

Asociación ecológica de especies de interés para la restauración como plantas facilitadoras en México

Ecological association of species of interest for restoration as facilitator plants in México

Marino García-Guzmán¹ , Javier Jiménez-Pérez^{2*} , Carmela Sandoval-García³ , Rufino Sandoval-García⁴ , Eduardo Alanís-Rodríguez² , Marco A. Tagle-González² 

¹Posgrado en Ingeniería de Sistemas de Producción, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, CP. 25315. Buenavista, Coahuila, México.

²Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Carretera Linares-Cd. Victoria km 145, CP. 67700. Linares, Nuevo León, México.

³Universidad Tecnológica de la Sierra Sur de Oaxaca, Magnolias s/n, Villa Sola de Vega, CP. 71410. Oaxaca de Juárez, México.

⁴Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Santa Cruz Xoxocotlán, CP. 71233. Oaxaca de Juárez, México.

*Autor de correspondencia: jjimenez20@gmail.com

Nota científica

Recibido: 29 de abril 2025

Aceptado: 19 de noviembre 2025

RESUMEN. Los ecosistemas forestales enfrentan una presión significativa, causada por la expansión agrícola y ganadera, así como por la recurrencia de incendios forestales. En respuesta a esta problemática, el presente estudio se centró en la identificación de especies óptimas para ser utilizadas como plantas facilitadoras en estrategias de restauración ecológica. Para ello, se analizó la variabilidad biogeográfica de diez especies en la Faja Volcánica Transmexicana y la Sierra Madre Oriental mediante el software QGIS 3.32. Las especies más predominantes y con mayor potencial de facilitación fueron *B. cordata*, *T. stans*, *D. viscosa*, *C. canadensis* y *C. lusitanica*. Estas exhiben una amplia distribución altitudinal (desde los 150 hasta los 3800 msnm) y una notable tolerancia a un rango extendido de precipitaciones anuales (entre 189 y 2700 mm). Las especies seleccionadas poseen características ecológicas claves que las hacen candidatas ideales para la restauración de ecosistemas degradados.

Palabras clave: Grupos funcionales, interacciones ecológicas, plantas nodrizas, reforestaciones, variables biogeográficas.

ABSTRACT. Forest ecosystems face significant pressure from agricultural and livestock expansion, as well as the recurrence of forest fires. In response to this problem, this study focused on identifying optimal species for use as facilitator plants in ecological restoration strategies. To this end, the biogeographic variability of ten species in the Trans-Mexican Volcanic Belt and the Sierra Madre Oriental was analyzed using QGIS 3.32 software. The most predominant species with the greatest facilitator potential were *B. cordata*, *T. stans*, *D. viscosa*, *C. canadensis*, and *C. lusitanica*. These species exhibit a wide altitudinal distribution (from 150 to 3800 meters above sea level) and a remarkable tolerance to a broad range of annual rainfall (between 189 and 2700 mm). The selected species possess key ecological characteristics that make them ideal candidates for the restoration of degraded ecosystems.

Keywords: Biogeographic variables, ecological interactions, functional groups, nurse plants and reforestation.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas brindan servicios ambientales y procesos ecológicos esenciales para la vida (Galicia *et al.* 2018). No obstante, la degradación de los bosques a causa de incendios forestales (Alanís-Rodríguez *et al.* 2012), plagas, enfermedades y la expansión de la agricultura, ganadería y asentamientos humanos (Bravo 2022), tiene un impacto negativo en los hábitats, lo que intensifica los efectos del cambio climático (FAO 2023). Ante este panorama, se requiere el desarrollo de medidas de gestión que permitan conservar y restaurar los ecosistemas degradados (Valderrábano *et al.* 2023). Esto debe hacerse con un enfoque multidisciplinario que considere las necesidades del ecosistema, la sociedad y el desarrollo económico (López-Barrera *et al.* 2017). Para fundamentar las estrategias de restauración, es crucial analizar la interacción de los nichos ecológicos, con especial atención a la precipitación y altitud, para seleccionar las especies idóneas (Sandoval-García *et al.* 2020).

La restauración ecológica busca recuperar la integridad y funcionalidad de los ecosistemas (Matías-Ramos *et al.* 2020), contribuyendo a la recarga hídrica, la fertilidad del suelo y el desarrollo de los mismos (Granados-Victorino *et al.* 2017). A pesar de los esfuerzos tradicionales de reforestación masiva para recuperar la cobertura vegetal y restaurar áreas degradadas (CONAFOR 2020), la supervivencia de las plantas es muy baja, lo cual se atribuye, entre otras causas, a los largos períodos de sequía y a la deficiencia de nutrientes en el suelo (Burney *et al.* 2015). Para iniciar las actividades de restauración, es fundamental acondicionar el área, lo que incluye la generación de microclimas, la incorporación de materia orgánica y el aseguramiento de la disponibilidad de nutrientes en el suelo (Calva-Soto y Pavón 2018). Este proceso se facilita mediante el uso de plantas nodrizas que favorecen la supervivencia de especies de interés ecológico (Vadell *et al.* 2019). El presente estudio tuvo como objetivo identificar las especies óptimas para ser utilizadas como plantas facilitadoras en la restauración de áreas degradadas. Se postula que ciertas especies poseen un alto potencial para este fin, ya que generan condiciones microclimáticas beneficiosas, exhiben una alta tolerancia a la sequía y cuentan con una amplia distribución.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio se realizó en el centro y noreste del territorio mexicano en las provincias del Faja Volcánica Transmexicana (FVT) con coordenadas 19° 01' 00'' LN - 97° 16' 00'' LO y Sierra Madre Oriental (SMO) 25° 22' 00'' LN - 100° 33' 00'' LO (Figura 1).

Sistematización de la información

La caracterización ecológica de las especies incluidas se basó en una revisión bibliográfica para identificar sus usos, características biogeográficas y variables bioclimáticas, para identificar las especies con mayor grado de tolerancia a sequía y a suelos pobres o delgados, así como la capacidad de establecer asociaciones ecológicas con micorrizas y bacterias fijadoras de nitrógeno, entre las cuales destacan: *Diphysa americana* (Mill.), *Buddleja cordata* Kunth, *Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw, *Cecropia obtusifolia* Bertol, *Cercis canadensis* (Britton & Rose) M.Hopkins, *Sapindus saponaria* (L.) Sw,

Cupressus lusitanica (Mill.) D.P.Little, *Tecoma stans* (L.) Juss, *Dodonaea viscosa* (L.) Jacq y *Cercocarpus montanus* (Rydb.) F.L. Martin (Figura 2).

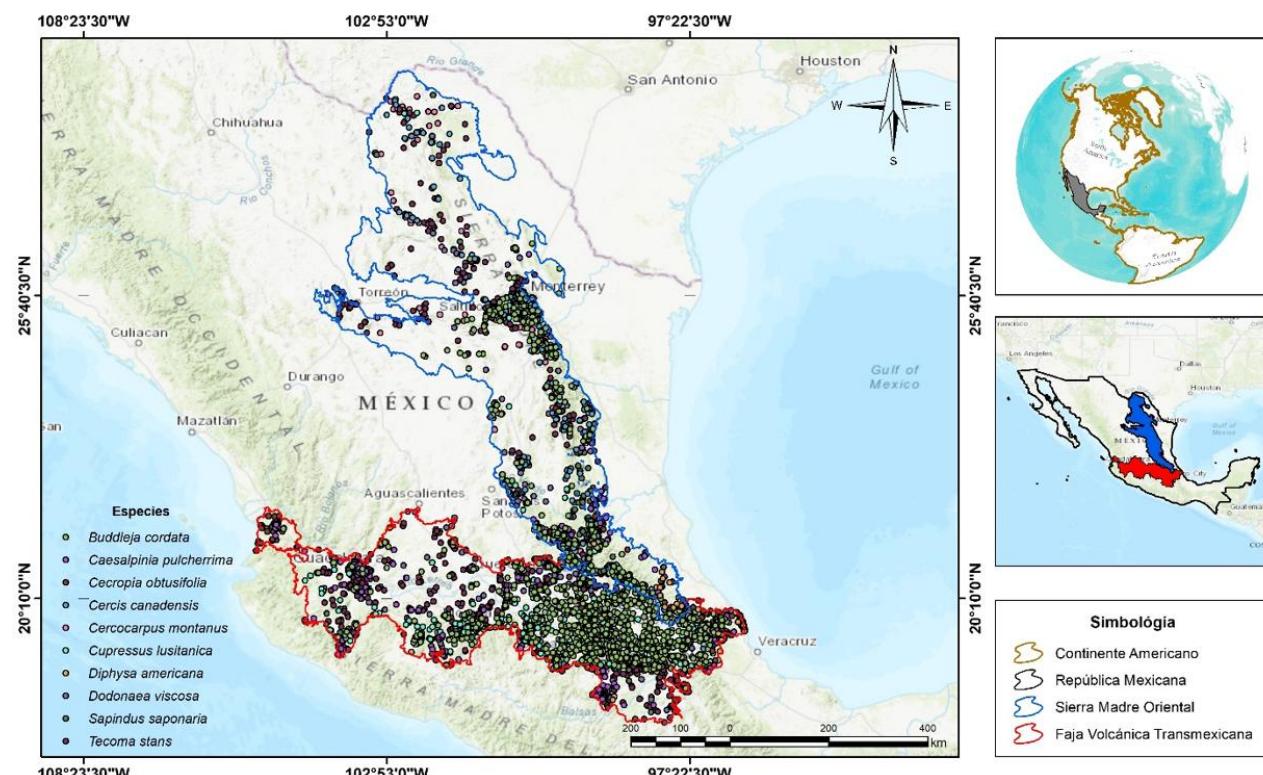


Figura 1. Distribución de las especies de interés ecológico como plantas facilitadoras



Figura 2. Imágenes ilustrativas de las especies de interés ecológico como plantas facilitadoras

Los registros de las especies fueron obtenidos de las bases de datos de EncicloVida y Global Biodiversity Information Facility (GBIF), posteriormente, se realizó una depuración para eliminar duplicados y aquellos registros sin información geográfica (Latitud y longitud), así como registros en zonas urbanas. Los modelos digitales de elevación de los estados que conforman las dos provincias se obtuvieron de la plataforma del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) a una resolución de 15 m pixel⁻¹, mientras que los valores de precipitación anual se obtuvieron de la plataforma de WordClim.

Con el software QGis versión 3.32.0 – Lima, se realizó la interacción de los registros de las especies mediante la herramienta (>Vectorial > Geoprocessing > Interception olos), con la finalidad de obtener los valores de altitud y precipitación anual de cada registro. Las gráficas se elaboraron en el software Rstudio versión 4.3.1 (R Core Team 2023), mediante la utilización de las librerías ggrepel v. 0.9.3 (Slowikowski 2023), Knitr v. 1.43 (Xie 2023) y tidyverse v. 2.0.0 (Wickham *et al.* 2019).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se determinaron los rangos de altitud y precipitación (Tabla 1). Las 10 especies están presentes en ambas provincias, pero cuatro tienen la mayor distribución; *T. stans* con 831 registros, *B. cordata* 805, *C. lusitanica* 610 y *D. viscosa* 567, la mayor concentración se da en la Faja Volcánica Transmexicana con el 61.37%, 72.17%, 83.11% y 59.61% del total de los registros de las especies mencionadas (Figura 3). Para el rango de elevación *B. cordata* se distribuye desde los 322 hasta los 3 841 msnm, lo que la hace la especie con el límite más alto de altitud, seguida por *C. lusitanica* quien tiene una distribución que va desde 380 hasta los 3 777 msnm (Figura 4A).

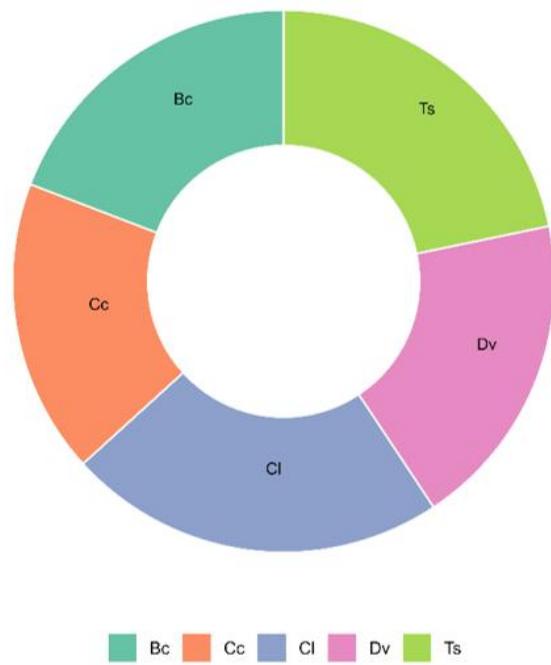
Tabla 1. Rangos de altitud y precipitación de las especies

Especie	Altitud (msnm)			Precipitación (mm)			Fuentes consultadas
	Min	Max	Referencia	Min	Max	Referencia	
<i>B. cordata</i>	322	3 841	1 500 – 3 000	294	2 604	870 – 2 000	Martínez y Chacalo 1994, Santibáñez-Andrade <i>et al.</i> 2009.
<i>C. pulcherrima</i>	119	2 611	80 – 1 000	632	2 186	1 000 – 4 000	Téllez-Valdés 2009, Castro-Muñoz <i>et al.</i> 2015.
<i>C. obtusifolia</i>	143	2 184	200 – 1 200	772	2 253	56 – 2 457	Álvarez-Buylla y Garay 1994; Martínez-Ramos y Álvarez-Buylla 1995.
<i>C. canadensis</i>	484	3 692	800 – 2 100	209	2 706	51 – 1 270	Alanís-Rodríguez <i>et al.</i> 2010,
<i>C. montanus</i>	668	3 302	250 – 2 100	216	974	240 - 550	Brotherson <i>et al.</i> 1984, González-Elizondo <i>et al.</i> 2012.
<i>C. lusitanica</i>	380	3 777	1 200 – 3 300	253	2 356	1 000 – 3 000	García-Arévalo 2008, Fernández-Pérez <i>et al.</i> 2013
<i>D. americana</i>	133	1 739	100 – 1 200	557	2 514	800 – 3 500	Hanan y Sousa 2009, Téllez-Valdés 2009.
<i>D. viscosa</i>	246	3 164	300 – 2 400	236	2 113	120 – 1 534	Juan-Pérez <i>et al.</i> 2010, Bonfil <i>et al.</i> 2022.
<i>S. saponaria</i>	155	2 679	600 – 1 800	309	2 276	115 – 1 850	Rzedowski <i>et al.</i> 2015, Marín-Velázquez y Arrioja-Tocuyo 2021
<i>T. stans</i>	159	3 312	200- 2 400	189	2 106	1 500 – 3 550	Becerril-Navarrete <i>et al.</i> 2022, Velázquez-Rincón <i>et al.</i> 2023.

Min y Max: Altitud y precipitación mínimas y máximas observadas, Referencia: valores de altitud y precipitación reportadas por otros autores.

Provincia: Faja Volcanica Transmexicana

Interacción Especies y variables ambientales


Provincia: Sierra Madre Oriental

Interacción Especies y variables ambientales

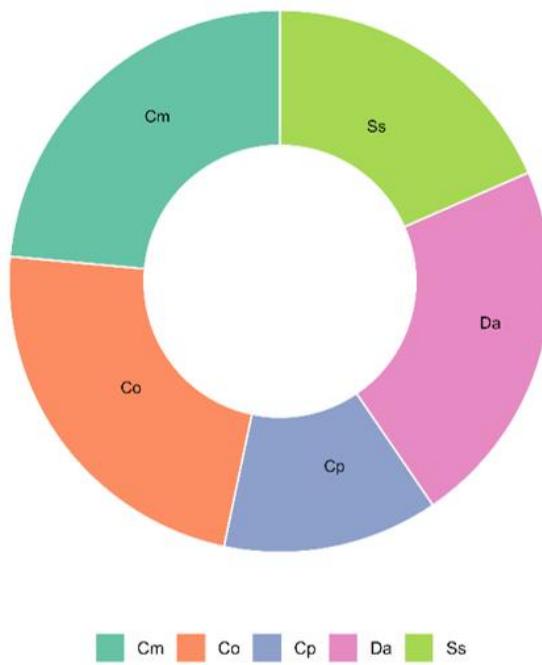


Figura 3. Registros en las provincias fisiográficas (A); frecuencia en subcuencas (B). Bc (*B. cordata*), Cc (*C. canadensis*), Cl (*C. lusitanica*), Cm (*C. montanus*), Co (*C. obtusifolia*), Cp (*C. pulcherrima*), Da (*D. americana*), Dv (*D. viscosa*), Ss (*S. saponaria*), Ts (*T. stans*).

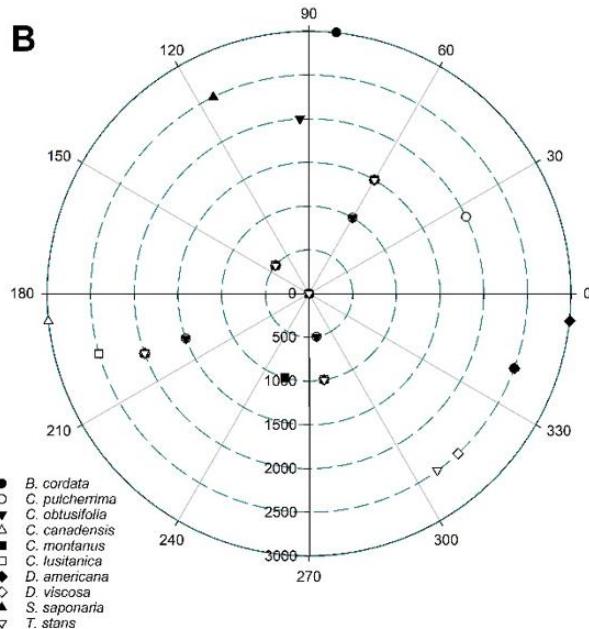
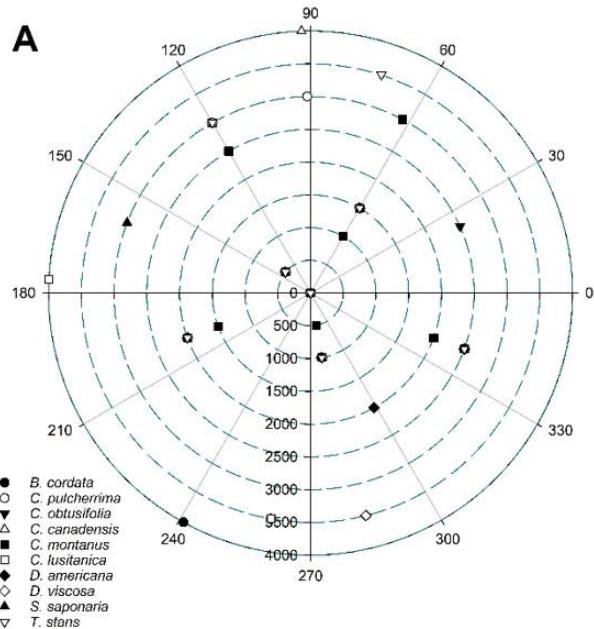


Figura 4. Relación de las especies con valores extremos de altitud (A) y precipitación (B)

De las especies registradas, la que presentó la mayor un mayor rango de tolerancia a la sequía fue *T. stans* con una precipitación mínima anual de 189 mm, seguida de *C. canadiensis* con 209 mm anuales y *C. montanus* que presenta una tolerancia de 216 mm (Figura 4B). Las especies analizadas presentan una agrupación ecológica en función de la distribución altitudinal y los valores de precipitación, con mayor asociación en los rangos inferiores a los 1 000 msnm y 2 000 mm, así como una asociación por encima de los 3 500 msnm y precipitación superior 2 500 mm (Figura 5).

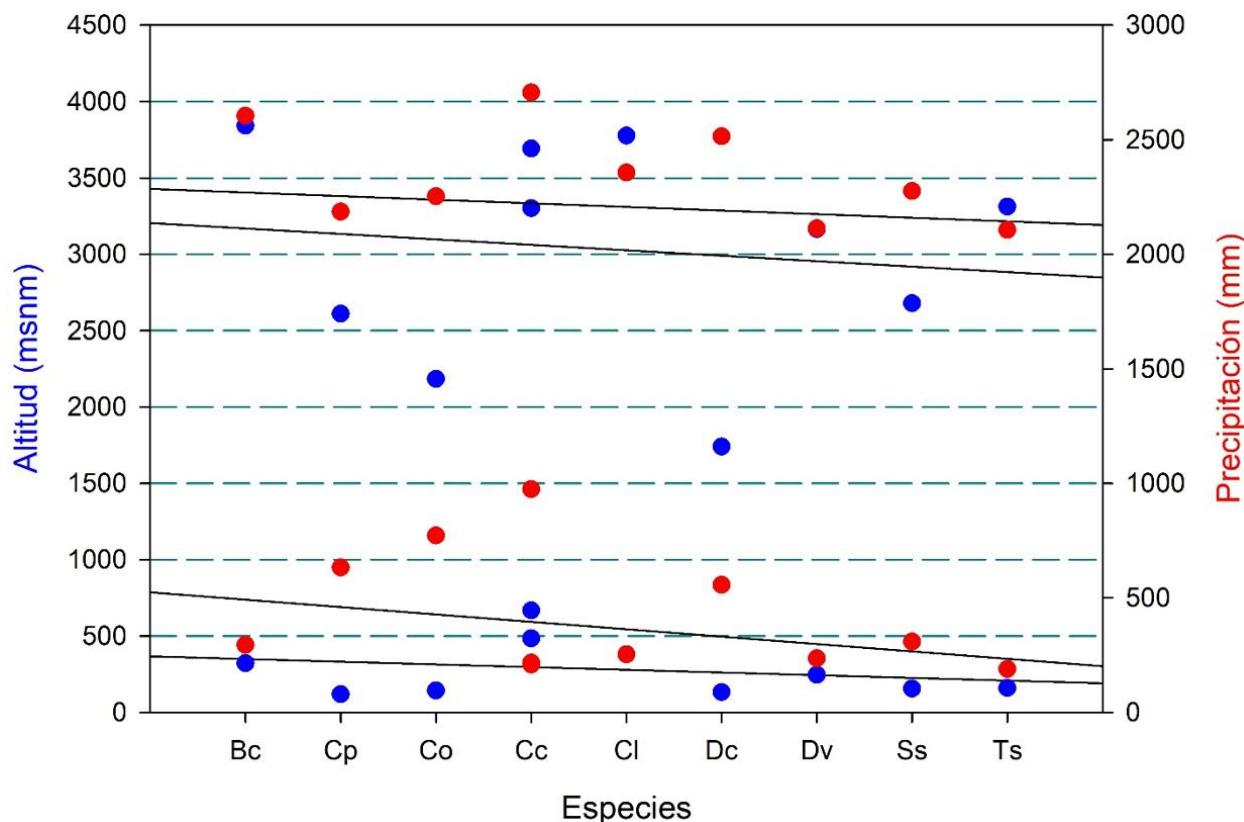


Figura 5. Agrupación ecológica de las especies en relación con la altitud y precipitación. Bc (*B. cordata*), Cc (*C. canadensis*), Cl (*C. lusitanica*), Cm (*C. montanus*), Co (*C. obtusifolia*), Cp (*C. pulcherrima*), Da (*D. americana*), Dv (*D. viscosa*), Ss (*S. saponaria*), Ts (*T. stans*).

Derivado de la densidad de observaciones y su tolerancia a los factores evaluadas se decidió proponer cinco especies con el mayor rango de tolerancia y distribución. Estas especies presentan características adecuadas, para considerarse en la implementación de estrategias de restauración ecológica como plantas facilitadoras, ya que pueden mejorar las condiciones del suelo y generar microclimas que permitan la sucesión ecológica de otras especies (Tabla 2).

De las 10 especies analizadas, las más frecuentes son *B. cordata*, *C. canadensis*, *C. lusitanica*, *D. viscosa* y *T. stans*. Al respecto, Santibáñez-Andrade *et al.* (2009), y Martínez-López *et al.* (2022) afirmar que estas especies son idóneas como plantas facilitadoras, ya que presentan una alta tolerancia a la sequía, supervivencia en suelos delgados y alta resiliencia en ecosistemas degradados. Sobre lo mismo Alanís-Rodríguez *et al.* (2010) y Niu *et al.* (2010) recomiendan el establecimiento de *C. canadensis* en ecosistemas afectados por incendios forestales, dada su alta resistencia a las sequías.

y enfermedades. Al respecto, Bonfil *et al.* (2022), reportan que la supervivencia y el desarrollo de *D. viscosa* aumentan cuando crece de forma natural en minas de canteras abandonadas. Esto subraya la importancia de esta especie para la restauración ecológica de suelos degradados. También Becerril-Navarrete *et al.* (2022) describen a *T. stans* como una especie ideal para las fases iniciales de la restauración. Mientras que Fernández-Pérez (2013) sugieren incluir *C. lusitanica* y *B. cordata* en los proyectos de reforestación, debido a su capacidad para modificar la estructura y composición de la vegetación. Sobre lo mismo Martínez-Ramos y Álvarez-Buylla (1995), Téllez-Valdés (2009), González-Elizondo *et al.* (2012), Castro-Muñoz *et al.* (2015), Velázquez y Arrioga-Tocuyo (2021), indican que el valor ecológico de las especies con menor distribución *D americana*, *C. pulcherrima*, *C. obtusifolia*, *S saponaria* y *C. montanus* radica en sus diversas funciones, como alimento a polinizadores, fijación de nitrógeno, generación de materia orgánica y desarrollo en terrenos degradados, por lo tanto, pueden ser usados en asociación ecológica.

Tabla 2. Características de las especies potenciales como plantas facilitadoras

Especie	Asociación ecológica y usos	Autor y año
<i>B. cordata</i>	Es endémica, distribuyéndose en los bosques de Pino, Encino y Matorral Xerófilo. Es una especie de rápido crecimiento, tolerante a condiciones de sequía, suelos erosionados y alcalinos. Sus principales usos son de tipo ornamental, medicinal, maderable y con alto potencial para restauración forestal.	Martínez y Chacalo 1994, Rangel <i>et al.</i> 2003, Santibáñez-Andrade <i>et al.</i> 2009.
<i>C. canadensis</i>	Es endémica, se distribuye en márgenes de bosques de Pino Encino, Matorrales y áreas perturbadas a lo largo de arroyos y acantilados. Se adapta a suelos arcillosos, arenosos, alcalinos y delgados, tolerante a la sequía y a la exposición directa al sol (con temperaturas desde -28° a 40°). Sus principales usos son: para establecimiento de jardines polinizadores y para restauración ecológica en áreas perturbadas por su capacidad de fijación de nitrógeno e incorporación de materia orgánica.	Alanís-Rodríguez <i>et al.</i> 2010.
<i>C. lusitanica</i>	Se distribuye en bosques de Oyamel, Pino y Encino, es una especie de rápido crecimiento, tolerante a suelos pobres y arenosos, sus principales usos son en la ebanistería y ornamental, frecuentemente en reforestaciones, ya que se adapta a diferentes climas y suelos.	Arriaga <i>et al.</i> 1994, Petit-Aldana <i>et al.</i> 2010
<i>D. viscosa</i>	Esta especie es resistente a condiciones de sequía y temperaturas extremas de calor y frío, crece en suelos con un alto grado de pendiente, erosionados, arcillosos y salinos, también se adaptan en sitios con incidencia de incendios y vientos, es una especie utilizada para reforestar sitios con algún tipo de impacto ambiental. Sus principales usos son: medicinal y forestal.	Juan-Pérez <i>et al.</i> 2010, Bonfil <i>et al.</i> 2022.
<i>T. stans</i>	Es una especie endémica, tolerante a la sequía y el calor, esta especie es considerada con un alto potencial restaurador, sus principales usos son: ornamentales ya que sus flores son muy llamativas y atraen a polinizadores como mariposas y colibríes, tiene propiedades medicinales.	Sadananda <i>et al.</i> 2011, Martínez-Ruiz <i>et al.</i> 2022.

Las especies seleccionadas poseen un alto potencial como plantas facilitadoras, debido a su adaptabilidad a distintos rangos de altitud y precipitación, junto con su asociación ecológica, las hace idóneas para estrategias de restauración. Además de ser de rápido crecimiento, presentan propiedades ornamentales, medicinales y polinizadoras. También mejoran la estructura del suelo y generan micro condiciones climáticas, lo que permite su implementación en ecosistemas degradados. Por su importancia ecológica y potencial de adaptación al cambio climático, se recomienda continuar su investigación.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, a la Universidad Tecnológica de la Sierra Sur de Oaxaca, al Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca y a la Universidad Autónoma de Nuevo León, por las facilidades otorgadas para la realización del presente estudio.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

LITERATURA CITADA

- Alanís-Rodríguez E, Jiménez-Pérez J, Valdecantos-Dema A, González-Tagle MA, Aguirre-Calderón O, Treviño-Garza EJ (2012) Composición y diversidad de la regeneración natural en comunidades de *Pinus-Quercus* sometidas a una alta recurrencia de incendios en el noreste de México. Revista Mexicana de Biodiversidad 83(4): 1208-1214. <https://doi.org/10.7550/rmb.29708>.
- Alanís-Rodríguez E, Aguirre-Calderón O, Jiménez-Pérez J, Pando-Moreno M, Treviño-Garza EJ, Aranda-Ramos R, Canizales-Velázquez PA (2010) Efecto de la severidad del fuego sobre la regeneración asexual de especies leñosas de un ecosistema mixto (*Pinus-Quercus*) en el Parque Ecológico Chipinque, México. Interciencia 35(9): 690-695.
- Álvarez-Buyla ER, Garay AA (1994) Population genetic structure of *Cecropia obtusifolia*, a tropical pioneer tree species. Evolution 48(2): 437-453. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1994.tb01322.x>
- Arriaga V, Cervantes V, Vargas-Mena A (1994) Manual de reforestación con especies nativas: Colecta y Preservación de Semillas, Propagación y Manejo de Plantas. SEDESOL / INE – Facultad de Ciencias, UNAM. México. 186p.
- Becerril-Navarrete A, Gómez-Romero M, Lindig-Cisneros R, Blanco-García A, Villegas J, Pineda-García F (2022) Interacciones biológicas en la restauración: el caso de *Tecoma stans* (Bignoniaceae) y hongos micorrílicos. Acta Botánica Mexicana 129: 1-13. <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1937>
- Bonfil C, Contreras-Rodríguez V, Barrales-Alcalá B (2022) El papel de las plantaciones y la regeneración natural en la recuperación inicial de la cobertura vegetal en una cantera en Morelos, México. Acta Botánica Mexicana (129): 1-20. <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1965>
- Bravo PLC (2022) Degradación y deforestación en la cuenca del río Conchos (Méjico): modelado predictivo mediante regresión logística (1985-2016). Instituto de Arquitectura Diseño y Arte 61(1): 129-149. <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v61i1.21629>
- Brotherson JD, Anderson DL, Szyska LA (1984). Habitat relations of *Cercocarpus montanus* (true mountain mahogany) in Central Utah. Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives 37(4): 321-324. <https://doi.org/10.2307/3898703>
- Burney O, Aldrete A, Álvarez-Reyes R, Prieto-Ruiz JA, Sánchez-Velázquez JR, Mexal JG (2015) México-Addressing challenges to reforestation. Journal of Forestry 113(4): 404-413, <https://doi.org/10.5849/jof.14-007>
- Calva-Soto K, Pavón KN (2018) La restauración ecológica en México: una disciplina emergente en un país deteriorado. Madera y Bosques 24(1): 1-12, <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2411135>
- Castro-Muñoz R, Castro-Cepero V, Ceróni-Stuva A (2015) Fenología de *Caesalpinia pulcherrima* (L.) SW., en un jardín botánico urbano de Lima, Perú. Ecología Aplicada 14(2): 201-209.

CONAFOR (2020) Estimación de la tasa de deforestación bruta en México para el periodo 2001-2018 mediante el método de muestreo. Documento Técnico. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Zapopan, México. <https://www.gob.mx/conafor/documentos/estimacion-de-la-tasa-de-deforestacion-bruta-en-mexico-para-el-periodo-2001-2018-mediante-el-metodo-de-muestreo>: Fecha de consulta: 1 de agosto de 2024

FAO (2023) Cambio climático y seguridad alimentaria. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). <https://www.fao.org/climatechange/16615-05a3a6593f26eaf91b35b0f0a320cc22e.pdf>. Fecha de consulta: 5 de agosto de 2024

Fernández-Pérez L, Ramírez-Marcial N, González-Espinosa M (2013) Reforestación con *Cupressus lusitanica* y su influencia en la diversidad del bosque de pino-encino en Los Altos de Chiapas, México. *Botanical Sciences* 91(2): 207-216. <https://doi.org/10.17129/botsci.415>

Galicia L, Chávez-Vergara B, Kolb M, Jasso-Flores RI, Rodríguez-Bustos LA, Solís EL, 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): e2421443. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2421443>

García-Arévalo A (2008) Vegetación y flora de un bosque relictual de *Picea chihuahuana* Martínez del norte de México. *Polibotánica* 25: 45-68.

González-Elizondo MS, González-Elizondo M, Tena-Flores JA, Ruacho-González L, López-Enríquez IL, (2012) Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: Una síntesis. *Acta Botánica Mexicana* 100: 351-403. <https://doi.org/10.21829/abm100.2012.40>

Granados-Victorino RL, Sánchez-González A, Martínez-Cabrera D, Octavio-Aguilar P (2017) Estructura y composición arbórea de tres estadios sucesionales de selva mediana subperennifolia del municipio de Huautla, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88(1): 122-135. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.01.024>

Hanan A, Sousa M (2009) *Diphysa yucatanensis* (Papilionoideae: Leguminosae), una especie nueva de la península de Yucatán. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80(2): 287-292.

Juan-Pérez JL, Gutiérrez-Cedillo JG, Némiga XA, Balderas-Plata MA, Ramírez-Dávila JF (2010) Multifuncionalidad y manejo campesino del chapulixtle (*Dodonae viscosa*) en una región cálida del Estado de México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 7(1): 17-33.

López-Barrera F, Martínez-Garza C, Ceccon E (2017) Ecología de la restauración en México: estado actual y perspectivas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88: 97-112. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.001>

Marín-Velázquez TD, Arrijoa-Tocuyo DD (2021) Efecto remediador de extractos de *Sapindus saponaria* sobre un suelo contaminado con gasoil a nivel de laboratorio. *Ciencia y Desarrollo* 20(1): 13-26. <https://doi.org/10.33326/26176033.2021.1.1105>

Martínez G, Chacalo A (1994) Los árboles de la Ciudad de México. Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. 351p.

Martínez-López J, Molina-Luna NG, Rangel-Landa S, Aquino-Vázquez C, Acosta-Ramos A (2022) Valor cultural de los recursos forestales no maderables en comunidades Zapotecas de la Sierra Juárez de Oaxaca. *Polibotánica* (53): 239-259. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.53.16>

Martínez-Ramos M, Álvarez-Buylla E (1995) Population ecology of plants in a tropical rainforest of Mexico. *Botanical Sciences* 56: 121-153. <https://doi.org/10.17129/botsci.1469>

Martínez-Ruiz C, Zaldívar P, Fernández-Santos B, López-Marcos D, Alday JG (2022) Caso práctico IV. Los arbustos nodriza en la restauración forestal de minas de carbón del norte de Palencia: 317-336. En: *Bases técnicas y ecológicas del proyecto de repoblación forestal*. <https://www.researchgate.net/publication/357795330>. Fecha de consulta 15 de septiembre de 2024.

- Matías-Ramos M, Gómez-Díaz JD, Monterroso-Rivas AI, Uribe-Gómez M, Villar Hernández BDJ, Ruiz García P, Asencio C (2020) Factores que influyen en la erosión hídrica del suelo en un bosque templado. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 11(59): 51-71. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i59.673>
- Niu G, Rodríguez DS, Gu M (2010) Salinity Tolerance of *Sophora secundiflora* and *Cercis canadensis* var. mexicana. *HortScience* 45(3): 424-427. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.45.3.424>
- Petit-Aldana J, Uribe-Valle G, Muchacho-Briceño R (2010) Comportamiento del Ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.), en la producción de árboles de navidad bajo condiciones de clima alto andino, Venezuela. *Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 16(1): 13-19. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2009.04.010>
- R Core Team (2024) R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>. Fecha de consulta 15 de septiembre de 2024.
- Rangel SR, Rodríguez SA, Zenteno ECR (2003) *Buddleja cordata* hbk ssp. *cordata* (buddlejaceae): Propagación y anatomía de la madera. *Polibotánica* 16: 63-77.
- Rzedowski J, De Rzedowski GC., Del Bajío CR, Pátzcuaro M (2015) Flora del Bajío y de regiones adyacentes. *Instituto de Ecología* 31: 1-36.
- Sadananda TS, Jeevitha MK, Pooja KS, Raghavendra VB (2011) Antimicrobial, Antioxidant Activity and Phytochemical Screening of *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth. *Journal of Phytology* 3(3): 68-76.
- Sandoval-García R, González-Cubas R, Bautista-Cruz A (2020) Asociación ecológica de *Pinus pseudostrobus* (Pinaceae) como respuesta de las variaciones biogeográficas en el Centro-Sur de México. *Acta Botánica Mexicana* 127: 1-18. <https://doi.org/10.21829/abm127.2020.1627>
- Santibáñez-Andrade G, Castillo-Argüero S, Zavala-Hurtado JA, Martínez Orea Y, Hernández-Apolinar M (2009) La heterogeneidad ambiental en un matorral xerófilo. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 85: 71-79.
- Slowikowski K (2023) Ggrepel: Automatically position non-overlapping text labels with "ggplot2". <https://CRAN.R-project.org/package=ggrepel>. Fecha de consulta: 10 de agosto de 2024.
- Téllez-Valdés O (2009) Base de datos SNIB-CONABIO proyecto No. DS001. Base de datos de las Fabaceae y Caesalpiniaceae (Sensu Cronquist) y Dioscoreaceae de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. México. <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfDS001.pdf>. Fecha de consulta: 10 de agosto de 2024.
- Vadell E, De Miguel S, Fernández C G, Robla E, Lerner M, Pemán J (2019) La forestación de tierras agrícolas: balance de un instrumento de política forestal para el cambio del uso de la tierra. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales. Sociedad Española de Ciencias Forestales* 45(2): 1-20. <https://doi.org/10.31167/csefv0i45.19497>
- Valderrábano M, Nelson C, Nicholson E, Etter A, Carwardine J, Hallett J, Botts E (2023) La ciencia de la evaluación del riesgo ecosistémico al servicio de la restauración de ecosistemas: una guía para la aplicación de la Lista Roja de Ecosistemas a la restauración. IUCN. Gland, Switzerland. 83p. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2021.19.es>
- Velázquez-Rincón R, Alanís-Rodríguez E, Patiño-Flores AM, Mora-Olivio A, Delgadillo-Villalobos JA (2023) Composición de especies vegetales en un matorral desértico rosetófilo del norte de Coahuila, México. *Ciencia UAT* 17(2): 37-51. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v17i2.1666>
- Wickham H, Averick M, Bryan J, Chang W, D'Agostino-McGowan L, François R, Grolemund G, Hayes A, Henry L, Hester J, Kuhn M, Lin-Pedersen T, Miller E, Milton-Bache S, Müller K, Ooms J, Robinson D, Paige-Seidel D, Spinu V, Takahashi K, Vaughan D, Wilke C, Woo K, Yutani H (2019) Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software* 4(43): 1686. <https://doi.org/10.21105/joss.01686>.

Xie Y (2023) knitr: A comprehensive tool for reproducible research. In: Stodden V, Leisch F, Peng RD (eds) implementing reproducible computational research. 1st Edition. The R series. Chapman. Hall/CRC. eBook. New York. 448p.