera de cárcava con una radiación promedio de 400 µmol m^2 s^{-1}, 30 por ciento de humedad del suelo y 8° de dependiente; el segundo sitio se delimitó en un área libre fuera del dosel,

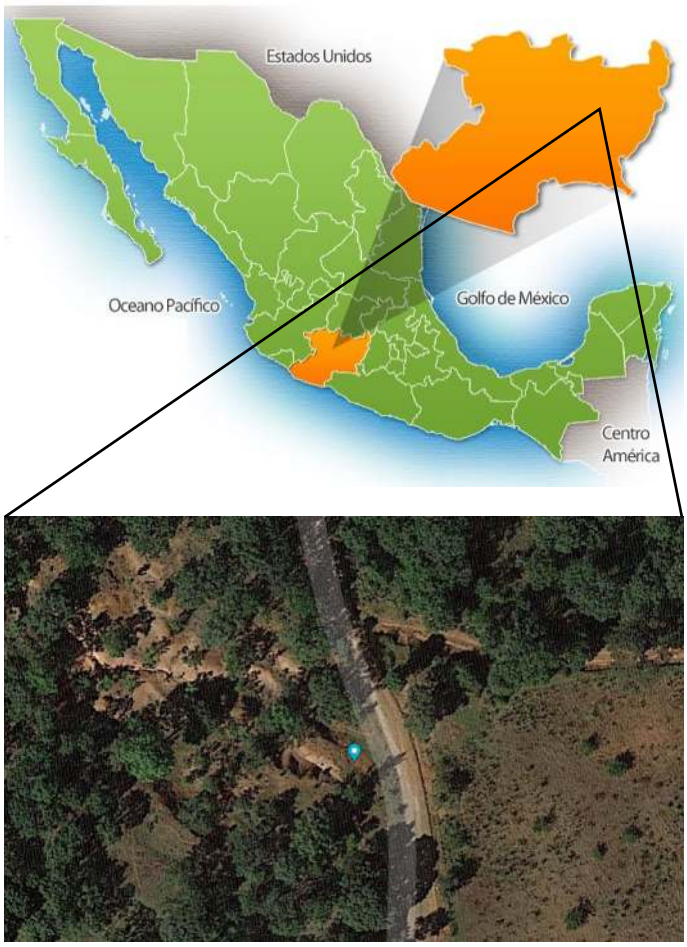


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio. Parcelas en el área de cárcavas en El Escobal.

en la parte alta de la cárcava a la que se denominó al cénit, con una radiación promedio de 1800 µmol m^2 s^{-1} y 17 por ciento de humedad del suelo; el tercer sitio se delimitó en el área de bosque secundario sin pendiente, con una radiación promedio de 100 µmol m^2 s^{-1} y 26 por ciento de humedad del suelo (**Tabla 1**).

Siembra de semillas

En mayo de 2023 se sembraron "al voleo" 30 g de semilla de tres especies de pino: *Pinus pseudostrobus*, esta especie tiene una amplia distribución geográfica y climática, así como una gran importancia económica y ecológica; *P. patula* tiene importancia comercial por su potencial productivo y capacidad de adaptarse a diferentes condiciones climáticas y *P. lawsonii* con potencial de crecer en áreas erosionadas "al voleo", las cuales fueron esparcidas manualmente sobre el terreno de manera homogénea en cada micro parcela (**Figura 2a-c**; **Tabla 2**).

Crecimiento y supervivencia

Se monitoreó el crecimiento y la supervivencia de las plántulas en cada condición ecológica descrita a los cuatro, siete y once meses posteriores a la siembra de las semillas. El crecimiento se registró después de extraer una muestra de 10 plántulas al azar en cada tratamiento, tanto en altura a partir de la base del cuello de la raíz hasta la yema apical, como en diámetro, tomando la medida en el cuello de la raíz. La supervivencia se registró de forma general en cada tratamiento a través del crecimiento de las plántulas una vez que estas germinaron y su posterior persistencia en cada tratamiento.

Análisis estadístico

El análisis se hizo bajo un diseño factorial con dos factores fijos: el factor tratamiento experimental (tres sitios) y el factor especie (tres especies), con el modelo:

$$yijk = \mu + Ti + Ej + \varepsilon ijk,$$

donde

yij = variable respuesta.
μ = media general;
Ti = efecto del tratamiento i;
Ej = efecto de la especie j y
εijk = error.

Todos los análisis se realizaron con el programa estadístico *Statistica 2013*, verificando los supuestos de independencia de las observaciones, homocedasticidad de los residuales y la normalidad de los datos.

Tabla 1. Condiciones abióticas presentes en las micro parcelas en El Escobal.

Sitio	Radiación fotosintéticamente activa (µmol m^2 s^{-1})	Humedad del suelo (%)	Pendiente (° grados)	Clase de Textura del suelo
Al cénit	1800	17	0	Arcilla
Ladera de Cárcava	400	30	8	Arcillo/Arenoso
Bosque Secundario	100	26	0	Arcillo/ Franco Arenoso

Fuente: Ibarra, 2018.



Figura 2. Delimitación de micro parcelas para la siembra de semillas: a) Ladera de cárcava; b) Al cénit; c) Bosque secundario.

Tabla 2. Cantidad de semillas sembradas en cada micro parcela.

Especie	Semillas/gr	Semillas/30 gr
P. pseudostrobus	47	1410
P. patula	70	1590
P. lawsonii	53	2100

Resultados

Crecimiento de las especies

De acuerdo con la Organización Mundial Meteorológica (OMM) entre junio de 2023 a julio de 2024 se registró un aumento de temperatura que superó por primera vez el umbral de 1.5 **°C establecido en el Acuerdo de Paris en 2015 (CONAGUA 2024).** Es probable que las condiciones extremas de temperatura afectaran el crecimiento en altura y en diámetro de las plántulas. En septiembre de 2023; cuatro meses después de la siembra de las semillas, se encontraron diferencias significativas entre los factores especie y tratamiento (F=15.004; P <0.001). El crecimiento de las plántulas de *Pinus lawsonii* en altura fue mayor en ladera de cárcava, fue menor en bosque secundario y no sobrevivieron al cénit; las plántulas de *P. pseudostrobus* tuvieron mayor crecimiento en altura en bosque secundario y al cénit. Las plántulas de *P. patula* crecieron de manera similar en los tres tratamientos (**Figura 3**). El crecimiento de las plántulas en diámetro no mostró diferencias significativas (F=1.296; P <0.05). Sin embargo, las plántulas de *P. pseudostrobus* al cénit, lo mismo que en las plántulas de *P. pseudostrobus* y de *P. lawsonii* en ladera de cárcava, se observa una tendencia hacia un mayor diámetro y menor para las plántulas de las tres especies en bosque secundario (**Figura 3**).

Después de siete meses de desarrollo de las plántulas en las micro parcelas, se realizó una estimación del crecimiento en altura y diámetro de aquellas que sobrevivieron en las condiciones de cada tratamiento (diciembre de 2023). En general, en esta época del año los procesos fisiológicos de las especies en campo se ralentizan debido a la disminución de temperatura. En particular, observamos que las plántulas de *P. lawsonii* no sobrevivieron en ningún tratamiento. Por otro lado, las plántulas de *P. pseudostrobus* mostraron mayor crecimiento en altura al cénit y en bosque secundario y menor en ladera de cárcava, mientras que las plántulas de *P. patula* no sobrevivieron al cénit y su crecimiento fue menor en ladera de cárcava y en bosque secundario (**Figura 4**), con diferencias significativas entre tratamiento (F= 5.245; P <0.05) y entre los factores tratamiento y especie (F= 7.722; P < .05). El crecimiento en diámetro de las plántulas de *P. pseudostrobus* fue mayor en ladera de cárcava y menor al cénit y en bosque secundario; en el caso de las plántulas de *P. patula*, su diámetro fue menor en bosque secundario (**Figura 4**), sin diferencias significativas entre especie y tratamiento (F= 0.301; P >0.05).

El año 2024 destacó por ser el año más caluroso de acuerdo con la OMM, dando como resultado condiciones extremas (CONAGUA 2024). Es probable que la nula supervivencia de las plántulas de las tres especies en todos los tratamientos a excepción de las plántulas de *P. pseudostrobus* que sobrevivieron en la ladera de cárcava,

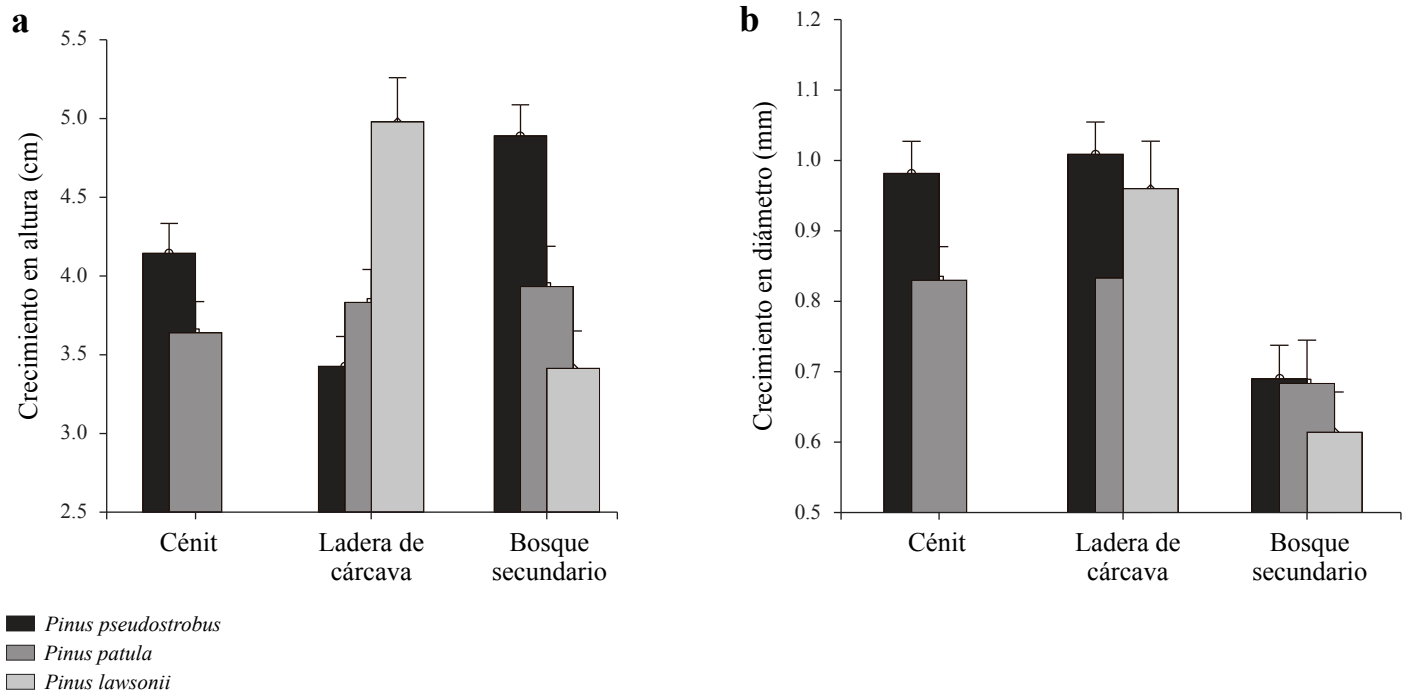


Figura 3. Crecimiento de las plántulas en **a)** altura y **b)** diámetro en cada tratamiento (micro parcela) en septiembre de 2023.

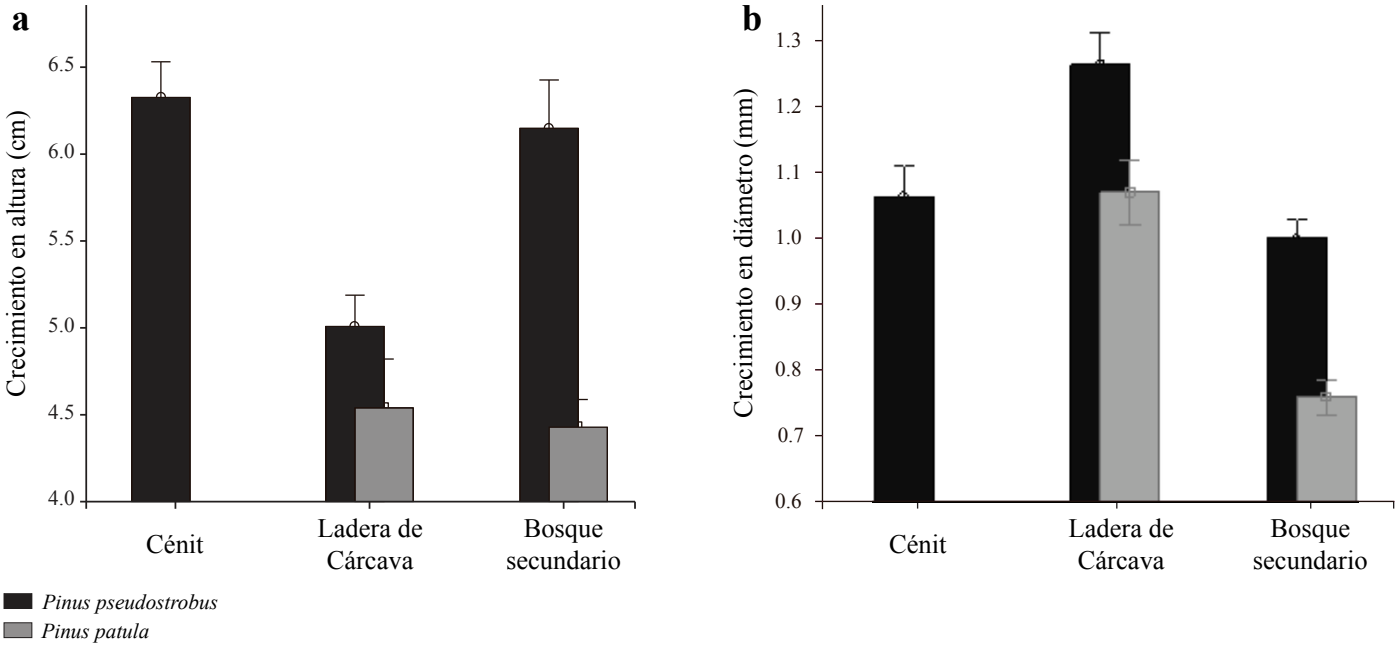


Figura 4. Crecimiento en **a)** altura y **b)** diámetro de las plántulas en diciembre de 2023.

haya sido por las condiciones extremas de temperatura reportadas. En el caso de *P. pseudostrobus* se hizo un análisis del crecimiento de la especie a lo largo del período de estudio en estas micro parcelas (**Figuras 5** y **6**). En altura, la especie creció de acuerdo con lo esperado, registrando un aumento al final del período. Sin embargo, el crecimiento del diámetro mostró una disminución inesperada en abril de 2024 (**Figura 5**).

Discusión

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), las condiciones climáticas en el municipio de Morelia en el período comprendido entre 2023-2024, se caracterizó por temperaturas altas y escasa precipitación. El reporte indica condiciones de sequía moderada a partir de enero de 2023 hasta sequía severa en mayo de 2023;

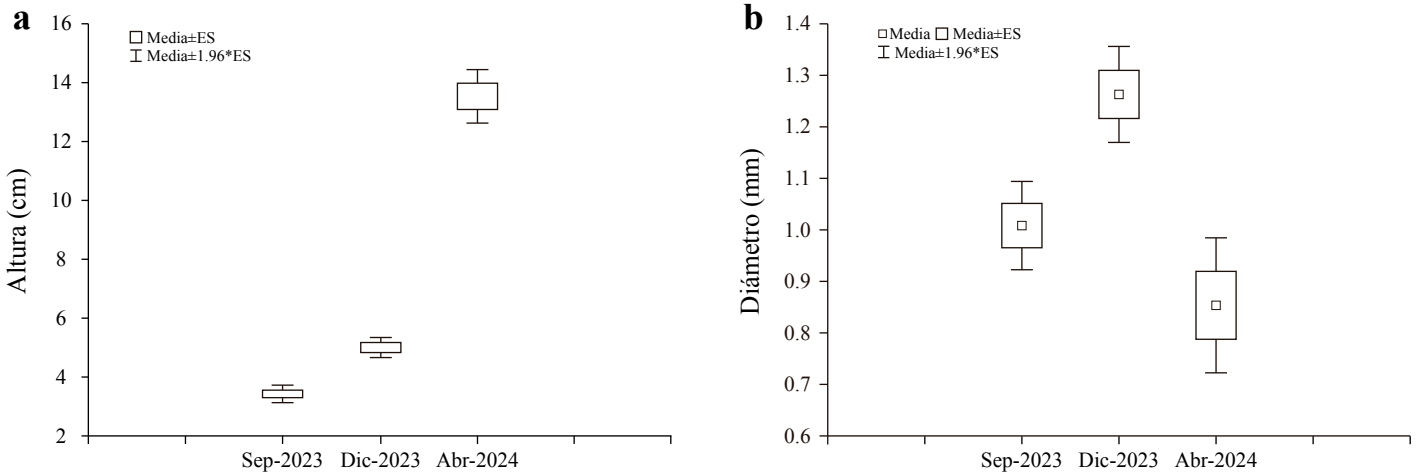


Figura 5. Crecimiento en **a)** altura y **b)** diámetro de *Pinus pseudostrobus* en ladera de cárcava durante el período de estudio.

a partir de junio de 2023 hasta julio de 2024, se indicó sequía extrema. Estos datos sugieren que, para la zona de estudio, perteneciente al municipio de Morelia, las altas temperaturas y la escasa precipitación tuvieron como consecuencia una escasa disponibilidad de agua, además de largos períodos de intensa radiación solar para las plántulas.

En el área de estudio, las condiciones referidas provocaron el desarrollo diferenciado de las plántulas. En particular, *Pinus lawsonii* no sobrevivió al tratamiento al cénit. En este tratamiento prevalecen una alta radiación solar y baja humedad del suelo, lo que afectó el desarrollo de esta especie; aunque es relevante considerar que las plántulas tuvieron un alto crecimiento en altura 4.9 cm en ladera de cárcava y 3.4 cm en bosque secundario, y un crecimiento en diámetro de 0.96 mm en ladera de cárcava y de 0.61 mm en bosque secundario. Sin embargo, entre septiembre y diciembre, la especie no sobrevivió a estos tratamientos.

En el caso de *Pinus patula*, se encontró que las plántulas de esta especie tuvieron un crecimiento promedio similar en altura de 4.8 cm en los tres tratamientos y un diámetro de entre 0.68 mm en bosque secundario y 0.83 mm al cénit y en ladera de cárcava, en septiembre de 2023. En diciembre de 2023 tuvo un crecimiento promedio en altura de 4.5 cm tanto en ladera de cárcava como en bosque secundario y un diámetro de 1.0 mm en ladera de cárcava y de 0.7 mm en bosque secundario, sin sobrevivencia al cénit en diciembre de 2023.

El crecimiento de las plántulas de *Pinus pseudostrobus* en altura fue mayor en el bosque secundario en septiembre de 2023 y en el tratamiento al cénit en diciembre de 2023; por otro lado, el crecimiento de las plántulas en diámetro fue mayor en ladera de cárcava a lo largo del período. Sin embargo, la especie prevaleció hasta abril de 2024, sólo en la ladera de cárcava. Una respuesta de interés sobre la fisiología de la especie fue el hecho de que, el crecimiento promedio en altura siguió un patrón normal, de septiembre de 2023 (3.4 cm) a abril de 2024 (13.5 cm); sin embargo, se encontró que las plántulas disminuyeron su diámetro en abril de 2024 de 1.2 a 0.85 mm. Lo anterior podría explicarse por la sequía extrema que se registró en el área de estudio, de acuerdo con el reporte de la CONAGUA (2024).

La gran mayoría de los pinos son intolerantes a la sombra, son especies pioneras de etapas iniciales o de sucesión intermedia. Aunque pueden representar el clímax o una etapa de sucesión avanzada (Rodríguez-Trejo, 2021). En este caso, es importante tener en cuenta, además de las condiciones micro climáticas en las que se encontraron expuestas las plántulas, el estado ontogénico de las especies (Soliveres *et al*., 2010), así como los requerimientos ecológicos (Liancourt *et al*., 2005), que modulan la interacción de los organismos y su hábitat en los ecosistemas forestales a través de gradientes ambientales.

En este trabajo, exploramos la respuesta de especies de pino en estado de plántula, en cuanto a su desarrollo *in situ* en micro parcelas con condiciones micro climáticas contrastantes generadas por el ecosistema. Como se indicó antes, el municipio de Morelia experimentó una sequía de diversos grados desde junio de 2023 hasta julio de 2024, condición que afectó el desarrollo de las semillas que habían germinado y de las plántulas que crecieron de manera diferenciada en cada tratamiento comprometiendo, su desarrollo posterior.

Las condiciones micro climáticas, así como las variaciones edáficas y la diferencia en cobertura vegetal de las áreas estudiadas y que tienen distintos tipos de perturbación, provocaron diferencias en las respuestas



Figura 6. Plántulas de *Pinus pseudotrobus* a lo largo del tiempo; **a)** julio de 2023, **b)** septiembre de 2023, **c)** diciembre de 2023 y **d)** abril de 2024.

tanto en el crecimiento como en la supervivencia de las especies germinadas que lograron su desarrollo al estado de plántula en condiciones naturales, *in situ*. Al final del período, sólo *Pinus pseudostrobus* prevaleció en el microclima con una radiación moderada y un porcentaje de humedad del suelo en el que, por el largo de su raíz y la biomasa registrada (datos no mostrados), alcanzó un buen desarrollo en la ladera de cárcava. En el bosque secundario, una baja intensidad lumínica podría ser perjudicial para cualquier especie, ya que la fijación de carbono se vería comprometida. Por otro lado, la competencia por el agua con los árboles y las plantas del sotobosque pudo ser determinante para la supervivencia de las plántulas de las tres especies en este tratamiento (Granados, 2019).

Para tener un método homogéneo de análisis, se eligieron tres sitios, cada uno con tres repeticiones, las cuales son necesarias para los análisis posteriores. En campo, es posible encontrar condiciones ecológicas homogéneas, aunque no es común. Por otro lado, en campo, un transecto de 1 m^2 es representativo para determinar distintos aspectos ecológicos. Consideramos que las condiciones de sequía extrema provocaron las respuestas observadas. Es posible que, de haberse presentado el período de lluvia normal para esta región, la respuesta de las especies habría sido diferente, por ejemplo, en términos de supervivencia. El tamaño de muestra en campo fue de cinco plantas por tratamiento, lo que en nuestra opinión permite hacer un análisis confiable en cuanto a las pruebas de independencia de las observaciones, homocedasticidad y homogeneidad de las medias.

Conclusiones

La disponibilidad de luz y la humedad del suelo son parámetros que determinan la supervivencia de las especies en condiciones naturales. En este estudio, las plántulas de las tres especies analizadas lograron regular de manera diferenciada, a través de la asignación de biomasa aérea o subterránea su desarrollo y en última instancia su supervivencia en hábitats donde compiten por estos recursos. Así, la supervivencia de *P. lawsonii* fue determinada por la radiación solar (1800 µmol m^2 s^{-1}) y la baja humedad del suelo (17%) al cénit, al encontrar que la especie no sobrevivió en ningún tratamiento después de cuatro meses, aunque sí germinó. En el caso de *P. patula* se definió un buen rendimiento después de cuatro meses de su germinación, si bien, en abril de 2024 se encontró nula supervivencia de esta especie en los tres tratamientos. El desarrollo de *P. pseudostrobus* fue modulado por las características fisiológicas de la especie y probablemente sus características ontológicas, ya que esta manifestó una adaptación a condiciones climáticas de mediana radiación solar y con una humedad del suelo de 30%, al final del período de estudio.

Referencias

Bailey RG (1996). Ecosystem Geography. *Springer-Verlag*. p. 216.

Baumeister D, Callaway RM (2006). Facilitation by *Pinus flexilis* during succession: A hierarchy of mechanisms benefits other plant species. *Ecology* 87:1816–1830. doi:10.1890/0012-9658(2006)87[1816:FBPFDS]2.0.CO;2

CONAGUA (2024). https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico

Díaz V, Sosa-Ramírez J, Pérez-Salicrup Diego R (2012). Distribución y abundancia de las especies arbóreas y arbustivas en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Polibotánica* (34):99-126.

Huggett RJ (1995). Geoecology. An evolutionary approach. Routledge, Londres, Reino Unido. 320 p.

Ibarra-Concepción E (2018). Introducción de especies leñosas para la rehabilitación ecológica de sitios perturbados en el poblado El Escobal del municipio de Morelia, Michoacán. Tesis de Licenciatura. *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,* p. 33.

Granados-García ME (2019). Restauración de bosques de *Pinus halepensis* mediante la introducción de especies rebrotadoras para aumentar su resiliencia ante incendios forestales. Tesis de Doctorado. Universitat de Barcelona, pp. 154. [Disponible en: https://hdl.handle.net/2445/150265].

Liancourt P, Callaway RM, Michalet R (2005). Stress tolerance and competitive-response ability determine the outcome of biotic interactions. *Ecology* 86:1611-1618. doi:10.1890/04-1398.

Manson RH, Jardel EJ, Jiménez-Espinoza PM, Escalante-Sandoval CA (2009). Perturbaciones y desastres naturales: impacto sobre las ecorregiones, la biodiversidad y el bienestar socioeconómico. En: Dirzo, González RR, March IJ (Compiladores) *Capital Natural de México. Vol. II. Estado de conservación y tendencias de cambio*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. pp. 131-184.

Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming Montreal. (2022). Conferencia de las partes en el convenio sobre la diversidad biológica. Montreal, Canadá. https://www.gob.mx/semarnat/documentos/hoja-de-ruta-de-mexico-para-cumplir-o-superar-la-meta-3-del-marco-mundial-de-biodiversidad-kunming-montreal-411548?idiom=es

Múñiz-Castro MA, Williams-Linera G, Rey-Benayas JM (2006). Distance effect from cloud forest fragments on plant community structure in abandoned pastures in Veracruz, Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 22:431-440. doi:10.1017/S0266467406003221.

Rodríguez-Trejo DA (Coord.). 2021. Semillas de Especies Forestales. División de Ciencias Forestales, *Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo*, Edo. de Méx. 505 p.

Smith T, Huston M (1989). A theory of spatial and temporal dynamics of plant communities. *Vegetatio* 83(1):49-69. doi:10.1007/BF00031680

Soliveres S, Desoto L, Maestre FT, Olano JM (2010). Spatio-temporal heterogeneity in abiotic factors modulate multiple ontogenetic shifts between competition and facilitation. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 12:227-234.

Soliveres S, Eldridge DJ, Hemmings F, Maestre FT (2012) Nurse plant effects on plant species richness in drylands: The role of grazing, rainfall and species specificity. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 14:402-410.

Valladares F, Aranda I, Sánchez-Gómez D (2004). La luz como factor ecológico y evolutivo para las plantas y su interacción con el agua. *Ecología del Bosque Mediterráneo en un Mundo Cambiante*. pp. 335-369. Ministerio del Medio Ambiente EGRAF. Madrid.