



DOI: [10.29298/rmcf.v15i86.1466](https://doi.org/10.29298/rmcf.v15i86.1466)

Nota de investigación

## Supervivencia y crecimiento de una reforestación de *Pinus cembroides* Zucc. en el noreste de México

### Survival and growth of *Pinus cembroides* Zucc. in Northeastern Mexico

Ana Marissa de la Fuente Solís<sup>1</sup>, Eduardo Alanís Rodríguez<sup>1\*</sup>, María Inés Yáñez Díaz<sup>1</sup>, Israel Cantú Silva<sup>1</sup>, Wibke Himmelsbach<sup>1</sup>, Miguel Ángel Martín del Campo Delgado<sup>2</sup>

Fecha de recepción/Reception date: 16 de febrero de 2024.

Fecha de aceptación/Acceptance date: 10 de junio de 2024.

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. México.

<sup>2</sup>Gerencia de Calidad del Laboratorio Estatal de Salud Pública, Estado de México. México.

\*Autor para correspondencia; correo-e: [eduardo.alanisrd@uanl.edu.mx](mailto:eduardo.alanisrd@uanl.edu.mx)

\*Corresponding author; e-mail: [eduardo.alanisrd@uanl.edu.mx](mailto:eduardo.alanisrd@uanl.edu.mx)

#### Resumen

Se estudió la supervivencia y el crecimiento de una reforestación con *Pinus cembroides* en el ejido La Tapon, municipio Galeana, Nuevo León con el objetivo de evaluar el efecto de las terrazas individuales y tinas ciegas en el diámetro basal, altura total y diámetro de copa de una plantación de 10 años. Se evaluaron 13 transectos (en curvas de nivel) de cada uno de los tratamientos (26 en total), mediante un diseño de muestreo sistemático aleatorio. En los transectos se registró la siguiente información de todos los individuos presentes: el diámetro a 10 cm de la base, la altura total (m) y el diámetro de copa (m). Para determinar si existían diferencias significativas en la supervivencia de la especie con respecto a los diferentes tratamientos (terrazas individuales y tinas ciegas), se realizó un análisis de varianza con la prueba *t* de Student y la prueba *U* de Mann-Whitney para las variables de altura, diámetro a 10 cm y el diámetro de copa. Los resultados indicaron un promedio general de supervivencia de 52.69 %, mientras que en tinas ciegas de 53.71 % y en las terrazas individuales 51.68 %. Sin embargo, las pruebas determinaron la ausencia de diferencias significativas en el crecimiento de los individuos dentro de las obras de conservación.

**Palabras clave:** Mortandad, muestreo, plantación, prácticas de conservación, prueba de *t*, reforestación.

#### Abstract

The evaluation of the survival and growth of a *Pinus cembroides* plantation was carried out in the La Tapon ejido, Galeana municipality, state of Nuevo Leon, with the objective of evaluating the effect of individual terraces and ditches in basal diameter, total height, and crown diameter of a 10-year-old plantation. 13 transects (contour lines) for each of the treatments (26 in total) were evaluated using a systematic random sampling design. From each of the transects, information was taken from all individuals, including diameter at

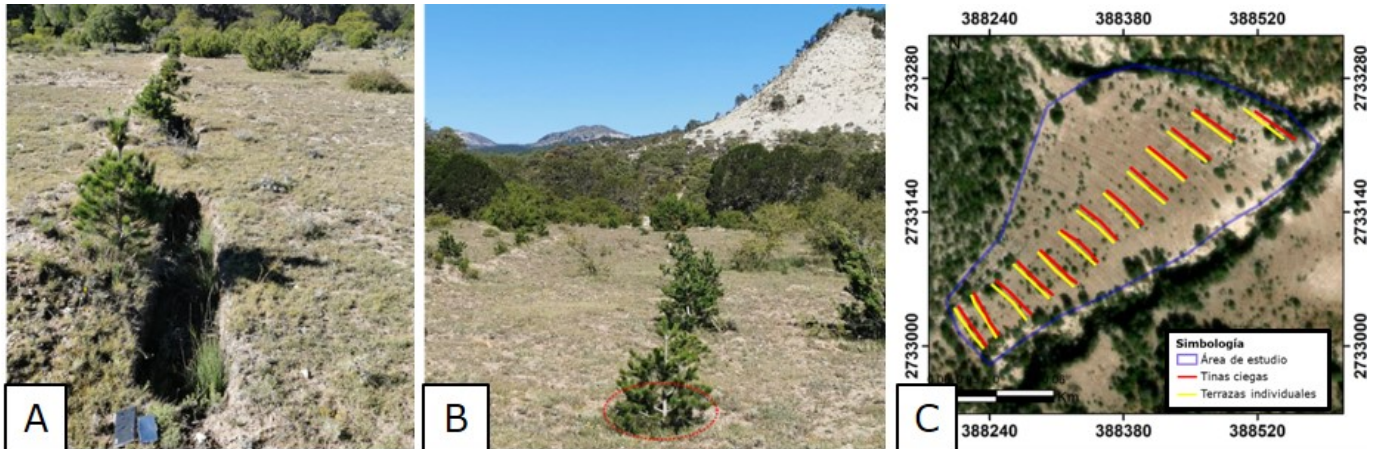
10 cm from the base of the trunk (cm), total height (m) and crown diameter (m). To determine whether there were significant differences in the survival of specie in relation to the different treatments (individual terraces and ditches), an analysis of variance was performed using Student's *t*-test and the Mann-Whitney *U*-test for height, diameter at 10 cm and crown diameter. The results indicate an overall average survival of 52.69 %, while in blind pits it was 53.71 %, and individual terraces it was 51.68 %. However, the tests showed that there were no significant differences in growth of individuals within conservation practices.

**Key words:** Mortality, sampling, plantation, conservation practices, *t*-test, reforestation.

Los bosques son áreas forestales que dan soporte a una gran diversidad biológica. Además, desempeñan un papel importante en la regulación del clima en el Planeta, estabilizan los suelos y equilibran los flujos de agua, por mencionar algunas funciones (ONUAA, 2016). A su vez, proporcionan una variedad de bienes y servicios ambientales de forma directa e indirecta a la población (Conafor, 2010). La pérdida de recursos naturales y de ecosistemas es un problema a nivel global. México está en la lista de los principales países con altas tasas de deforestación (Ventura-Ríos *et al.*, 2017).

En 2013, se estableció una plantación de 6.10 ha de *Pinus cembroides* Zucc. en el municipio Galeana, Nuevo León, a fin de contribuir al aumento de la superficie forestal y contrarrestar la deforestación. Previo a su establecimiento, y como parte de la preparación del terreno, se realizaron obras de conservación de suelos mediante la apertura de 480 tinas ciegas (zanjas trincheras) (TC) por hectárea y 1 000 terrazas individuales (TI), también por hectárea.

Las TC son un conjunto de excavaciones intercaladas y diseñadas en curvas de nivel (Figura 1A), con el fin de reducir la longitud del recorrido de agua, captar la que escurre y disminuir los procesos erosivos (Conafor, 2023). Por otro lado, las TI (Figura 1B) tienen como principal propósito retener el agua de los escurrimientos superficiales para incrementar la supervivencia y crecimiento de las plántulas (Conafor, 2023).



A = Tinas ciegas; B = Terrazas individuales en el ejido La Tapona; C = Transectos (unidades de muestreo) de 50 m en cada una de las curvas de nivel seleccionadas.

**Figura 1.** Obras de conservación de suelos y transectos evaluados.

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de las TC y TI en la supervivencia, así como el crecimiento de las principales variables dasométricas de una plantación de *P. cembroides* de 10 años en Galeana, Nuevo León, México. Se planteó la hipótesis de que los individuos ubicados en las TI presentarán mayores porcentajes de supervivencia y crecimiento en diámetro basal, diámetro de copa y altura total que en las TC.

La investigación se llevó a cabo en el ejido La Tapona del municipio Galeana, Nuevo León, México. El clima es templado seco o seco [BSok(x´)] con una temperatura media anual que oscila entre 12 y 18 °C (García, 2004). La precipitación anual es de entre 400 y 600 mm; y el suelo predominante es de tipo Leptosol (INEGI, 1986).

La plantación se estableció con una distancia entre plantas de alrededor de 2 m y una separación promedio entre curvas de nivel de 5.20 m. Las plántulas tenían una altura promedio de 30 cm.

En el año 2023, 10 años después de establecida la plantación, se llevó a cabo la evaluación. La superficie de la plantación se delimitó mediante recorridos de campo

e imágenes satelitales. Se siguió un diseño de muestreo sistemático aleatorio, en el que se seleccionaron 13 curvas de nivel de cada tratamiento (tinajas ciegas y terrazas individuales) con una intensidad de muestreo de 21 %. En cada curva de nivel seleccionada se delimitó un transecto (unidad de muestreo) de 50 m, debido a que no todas tenían la misma longitud (Figura 1C) (Prieto y Goche, 2018).

En cada transecto de 50 m se consideraron todos los individuos de *P. cembroides*. En el caso de tinajas ciegas fueron 12 por transecto y en las terrazas individuales 25. A cada ejemplar se le midió la altura total (m), el diámetro de copa (m) y el diámetro basal a los 10 cm del suelo. Estas mediciones se hicieron con un flexómetro *Truper*® modelo FA-3M de 3 m para la altura total; el diámetro de copa se midió en dos direcciones (norte-sur y este-oeste) con una cinta métrica *Stanley*® modelo 30-088, y el diámetro basal se registró con un vernier digital *Steren*® modelo HER-411 de 15 cm (Alanís *et al.*, 2020).

Para evaluar la supervivencia, se contabilizaron las plantas vivas y muertas (%). Posteriormente, se aplicó la siguiente Ecuación (Conafor, 2010) para obtener el porcentaje de supervivencia de la plantación de *P. cembroides*:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^n ai}{\sum_{i=1}^n mi} \times 100$$

Donde:

$p$  = Proporción estimada de árboles vivos (expresada en %)

$\Sigma$  = Sumatoria de los datos de acuerdo con la variable  $a$  o  $m$

$ai$  = Número de plantas vivas en el transecto

$mi$  = Número de plantas establecidas en el transecto

Con las variables de diámetro basal y diámetro de copa se estimaron el área basal y área de copa por individuo (Alanís *et al.*, 2020).

Para el análisis estadístico, se aplicó una prueba de *Kolmogorov-Smirnov* con la corrección *Lilliefors*, a fin de reconocer si los datos cumplían con los supuestos de normalidad (Ghasemi y Zahediasl, 2012).

Con el fin de probar la hipótesis nula ( $H_0$ ) de que no existen diferencias significativas entre TI y TC en la supervivencia de *P. cembroides*, se utilizó la prueba *t* de *Student* ( $\alpha=0.05$ ). Para las variables de altura total, área basal y de copa se utilizó la prueba no paramétrica de *U* de *Mann-Whitney*. Los datos se analizaron con el programa estadístico *Statistical Package for Social Sciences* versión 13.0 para *Windows* (SPSS, 2009).

En el Cuadro 1 se presentan los valores promedio de altura total, diámetro basal a los 10 cm de la base y diámetro de copa. La altura de los ejemplares de *P. cembroides* indica un crecimiento de alrededor de 30 cm en 10 años.

**Cuadro 1.** Valores promedios y desviación estándar de las variables del arbolado medido en los diferentes tratamientos, tinas ciegas (TC) y terrazas individuales (TI).

Variables	Media y desviación estándar	
	TC	TI
Altura (m)	0.569±0.260	0.622±0.329
Diámetro basal ( $d_{0.10\text{ m}}$ )	1.96±0.886	2.01±1.00
Diámetro de copa (m)	0.489±0.201	0.513±0.239

La prueba de *t* ( $\alpha=0.05$ ) mostró que no hay diferencias significativas en la tasa de supervivencia ( $p=0.471$ ) de *P. cembroides* al comparar las TI y TC, y la prueba *U* de *Mann-Whitney* que no hay diferencias en las variables de altura, área de copa y área basal (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Prueba *U* de *Mann-Whitney* para las tinas ciegas y terrazas individuales.

	<b>Altura</b>	<b>Área de copa</b>	<b>Área basal</b>
<i>U</i> de <i>Mann-Whitney</i>	11 658.000	12 003.500	12 348.000
Z	-0.918	-0.491	0.064
Sig. asintót. (bilateral)	0.358	0.624	0.949

Z = Valor de z; Sig. asintót. = Significancia asintótica.

La tasa promedio de supervivencia a los 10 años de la plantación fue de 52.69 %. La plantación con tratamiento de TC presentó 53.71 %, mientras que la de tratamiento con TI, 51.68 %, valor que supera ligeramente lo registrado por Ortíz-Rodríguez y Rodríguez-Trejo (2008) de 48.8 % en una plantación de *Pinus hartwegii* Lindl. a tres años de su establecimiento; ahí se atribuyó la supervivencia al efecto protector proporcionado por los estratos arbustivos y las herbáceas.

Sánchez (2008) evaluó la supervivencia de *Pinus oaxacana* Mirov en dos sitios con diferentes tratamientos (reforestación asociada a TC, reforestación con remoción previa de suelo [RS] y reforestación con cepa común [CC]). Las tasas de supervivencia de TC, RS y CC en el Sitio 1 fueron del 20, 29 y 30 %, respectivamente. Para el Sitio 2, el tratamiento RS alcanzó 50 % y las TC en el bordo fueron de 20 %. Para el Sitio 1, la reforestación no se consideró exitosa, ya que los valores fueron menores a 50 %. Por lo tanto, los registros alcanzados en este estudio para las TC (53.71 %) pueden considerarse aceptables, ya que los porcentajes de supervivencia para México en el 2019 son inferiores a 50 % (Coneval, 2018). Céspedes y Moreno (2010) mostraron que la tasa de supervivencia (%) consignada por la Conafor para los años 2002, 2003, 2004 y 2005 fueron de 49.5, 43.9, 58.3 y 55 %, respectivamente.

Por otra parte, Vásquez-García *et al.* (2016) llevaron a cabo una evaluación sobre la supervivencia y mortalidad en plantaciones forestales ubicadas en tres comunidades de la Mixteca Alta Oaxaqueña. En dicho estudio destaca la supervivencia a los 8 y 10

años en la plantación, con 72.35 y 79.52 %, respectivamente; la elevada respuesta fue atribuida a la atinada selección de especies y a las condiciones climáticas favorables, caracterizadas por una precipitación de 700 a 1 000 mm, cifra superior a la registrada en la presente investigación.

Cotler *et al.* (2013) analizaron las propiedades físicas y químicas de los tratamientos TI y TC después de cuatro años, y determinaron que ambos tratamientos se comportaron de manera similar, no mostraron un cambio en el contenido de humedad y porosidad, y con respecto al contenido de carbono y nitrógeno, los valores fueron inferiores en comparación con las parcelas de control.

Ventura-Ríos *et al.* (2017) estudiaron la estructura, altura, área basal y biomasa aérea en tres áreas reforestadas de cinco (R5), 12 (R12) y 14 (R14) años y un sitio de referencia (SR). Sus conclusiones refieren que la condición R5 presentó los valores más bajos para las tres dimensiones; además, las comparaciones entre R12, R14 y el SR solo evidenciaron diferencias significativas en la altura y la biomasa aérea.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la presente investigación, la hipótesis es rechazada, ya que no se observaron diferencias significativas en la supervivencia y el crecimiento de los individuos de *P. cembroides* plantados tanto en las áreas de tratamiento TC como TI. La naturaleza poco profunda del Leptosol, que restringe el desarrollo del suelo y la penetración de las raíces, presenta desafíos; sin embargo, *P. cembroides* es una especie ampliamente utilizada en climas templado seco, áridos y semiáridos, debido a su resistencia a las bajas precipitaciones y su notable adaptabilidad a las condiciones de sequía, debido que su sistema de raíces le permite acceder al agua en las profundidades del suelo. Esta condición se refleja en la similitud de altura, el diámetro de copa y el diámetro basal. Posiblemente, esta uniformidad se atribuya al hecho de que, en las primeras etapas de desarrollo, la especie de pino estudiada se adaptó a las obras de conservación de suelo aplicadas en la zona en particular, y resultó beneficiada.



## **Agradecimientos**

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt) por la beca otorgada al primer autor para llevar a cabo su doctorado. Agradecemos también al personal de servicios técnicos del ejido La Taponá de Galeana por su colaboración al permitirnos acceder al sitio y brindarnos valiosa información sobre el área.

## **Conflicto de intereses**

Los autores no tienen conflicto de interés. Eduardo Alanís Rodríguez, en su calidad de Editor de Sección de la Revista Mexicana de Ciencias Forestales, declara no haber participado en el proceso editorial del presente documento.

## **Contribución por autor**

Ana Marissa de la Fuente Solís, Eduardo Alanís Rodríguez y María Inés Yáñez Díaz: concepción de la investigación, trabajo de campo, identificación de especies, análisis de datos, interpretación de resultados y redacción del manuscrito; Israel Cantú Silva, Wibke Himmelsbach y Miguel Ángel Martín del Campo Delgado: revisión, interpretación de resultados y redacción del manuscrito; Ana Marissa de la Fuente Solís, Eduardo Alanís Rodríguez y Miguel Ángel Martín del Campo Delgado: revisión general y redacción de conclusiones.



## Referencias

- Alanís R., E., A. Mora O. y J. S. Marroquín de la F. 2020. Muestreo ecológico de la vegetación. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, NL, México. 252 p. <https://www.researchgate.net/publication/343137042>. (5 de noviembre de 2023).
- Céspedes F., S. E. y E. Moreno S. 2010. Estimación del valor de la pérdida de recurso forestal y su relación con la reforestación en las entidades federativas de México. *Investigación Ambiental. Ciencia y Política Pública* 2(2):5-13. <https://biblat.unam.mx/es/revista/investigacion-ambiental-ciencia-y-politica-publica/articulo/estimacion-del-valor-de-la-perdida-de-recurso-forestal-y-su-relacion-con-la-reforestacion-en-las-entidades-federativas-de-mexico>. (15 de octubre de 2023).
- Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2010. Prácticas de reforestación. Manual básico. Conafor. Zapopan, Jal., México. 64 p.
- Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2023. Manual de restauración forestal. Conafor. Zapopan, Jal., México. 111 p. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/921747/Manual\\_de\\_restauracion\\_forestal\\_version\\_digital\\_compressed\\_\\_2\\_.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/921747/Manual_de_restauracion_forestal_version_digital_compressed__2_.pdf). (28 de noviembre de 2023).
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval). 2018. Fichas de monitoreo y evaluación 2017-2018 de los programas y las acciones federales de desarrollo social. Coneval. Benito Juárez, Cd. Mx., México. 339 p. <https://www.coneval.org.mx/EvaluacionDS/PP/CEIPP/IEPSM/Documents/Fichas-Monitoreo-y-Evaluacion-2017-2018.pdf>. (1 de noviembre de 2023).
- Cotler, H., S. Cram, S. Martinez-Trinidad and E. Quintanar. 2013. Forest soil conservation in central Mexico: An interdisciplinary assessment. *Catena* (104):280-287. Doi: 10.1016/j.catena.2012.12.005.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. Coyoacán, D. F., México. 90 p. <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/book/83>. (10 de octubre de 2023).

Ghasemi, A. and S. Zahediasl. 2012. Normality test for statistical analysis: A guide for non-statisticians. *International Journal of Endocrinology and Metabolism* 10(2):486-489. Doi: 10.5812/ijem.3505.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1986. Síntesis geográfica del estado de Nuevo León. INEGI. Benito Juárez, D. F., México. 8 p.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (ONUAA). 2016. El estado de los bosques del mundo 2016. Los bosques y la agricultura: desafíos y oportunidades en relación con el uso de la tierra. ONUAA. Roma, RM, Italia. 119 p.

Ortíz-Rodríguez, J. N. y D. A. Rodríguez-Trejo. 2008. Incremento en biomasa y supervivencia de una plantación de *Pinus hartwegii* Lindl. en áreas quemadas. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 14(2):89-95. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-40182008000200003](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-40182008000200003). (10 de octubre de 2023).

Prieto R., J. Á. y J. R. Goche T. (Comps.). 2018. Las reforestaciones en México, problemática y alternativas de solución. Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Dgo., México. 80 p.

Sánchez L., L. A. 2008. Influencia de la zanja trinchera en el estado hídrico y crecimiento en reforestaciones del área de Perote, Veracruz. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Edo. Méx., México. 58 p.

Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). 2009. Statistical Package for the Social Sciences standard version 13.0 for Windows. Chicago, IL, United States of America. SPSS Inc.

Vásquez-García, I., V. M. Cetina-Alcalá, R. Campos-Bolaños y L. F. Casal-Ángeles. 2016. Evaluación de plantaciones forestales en tres comunidades de la Mixteca Alta Oaxaqueña. *Agroproductividad* 9(2):12-19. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/716/585>. (20 de noviembre de 2023).

Ventura-Ríos, A., F. O. Plascencia-Escalante, P. Hernández de la R., G. Ángeles-Pérez y A. Aldrete. 2017. ¿Es la reforestación una estrategia para la rehabilitación de bosques de pino? Una experiencia en el centro de México. *Bosque* 38(1):55-66. Doi: 10.4067/S0717-92002017000100007.



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.