



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

**ORDENACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS BOSQUES DE
PINO PIÑONERO DEL ESTADO DE HIDALGO**

TESIS

**Que como requisito parcial
para obtener el grado de:**

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

Presenta

LUCINA VEGA ARGUELLO

Bajo la supervisión de:

Diódoro Granados Sánchez, Dr.



APROBADA



Chapingo, Estado de México, febrero de 2024

ODENACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS BOSQUES DE PINO PIÑONERO DEL
ESTADO DE HIDALGO

Tesis realizada por **LUCINA VEGA ARGUELLO** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

DIRECTOR:


Dr. DIÓDORO GRANADOS SÁNCHEZ

ASESOR:


M. C. ROLIN GRANADOS VICTORINO

ASESOR:


Dr. ENRIQUE GUÍZAR NOLAÇO

ASESOR:


Dr. ANTONIO VILLANUEVA MORALES

Dedicatoria

Agradezco a Dios, fuente inagotable de inspiración, por brindarme la fuerza y motivación que necesito cada día para superarme. Su guía constante ilumina mi camino y me fortalece en cada paso.

A mis amados padres, Ángel Alfonso Vega Campos y Lucina Argüello García, les dedico este logro con profundo agradecimiento. Siempre confiaron en mi capacidad y perseverancia, forjando los cimientos de la persona que soy. Su apoyo emocional a la distancia ha sido mi ancla y su amor, mi mayor inspiración.

A mi esposo, quien ha sido el sólido pilar de nuestra familia. Su apoyo incondicional ha sido la brújula que me guía. Juntos, hemos construido un camino lleno de amor, comprensión y crecimiento mutuo.

A mis hermanos, leales compañeros de vida, agradezco los valiosos aprendizajes que hemos compartido. Cada momento juntos es un tesoro que celebro con amor sincero.

A mis queridos hijos, Maximiliano y Alba, quienes son la razón de cada paso que doy y de cada logro que alcanzo. Su presencia en mi vida es mi mayor motivación, y cada éxito es un reflejo de su amor y apoyo incondicional.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por la beca proporcionada con número. 816447, que me permitió realizar mis estudios de maestría, llevar a cabo mi investigación y culminar con éxito esta etapa de mi vida.

A la Universidad Autónoma Chapingo, mi Alma Mater, que nuevamente me abrió sus puertas y permitió mi crecimiento escolar y profesional aportando las herramientas necesarias en cada paso.

Al Dr. Diódoro Granados Sánchez por orientar mi investigación, enseñarme tanto y ser un apoyo incondicional en la realización de este trabajo.

Al M. C. Ro Linx Granados Victorino por apoyarme en cada paso, más aún en los recorridos de campo, por enseñarme con paciencia y amabilidad.

Al Dr. Enrique Guízar Nolasco por orientarme de una manera tan paciente y profesional en la determinación taxonómica de la flora, gracias por su dedicación.

Al Dr. Antonio Villanueva Morales por su importante contribución en el mejoramiento del análisis de esta investigación.

Al M. C. Joaquín Parra Álvarez por su ayuda incondicional y desinteresada en la culminación de este trabajo.

A mi hermano José Guadalupe, por su acompañamiento y apoyo en las salidas de campo, agradezco su personalidad que hizo amena y divertida cada experiencia.

Asimismo, agradecer a todas las personas e instituciones que de alguna manera hicieron posible este trabajo de investigación.

Datos Biográficos



Lucina Vega Arguello nació el 10 de diciembre de 1992 en la ciudad de Celaya, Guanajuato. Vivió su infancia y parte de su juventud en el mismo municipio, realizando sus estudios de educación media superior en el Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica de Celaya; posteriormente realizó sus estudios de licenciatura en la Unidad Académica de Suelos perteneciente a la Universidad Autónoma Chapingo, en la carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables generación 2014 – 2019, obteniendo el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables el 3 de agosto de 2021, con la tesis titulada “Diseño de un humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales en Tetela, Oaxaca” y obteniendo su cédula profesional No. 12779577 en el 2022. En enero de 2022 ingresó al programa de posgrado Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, que ofrece la División de Ciencias Forestales, en la Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco de Mora, Estado de México.

ÍNDICE GENERAL

LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE APÉNDICES.....	ix
RESUMEN GENERAL	x
GENERAL ABSTRACT.....	xi
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos	7
1.4.1. Objetivo general	7
1.4.2. Objetivos particulares	7
1.5. Preguntas de investigación	8
1.6. Hipótesis	8
1.7. Literatura citada.....	9
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO Y DE REFERENCIA	12
2.1. Pinos piñoneros.....	12
2.1.1. Biogeografía	13
2.1.2. Distribución en México	14
2.1.3. Taxonomía y especies de pino piñonero	16
2.1.4. Importancia ecológica y económica.....	17
2.1.5. Problemática	19
2.1.6. Bosques piñoneros en el estado de Hidalgo	21
2.2. Clasificación	26
2.3. Ordenación.....	26
2.4. Uso de las Técnicas multivariadas	27

2.5. Literatura citada.....	30
CAPÍTULO III. ARTÍCULO CIENTÍFICO	38
Caracterización estructural y ordenación de los bosques de pino piñonero del estado de Hidalgo	38
Structural characterization and ordination of pinyon pine forests of Hidalgo state	38
Resumen.....	39
Introducción	40
Materiales y métodos	41
Localización del área de estudio	41
Composición florística.....	41
Caracterización estructural	43
Variables ambientales.....	43
Análisis estadístico multivariado.....	44
Resultados y discusión	44
Composición florística.....	44
Ordenación	45
Caracterización estructural	48
Conclusiones	54
Literatura citada	55
CAPITULO IV: CONCLUSIONES GENERALES	61
APÉNDICES.....	62

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Valores de los tres primeros ejes de ordenación, según el análisis de correspondencias canónicas.....	46
Cuadro 2. Matriz de correlación de las variables ambientales de los sitios de muestreo	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Bosque de <i>Pinus cembroides</i> con perturbación antropogénica en Zimapán, Hidalgo.....	6
Figura 2. Bosque natural representativo de <i>Pinus cembroides</i> en Zimapán, Hidalgo.....	19
Figura 3. <i>Pinus cembroides</i> en asociación con <i>Juniperus flaccida</i> en Cardonal, Hidalgo.....	24
Figura 4. <i>Pinus pinceana</i> en la cañada El Arenalito, Hidalgo.....	25
Figura 5. Ubicación de las localidades de estudio, dominadas en el dosel por pinos piñoneros.....	42
Figura 6. Análisis de correspondencia canónica para los 11 sitios de muestreo de los bosques piñoneros presentes en el estado de Hidalgo.....	46
Figura 7. Perfil fisonómico de la asociación de <i>Pinus cembroides</i> - <i>Quercus mexicana</i> . 1. <i>Pinus cembroides</i> ; 2. <i>Quercus mexicana</i> Bonpl.; 3. <i>Juniperus flaccida</i> Schltdl.; 4. <i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.; 5. <i>Cercocarpus macrophyllus</i> C.K. Schneid.; 6. <i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.; 7. <i>Amelanchier denticulata</i> (Kunth) K. Koch.; 8. <i>Croton hypoleucus</i> Schltdl.; 9. <i>Cercocarpus fothergilloides</i> Kunth.; 10. <i>Cylindropuntia leptocaulis</i> (DC.) F.M. Knuth.; 11. <i>Flourensia resinosa</i> (Brandeggee) S.F. Blake.; 12. <i>Mimosa biuncifera</i> Benth.; 13.	

Opuntia robusta H.L. Wendl. ex Pfeiff.; 14. *Agave lechuguilla* Torr.; 15. *Andropogon saccharoides* Sw., y 16. *Coreopsis galeottii* (A. Gray) Hemsl..... 50

Figura 8. Perfil fisonómico de la asociación de *Pinus cembroides*- *Juniperus flaccida*: 1. *Pinus cembroides*; 2. *Juniperus flaccida*; 3. *Gochnatia hypoleuca*; 4. *Amelanchier denticulata*; 5. *Casuarina equisetifolia*; 6. *Arbutus xalapensis*; 7. *Zanthoxylum affine*; 8. *Quercus pringlei*; 9. *Opuntia robusta*; 10. *Tecoma stans*; 11. *Citharexylum oleinum*; 12. *Flourensia resinosa*; 13. *Cylindropuntia imbricata*; 14. *Agave lechuguilla*; 15. *Bouteloua repens* (Kunth) Scribn. & Merr y 16. *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto..... 52

Figura 9. Perfil fisonómico de la asociación de *Pinus pinceana*-*Pinus cembroides*: 1. *Pinus pinceana*; 2. *Pinus cembroides*; 3. *Juniperus flaccida*; 4. *Cephalocereus senilis*; 5. *Dasyllirion longissimum*; 6. *Amelanchier denticulata*; 7. *Flourensia resinosa*; 8. *Tecoma stans*; 9. *Opuntia robusta*; 10. *Agave lechuguilla*; 11. *Agave striata*; 12. *Bouteloua curtipendula*, y 13. *Echinocactus platyacanthus*..... 54

LISTA DE APÉNDICES

Apéndice 1. Índice de valor de importancia (IVI) de la vegetación arbórea y arbustiva de los bosques piñoneros de Hidalgo 62

Apéndice 2. Composición florística de los bosques de pino piñonero del estado de Hidalgo. Sitios de estudio: LM= La mesa, CA= Cañada arenalito, CB= Cuesta blanca, BT= Barrio de Tixqui, ST= Santuario, LF= La florida, LG= Lomas de Guillén, PT= Puerto Tavera, LC= Loma del conejo, JG= Jagüey, TC= Trancas..... 64

RESUMEN GENERAL

“ORDENACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS BOSQUES DE PINO PIÑONERO DEL ESTADO DE HIDALGO”

Los pinos piñoneros poseen una significativa importancia económica y ecológica en México, gracias a sus adaptaciones para resistir las inclemencias del entorno y a la singularidad de sus semillas, las cuales, al ser comestibles, forman parte integral de nuestra cultura gastronómica. Los bosques de los que forman parte son los ecotonos entre las zonas templadas y el matorral xerófilo, ocupando lomeríos, cañadas y terrenos de difícil acceso, lo que ha resultado en un conocimiento limitado sobre sus comunidades. Con el propósito de abordar esta carencia de información, el presente estudio tiene como objetivo describir las características florísticas y estructurales de 11 comunidades piñonares ubicadas en el estado de Hidalgo. Asimismo, busca determinar los factores ambientales que ejercen mayor influencia sobre su composición. El estrato arbóreo fue analizado tanto cuantitativa como cualitativamente, utilizando el método de cuadrantes centrados en un punto y perfiles fisonómicos semirrealistas, respectivamente. Las asociaciones vegetales fueron identificadas mediante un análisis de correspondencia canónica, contrastando el Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies con los factores ambientales. Como resultado se registró una riqueza florística de 420 especies, incluyendo a *Pinus cembroides* y *Pinus pinceana* como especies piñoneras. Estas, junto con especies como *Quercus mexicana* y *Juniperus flaccida*, conformaron tres asociaciones distintas. Se determinó que variables ambientales como altitud, pendiente, contenido de calcio, materia orgánica y textura del suelo influyen significativamente en la composición florística y estructura de estas comunidades.

Palabras Clave: piñonares, asociaciones vegetales, composición florística, factores ambientales, análisis multivariado.

Tesis de posgrado en Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Lucina Vega Arguello.

Director de tesis: Dr. Diódoro Granados Sánchez

GENERAL ABSTRACT

"CLASSIFICATION AND ORDINATION OF PINYON PINE FORESTS OF HIDALGO STATE".

Pinyon pines hold significant economic and ecological importance in Mexico, thanks to their adaptations to withstand environmental adversities and the uniqueness of their seeds. These edible seeds are an integral part of our gastronomic culture. The forests they inhabit are ecotones between temperate zones and xerophytic scrublands, occupying hills, ravines, and challenging terrains, leading to limited knowledge about their communities. To address this lack of information, this study aims to describe the floristic and structural characteristics of 11 pinyon communities located in the state of Hidalgo. Additionally, it seeks to determine the environmental factors that exert the greatest influence on their composition. The tree stratum was analyzed both quantitatively and qualitatively using the method of quadrants centered on a point and semi-realistic physiognomic profiles, respectively. Plant associations were identified through canonical correspondence analysis, contrasting the Importance Value Index (IVI) of species with environmental factors. As a result, a floristic richness of 420 species was recorded, including *Pinus cembroides* and *Pinus pinceana* as pinyon species. These, along with species such as *Quercus mexicana* and *Juniperus flaccida*, formed three distinct associations. It was determined that environmental variables such as altitude, slope, calcium content, organic matter, and soil texture significantly influence the floristic composition of these communities.

Key words: Pine nut forests, plant associations, floristic composition, environmental factors, multivariate analysis.

Postgraduate thesis in Master of Science in Forest Sciences, Chapingo Autonomous University
Author: Lucina Vega Arguello.
Advisor: Dióodoro Granados Sánchez, PhD.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1. Antecedentes

El género *Pinus* L. está conformado por aproximadamente 110 especies distribuidas ampliamente sobre el hemisferio norte (Price et al., 1998), de estas, alrededor del 42% se distribuyen en el territorio mexicano (Sánchez-González, 2008). Dentro del mismo género *Pinus* existen 16 especies que pertenecen a los pinos piñoneros americanos que se caracterizan por producir semillas comestibles (piñón), las cuales también son consumidas por fauna silvestre siendo ésta la encargada de su dispersión y la regeneración de los bosques piñoneros (Lanner, 1981). Los pinos piñoneros se distribuyen en las serranías de las zonas semiáridas de la altiplanicie mexicana donde conforman bosques de extensión restringida a franjas o ecotonos entre las zonas templadas y el matorral xerófilo (Barrera-Zubiaga et al., 2018).

La orografía y la variación climática de México han favorecido el establecimiento y desarrollo de estas especies en las zonas montañosas, serranías y cañadas destacándose como especies dominantes, codominantes y endémicas, formando asociaciones vegetales específicas. Asimismo, los factores ambientales y las perturbaciones antropogénicas han repercutido en la estructura y composición florística de estos bosques (Pérez-Miranda et al., 2022). Dentro de las perturbaciones directas podemos citar la tala ilegal, el cambio de uso de suelo, el pastoreo por ganado, los incendios forestales y el cambio climático como factor no antropogénico.

Para Menge y Olson (1990) las comunidades biológicas experimentan variaciones espacio-temporales, es decir, que los elementos que conforman la estructura de una comunidad muestran patrones cambiantes a lo largo de gradientes ambientales, incluyendo tendencias en la abundancia y diversidad de especies, el tamaño de las cadenas alimenticias y la complejidad de las interacciones. Estos patrones están particularmente vinculados a gradientes altitudinales, niveles de precipitación y exposición ambiental.

Para explicar las relaciones entre la estructura de las comunidades y el gradiente ambiental se han desarrollado técnicas de caracterización, clasificación y ordenación. Por ejemplo, los análisis fisonómicos ayudan a caracterizar a la vegetación mediante diagramas bidimensionales donde se aprecia la diferencia de estratos y formas de vida utilizando perfiles semirrealistas (Richards, 1952).

El análisis de clasificación de vegetación nos permite agrupar especies de flora en categorías con alta similitud o disimilitud interna. Esta clasificación tiene en cuenta la presencia de miembros de otros grupos y puede representarse mediante una matriz de similitud, la cual se expresa visualmente a través de un dendrograma (Rocha Ramírez et al., 2013). En contraste, la ordenación implica la aplicación de técnicas estadísticas del análisis multivariado con el objetivo principal de agrupar sitios de estudio que comparten características comunes a lo largo de gradientes ambientales, ya sea en términos de tiempo y/ o espacio (Matteucci & Colma, 1982).

En este sentido se pretende generar y agregar parte de la información necesaria para tomar decisiones sobre el manejo, aprovechamiento y conservación de estos bosques. Donde se pueda beneficiar la dinámica de las comunidades vegetales, así como a las poblaciones que dependen de los servicios que estas ofrecen.

1.2. Planteamiento del problema

México tiene un inventario de más de 23 mil plantas vasculares nativas, dentro de las cuales 47 pertenecen al género *Pinus* (Villaseñor, 2016), que, a su vez, representan cerca del 40% de los pinos del mundo (Gernandt y Pérez-de la Rosa, 2014), reconociéndolo como un centro secundario de diversificación de este género. Sin embargo, a pesar de la gran variedad de productos y servicios que los bosques pueden proveer, también reciben una presión constante sobre su distribución natural, aunado a la que reciben por factores abióticos como el

cambio climático. Esta presión ha provocado que aproximadamente 20 especies, variedades y subespecies de pinos se encuentren actualmente en algún estatus de protección según la Norma Oficial Mexicana 059 (SEMARNAT, 2010).

Dentro de las categorías de riesgo de la NOM-059 se encuentran algunos pinos piñoneros con estatus En Peligro como *Pinus culminicola* Andresen & Beaman, *Pinus maximartinezii* Rzed., *Pinus nelsonii* Shaw, *Pinus pinceana* Gordon & Glend., *Pinus rzedowskii* Madrigal & Caball. Del.; así como otros con estatus de prioridad como *Pinus cembroides* var. *bicolor* Little; *Pinus cembroides* subsp. *lagunae* (Rob. -Pass.) D.K. Bailey; *Pinus cembroides* subsp. *monophylla* (Torr. & Frém.) A.E. Murray; *Pinus quadrifolia* Parl. Ex Sudw.; *Pinus remota* (Little) D.K. Bailey & Hawksw.

En el estado de Hidalgo, la falta de estudios cuantitativos precisos sobre la composición y estructura de los bosques de pinos piñoneros brinda una oportunidad para ampliar nuestro entendimiento a través de su clasificación y ordenación. Esta iniciativa permitirá obtener información actualizada sobre la situación ecológica de las comunidades forestales de la región.

Es esencial destacar que el objetivo principal es definir las asociaciones vegetales presentes y determinar los factores ambientales que las influyen. Esta información será valiosa para los responsables del manejo de los recursos naturales, proporcionándoles datos clave para la toma de decisiones informadas.

1.3. Justificación

Todos los bosques brindan una diversidad de bienes y servicios a la población como la recreación, la conservación y la producción de agua, madera; protección a la fauna silvestre; forraje; combustibles; alimentos; formación y protección del suelo, regulador del clima, entre otros (Bennett et al., 2009; Monárrez-González et al., 2018). Tanto el aprovechamiento como la

administración de estos bienes y servicios deben estar alineados con la conservación y buenas prácticas de manejo inexcusablemente para mantener esta serie de beneficios a largo plazo.

Los bosques de pinos piñoneros en México han sido de gran importancia para las personas que habitan las zonas áridas y semiáridas (Hernández Moreno et al., 2011; Richardson et al., 2007), pues son una de las pocas especies arbóreas capaces de soportar las condiciones limitadas de humedad, precipitación y formación de suelos que les pueden proveer de algunos servicios ecosistémicos (Fonseca Juárez, 2003).

Dentro de los principales usos de los piñoneros son la cosecha de piñón que representa el producto de mayor explotación económica, por lo menos para la gastronomía (Hernández Moreno et al., 2011). Por otro lado, en las áreas donde se desarrolla este grupo de especies se les considera improductivas desde el punto de vista maderable y comercial pues el arbolado que lo constituye posee madera de baja calidad (González Jiménez et al., 2021; Perry, 1991). Sin embargo, están rodeados de asentamientos humanos con altos índices de marginación, de tal manera que estos bosques resultan ser de las únicas opciones que generan bienes como combustible (leña), lo que ocasiona, además de un mal manejo, la disminución de sus poblaciones (Rebolledo V., 1982). Aunado a esto existen factores abióticos negativos como la poca disponibilidad de agua, los suelos someros y rocosos así como, el cambio climático; éste fenómeno demanda una selección basada en la adaptación evolutiva de estas especies, lo que podría resultar en una posible disminución de sus poblaciones y su distribución (Pérez Miranda et al., 2019).

La semilla de piñón ha sido un recurso forestal aprovechado como alimento para los humanos desde tiempos prehistóricos, volviéndose parte cultural de la gastronomía de las zonas donde se encuentra. De tal manera que para las sociedades ha representado un ingreso económico derivado de su venta, actualmente puede dejar ganancias que oscilan entre los \$1, 500 y \$2, 000 por kg; sin embargo, la comercialización de esta semilla también ha provocado su

sobreexplotación y las malas técnicas de cosecha, que en el peor de los casos los pobladores cortan las ramas enteras para poder obtener los estróbilos (Romero Manzanares, 2001).

En Hidalgo, las poblaciones de pinos piñoneros se han visto perturbadas y disminuidas por una serie de factores antrópicos como la tala desmedida o el cambio de uso de suelo que, en el municipio de Zimapán, donde, según lo observado en campo, hay una mejor condición de los suelos donde se desarrolla el bosque, se ha desmontado una parte de éste para el establecimiento de frutales. Asimismo, los recorridos de campo mostraron que el sobrepastoreo de ganado vacuno y caprino también representa una actividad que ha impactado de manera negativa varias de las localidades estudiadas, pues no ayuda a la regeneración natural debido al pisoteo.

En conclusión, el ecosistema de los bosques piñoneros provee una amplia gama de bienes y servicios esenciales, desde alimentos y combustible, hasta la conservación del suelo y la regulación climática. Sin embargo, enfrentan amenazas significativas, como la tala desmedida, el cambio de uso de suelo y el sobrepastoreo, además del cambio climático. La necesidad de gestionar de manera sostenible estos recursos forestales es crucial no solo para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, sino también para el bienestar de las comunidades que dependen de ellos. Con esta investigación se busca proporcionar información valiosa que respalde la toma de decisiones y contribuya a la gestión adecuada de los bosques de pinos piñoneros en Hidalgo.



Figura 1. Bosque de *Pinus cembroides* con perturbación antropogénica en Zimapán, Hidalgo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Definir las diferentes asociaciones vegetales presentes en los bosques de pino piñonero del estado de Hidalgo y determinar los factores ambientales mas relevantes para su establecimiento.

1.4.2. Objetivos particulares

- 1) Caracterizar florística y estructuralmente los bosques de pino piñonero del estado de Hidalgo.
- 2) Clasificar la vegetación de los bosques de pino piñonero para determinar las diferentes asociaciones vegetales.
- 3) Identificar qué factores influyen en la estructura y composición de las comunidades.

1.5. Preguntas de investigación

¿Cuál es la estructura y composición florística de los bosques piñoneros del estado de Hidalgo?

¿Cuáles son los principales factores ambientales que determinan la composición y estructura de los piñonares?

1.6. Hipótesis

H1: Las asociaciones vegetales de los bosques piñoneros presentan variaciones en su composición florística y estructura.

H2: Las comunidades dominadas por los pinos piñoneros de diferentes zonas del estado de Hidalgo comparten similitudes florísticas entre sí.

H3: Los factores ambientales desempeñan un papel predominante en la configuración y diversidad de las comunidades de pinos piñoneros, así como en su distribución espacial.

1.7. Literatura citada

- Barrera-Zubiaga, E. J. E., Granados-Sánchez, D., Granados-Victorino, R. L., & Luna-Cavazos, M. (2018). Characterization of four pinyon pine forests in the state of Zacatecas, Mexico. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 24(3), 275–296. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2017.03.018>
- Bennett, E. M., Peterson, G. D., & Gordon, L. J. (2009). Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecology Letters*, 12, 1394–1404. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01387.x>
- Fonseca Juárez, R. M. (2003). De piñas y piñones. *Revista Ciencias. UNAM*, 69, 64–65. <https://www.revistacienciasunam.com/pt/147-revistas/revist-ciencias-69/1206-de-piñas-y-piñones.html>
- Gernandt, D. S., & Pérez-de la Rosa, J. A. (2014). Biodiversity of Pinophyta (conifers) in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(SUPPL.). <https://doi.org/10.7550/rmb.32195>
- González Jiménez, A., Delgado Valerio, P., Molina Sánchez, A., Flores López, C., Vargas Gutiérrez, J. P., & García Magaña, J. J. (2021). Diversidad genética en poblaciones de *Pinus remota* (Pinaceae) del Noreste de México: Evidencias de declinamiento demográfico histórico. *Acta Botánica mexicana*, 128, 1–18. <https://doi.org/10.21829/ABM128.2021.1890>
- Hernández, M. M. M., Islas, G. J., & Guerra, de la C. V. (2011). Márgenes de comercialización del piñón (*Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*) en Tlaxcala, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(2), 265–279. <https://www.researchgate.net/publication/262444831>
- Lanner, R. M. (1981). *The Piñon Pine, A Natural and Cultural History*. University of Nevada Press. Reno, Nevada, USA. 218 p.
- Manzanares, A. R. (2001). Historia natural, ecología y fitosociología de *Pinus*

ceombroides y *pinus johannis* (piñoneros) del centro de México. Tesis de doctorado. Facultad de ciencias, División de Estudios de Posgrado, UNAM. 247 p.

Matteucci, S. D., & Colma, A. (1982). Metodología para el estudio de la vegetación. In E. V. (Ed.), Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. The General Secretariat of the Organization of American States Editor: https://www.researchgate.net/profile/Silvia-Matteucci-2/publication/44553298_Metodologia_para_el_estudio_de_la_vegetacion_por_Silvia_D_Matteucci_y_Aida_Colma/links/553a55fd0cf245bdd763f4ab/Metodologia-para-el-estudio-de-la-vegetacion-por-Silvia-D-Matteucci

Menge, B. A., & Olson, A. M. (1990). Role of scale and environmental factors in regulation of community structure. *Trends in Ecology & Evolution*, 5(2), 52–57. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(90\)90048-I](https://doi.org/10.1016/0169-5347(90)90048-I)

Monárrez-González, J. C., Pérez-Verdín, G., López-González, C., Márquez-Linares, M. A., & González-Elizondo, M. D. S. (2018). Effects of forest management on some ecosystem services in temperate forest ecosystems of Mexico. *Madera y Bosques*, 24(2), 1–16. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2421569>

Pérez-Miranda, R., Bautista, E. V., Romero-Sánchez, M. E., & Hernández-Ramos, J. (2022). Contingency analysis of natural distribution of Mexican pines in risk category. *Terra Latinoamericana*, 40, 1–16. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1043>

Pérez Miranda, R., Romero-Sánchez, M. E., González Hernández, A., Rosales Mata, S., Moreno Sánchez, F., & Arriola Padilla, V. J. (2019). Modelado de la distribución actual y bajo cambio climático de pinos piñoneros endémicos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(56). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i56.613>

Price, R. A., Liston, A., & Strauss, S. (1998). *Phylogeny and Systematics of*

Pinus. Ecology and Biogeography of *Pinus*, 49–68.

- Rebolledo V., A. (1982). Estudio preliminar sobre la ecología de los piñoneros en el altiplano potosino-zacatecano. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México. 123 p.
- Richards, P. W. (1952). The tropical rain forest: An ecological study. Cambridge University Press. Cambridge, Inglaterra. 600 p.
- Richardson, D. M., Rundel, P. W., Jackson, S. T., Teskey, R. O., Aronson, J., Bytnerowicz, A., Wingfield, M. J., Procheş, Ş., Richardson, D. M., Rundel, P. W., Jackson, S. T., Teskey, R. O., Aronson, J., Bytnerowicz, A., Wingfield, M. J., & Proche, S. (2007). Human impacts in Pine Forests: Past, Present and Future. The Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics, 38(2007), 275–297.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.38.091206.095650>
- Rocha Ramírez, A., Chávez López, R., Ramírez Rojas, A., & Cházaro Olvera, S. (2013). Comunidades. Métodos de estudio (1ra ed.). Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. 252 p.
- Sánchez-González, A. (2008). Una visión actual de la diversidad y distribución de los pinos de México. Madera y Bosques, 14(1), 107–120.
<https://doi.org/https://doi.org/10.21829/myb.2008.1411222>
- SEMARNAT. (2010). Norma Oficial Mexicana (NOM-059-2010), Protección ambiente-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especie en riesgo. In (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales) Diario oficial de la Federación (pp. 1–77).
<https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4254/semarnat/semarnat.htm>
- Villaseñor, J. L. (2016). Catálogo de las plantas vasculares nativas de México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 87(3), 559–902.
<https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO Y DE REFERENCIA

2.1. Pinos piñoneros

Se estima que en el territorio mexicano el género *Pinus* L. llegó en las últimas glaciaciones del periodo del Pleistoceno, donde las serranías del territorio mexicano sirvieron como un refugio de las especies boreales proporcionando las condiciones óptimas para su establecimiento y diversificación (Farjon, 1996, 1999; Lanner, 1981).

Además de lo anterior, es importante destacar que el género *Pinus* experimentó una significativa radiación adaptativa, dando origen a un mayor número de especies. Esta proliferación sitúa a México como un centro secundario de diversificación de dicho género. (Gernandt y Pérez-de la Rosa, 2014).

Asimismo, el cambio climático, que ha persistido desde el Eoceno hasta la actualidad, ha sido una importante fuente de variación que ha influido en la evolución de las especies (Ortiz-Medrano et al., 2016). La transición de un clima tropical a uno seco ha dado lugar a modificaciones en el entorno; ocasionando la formación de chaparrales, pastizales y sabanas. En el caso de los pinos, que predominaban durante el Eoceno, se diversificaban en las formaciones montañosas de la Sierra Madre Oriental. Específicamente, los pinos de la subsección *cembroides* se refugiaron y dispersaron sobre las montañas de baja altura, quedando como islas inmersas en el Altiplano Mexicano, que pertenecían a las zonas semiáridas del país (Romero Manzanares, 2001). Esto ocasionó que dichas especies se adaptaran para poder sobrevivir en condiciones de menos humedad y mayor aridez, de igual manera tuvieron que hacer frente a la pobreza de los suelos en los que se establecieron (Granados-Victorino et al., 2015; Parra-Álvarez et al., 2023).

Los cambios ambientales, trajeron como consecuencia modificaciones en las características morfológicas y fisiológicas de los pinos piñoneros que les permitieron sobrevivir y prosperar en estos nuevos entornos (Malusa, 1992). Ortiz-Medrano et al. (2016), mencionan que la distribución de la subsección *cembroides* se definió en respuesta al estrés hídrico, ocasionando diferencias

morfológicas como una disminución en el número de acículas, además de ser más cortas y rígidas, que, en condiciones áridas una menor superficie de transpiración es una ventaja frente a la sequía, asimismo, hay una disminución en la dimensión de los conos y las semillas son más grandes y sin alas.

Por otro lado, el mismo estudio menciona que en el caso de la cáscara de las semillas, que se volvieron más delgadas en comparación a las de *P. rzedowskii* Madrigal & Caball. Del. y *P. maximartinezii* Rzed., parece atraer más a roedores que a aves.

Los piñoneros también presentaron raíces primarias más grandes y mayor número de raíces secundarias, tal como lo demostró Figueroa-Corona et al. (2022) para *Pinus pinceana*, donde los individuos del Desierto Chihuahuense presentaron dichas características en el sistema radicular además de ceras epicuticulares más gruesas en las acículas, en comparación con los individuos de la Sierra Madre Oriental; estas grandes diferencias sugieren adaptación morfológica local a la exposición a la aridez.

2.1.1. Biogeografía

Durante el Mioceno temprano, hace aproximadamente 20 millones de años, las condiciones climáticas en las regiones áridas eran más húmedas y favorables para el crecimiento de bosques de coníferas. Se cree que el ancestro de los pinos piñoneros migró desde el sur de Idaho, al suroeste de Estados Unidos, hasta El sur de Puebla en México, siguiendo las cadenas montañosas de la Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre Oriental del territorio mexicano. Estas montañas proporcionaron refugios climáticos y ecológicos favorables para la propagación y supervivencia de la especie (Riser, 2002).

A medida que avanzaba el tiempo, se produjeron cambios climáticos significativos en la región. Durante el Pleistoceno, hace aproximadamente 2.6 millones de años, se produjeron períodos de enfriamiento y glaciaciones, que afectaron la distribución de las especies. Durante las épocas más frías, las

masas de hielo avanzaron hacia el sur y crearon barreras físicas que limitaron el movimiento de las especies. Estas fluctuaciones climáticas y los cambios en la distribución de las masas de hielo dieron lugar a una serie de eventos de fragmentación y especiación en los piñoneros. Se formaron poblaciones aisladas en diferentes áreas geográficas, como las montañas de la Sierra Madre Occidental, la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre del Sur. Estas poblaciones aisladas se diferenciaron genéticamente a lo largo del tiempo, lo que condujo a la formación de diversas especies y subespecies en México (Eckert & Hall, 2006; Malusa, 1992) .

Los pinos piñoneros son ampliamente distribuidos en América del norte, se pueden encontrar desde el sur de Idaho en Estados Unidos hasta el sur de Puebla, en México (Malusa, 1992); en el Suroeste de Estados Unidos los piñoneros forman extensos bosques junto con los enebros (*Juniperus*); en México también se da esta asociación pero además se les puede ver acompañados con especies como *Quercus* y algunas más pertenecientes a bosques templados y matorral xerófilo (Barrera-Zubiaga et al., 2018; Granados-Victorino et al., 2015; Rosas Chavoya et al., 2016).

Los piñoneros son endémicos de Norteamérica, experimentan una especiación alopátrica, según Luna Cavazos et al. (2008). Como es del interés de este estudio, *Pinus cembroides* y *Pinus pinceana*, que son especies piñoneras nativas de México presentes en Hidalgo; se adaptaron a una variedad de condiciones climáticas y edáficas, desde zonas semidesérticas hasta bosques templados, y a menudo forman parte de comunidades vegetales mixtas junto con otras especies de coníferas y encinos. Su historia biogeográfica se remonta a millones de años y está influenciada por una combinación de factores geológicos, climáticos y ecológicos (Riser, 2002).

2.1.2. Distribución en México

En México, la diversidad de ecosistemas se atribuye a diversos factores, como su ubicación latitudinal privilegiada, su entorno montañoso y la diversidad

climática, enmarcado por la proximidad de dos océanos; lo cual da como característica del territorio mexicano sus dos cadenas montañosas, principales por su extensión: la Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre Oriental. La primera con una altitud promedio de 2,250 msnm, puede alcanzar alturas de hasta 3,000 m. La segunda ubicada en el centro del país, puede llegar a alcanzar los 3,650 metros de altitud en el estado de Nuevo León.

Al sur de la Faja Volcánica Transversal, destacan la Sierra Madre del Sur y la Sierra Madre de Chiapas. Estos elementos geográficos junto con las características climáticas específicas de cada región juegan un papel crucial en la distribución de la flora en el país (Favela Lara, 2004). Asimismo, las coníferas y encinos cubren gran parte de las dos Sierras Madres principales y los macizos montañosos del norte de Baja California.

Las coníferas mexicanas están representadas por 10 géneros: *Abies*, *Cupressus*, *Pinus*, *Pseudotsuga*, *Juniperus*, *Calocedrus*, *Podocarpus*, *Picea*, *Taxodium* y *Taxus* (Gernandt y Pérez-de la Rosa, 2014). De estos, *Pinus* es el más importante debido a su superficie y valor económico. (Passini, 2007). Dentro de los pinos, las especies piñoneras constituyen las de mayor valor de importancia culinaria.

En México, los piñoneros se encuentran en las laderas montañosas, pendientes pronunciadas y cañadas que se caracterizan por tener climas semisecos y templados, la adaptación a estos climas difiere de lo que son sus antecesores, al norte del continente, adaptados a climas fríos constantes (Gernandt & Pérez-de la Rosa, 2014).

Parra-Álvarez et al. (2023) y Sánchez-González (2008) mencionan que existen 12 especies de pinos piñoneros presentes en México, los cuales son: *P. maximartinezii*, *P. discolor*, *P. johannis*, *P. pinceana*, *P. culminicola*, *P. edulis*, *P. juarezensis*, *Pinus californiarum* DK Bailey, *P. quadrifolia*, *P. remota*, *P. nelsonii* y *Pinus cembroides* (con tres subespecies: *cembroides*, *lagunae* y *orizabensis*), las cuales se distribuyen en 18 estados, desde la región norte

(Baja California y Chihuahua), hasta la región central (Tlaxcala y Puebla) (Granados-Victorino et al., 2015; Perry, 1991).

En el estado de Hidalgo se encuentran dos especies de piñoneros: *Pinus cembroides* Zucc. y *Pinus pinceana* Gordon & Glend localizados en los municipios de Santiago de Anaya, El Cardonal y Zimapán, que se ubican en el Valle del Mezquital, la Sierra Baja y la Sierra Gorda; que a su vez forman parte de la Sierra Madre Oriental; con altitudes que oscilan de 1 800 a 2 500 msnm con mayor presencia en lomeríos con pendientes pronunciadas, cañadas y serranías.

2.1.3. Taxonomía y especies de pino piñonero

La subsección *Cembroides* del género *Pinus* ha sido objeto de extensos estudios taxonómicos, ecológicos y químicos (Farjon y Styles, 1997; Perry, 1991; Price et al., 1998; Styles, 1993, Favela Lara, 2004). Estos estudios han generado cierta controversia en cuanto a la clasificación de diversos taxones incluidos en esta subsección.

En la sección *Parrya*, las tres subsecciones *cembroides*, *gerardianae* y *balfourinae* han sido consistentemente agrupadas debido a su similitud en la anatomía de la madera. Estas subsecciones presentan traqueidas radiales con paredes lisas y celdas radiales con pequeños poros (Shaw, 1914).

El número de especies reconocidas en la subsección *cembroides* ha variado considerablemente en diferentes estudios: Martínez (1948) identificó 6 especies en México, mientras que Perry (1991) aceptó 13 especies para México y América Central. Styles (1993) mencionó 14 especies en México. Sin embargo, Farjon y Styles (1997) redujeron el número reconocido en México y América Central a solo 8 especies en su clasificación. La clasificación más reciente de Price et al. (1998) con 10 especies que también es la registrada por la página conifers.org.

Según Malusa (1992), existen diferentes especies de pinos piñoneros, con seis en Estados Unidos y doce en México, de estas, dos son compartidas en ambos países. Estos pinos se agrupan en diferentes subsecciones, como *Nelsoniae*, *Rzedowskiae* y *Cembroides*:

- *Nelsoniae*, que incluye únicamente a *Pinus nelsonii* Shaw.
- *Rzedowskiae*, que incluye a *Pinus maximartinezii* Rzed. y *Pinus pinceana* Gordon & Glend y *P. rzedowskii* Madrigal & Caball. Dell.
- *Cembroides*, que abarca varios pinos piñoneros: *Pinus cembroides* Zucc. (con tres subespecies: *cembroides*, *lagunae* y *orizabensis*), *Pinus culminicola* Andresen & Beaman, *Pinus discolor* Rob.-Pass., *Pinus johannis* Rob. -Pass., *Pinus remota* (Little) D.K. Bailey & Hawksw, *Pinus edulis* Engelm., *Pinus quadrifolia* Parl. ex Sudw y *Pinus californiarum* DK Bailey.

2.1.4. Importancia ecológica y económica

En el contexto mexicano, los pinos ostentan una relevancia trascendental en los ámbitos ecológico, económico y social. Frecuentemente, se erigen como el componente preeminente en la composición vegetal, desempeñando un papel crucial en diversos procesos funcionales del ecosistema. Estos abarcan desde los ciclos biogeoquímicos e hidrológicos hasta los regímenes de fuego, mientras simultáneamente actúan como hábitat y fuente de sustento para la fauna silvestre (García Arévalo y González Elizondo, 2003).

El valor económico de los pinos es notable, ya que constituyen una fuente primordial de recursos tangibles como leña, pulpa de celulosa, resinas, semillas comestibles y otros productos afines. Asimismo, su contribución se extiende hacia servicios ambientales de considerable importancia, entre los que se incluyen la generación de agua, la producción de oxígeno, la facilitación de espacios recreativos y la captura de carbono. Cabe destacar que, de manera adicional, los pinos inciden de manera significativa en el clima regional (Ramírez-Herrera et al., 2005).

En su mayoría, los pinos piñoneros en México son resistentes a periodos de sequía, heladas e incendios; pueden crecer sobre suelos someros y rocosos con poca disponibilidad de nutrientes formando una variedad de condiciones ecológicas, estas condiciones contribuyen a una amplia diversidad de especies dominantes, así como de especies acompañantes (Rzedowski, 1978). Tal es el caso de *Pinus pinceana* como lo mencionan Córdoba-Rodríguez et al. (2011), observaron que los árboles procedentes de lugares más secos, en Coahuila, presentaron mayor eficiencia en el uso del agua y fueron más tolerantes a sequías, comparados con los que crecen más al sur.

Según Pompa-García y Yerena-Yamalliel (2014), la especie piñonera *Pinus cembroides* (Fig. 2) en el sur de Chihuahua presenta concentraciones de carbono del 57.1% en las yemas y del 51.3% en las hojas. Este hallazgo cobra relevancia ya que, según los informes del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, 2006), no se reporta una concentración superior al 50%, considerado como el límite válido. En consecuencia, se destaca su potencial como una fuente de mitigación de carbono frente al cambio climático. Asimismo, para esa especie, Guerrero Silva (2013) menciona que, a partir de los 67 años de edad, un árbol es capaz de producir oxígeno para aproximadamente un día de vida de un adulto, si se toma como consumo promedio de O_2 0.84 kg día^{-1} .



Figura 2. Bosque natural representativo de *Pinus cembroides* en Zimapán, Hidalgo.

Por otro lado, Lanner (1981) menciona que los piñones tienen un valor dietético excepcional; la semilla de *Pinus cembroides* es la más rica en proteínas y la más baja en almidón; además de poseer un alto porcentaje de grasas de alta calidad alimentaria; por lo que es calificado como el pino piñonero de mayor importancia económica en México (Luna Cavazos et al., 2008).

2.1.5. Problemática

Existen diversas problemáticas que podrían comprometer la distribución y abundancia de los pinos piñoneros, dentro de las más evidentes son el cambio climático, el sobrepastoreo, el cambio de uso de suelo, la tala no controlada, así como la mortalidad por plagas y enfermedades.

El cambio climático trae nuevos regímenes de lluvias y duración de sequías, lo que ocasiona diferentes respuestas en las poblaciones vegetales, los pinos piñoneros a pesar de estar altamente adaptados a condiciones extremas no son

la excepción, como lo muestra un estudio realizado por Barger et al. (2009) sobre los bosques de piñón-*Juniperus* al oeste de Estados Unidos; establecen que las sequías prolongadas combinadas con periodos de regeneración potencialmente lentos puede resultar en una disminución de sus poblaciones, pues la variación del tiempo y el clima influyen en la composición y estructura de las comunidades de piñón y enebro al alterar el momento de los años episódicos de alta producción de semillas, el establecimiento y las tasas de mortalidad (Hartsell et al., 2020).

Por otra parte, en los bosques piñoneros de la Sierra de Zapalinamé, en Coahuila, Arévalo et al. (2021) encontraron que el aumento del sobrepastoreo ha ocasionado cambios en la diversidad de especies nativas, además de que la población de los piñoneros es más vulnerable a plantas parásitas, mostrando niveles más altos de infestación; por otro lado también afecta negativamente la regeneración de los árboles a causas del excesivo pisoteo por algunos animales como cabras y vacas (Encina-Domínguez et al., 2022). En contraste, según lo observado en el estado de Hidalgo, las plantas epífitas presentes no sólo beneficiaban a las especies piñoneras, captando agua y almacenándola; sino también a la recuperación del suelo, añadiendo materia orgánica y nutrientes.

Cabe mencionar que en la norma NOM-059 (SEMARNAT, 2010), se encuentra una de las especies piñoneras presentes en la zona de estudio, *Pinus pinceana*, con categoría de: En peligro de Extinción; debido a que sus poblaciones se encuentran muy fragmentadas, con pocos individuos y una baja regeneración (Molina-Freaner et al., 2001). Algunas de sus poblaciones al noreste de México muestran gran sensibilidad climática (Santillán-Hernández et al., 2010), lo que podría ocasionar disminuciones en su nicho ecológico; por otro lado las poblaciones localizadas en el estado de Hidalgo muestran vulnerabilidad ante el pastoreo y actividades de tala no controlada (Villarreal Quintanilla et al., 2009).

Shaw et al. (2005) mencionan que en Estados Unidos la sequía regional y la infestación de insectos provocó una alta mortalidad del piñón entre los años

1996-2003, lo que causó el desplazamiento de los bosques de piñón-*Juniperus* hacia el norte de Arizona y Nuevo México, además de incrementar la dominancia del enebro. Asimismo, Hartsell et al. (2020) también encontraron que los ataques por escarabajos y la mortalidad por sequía están estrechamente asociados. En México Martínez Ramírez et al. (1985), encontraron en los pinos piñoneros del municipio de Cardonal, Hidalgo, una infestación de algunos insectos como *Conophthorus edulis* Hopk. y *Leptoglossus occidentalis* Heid. Estos insectos se alimentan de los conos y las semillas de *Pinus cembroides*, provocando pérdidas significativas en el rendimiento de los conos, llegando hasta un 69% de su potencial. Esta situación no sólo genera pérdidas ecológicas debido a la disminución de semillas para la preservación de la especie, sino que también conlleva pérdidas económicas para las localidades que dependen de la venta de la semilla.

Finalmente, Hernández et al. (2011) concluyen que, para el estado de Tlaxcala, la falta de información sobre la ruta de comercialización del piñón, limita la caracterización completa y formal del mercado, donde los menos beneficiados son los recolectores, que obtienen sólo el 22.12 % del valor equivalente al precio final.

2.1.6. Bosques piñoneros en el estado de Hidalgo

En el estado de Hidalgo existen comunidades dominadas por pinos piñoneros ubicados principalmente en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental y sus estribaciones hacía el sur donde convergen con el Altiplano sur (Passini, 2007). González Quintero (1968) en su obra titulada “Tipos de Vegetación del Valle del Mezquital, Hidalgo”; menciona la presencia de *Pinus cembroides* formando una asociación con *Juniperus flaccida* y algunos encinares arbustivos. Así mismo, Puig (1991) menciona en su obra de la Vegetación de la Huasteca: estudio fitogeográfico y ecológico, la existencia de algunos bosques aciculifolios de *P. cembroides* entre el noreste de Zimapán y los alrededores de Jacala.

Robert (1977), en su investigación, hace referencia a localidades de *P. cembroides* de los estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí, Guanajuato, Puebla e Hidalgo pertenecientes a la altiplanicie mexicana. En su trabajo encuentra tres asociaciones florísticas: la primera es el bosque piñonero en masas puras, la segunda es una asociación de *Pinus cembroides* con *Juniperus* ssp. y la tercera es asociado con *Quercus* ssp.

Las especies de *Juniperus* mezcladas a esta especie piñonera son: *Juniperus deppena* Steud. y *Juniperus flaccida* Schltdl. Los encinos asociados a *Pinus cembroides* son: *Quercus cordifolia* Trel. y *Quercus intricata* Trel.

En el estado de Hidalgo se encuentra dos de las tres asociaciones florísticas, en el valle del Mezquital, el primero se distribuye en los municipios de Santiago de Anaya y Cardonal y el segundo en Zimapán.

En un estudio llevado a cabo por Meza Álvarez (2006) en la comunidad “Lomas de Guillén”, ubicada a una altitud de 2040 msnm, se observó que los árboles piñoneros alcanzan mayores alturas en la exposición norte en comparación con la exposición sur. Además, se identificó que los árboles de la exposición norte están compuestos por varias especies, mientras que en la exposición sur solo se encuentra la especie *Pinus cembroides*. En el ecosistema asociado a este tipo de pino, se destacaron principalmente especies pertenecientes a las familias Cupressaceae, Sapindaceae, Ramnaceae y Fabaceae.

Villarreal Quintanilla et al. (2009) en su estudio florístico de *Pinus pinceana* y Quiroz-Vázquez et al. (2017) en su estudio sobre la capacidad reproductiva de *Pinus pinceana*, registraron la presencia de esta especie en las localidades de San Cristóbal y el Arenalito, ambas pertenecientes al municipio de El Cardonal.

***Pinus cembroides* Zucc.**

La distribución geográfica de *Pinus cembroides* Zucc. en México abarca los estados de Baja California, Chihuahua, Durango, Zacatecas, Aguascalientes,

Jalisco, Guanajuato, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Veracruz, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas (Fig.2) (Perry, 1991).

A *Pinus cembroides* (Fig. 3) se le conoce comúnmente como Piñón, Piñonero o Piñón prieto, son árboles pequeños con corteza gruesa y escamosa, son reconocidos por el poco número de acículas por fascículo, generalmente de 2 a 3, que miden de 2 a 5 cm de longitud; sus conos son globosos, pequeños generalmente más anchos que largos, irregulares, aproximadamente de 3 x 5 cm cuando están abiertos, estos árboles son de porte bajo que van desde los 2 hasta los 12 metros de alto, rara vez llegan a medir 15 metros y un diámetro de 30 a 60 cm con una copa redondeada o piramidal (Farjon et al., 1997; Perry, 1991). Habitan sitios de transición de comunidades conocidos como “ecotonos” que se pueden diferenciar entre los bosques templados en las montañas y los matorrales xerófilos, lo que resulta en una composición florística mixta (Rosas Chavoya et al., 2016).

Pinus cembroides es la especie piñonera más abundante en México (Flores y Martínez, 1987; Mota, 2003; Rzedowski, 1981) y proporciona hasta el 90% de la cosecha de piñón en el país (Flores y Martínez, 1987; Mota, 2003).



Figura 3. *Pinus cembroides* en asociación con *Juniperus flaccida* en Cardonal, Hidalgo.

***Pinus pinceana* Gordon & Glend.**

Pinus pinceana (Fig.4) es conocido comúnmente como piñón llorón por la apariencia de sus hojas y presenta una distribución restringida a cañadas y declives de la Meseta Central del Norte y Centro Este de México del territorio mexicano y particularmente se encuentra en los estados de Nuevo León, Querétaro, Zacatecas, Coahuila, Durango, Hidalgo y San Luis Potosí (Perry,

1991; Sánchez-Castillo et al., 2023). *Pinus pinceana* es un árbol con un porte bajo que no sobrepasa los 12 m de alto y presenta un diámetro normal promedio que oscila de los 20-30 cm. El fuste es corto presentando ramificaciones cerca del suelo, sus ramas son de color verde grisáceo, con 3 hojas por fascículo de una longitud que varía entre los 5 a 13 cm. Sus semillas son de un tono rojizo contenidas en conos ovoide-oblongos de 5 a 10 cm. (Farjon et al., 1997; Perry, 1991).



Figura 4. *Pinus pinceana* en la cañada El Arenalito, Hidalgo.

2.2. Clasificación

Hay varios textos que utilizan el término “clasificación” para hacer referencia a la agrupación de un conglomerado de comunidades vegetales similares en categorías predeterminadas, generalmente con nombres o identidades (Rencher, 2002). Es por ello, que Boesch (1977) propuso que el término “clasificación” puede ser definido de manera amplia, como la división o colocación de entidades en grupos o clases, tomando como componentes principales las relaciones que compartan entre sus atributos. Esta definición puede entenderse de manera correcta para hacer referencia a la construcción de grupos de las comunidades vegetales. Aunque la clasificación puede estar en función de la estructura de la vegetación y del pensamiento del ecólogo Rencher (2002).

La clasificación también puede abordarse de manera cualitativa y cuantitativa, en la primera las especies son abordadas como presentes o ausentes en una determinada área y en la segunda la clasificación se puede realizar por medio de algoritmos, las dos maneras resultan útiles para poder resaltar las similitudes florísticas que comparten dos comunidades o áreas que se estén analizando (Boesch, 1977; Goodall, 1954).

Rebolledo (1982) clasifica a la vegetación tomando en cuenta su fisonomía y estructura, a lo que menciona que la fisonomía está influenciada por características fisiográficas, como altitud, orientación y pendiente; y que en conjunto influyen en la composición florística de una comunidad vegetal.

2.3. Ordenación

El estudio de las comunidades vegetales es una ciencia considerablemente moderna, esto en base a que los métodos numéricos han tenido un uso relativamente temprano (Palmer, 1993). La ordenación puede ser entendida como una técnica mediante la cual permite resaltar los factores ambientales clave capaces de poder modificar tanto la estructura y composición de especies, así como su distribución espacio-temporal (Gauch y Whittaker, 2012;

Palmer, 1993). El producto final es una gráfica bidimensional en la que las muestras que comparten cierta similitud se encuentran cercanas y caso contrario a las muestras que no comparten similitudes.

Gauch y Whittaker (2012) mencionan que la ordenación es una técnica de suma importancia al momento de realizar análisis comparativos entre los factores bióticos y abióticos que se interrelacionan en un área determinada (ecosistema), ya que mediante este análisis se generan agrupaciones de las muestras.

La primera técnica empleada para los análisis de ordenación, es la ordenación polar, la cual es una técnica desarrollada específicamente para analizar cuantitativamente las comunidades de plantas: teniendo como principal objetivo representar dentro un plano cartesiano las unidades muestreadas, de tal manera que la distancia entre cada unidad muestral representará el grado de semejanza que comparten entre si (Bray y Curtis, 1957).

Ter Braak en 1986 evolucionó los métodos de ordenación con la técnica de Análisis de Correspondencia Canónica (CCA), la cual comparte similitud con la ordenación polar. La técnica de Análisis de Correspondencia Canónica es un método estadístico multivariado, el cual permite resumir un conjunto de datos ecológicos para que sean interpretadas las relaciones existentes entre una especie y su medio ambiente.

2.4. Uso de las Técnicas multivariadas

La ecología de comunidades además de estudiar los diferentes niveles que presentan, ayudan a describir los ecosistemas mediante análisis de similitud entre la composición florística y que a su vez ayudan a interpretar los factores ambientales que han influido en la separación de la vegetación desde un punto de vista espacio-temporal (Ter Braak, 1986).

A continuación, se presentan algunos estudios sobresalientes donde se emplearon técnicas multivariadas (clasificación y ordenación) para analizar

comunidades de pinos piñoneros de México, donde se destaca la presencia de especies dominantes, endemismos y asociaciones vegetales específicas. Además, se observa la influencia de factores ambientales y perturbaciones que indirectamente están influenciando la estructura y composición florística de los piñonares.

López Benitez (1996) abordó un estudio sinecológico de los bosques piñoneros del Valle del Mezquital en el estado de Hidalgo, empleando una clasificación cualitativa mediante perfiles semirrealistas para describir la estructura de la vegetación a través del gradiente altitudinal. Para estos bosques se registraron 181 especies vegetales asociadas a estos bosques y una asociación vegetal predominante de *Pinus cembroides*- *Juniperus flaccida*.

Meza Álvarez (2006) realizó un estudio ecológico del bosque piñonero (*Pinus cembroides*) de la localidad de Santiago de Anaya en el estado de Hidalgo, encontrando una riqueza florística de 51 especies agrupadas en 25 familias. *Pinus cembroides* resultó ser la especie con mayor valor de importancia relativa (VIR), formando una asociación vegetal con *Juniperus flaccida*.

En un estudio florístico sobre los piñonares de *Pinus pinceana* a lo largo de la Sierra Madre Oriental (Norte y Centro de México) Villarreal Quintanilla et al. (2009) encontraron 446 especies de flora asociadas a estos bosques y mediante un análisis de similitud florística determinaron dos grandes grupos; el primero conformado por los piñonares más al norte (Coahuila, Zacatecas y San Luis Potosí) y el segundo grupo conformado por los piñonares más al sur (Querétaro e Hidalgo).

Mediante un Análisis de Correspondencia Canónica Romero-Manzanares et al. (2012) estudiaron la correlación que existe entre la pendiente y la exposición con respecto al gradiente altitudinal de la flora asociada a los piñonares (*P. cembroides* y *Pinus johannis*) del centro de México. Los resultados arrojaron que la exposición explica aproximadamente el 59 % de la variación florística para estos bosques piñoneros.

Mediante un análisis de agrupamiento y un Análisis de Correspondencia Canónica Granados-Victorino et al. (2015) abordaron la ordenación y caracterización de los bosques piñoneros de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* (Puebla, Tlaxcala y Veracruz). Los autores obtuvieron que la composición florística de estos piñonares esta influenciada en mayor medida por la concentración de N y Ca.

De Jesus Vicente (2016) ordenó y clasificó el bosque piñonero en cinco sitios de la localidad Lomas de Guillén en el estado de Hidalgo mediante la técnica de Análisis de Correspondencia Canónica. En su análisis determinó que los sitios con menor perturbación antropogénica presentan una mayor similitud florística; así mismo mediante el análisis de clasificación se determinaron 4 grupos con una asociación predominante de *Pinus cembroides* -*Juniperus flaccida*. Las variables edafo-ambientales que más inciden en la distribución de la vegetación son: altitud, pendiente, concentración de calcio, fósforo y nitrógeno.

Sánchez-Castillo et al. (2023) estudiaron la estructura y composición de los bosques piñoneros de *Pinus pinceana* en el Noreste de México empleando el Índice de Sørensen, el cual arroja el grado de similitud de los sitios estudiados. Obtuvieron una riqueza florística de 48 especies agrupadas en 39 géneros y 44 familias y 54 % de similitud.

Parra-Álvarez et al. (2023) caracterizaron y clasificaron los bosques piñoneros del estado de San Luis Potosí (*Pinus cembroides*, *P. discolor*, *P. pinceana*, *P. johannis* y *P. nelsonii*) mediante un Análisis de Correspondencia Canónica para correlacionar la composición florística con los factores ambientales. Obtuvieron una composición florística de 597 especies, destacando la altitud, pendiente, pH, materia orgánica y calcio del suelo como las variables ambientales que más influyen en la similitud florística.

2.5. Literatura citada

- Arévalo, J. R., Encina-Domínguez, J. A., Mellado, M., García-Martínez, J. E., & Cruz-Anaya, A. (2021). Impact of 25 years of grazing on the forest structure *Pinus cembroides* in northeast Mexico. *Acta Oecologica*, 111, 8. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2021.103743>
- Barger, N. N., Adams, H. D., Woodhouse, C., Neff, J. C., & Asner, G. P. (2009). Influence of livestock grazing and climate on pinyon pine (*Pinus edulis*) dynamics. *Rangeland Ecology and Management*, 62(6): 531–539. <https://doi.org/10.2111/1/REM-D-09-00029>.
- Barrera-Zubiaga, E. J. E., Granados-Sánchez, D., Granados-Victorino, R. L., & Luna-Cavazos, M. (2018). Characterization of four pinyon pine forests in the state of Zacatecas, Mexico. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 24(3): 275–296. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2017.03.018>
- Boesch, D. F. (1977). Application of numerical classification in ecological investigations of water pollution. (R. C. Swartz (ed.)). U. S. Environmental Protection Agency. <https://www.vims.edu/GreyLit/VIMS/ssr077.pdf>
- Bray, R., & Curtis, J. T. (1957). An Ordination of the Upland Forest Communities of Southern Wisconsin. *Ecological Society of America*, 27(4), 325–349. <http://www.jstor.org/stable/1942268>.
- Chavoya, R. M., Granados, S. D., Granados, V. R. L., & Esparza, G. S. (2016). Clasificación y ordenación de bosques de pino piñonero del estado de Querétaro. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(33): 52–73. <https://doi.org/https://doi.org/10.29298/rmcf.v7i33.90>
- Córdoba-Rodríguez, D., Vargas-Hernandez, J. J., López-Upton, J., & Muñoz-Orozco, A. (2011). Crecimiento de la raíz en plantas jóvenes de *Pinus pinceana* Gordon en respuesta a la humedad del suelo. *Agrociencia*, 45(4): 493–506. <https://www.agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/895/895>
- De Jesús Vicente, A. (2016). Ordenación y clasificación del bosque piñonero en la localidad Lomas de Guillén, municipio Santiago de Anaya, Hidalgo. Tesis de

Licenciatura, División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. México. 102 p.

- Eckert, A. J., & Hall, B. D. (2006). Phylogeny, historical biogeography, and patterns of diversification for *Pinus* (Pinaceae): Phylogenetic tests of fossil-based hypotheses. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 40(1), 166–182. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2006.03.009>
- Encina-Domínguez, J. A., Estrada-Castillón, E., Mellado, M., González-Montelongo, C., & Arévalo, J. R. (2022). Livestock Grazing Impact on Species Composition and Richness Understory of the *Pinus cembroides* Zucc. Forest in Northeastern Mexico. *Forests*, 13(7): 1–16. <https://doi.org/10.3390/f13071113>
- Farjon, A. (1996). Biodiversity of *Pinus* (Pinaceae) in Mexico: Speciation and palaeo-endemism. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 121(4): 365–384. <https://doi.org/10.1006/bojl.1996.0041>
- Farjon, A. (1999). Introduction to the conifers. *Curtis's Botanical Magazine*, 16(3), 158–172. <http://www.jstor.org/stable/45065379>
- Farjon, A., Perez de la Rosa, J. A., & Styles, B. T. (1997). Guía de campo de los pinos de México y América Central (I. F. de Oxford (ed.); 1st ed.). The Royal Botanic Garden, Kew.
- Farjon, A., & Styles, B. T. (1997). *Pinus* (Pinaceae) (O. for F. Neotropica & N. Y. B. Garden (eds.)). Organization for Flora Neotropica. https://books.google.com.mx/books?id=4_csAQAAMAAJ
- Favela Lara, S. (2004). Taxonomy and genetic variation of pinyon pines (*Pinus* subsection *Cembroides*) in the Northeast of Mexico. The University of Edinburgh.
- Figuerola-Corona, L., Moreno-Letelier, A., Ortega-Del Vecchyo, D., Peláez, P., Gernandt, D. S., Eguiarte, L. E., Wegrzyn, J., & Piñero, D. (2022). Changes in demography and geographic distribution in the weeping pinyon pine (*Pinus pinceana*) during the Pleistocene. *Ecology and Evolution*, 12(10): 1–12.

<https://doi.org/10.1002/ece3.9369>

- Flores A., J. R., & Martínez R., S. (1987). Contribución al conocimiento de la biología e importancia de algunos insectos que se alimentan de conos y semillas de *Pinus cembroides* Zucc. Tesis de licenciatura, División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México. 182 p.
- García Arévalo, A., & González Elizondo, M. S. (2003). Pináceas de Durango (2da edición). Instituto de Ecología, Comisión Nacional Forestal. México. 187 p.
- Gauch, H. G., & Whittaker, R. H. (2012). Comparison of Ordination Techniques. *Ecological Society of America*, 53(5), 868–875. <http://www.jstor.org/stable/1934302>
- Gernandt, D. S., & Pérez-de la Rosa, J. A. (2014). Biodiversity of Pinophyta (conifers) in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(SUPPL.). <https://doi.org/10.7550/rmb.32195>
- González Quintero, L. (1968). Tipos de vegetación del Valle del Mezquital, Hgo (1ra ed.). Departamento de Prehistoria, Instituto Nacional de Antropología e Historia. 53 p.
- Goodall, D. W. (1954). Objective methods for the classification of vegetation. *Australian Journal of Botany*, 2(3): 304–324. <https://doi.org/https://doi.org/10.1071/BT9530039>
- Granados-Victorino, R. L., Granados Sánchez, D., & Sánchez-González, A. (2015). Caracterización y ordenación de los bosques de pino piñonero (*Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*) de la Cuenca Oriental (Puebla, Tlaxcala y Veracruz). *Madera y Bosques*, 21: 23–42. <https://doi.org/https://doi.org/10.21829/myb.2015.212443>
- Guerrero Silva, L. P. (2013). Cuantificación de biomasa, carbono y producción de oxígeno en (*Pinus cembroides* Zucc). en Mazapíl, Zacatecas, México. [Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. <https://1library.co/document/qmw67r9z-cuantificacion-biomasa-carbono->

produccion-oxigeno-cembroides-mazapil-zacatecas.html

- Hartsell, J. A., Copeland, S. M., Munson, S. M., Butterfield, B. J., & Bradford, J. B. (2020). Gaps and hotspots in the state of knowledge of pinyon-juniper communities. *Forest Ecology and Management*, 455(September 2019), 23. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117628>
- Hernández, M. M. M., Islas, G. J., & Guerra, de la C. V. (2011). Márgenes de comercialización del piñón (*Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*) en Tlaxcala, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(2), 265–279. <https://www.researchgate.net/publication/262444831>
- Lanner, R. M. (1981). *The Piñon Pine, A Natural and Cultural History*. University of Nevada Press.
- López Benitez, V. H. (1996). Estudio sinecológico de los bosques piñoneros del Valle del Mezquital, Hidalgo. Tesis de licenciatura, Facultad de ciencias, UNAM. México. 82 p.
- Luna Cavazos, M., Romero Manzanares, A., & García Moya, E. (2008). Afinidades en la flora genérica de piñonares del norte y centro de México: un análisis fenético. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79(1), 449–458. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2008.002.555>
- Malusa, J. (1992). Phylogeny and Biogeography of the Pinyon Pines (*Pinus* Subsect. *Cembroides*). *Systematic Botany*, 17(1), 42–66. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/2419064>
- Manzanares, A. R. (2001). Historia natural, ecología y fitosociología de *Pinus cembroides* y *Pinus johannis* (piñoneros) del centro de México. Tesis de doctorado. Facultad de ciencias, División de Estudios de Posgrado, UNAM. 247 p.
- Martínez, M. (1948). *Los pinos mexicanos*. Ediciones Botas. México. 366 p. <https://books.google.com.mx/books?id=c-osAQAAMAAJ>
- Martínez Ramírez, S., Flores Arellano, J. R., & Cibrián Tovar, D. (1985). Evaluación

- del daño y plan de manejo de las principales plagas de conos y semillas del piñón en el estado de Hidalgo. In 1er Simposium Nacional sobre Pinos piñoneros. Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León, México. 215-222 p.
- Meza Álvarez, H. (2006). Estudio ecológico del bosque de piñonero (*Pinus cembroides* Zucc.) del municipio de Santiago de Anaya, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Instituto de ciencias agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México. 106 p.
- Molina-Freaner, F., Delgado, P., Piñero, D., Perez-Nasser, N., & Álvarez-Buylla, E. (2001). Do rare pines need different conservation strategies? Evidence from three Mexican species. *Canadian Journal of Botany*, 79(2), 131–138. <https://doi.org/10.1139/b00-155>
- Mota R., P. (2003). Aplicación de Semioquímicos de *Conophthorus* (Col: *Scolytidae*) para la protección de la cosecha de semillas de *Pinus cembroides* en el Cardonal Hidalgo, México. Tesis de licenciatura, División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México. 76 p.
- Ortiz-Medrano, A., Scantlebury, D. P., Vázquez-Lobo, A., Mastretta-Yanes, A., & Piñero, D. (2016). Morphological and niche divergence of pinyon pines. *Ecology and Evolution*, 6(9), 2886–2896. <https://doi.org/10.1002/ece3.1994>
- Palmer, M. W. (1993). Putting things in even better order: The advantages of Canonical Correspondence Analysis. *Ecology*, 74(8), 2215–2230. <https://doi.org/10.2307/1939575>
- Parra-Álvarez, J., Granados-Sánchez, D., Granados-Victorino, R. L., & Villanueva-Morales, A. (2023). Caracterización estructural y clasificación de los bosques piñoneros de San Luis Potosí, México. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 29(1), 61–98. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2022.03.021>
- Passini, M. F. (2007). Los bosques de Pinos piñoneros en México. *Mission Archéologique et Ethnologique Française au Mexique, Etudes*

- Mésoaméricaines. Recherche sur les civilisations. París, Francia. 139 p.
- Perry, J. P. (1991). The Pines of Mexico and Central America (1st ed.). Timber Press, Inc. Portland, Oregon. 221 p.
- Pompa-García, M., & Yerena-Yamalliel, J. I. (2014). Concentration of carbon in *Pinus cembroides* Zucc: Mitigation potential source of global warming. Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente, 20(3) 169–175. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2014.04.014>
- Price, R. A., Liston, A., & Strauss, S. (1998). Phylogeny and Systematics of *Pinus*. Ecology and Biogeography of *Pinus*, 49–68.
- Puig, H. (1991). Vegetación de la Huasteca, México. Estudio fitogeográfico y ecológico. (1st ed.). Instituto de Ecología. <http://acervos.inpi.gob.mx/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=263025>
- Quiroz-Vázquez, R. I., López-Upton, J., Cetina-Alcalá, V. M., & Ángeles-Pérez, G. (2017). Capacidad reproductiva de *Pinus pinceana* Gordon en el límite sur de su distribución natural. Agrociencia, 51(1): 91–14. <https://www.agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/1280>
- Ramírez-Herrera, C., Vargas-Hernandez, J., & López-Upton, J. (2005). Distribución y conservación de las poblaciones naturales de *Pinus greggii*. América, 72: 1–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.21829/abm72.2005.997>
- Rebolledo V., A. (1982). Estudio preliminar sobre la ecología de los piñoneros en el altiplano potosino-zacatecano. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México. 123 p.
- Rencher, A. C. (2002). Methods of Multivariate Analysis. In Wiley-Interscience a John Wiley & Sons, Inc. Publication (2nd ed.). <https://doi.org/10.2307/2988560>
- Riser, J. P. (2002). Ecology and Biogeography of *Pinus*. Systematic Botany, 27(3): 636–637.
- Robert, M. F. (1977). Aspects phytogéographiques et écologiques des forêts de *Pinus*

- cembroides* 1. Les forêts de l'est et du nord-est du Mexique. Bulletin de La Societe Botanique de France, 124(3–4): 197–216. <https://doi.org/10.1080/00378941.1977.10835743>
- Romero-Manzanares, A., Flores-Flores, J. L., Luna-Cavazos, M., & García-Moya, E. (2012). Effect of slope and aspect on the associated flora of pinyon pines in central Mexico. Southwestern Naturalist, 57(4), 452–456. <https://doi.org/10.1894/0038-4909-57.4.452>
- Rzedowski, J. (1978). Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 1ra Edición. Limusa. México, D. F. 504 p.
- Rzedowski, J. (1981). Un siglo de la botánica en México. Boletín de La Sociedad Botánica de México, 40(40), 1–14. <https://doi.org/10.17129/botsci.1183>
- Sánchez-Castillo, C., Wehenkel, C., Golubov, J., Vanoye-Eligio, V., Martínez-Gallegos, R., De la Rosa-Manzano, E., Torres-Castillo, J. A., & Martínez-Ávalos, J. G. (2023). Structure and composition of *Pinus pinceana* Gordon (Pinaceae) forests in northeastern Mexico. Botanical Sciences, 100(1): 1–15. <https://doi.org/10.17129/BOTSCI.2946>
- Sánchez-González, A. (2008). Una visión actual de la diversidad y distribución de los pinos de México. Madera y Bosques, 14(1): 107–120. <https://doi.org/https://doi.org/10.21829/myb.2008.1411222>
- Santillán-Hernández, M., Cornejo-Oviedo, E. H., Villanueva-Díaz, J., Cerano-Paredes, J., Valencia-Manzo, S., & Capó Arteaga, M. Á. (2010). Potencial dendroclimático de *Pinus pinceana* Gordon en la Sierra Madre Oriental. Madera y Bosques, 16(1): 17–30. <https://doi.org/https://doi.org/10.21829/myb.2010.1611177>
- SEMARNAT. (2010). Norma Oficial Mexicana (NOM-059-2010), Protección ambiente-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especie en riesgo. In (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales) Diario oficial de la Federación (pp. 1–77).

<https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4254/semarnat/semarnat.htm>

Shaw, G. R. (1914). The genus *Pinus* (1st ed.). Riverside Press. Massachusetts, USA. 124 p.

Shaw, J. D., Steed, B. E., & DeBlander, L. T. (2005). Forest Inventory and Analysis (FIA) annual inventory answers the question: What is happening to pinyon-juniper woodlands? *Journal of Forestry*, 103(6): 280–285.

Styles, B. T. (1993). Genus *Pinus*: a Mexican purview. Oxford University Press. New York, USA. 397 p.

Ter Braak, C. J. F. (1986). Canonical Correspondence Analysis: A New Eigenvector Technique for Multivariate Direct Gradient Analysis. *Ecological Society of America*, 67(5): 1167–1179. <https://www.jstor.org/stable/1938672>

Villarreal Quintanilla, J. Á., Mares Arreola, O., Cornejo Oviedo, E., & Capó Arteaga, M. A. (2009). Estudio florístico de los piñonares de *Pinus pincena* Gordon. *Acta Botánica Mexicana*, 124(89): 87–124. <https://doi.org/10.21829/abm89.2009.308>.

CAPÍTULO III. ARTÍCULO CIENTÍFICO

Caracterización estructural y ordenación de los bosques de pino piñonero del estado de Hidalgo

Structural characterization and ordination of pinyon pine forests of Hidalgo state

Highlights

- En Hidalgo se encuentran dos especies de pino piñonero: *Pinus cembroides* Zucc. y *Pinus pinceana* Gordon & Glend.
- Se encontraron tres asociaciones vegetales distintas: *Pinus cembroides-Juniperus flaccida*; *Pinus cembroides-Quercus mexicana* y *Pinus pinceana-Pinus cembroides*.
- La estructura de los bosques de piñoneros es influenciada por la fisiografía y el gradiente altitudinal.

Lucina Vega-Arguello¹ (0000-0002-8748-8285); Diódoro Granados-Sánchez¹ (0000-0002-6739-8573); Ro L. Granados-Victorino² (0000-0001-5219-0756); Joaquín Parra-Álvarez³ (0000-0002-6570-0943); Enrique Guizar-Nolazco¹ (000-0002-1650-9106); Antonio Villanueva-Morales¹ (0000-0002-8802-0625).

¹División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. km 38.5 carretera México-Texcoco. C. P. 56230. Chapingo, Texcoco, Edo. México, México.

²Departamento de Preparatoria Agrícola, Área de Biología, Universidad Autónoma Chapingo. km 38.5 carretera México-Texcoco. C. P. 56230. Chapingo, Texcoco, Edo. México, México.

³Departamento de Preparatoria Agrícola, Área de Agronomía, Universidad Autónoma Chapingo. km 38.5 carretera México-Texcoco. C. P. 56230. Chapingo, Texcoco, Edo. México, México.

*Corresponding author: didorog@hotmail.com; tel.: +52 561 591 9322.

Resumen

Introducción: Los bosques de pino piñonero de Hidalgo crecen en condiciones de aridez en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental; son especies dominantes de sus comunidades vegetales y forman ecotonos entre los bosques templados y el matorral xerófilo. Han sido poco estudiados porque no son de alto interés comercial para el aprovechamiento maderable y porque proliferan en comunidades donde son la única fuente de combustible. Dicho desconocimiento evita que se promueva su conservación.

Objetivo: Caracterizar florística y fisonómicamente las comunidades vegetales dominadas por los pinos piñoneros en Hidalgo, así como analizar la relación que existe entre los factores ambientales y la estructura vegetal.

Materiales y métodos: Se analizó cualitativa y cuantitativamente la vegetación arbórea de 11 localidades de Hidalgo. El análisis cuantitativo fue realizado mediante el método de cuadrantes centrados en un punto, y el cualitativo, con perfiles fisonómicos semirrealistas. Las asociaciones entre las comunidades vegetales se encontraron por medio de un análisis de correspondencia canónica, contrastando el Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies con los factores ambientales.

Resultados y discusión: La riqueza florística fue de 420 especies, agrupadas en 227 géneros y 75 familias, incluyendo dos *taxa* de pinos piñoneros: *Pinus cembroides* y *Pinus pinceana*, los cuales, junto a *Quercus mexicana* y *Juniperus flaccida*, forman tres asociaciones. Las variables que presiden la estructura vegetal son de carácter multifactorial; entre ellas destacan la altitud, la pendiente, la concentración de calcio, la materia orgánica y la textura.

Palabras clave: piñonares, asociaciones vegetales, composición florística, factores ambientales, análisis multivariado.

Introducción

De las cerca de 46 especies de pinos presentes en México (Sánchez-González, 2008), hay algunas de importancia alimentaria debido a sus semillas comestibles, como los pinos piñoneros. Los bosques dominados por estas especies son generadores de una gran variedad de productos y servicios ambientales esenciales para la economía de las comunidades donde se distribuyen (Parra-Álvarez et al., 2023). Asimismo, estos bosques se han visto afectados, en su diversidad, riqueza y extensión, por el sobrepastoreo (Encina-Domínguez et al., 2022) y la recolección intensiva de su semilla, a saber, el piñón (Zárate-Castrejón et al., 2021).

Las comunidades vegetales de las que forman parte los pinos piñoneros están formadas por asociaciones vegetales con una fisonomía única, y son dominadas o codominadas por ellas en el estrato arbóreo. En su conjunto, forman bosques de poca extensión conocidos por configurar ecotonos entre las zonas templadas y el matorral xerófilo; este último tipo de vegetación propicia que los bosques se comporten como islas, rodeadas de una matriz impenetrable para algunas especies (Barrera-Zubiaga et al., 2018; Parra-Álvarez et al., 2023).

En Hidalgo existen poblaciones de dos especies de pinos piñoneros, con una distribución restringida a los lomeríos, las partes bajas de las serranías y las cañadas con pendientes secas y pedregosas (Pérez Miranda et al., 2019) a lo largo de la Sierra Madre Oriental (Morrone et al., 2017), en altitudes que oscilan los 1,800 y 2,500 metros sobre el nivel del mar y climas templados secos y templados subhúmedos, que propician las condiciones adecuadas para el crecimiento natural de *Pinus cembroides* Zucc. y *Pinus pinceana* Gordon & Glend. (Sánchez-González, 2008). Esta última se considera en peligro de extinción (Martínez-Ávalos et al., 2015) y presenta una distribución muy restringida a las cañadas secas, debido a la perturbación de su hábitat, como consecuencia del sobrepastoreo y el cambio de uso de suelo (SEMARNAT, 2010).

En las localidades con rodales de pinos piñoneros de Hidalgo no existen registros cuantitativos certeros de su composición y estructura. Por lo tanto, el objetivo del

presente trabajo consistió en caracterizar florística y fisonómicamente las comunidades vegetales dominadas por pinos piñoneros en Hidalgo, así como determinar qué factores ambientales son los más relevantes para definir las diferencias estructurales de la vegetación. Lo anterior ayudará al desarrollo de planes de manejo que permitan la preservación de estas comunidades vegetales.

Materiales y métodos

Localización del área de estudio

El área de estudio se localiza en la región semiárida de Hidalgo, en diversas zonas del Valle del Mezquital, Sierra Baja y Sierra Gorda, que en conjunto forman parte de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental (Morrone et al., 2017). Los bosques de pino piñonero se desarrollan en zonas donde predominan los climas templado subhúmedo ($C(w_0)$ y $C(w_1)$) y semiseco templado (BS1kw) (CONABIO, 1998) y una precipitación anual que oscila los 393.84 y 585.31 mm (Cuervo-Robayo et al., 2020). Los suelos dominantes son de tipo rendzina, caracterizados por ser pobres, someros y contener gran cantidad de carbonatos, aunque también existe presencia de suelos de tipo cambisol vértico y feozem háplico (INIFAP, CONABIO, 2001).

El trabajo de campo se realizó en 11 localidades con bosques piñoneros, distribuidas en tres municipios: en el municipio de Cardonal, La Mesa (LM), Cañada Arenalito (CA), Cuesta Blanca (CB), Barrio de Tixqui (BT) y Santuario (ST); en el municipio de Santiago de Anaya, La Florida (LF), Lomas de Guillén (LG), Puerto Tavera (PT) y Loma del Conejo (LG), y, por último, en el municipio de Zimapán, Jagüey (JG) y Trancas (TC) (Figura 5).

Composición florística

El trabajo de campo se realizó de octubre de 2022 a agosto de 2023, tratando de abarcar todas las estaciones del año y, así, obtener una muestra representativa de la flora. La recolección de las especies vegetales se realizó mediante el método de barrido florístico, el cual consiste en recorrer el transecto de la línea de muestreo y recolectar todos los ejemplares nuevos que aparezcan (Barrera-Zubiaga et al., 2018) para, posteriormente, herborizarlos y determinarlos taxonómicamente

mediante claves artificiales y complementando con el método de comparación; esto último en el Herbario CHAP de la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo. Asimismo, se utilizaron listados de la composición florística reportada en la zona de estudio, de las autorías de Puig (1991), Villarreal Quintanilla et al. (2009), Guzmán-Cornejo et al. (2015), Ceja-Romero et al. (2010) y Salinas-Rodríguez et al. (2022), de los cuales se seleccionaron las especies asociadas a los bosques piñoneros. La nomenclatura utilizada para las especies fue la propuesta por Trópicos.org (Missouri Botanical Garden, 2022).

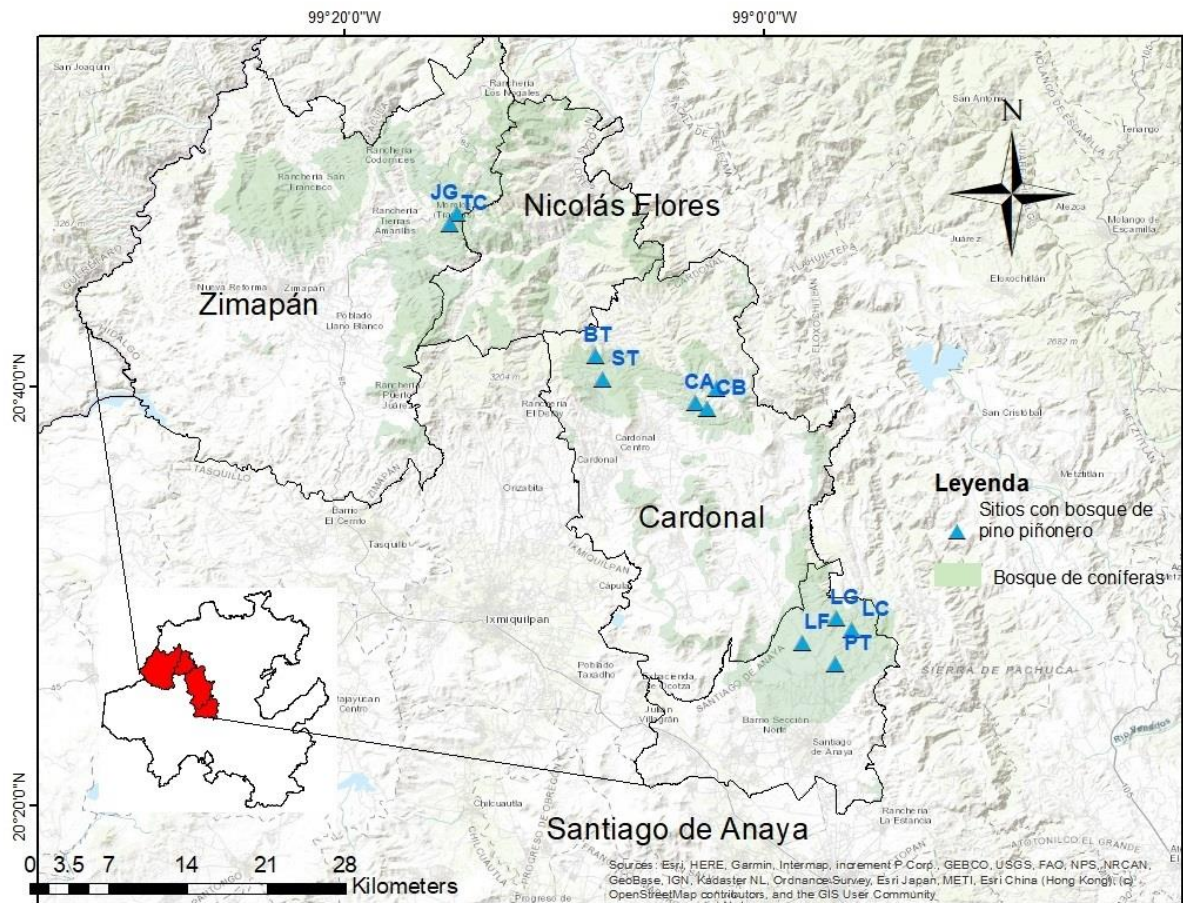


Figura 5. Ubicación de las localidades de estudio, dominadas en el dosel por pinos piñoneros.

Caracterización estructural

Para evaluar las características de la vegetación arbórea, en cada sitio se seleccionaron los individuos con más de 1 m de alto y con más de 10 cm de diámetro en su tallo. Para ello, se utilizó el método de muestreo de cuadrantes centrados en un punto (Cottam y Curtis, 1956): en cada localidad se seleccionaron 10 puntos al azar, con una distancia mínima de 10 m entre sí, y en cada punto se establecieron cuatro cuadrantes. En cada uno de ellos se midió con una cinta métrica, la distancia del punto central al árbol más cercano. Además, se registró el nombre científico de la especie y se midió el diámetro normal (dn, a 1.3 m de altura) con una cinta diamétrica (Forestry Suppliers, modelo 283D) y la altura con un hipsómetro Haga. A partir de los resultados se calcularon los valores de densidad (D, definida por el número total de individuos de todas las especies en 100 m²), frecuencia (F) y dominancia (DOM) (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974), utilizando las fórmulas siguientes:

$$Densidad = \frac{\text{Área}}{\text{Distancia media}^2}$$

$$Frecuencia = \left(\frac{\text{Núm. de puntos con la especie } a}{\text{Núm. total de puntos}} \right) * 100$$

$$Dominancia = \text{área basal media por especie} * \text{número de árboles de la especie}$$

El área basal se obtuvo con la fórmula $(\pi * dn^2)/4$, en la que dn es diámetro normal (Romahn-de la Vega y Ramírez-Maldonado, 2010). Posteriormente, los datos se convirtieron en valores relativos para obtener el índice de valor de importancia (IVI) por especie, que es la suma de las tres variables dividida entre tres (Gaillard de Benitez y Pece, 2014). A partir de estos datos se definieron las especies más representativas y las asociaciones florísticas de cada localidad. La estructura vertical y horizontal de las principales asociaciones se plasmó de manera gráfica mediante perfiles fisonómicos semirrealistas (Richards, 1997).

Variables ambientales

De cada sitio, se registraron la pendiente y la altitud. Asimismo, se recolectaron muestras de suelo de los primeros 20 cm equivalentes a un kilogramo, excluyendo

la hojarasca. A cada muestra se le realizó un análisis fisicoquímico con base en la metodología de la norma NOM-021-SEMARNAT-2000 (SEMARNAT, 2000). Las variables que se determinaron fueron las siguientes: calcio (Ca) y magnesio (Mg), por el método de cuantificación en espectrofotómetro de absorción atómica; potasio (K), por la vía de la cuantificación en flamómetro; pH, que se midió en una solución de suelo-agua 1:5; fósforo (P), por el método de extracción de Olsen (0.5 M NaHCO₃, con una relación de suelo/solución de 1:20); nitrógeno (N), mediante extracción con cloruro de potasio (KCl) y cuantificación en analizador por inyección de flujo; porcentaje de materia orgánica, por la vía de combustión en analizador de carbono orgánico total, y textura, con el método del hidrómetro de Bouyoucos.

Análisis estadístico multivariado

La ordenación ecológica de la vegetación se obtuvo mediante un análisis de correspondencia canónica, el cual permite relacionar variables ambientales con la estructura florística de cada una de las localidades (Matteucci y Colma, 1982). Los componentes que se correlacionaron fueron los valores estructurales resumidos en el IVI, las localidades y las variables ambientales registradas en cada una de ellas (propiedades físicas y químicas del suelo, altitud y pendiente). Este análisis se realizó con la versión 3.5 del *software* Past (Hammer et al., 2001).

Resultados y discusión

Composición florística

En los bosques de pino piñonero de Hidalgo se registra una riqueza florística de 420 especies, agrupadas en 227 géneros y 75 familias; de éstas, las más representativas son Asteraceae, con 41 géneros y 65 especies, equivalentes a 15.47% del total; Poaceae, con 19 géneros y 38 especies, que corresponden a 9.05%; Fabaceae, con 20 géneros y 36 especies, que representan 8.57%; Cactaceae, con 11/29, equivalentes a 6.9%, y Asparagaceae, con 7/21, que corresponden a 5 por ciento.

Algunos trabajos con la misma composición por familia son los de Granados-Victorino et al. (2015), que reporta 178 especies en los bosques de pino piñonero de la cuenca oriental (Puebla, Tlaxcala y Veracruz); Barrera-Zubiaga et al. (2018),

quienes registraron 243 especies en Zacatecas; Villarreal-Quintanilla et al. (2009), que documentaron 446 en varias comunidades del centro y norte del país; Encina-Domínguez et al. (2022), que reportan 163 en la sierra de Zapalinamé, en Coahuila, y Parra-Álvarez et al. (2023), quienes registraron una riqueza florística de 597 especies en los bosques piñoneros de San Luis Potosí. De manera contrastante, (Rosas Chavoya et al., 2016) reportaron 78 especies en Querétaro, cuya composición por familia sigue el siguiente orden de importancia: Cactaceae (15%), Asteraceae (13%) y Fabaceae (9%), y Sánchez-Castillo et al. (2023), quienes registraron en Tamaulipas un total de 48 especies, de las cuales la más representativa es la familia Fabaceae. Cabe mencionar que en este último estado se registró, por primera vez, *Pinus pinceana*, en 2015 (Martínez-Ávalos et al., 2015).

Ordenación

De acuerdo con el análisis de correspondencia canónica (Figura 2), los valores estadísticos de los tres primeros ejes explican 67.56% de la variación en las localidades (Cuadro 1). Asimismo, se destaca que los cambios en la estructura de la vegetación de los bosques piñoneros de Hidalgo están influenciados por la altitud, el contenido de materia orgánica y de calcio, la pendiente y la textura. La altitud también está definida como la variable que más influye en la distribución de los taxa en los bosques piñoneros de San Luis Potosí (Parra-Álvarez et al., 2023), Querétaro (Rosas Chavoya et al., 2016) y la Cuenca Oriental (Puebla, Tlaxcala y Veracruz) (Granados-Victorino et al., 2015). De la misma manera, Villarreal Quintanilla et al. (2009) encontraron que los factores abióticos, como la altitud y la precipitación, interfieren en la riqueza de especies asociadas a las comunidades de *Pinus pinceana*.

Las comunidades más meridionales con mayor precipitación y en un rango altitudinal de 1750-2200 reportaron una mayor riqueza florística, a diferencia de las que se encuentran en condiciones ambientales y altitudinales diferentes. En cuanto a la pendiente, Romero-Manzanares et al. (2012) registraron, respecto a *Pinus johannis* Rob.-Pass. y *Pinus cembroides*, una situación similar, en la que la

pendiente y la exposición están relacionadas con la composición florística, ya que estos factores influyen en la humedad que requieren las especies vegetales.

En Hidalgo se encontraron tres asociaciones vegetales distintas determinadas por la estructura de la vegetación (Figura 6), entre ellas, los bosques de pino piñonero, dominados por la asociación *Pinus cembroides* con *Juniperus flaccida* (2), la cual es la más extendida en la entidad. Una variante de esta se encuentra en el municipio de Zimapán; se trata de una asociación de *Pinus cembroides* con *Quercus mexicana* Bonpl (1). Asimismo, se encuentran los bosques de *Pinus pinceana* (3), en las cañadas, al sur del área de estudio, en el municipio de Cardonal, con *Pinus cembroides* como especie acompañante.

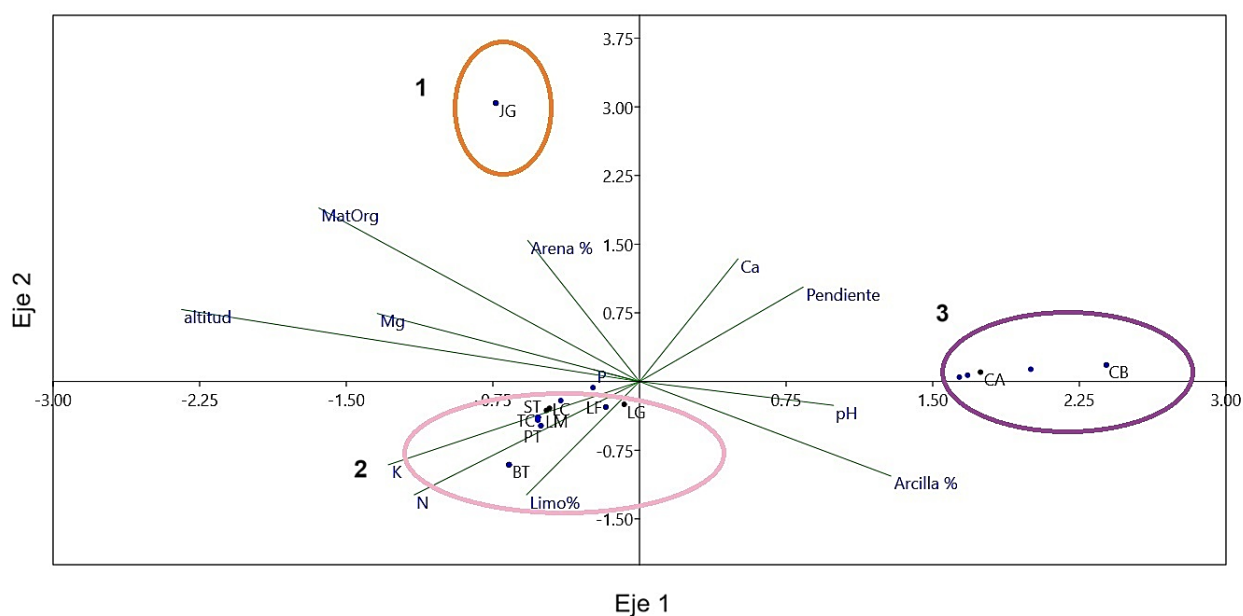


Figura 6. Análisis de correspondencia canónica para los 11 sitios de muestreo de los bosques piñoneros presentes en el estado de Hidalgo.

Cuadro 1. Valores de los tres primeros ejes de ordenación, según el análisis de correspondencias canónicas

Variables ambientales	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Altitud (m)	-0.781	0.262	-0.069
Pendiente (%)	0.279	0.344	-0.716
pH	0.331	-0.086	0.333

N	-0.384	-0.412	-0.364
P	-0.078	0.043	-0.038
K	-0.428	-0.303	0.170
Ca	0.168	0.447	-0.337
Mg	-0.447	0.248	0.113
MO	-0.547	0.632	-0.200
Arena (%)	-0.191	0.514	0.500
Arcilla (%)	0.428	-0.344	-0.532
Limo (%)	-0.193	-0.412	-0.176
Varianza total			
Valor propio	0.617	0.361	0.286
Varianza (%)	32.990	19.300	15.270
Varianza acumulada (%)	32.990	52.290	67.560

Con base en el Cuadro 2, la altitud tiene una correlación positiva con la materia orgánica, lo cual implica cambios en la estructura del bosque, pues promueve la propagación de vegetación arbustiva y herbácea con necesidades específicas de disponibilidad de nutrientes. La textura también desempeña un papel importante; por ejemplo, son significativas las correlaciones arena-nitrógeno, de manera negativa, o limo-nitrógeno, de manera positiva. Lo anterior se debe a que texturas como la arcilla y el limo tienen propiedades importantes en la retención de agua y nutrientes, por constituirse de partículas más pequeñas que la arena, por ejemplo, que al ser más gruesa tiende a no retener agua, lo que causa que los nutrientes y los detritos de las plantas se lixivien (Montaño Arias et al., 2019; Pereira et al., 2011).

La estructura de los bosques de piñoneros es influida por la fisiografía y el gradiente altitudinal, ya que en pendientes pronunciadas se favorece la acumulación de materia orgánica y nutrientes, en las áreas más bajas, lo que da lugar a tipos de vegetación con necesidades de disponibilidad de humedad y formación de suelos, mientras que las partes altas tienden a presentar condiciones

de suelos pobres y superficiales, con su respectiva vegetación, que se adapta a estas características. Estas condiciones específicas generan una notable heterogeneidad a lo largo del paisaje (Romero-Manzanares et al., 2012; Sánchez-Castillo et al., 2023 y Villarreal Quintanilla et al., 2009).

Cuadro 2. Matriz de correlación de las variables ambientales de los sitios de muestreo

	pH	N	P	K	Ca	Mg	MO	Arena	Arcilla	Limo	Altitud	Pendiente
pH	1											
N	-0.04	1										
P	0.28	0.16	1									
K	0.00	0.16	-0.55	1								
Ca	0.26	0.10	0.03	-0.37	1							
Mg	-0.50	-0.18	-0.46	0.64	-0.35	1						
MO	-0.68	-0.13	-0.16	-0.05	0.15	0.45	1					
Arena	-0.18	-0.62	-0.39	0.14	0.12	0.41	0.57	1				
Arcilla	0.17	0.17	0.25	-0.34	-0.04	-0.46	-0.49	-0.77	1			
Limo	0.08	0.79	0.34	0.17	-0.14	-0.12	-0.33	-0.68	0.07	1		
Altitud	-0.53	0.35	-0.24	0.23	0.01	0.38	0.79	0.33	-0.51	0.06	1	
Pendiente	-0.25	0.17	0.08	-0.49	0.60	-0.12	0.16	-0.30	0.47	-0.06	-0.09	1

Nota: MO, materia orgánica.

Caracterización estructural

La caracterización estructural se realizó con base en tres grupos, generados mediante el análisis de correspondencia canónica y los cuales se describen a continuación.

Asociación *Pinus cembroides-Quercus mexicana*

Esta asociación se localiza a 2.87 km al oeste del poblado Jagüey, en las serranías de los municipios Nicolás Flores y Zimapán, aproximadamente a 20° 48' 3.24" norte y 99° 10' 58.08" oeste. Esta comunidad vegetal se desarrolla en una exposición al sur, con una pendiente de 40%; una precipitación de 585.31 mm anuales; una temperatura media de 12.94 °C y una altitud que oscila los 2,260 y

2,462 msnm (Cuervo-Robayo et al., 2020). El suelo dominante es de tipo luvisol vértico, asociado a la presencia de minerales arcillosos (González-Medrano, 2003; Rivas et al., 2006).

En esta asociación, el estrato arbóreo está representado por las especies *Pinus cembroides*, *Quercus mexicana*, *Juniperus flaccida* Schltdl, *Vachellia farnesiana* (L.) Wight & Arn., *Cercocarpus macrophyllus* C.K. Schneid. y *Pinus pseudostrobus* Lindl. (Figura 7), de las cuales la primera es la más representativa, con base en su índice de valor de importancia (46.13%) (véase el Apéndice 1), seguida por *Quercus mexicana* (26.90%), de modo que forman una asociación vegetal de piñón-encino. Una asociación similar fue descrita en el caso de los bosques piñoneros de la localidad Calderón, municipio Villa de Reyes, en San Luis Potosí (Parra-Álvarez et al. 2023). La altura promedio del estrato es de 7.24 ± 2.51 m, y cuenta con un aproximado de 412 individuos/ha. Cabe mencionar la presencia de *Tillandsia usneoides* (L.) L. en el dosel de los piñoneros, una planta epífita atmosférica que puede tener un efecto positivo indirecto en el ecosistema debido a que retiene humedad ambiental y favorece la composición de los suelos, pues aporta materia orgánica y nutrientes (Flores-Palacios et al., 2014). Por otro lado, el estrato arbustivo no sobrepasa el metro de altura, con especies como *Amelanchier denticulata* (Kunth) K. Koch, *Opuntia robusta* H.L. Wendl. ex Pfeiff, *Croton hypoleucus* Schltdl., *Cercocarpus fothergilloides* Kunth., *Cylindropuntia leptocaulis* (DC.) F.M. Knuth, *Flourensia resinosa* (Brandegees) S.F. Blake y *Mimosa biuncifera* Benth, mientras que en el estrato herbáceo se encuentran, entre otras, *Agave lechuguilla* Torr, *Andropogon saccharoides* Sw y *Coreopsis galeottii* (A. Gray) Hemsl.

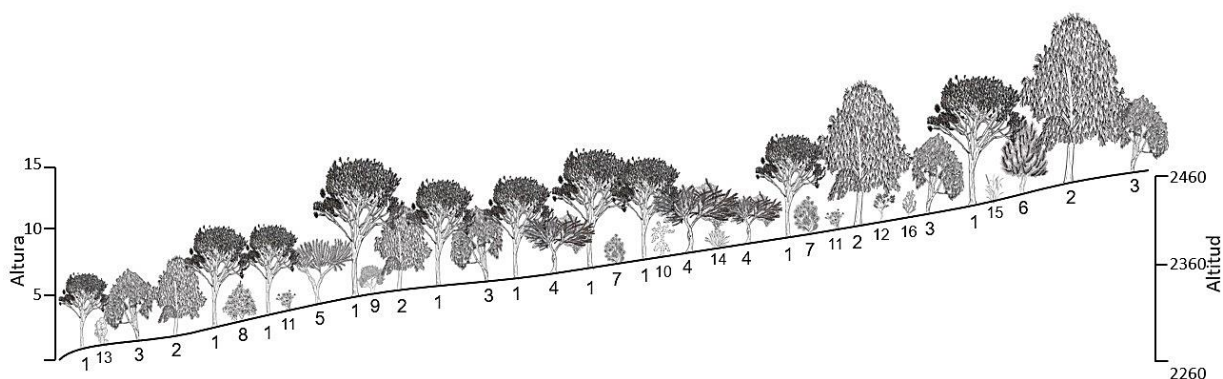


Figura 7. Perfil fisonómico de la asociación de *Pinus cembroides* - *Quercus mexicana*. 1. *Pinus cembroides*; 2. *Quercus mexicana* Bonpl.; 3. *Juniperus flaccida* Schltdl.; 4. *Vachellia farnesiana* (L.) Wight & Arn.; 5. *Cercocarpus macrophyllus* C.K. Schneid.; 6. *Pinus pseudostrobus* Lindl.; 7. *Amelanchier denticulata* (Kunth) K. Koch.; 8. *Croton hypoleucus* Schltdl.; 9. *Cercocarpus fothergilloides* Kunth.; 10. *Cylindropuntia leptocaulis* (DC.) F.M. Knuth.; 11. *Flourensia resinosa* (Brandeggee) S.F. Blake.; 12. *Mimosa biuncifera* Benth.; 13. *Opuntia robusta* H.L. Wendl. ex Pfeiff.; 14. *Agave lechuguilla* Torr.; 15. *Andropogon saccharoides* Sw., y 16. *Coreopsis galeottii* (A. Gray) Hemsl.

Asociación *Pinus cembroides*- *Juniperus flaccida*

Esta asociación vegetal se localiza en los municipios Cardonal (LM, BT, ST), Santiago de Anaya (LF, LG, PT, LC) y Zimapán (TC), en altitudes que oscilan los 1,940 y 2,360 m, principalmente con exposición al suroeste, con una pendiente promedio de 30%; el clima es C(w1), con una temperatura media de entre 13.7 y 15.64 °C y precipitaciones de 430 a 530 mm anuales (Cuervo-Robayo et al., 2020). El terreno de este grupo se caracteriza por ser de difícil acceso, con suelos someros y poca materia orgánica; además, tiene una alta concentración de carbonatos de calcio, lo cual genera su color blanco.

Esta asociación está dominada por *Pinus cembroides* (IVI = 60%) (Apéndice 1), seguida por *Juniperus flaccida* (IVI= 27.78%); otras especies del estrato arbóreo

son *Amelanchier denticulata* (Kunth) K. Koch, *Gochnatia hypoleuca* (DC.) A. Gray, *Zanthoxylum affine* Kunth y *Arbutus xalapensis* Kunth (Figura 8), que forman un dosel de 6.16 ± 2.78 m de alto, con aproximadamente 540 individuos/ha. Una asociación similar fue descrita en las localidades Río Blanco y Puerto Hondo por Chavoya et al., (2016) en Querétaro y en la sierra de Zapalinamé, Chihuahua (Encina-Domínguez et al., 2022). En el estrato arbustivo se pueden encontrar especies como *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth, *Citharexylum oleinum* (Benth. ex Lindl.) Moldenke, *Croton ciliantoglandulifer* Ortega, *Flourensia resinosa* (Brandeggee) S.F. Blake, *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto, *Mimosa biuncifera* Benth, *Dalea bicolor* Humb. & Bonpl. ex Willd y *Yucca carnerosana* (Trel.) McKelvey, y en el estrato herbáceo, *Dasyllirion acrotrichum* (Schiede) Zucc., *Bouteloua repens* (Kunth) Scribn. & Merr., *Agave stricta* Salm-Dyck, *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto y *Dyssodia greggii* (A. Gray) B.L. Rob.

Un fenómeno común en estos bosques es el impacto antropogénico, debido a actividades de tala clandestina, pues muchas veces estos bosques son el único recurso maderable del que se dispone como combustible; el cambio de uso de suelo, por el cultivo de frutales en Zimapán, así como el ramoneo por parte de cabras y vacas. Según Arévalo et al. (2021), el sobrepastoreo puede cambiar la composición florística y el ciclo de nutrientes del suelo, por el excremento de los animales, así como la estructura del suelo, por el pisoteo. Asimismo, estos bosques están siendo afectados por la introducción de especies exóticas, que erróneamente han sido empleadas en campañas de reforestación, como lo es *Casuarina equisetifolia* L., especie que es capaz de transformar y alterar la estructura de un ecosistema (Potgieter et al., 2014), ya que se ha adaptado fácilmente a las condiciones de los bosques piñoneros y, gracias a su gran capacidad competitiva, puede desplazar a otras especies.

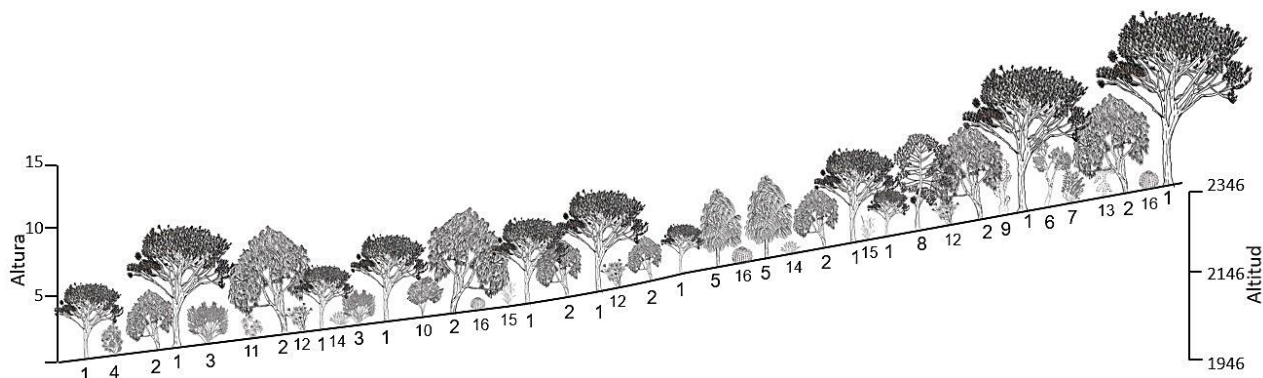


Figura 8. Perfil fisonómico de la asociación de *Pinus cembroides*- *Juniperus flaccida*: 1. *Pinus cembroides*; 2. *Juniperus flaccida*; 3. *Gochnatia hypoleuca*; 4. *Amelanchier denticulata*; 5. *Casuarina equisetifolia*; 6. *Arbutus xalapensis*; 7. *Zanthoxylum affine*; 8. *Quercus pringlei*; 9. *Opuntia robusta*; 10. *Tecoma stans*; 11. *Citharexylum oleinum*; 12. *Flourensia resinosa*; 13. *Cylindropuntia imbricata*; 14. *Agave lechuguilla*; 15. *Bouteloua repens* (Kunth) Scribn. & Merr y 16. *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto.

Asociación *Pinus pinceana*-*Pinus cembroides*

Los piñonares de esta asociación se caracterizan por tener como especie dominante a *Pinus pinceana* Gordon & Glend, que se encuentra en estatus de protección especial por la norma NOM-059 (SEMARNAT, 2010), debido a la disminución drástica de sus poblaciones y a su distribución restringida principalmente a pequeños rodales dentro de las cañadas (Quiroz-Vázquez et al., 2017; Sánchez-Castillo et al., 2023). *P. pinceana* forma una asociación con *Pinus cembroides*, con un índice de valor de importancia promedio de 40.20 y 23.79%, respectivamente (Apéndice 1), y con vegetación acompañante, como *Cephalocereus senilis* (Haw.) Pfeiff., *Gochnatia hypoleuca* (DC.) A. Gray, *Yucca filifera* Chabaud. Una asociación similar fue descrita en los bosques piñoneros de Querétaro por Chavoya et al. (2016) y Villarreal Quintanilla et al. (2009). La asociación vegetal conformada por *P. pinceana* y *P. cembroides* se localiza en el municipio Cardonal (CA y CB), a una distancia de 2.0 y 1.8 km de las

comunidades El Arenalito y Cuesta Blanca, respectivamente; este representa una de las poblaciones más meridionales de esta especie en México (Ramírez-Herrera et al., 2011). Además, presenta una altura del dosel de 6.14 ± 2 m y cerca de 363 individuos/ha. Este bosque piñonero se desarrolla a una altitud que oscila los 1,800 y 2,080 msnm, con exposición al sudeste y al sudoeste. El suelo es calcáreo, con bajo contenido de materia orgánica, y es difícil de transitar, debido a la pendiente pronunciada de la cañada. El clima presente en este grupo es C(w0), con una temperatura media anual de 16.9 °C y precipitaciones de 406.2 mm. El lugar tiene evidencia de pastoreo de ganado vacuno, que es una de las posibles causas del peligro que corren las poblaciones de *P. pinceana* (Sánchez-Castillo et al., 2023), pues la actividad genera riesgos de erosión, degradación de la tierra y disminución de la regeneración natural (Arévalo et al., 2021).

El estrato arbustivo está compuesto por algunas especies asociadas a los bosques piñoneros (Romero Manzanares et al., 2013), como *Dasyllirion longissimum* Lem, *Amelanchier denticulata*, *Flourensia resinosa*, *Tecoma stans* y *Opuntia robusta* (Figura 9), mientras que en el estrato herbáceo se encuentran *Agave lechuguilla* Torr, *Agave striata* Zucc, *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr y *Echinocactus platyacanthus*. Estos bosques, dominados por *P. pinceana*, tienen una riqueza florística de 145 especies, 113 géneros y 48 familias, lo cual equivale a 34.52% del total de especies registradas en el presente estudio. La mayor riqueza se concentra en la familia Cactaceae, con 19 especies; seguida por Poaceae, con 17; Asteraceae, con 16, y Fabaceae, con 14. Cabe resaltar que se registró una riqueza menor a la del estudio de Villarreal-Quintanilla et al. (2009), que registra un total de 174 especies en los bosques de *Pinus pinceana* en el estado de Hidalgo. Por otro lado, en Tamaulipas, en los municipios Jaumave y Palmillas, se registró una riqueza florística de 2 poblaciones de *P. pinceana* de 48 especies; Fabaceae, Euphorbiaceae y Asparagaceae fueron las familias más representativas (Sánchez-Castillo et al., 2023).

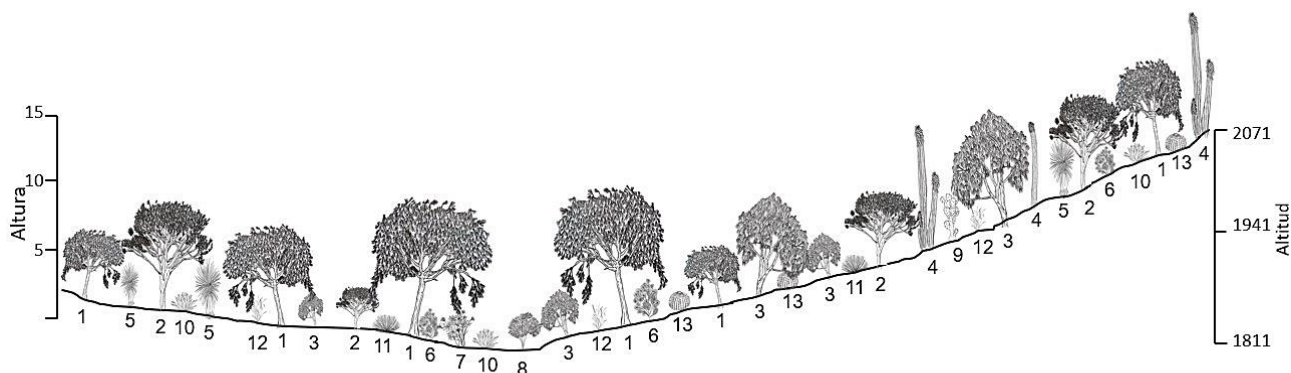


Figura 9. Perfil fisonómico de la asociación de *Pinus pinceana*-*Pinus cembroides*: 1. *Pinus pinceana*; 2. *Pinus cembroides*; 3. *Juniperus flaccida*; 4. *Cephalocereus senilis*; 5. *Dasyllirion longissimum*; 6. *Amelanchier denticulata*; 7. *Flourensia resinosa*; 8. *Tecoma stans*; 9. *Opuntia robusta*; 10. *Agave lechuguilla*; 11. *Agave striata*; 12. *Bouteloua curtipendula*, y 13. *Echinocactus platyacanthus*.

Conclusiones

En Hidalgo, se identificaron 2 especies de piñoneros: *Pinus cembroides* y *Pinus pinceana*. Sus comunidades albergan una riqueza florística de 420 especies, distribuidas en 227 géneros y 75 familias, cuyo número podrá aumentar con un mayor esfuerzo de muestreo. Los bosques piñoneros presentan tres variantes fisonómicas: *Pinus cembroides*-*Quercus mexicana*, *Pinus cembroides*-*Juniperus flaccida* y *Pinus pinceana*-*Pinus cembroides*. La composición florística de cada localidad está determinada por la interacción multifactorial de componentes edafoambientales, entre los que destacan la altitud, la pendiente, el calcio, la materia orgánica y la textura del suelo. *Pinus cembroides* es una especie fisiológicamente tolerante a la sequía y a pocos nutrientes, por lo que es de gran importancia ecológica en esta época, caracterizada por las adversidades a causa del cambio climático. Se necesitan medidas para recuperar y proteger las zonas habitadas por *P. pinceana*, por ejemplo, la adopción de prácticas de pastoreo sustentables que promuevan la conservación de la estructura forestal y la biodiversidad.

Literatura citada

- Arévalo, J. R., Encina-Domínguez, J. A., Mellado, M., García-Martínez, J. E., & Cruz-Anaya, A. (2021). Impact of 25 years of grazing on the forest structure *Pinus cembroides* in northeast Mexico. *Acta Oecologica*, 111, 8. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2021.103743>
- Barrera-Zubiaga, E. J. E., Granados-Sánchez, D., Granados-Victorino, R. L., & Luna-Cavazos, M. (2018). Characterization of four pinyon pine forests in the state of Zacatecas, Mexico. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 24(3), 275–296. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2017.03.018>
- Ceja-Romero, J., Mendoza-Ruiz, A., López-Ferrari, A. R., Espejo-Serna, A., Pérez-García, B., & García-Cruz, J. (2010). Las epífitas vasculares del estado de Hidalgo, México: diversidad y distribución. In *Acta Botánica Mexicana* (Vol. 39, Issue 93). <https://doi.org/10.21829/abm93.2010.274>
- Chavoya, R. M., Granados, S. D., Granados, V. R. L., & Esparza, G. S. (2016). Clasificación y ordenación de bosques de pino piñonero del estado de Querétaro. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(33), 52–73. <https://doi.org/https://doi.org/10.29298/rmcf.v7i33.90>
- Cottam, G., & Curtis, J. T. (1956). The Use of Distance Measures in Phytosociological Sampling. *Ecology*, 37(3), 451–460. <https://doi.org/10.2307/1930167>
- Cuervo-Robayo, A. P., Ureta, C., Gómez-Albores, M. A., Meneses-Mosquera, A. K., Téllez-Valdés, O., & Martínez-Meyer, E. (2020). One hundred years of climate change in Mexico. *PLoS ONE*, 15(7 July), 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209808>
- Encina-Domínguez, J. A., Estrada-Castillón, E., Mellado, M., González-Montelongo, C., & Arévalo, J. R. (2022). Livestock Grazing Impact on Species Composition and Richness Understory of the *Pinus cembroides* Zucc. Forest in Northeastern Mexico. *Forests*, 13(7), 1–16. <https://doi.org/10.3390/f13071113>

- Flores-Palacios, A., Barbosa-Duchateau, C. L., Valencia-Díaz, S., Capistrán-Barradas, A., & García-Franco, J. G. (2014). Direct and indirect effects of *Tillandsia recurvata* on *Prosopis laevigata* in the Chihuahua desert scrubland of San Luis Potosi, Mexico. *Journal of Arid Environments*, 104(May 2018), 88–95. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2014.02.010>
- Gaillard de Benitez, C., & Pece, M. G. (2014). Muestreo y técnicas de evaluación de vegetación y fauna (U. N. de S. de E. Facultad de Ciencias Forestales (ed.)). <https://fcf.unse.edu.ar/index.php/publicaciones/series-didacticas/>
- García, E., & Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (1998). Climas. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=clima1mgw>
- González-Medrano, F. (2003). Las Comunidades Vegetales De México. In INECOL SEMARNAT. <https://biblioteca.ecosur.mx/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=000050308>
- Granados-Victorino, R. L., Granados Sánchez, D., & Sánchez-González, A. (2015). Caracterización y ordenación de los bosques de pino piñonero (*Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*) de la Cuenca Oriental (Puebla, Tlaxcala y Veracruz). *Madera y Bosques*, 21, 23–42. <https://doi.org/https://doi.org/10.21829/myb.2015.212443>
- Guzmán-Cornejo, L., Sánchez-Morales, A., & Pacheco, L. (2015). Helechos y licofitas del municipio de Cardonal, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86, 573–581. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.06.004>
- Hammer, Ø., Harper, D. A. . D. A. T., Ryan, P. D., Hammer, O., Harper, D. A. . D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. In *Palaeontologia Electronica* (Vol. 4, Issue 1, pp. 4–9). https://doi.org/http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.
- INIFAP, I. N. de investigaciones, CONABIO, C. N. para el C. y U. de la B., &

- Agropecuarias, F. y. (2001). Edafología. Escalas 1:250000 y 1:1000000. <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/eda251mgw.html>
- Manzanares, A. R., Moya, E. G., & Passini, M. (2013). *Pinus cembroides* s. l. y *Pinus johannis* del Altiplano Mexicano: una síntesis. Acta Botánica Gallica, 8078. <https://doi.org/10.1080/12538078.1996.10515368>
- Martínez-Ávalos, J. G., Sánchez-Castillo, C., Martínez- Gallegos, R., Sánchez-Ramos, G., Trejo, I., Mora-Olivo, A., & Alanís, E. (2015). Primer registro de *Pinus pinceana* (Pinaceae) para Tamaulipas: Aspectos ecológicos y estructurales. Botanical Sciences, 93(2), 875–882. <https://doi.org/10.17129/botsci.87>
- Matteucci, S. D., & Colma, A. (1982). Metodología para el estudio de la vegetación. In E. V. (Ed.), Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. The General Secretariat of the Organization of American States Editor: [https://www.researchgate.net/profile/Silvia-Matteucci-2/publication/44553298_Metodologia_para_el_estudio_de_la_vegetacion_por_Silvia_D_Matteucci_y_Aida_Colma/links/553a55fd0cf245bdd763f4ab/Me](https://www.researchgate.net/profile/Silvia-Matteucci-2/publication/44553298_Metodologia_para_el_estudio_de_la_vegetacion_por_Silvia_D_Matteucci_y_Aida_Colma/links/553a55fd0cf245bdd763f4ab/Me%20tologia-para-el-estudio-de-la-vegetacion-por-Silvia-D-Matteucci.pdf) todologia-para-el-estudio-de-la-vegetacion-por-Silvia-D-Matteucci
- Missouri BotanicalGarden. (2022). Tropicos.org. <https://tropicos.org>
- Montaño Arias, N. M., Navarro Rangel, M. del C., Patricio López, I. C., Chimal Sánchez, E., & Miguel de la Cruz, J. (2019). El suelo y su multifuncionalidad: ¿qué ocurre ahí abajo? CIENCIA Ergo Sum, 25(3), 1–10. <https://doi.org/10.30878/ces.v25n3a9>
- Morrone, J. J., Escalante, T., & Rodríguez-Tapia, G. (2017). Mexican biogeographic provinces: Map and shapefiles. Zootaxa, 4277(2), 277–279. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4277.2.8>
- Mueller-Dombois, D., & Ellenberg, H. (1974). Aims and Methods of Vegetation Ecology. Geographical Review, 66(1), 114. <https://doi.org/10.2307/213332>

- Parra-Álvarez, J., Granados-Sánchez, D., Granados-Victorino, R. L., & Villanueva-Morales, A. (2023). Caracterización estructural y clasificación de los bosques piñoneros de San Luis Potosí, México. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 29(1), 61–98. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2022.03.021>
- Pereira, C., Maycotte, C., Restrepo, B., Mauro, F., Montes, A., & Velarde, M. J. (2011). Edafología. In *Edafología 1* (1ra ed.). Espacio gráfico comunicaciones SA. <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf>
- Pérez Miranda, R., Romero-Sánchez, M. E., González Hernández, A., Rosales Mata, S., Moreno Sánchez, F., & Arriola Padilla, V. J. (2019). Modelado de la distribución actual y bajo cambio climático de pinos piñoneros endémicos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(56). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i56.613>
- Potgieter, L. J., Richardson, D. M., & Wilson, J. R. U. (2014). *Casuarina*: Biogeography and ecology of an important tree genus in a changing world. *Biological Invasions*, 16(3), 609–633. <https://doi.org/10.1007/s10530-013-0613-x>
- Puig, H. (1991). Vegetación de la Huasteca, México. Estudio fitogeográfico y ecológico. (1st ed.). Instituto de Ecología. <http://acervos.inpi.gob.mx/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=263025>
- Quiroz-Vázquez, R. I., López-Upton, J., Cetina-Alcalá, V. M., & Ángeles-Pérez, G. (2017). Capacidad reproductiva de *Pinus pinceana* Gordon en el límite sur de su distribución natural. *Agrociencia*, 51(1), 91–14. <https://www.agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/1280>
- Ramirez-Herrera, C., Percy, K. E., Loo, J. A., Yeates, L. D., & Vargas-Hernandez, J. (2011). Genetic variation in needle epicuticular wax characteristics in *Pinus pinceana* seedlings. *Silvae Genetica*, 60(5), 210–215. <https://doi.org/10.1515/sg-2011-0028>

- Richards, P. W. (1997). The tropical rain forest: An ecological study. *New Phytologist*, 135(4), 783–788. <https://doi.org/https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.1997.00703-2.x>
- Rivas, J., Ortega, B., Sedov, S., Solleiro, E., & Sychera, S. (2006). Rock magnetism and pedogenetic processes in Luvisol profiles: Examples from Central Russia and Central Mexico. *Quaternary International*, 156–157, 212–223. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.quaint.2006.05.007>.
- Romahn-de la Vega, C. F., & Ramírez-Maldonado, H. (2010). Dendrometría. In Universidad Autónoma de Chapingo, División de Ciencias Forestales. <http://www.chapingo.mx/dicifo/publicaciones/dendrometria.pdf>
- Romero-Manzanares, A., Flores-Flores, J. L., Luna-Cavazos, M., & García-Moya, E. (2012). Effect of slope and aspect on the associated flora of pinyon pines in central Mexico. *Southwestern Naturalist*, 57(4), 452–456. <https://doi.org/10.1894/0038-4909-57.4.452>
- Salinas-Rodríguez, M. M., Hernández-Sandoval, L., Carrillo-Reyes, P., Alberto Castillo-Gómez, H., Castro-Castro, A., Estrada-Castillón, E., Figueroa-Martínez, D. S., Gómez-Escamilla, I. N., González-Elizondo, M., Gutiérrez-Ortega, J. S., Hernández-Rendón, J., Munguía-Lino, G., De-Nova, J. A., Ortiz-Brunel, J. P., Rubio-Méndez, G., Ruiz-Sánchez, E., Sánchez-Sánchez, C., Sandoval-Mata, T. N., Soltero-Quintana, R., ... Zamudio-Ruíz, S. (2022). Diversidad de plantas vasculares de la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, México. *Botanical Sciences*, 100(1), 469–492. <https://doi.org/10.17129/BOTSCI.2864>
- Sánchez-Castillo, C., Wehenkel, C., Golubov, J., Vanoye-Eligio, V., Martínez-Gallegos, R., De la Rosa-Manzano, E., Torres-Castillo, J. A., & Martínez-Ávalos, J. G. (2023). Structure and composition of *Pinus pinceana* Gordon (Pinaceae) forests in northeastern Mexico. *Botanical Sciences*, 100(1), 1–15. <https://doi.org/10.17129/BOTSCI.2946>
- Sánchez-González, A. (2008). Una visión actual de la diversidad y distribución de

- los pinos de México. *Madera y Bosques*, 14(1), 107–120.
<https://doi.org/https://doi.org/10.21829/myb.2008.1411222>
- SEMARNAT. (2000). NOM-021-RECNAT-2000, (Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.). In Norma oficial Mexicana Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Diario Oficial de la Federación. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=717582&fecha=31/12/2002
- SEMARNAT. (2010). Norma Oficial Mexicana (NOM-059-2010), Protección ambiente-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especie en riesgo. In (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales) Diario oficial de la Federación (pp. 1–77). <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4254/semarnat/semarnat.htm>
- Villarreal Quintanilla, J. Á., Mares Arreola, O., Cornejo Oviedo, E., & Capó Arteaga, M. A. (2009). Estudio florístico de los piñonares de *Pinus pinceana* Gordon. *Acta Botánica mexicana*, 124(89), 87–124.
<https://doi.org/10.21829/abm89.2009.308>
- Zárate-Castrejón, J., González-Pacheco, B., Ruiz-Nieto, J., Ávila-Ramos, L., & Ávila-Ramos, F. (2021). El árbol *Pinus cembroides* como alternativa para reforestar ciudades, parques y jardines. *Abanico Agroforestal*, 3, 1–12.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.37114/abaagrof/202.1>

CAPITULO IV: CONCLUSIONES GENERALES

En el estado de Hidalgo, se identificaron 2 especies de piñoneros: *Pinus cembroides* y *Pinus pinceana*. Sus comunidades albergan una riqueza florística de 420 especies, distribuidas en 227 géneros y 75 familias, cuyo número podrá aumentar con un mayor esfuerzo de muestreo. Los bosques piñoneros presentan tres variantes fisonómicas: *Pinus cembroides-Quercus mexicana* en el municipio de Zimapán, *Pinus cembroides-Juniperus flaccida* distribuida en todos los municipios de estudio, siendo la variante más común en el estado y, finalmente, *Pinus pinceana-Pinus cembroides* que está localizada en las áreas más abruptas y de difícil acceso por ser cañadas. La composición florística de cada localidad está determinada por la interacción multifactorial de componentes edafoambientales, entre los que destacan la altitud, la pendiente, el calcio, la materia orgánica y la textura del suelo. *Pinus cembroides* es una especie fisiológicamente tolerante a la sequía y a pocos nutrientes, por lo que es de gran importancia ecológica, más en los últimos años, caracterizados por las adversidades a causa del cambio climático. Asimismo, la especie *P. pinceana* está catalogada por la NOM-059 como en peligro de extinción, por lo que se necesitan medidas para recuperar y proteger las zonas habitadas por la misma, por ejemplo, la adopción de prácticas de pastoreo sustentables que promuevan la conservación de la estructura forestal y la biodiversidad como pueden ser la rotación de pastoreo, establecimiento de corredores verdes, así como el monitoreo del impacto ambiental.

APÉNDICES

Apéndice 1. Índice de valor de importancia (IVI) de la vegetación arbórea y arbustiva de los bosques piñoneros de Hidalgo

<i>Especie</i>	Dominancia relativa	Frecuencia relativa	Densidad relativa	IVI
La Mesa				
<i>Pinus cembroides</i>	66.20	60.00	72.20	66.10
<i>Juniperus flaccida</i>	33.80	40.00	27.80	33.90
Cañada Arenalito				
<i>Pinus pinceana</i>	44.82	47.62	52.50	48.31
<i>Pinus cembroides</i>	24.11	33.33	35.00	30.82
<i>Cephalocereus senilis</i>	21.49	9.52	7.50	12.84
<i>Juniperus flaccida</i>	9.58	9.52	5.00	8.04
Cuesta Blanca				
<i>Pinus pinceana</i>	14.52	38.89	42.86	32.09
<i>Gochnatia hypoleuca</i>	34.19	27.78	28.57	30.18
<i>Cephalocereus senilis</i>	39.11	5.56	7.14	17.27
<i>Pinus cembroides</i>	10.24	22.22	17.86	16.77
<i>Yucca filifera</i>	1.94	5.56	3.57	3.69
Barrio de Tixqui				
<i>Juniperus flaccida</i>	55.07	36.00	40.00	43.69
<i>Pinus cembroides</i>	21.64	36.00	40.00	32.55
<i>Opuntia robusta</i>	19.04	12.00	10.00	13.68
<i>Mimosa galeottii</i>	1.47	8.00	5.00	4.82
<i>Rhus chondroloma</i>	1.40	4.00	2.50	2.63
<i>Zanthoxylum affine</i>	1.40	4.00	2.50	2.63
El Santuario				
<i>Pinus cembroides</i>	57.21	47.62	57.50	54.11
<i>Juniperus flaccida</i>	40.82	42.86	37.50	40.39
<i>Cercocarpus fothergilloides</i>	1.54	4.76	2.50	2.93
<i>Quercus pringlei</i>	0.44	4.76	2.50	2.57
La Florida				
<i>Pinus cembroides</i>	68.83	57.14	75.00	66.99
<i>Juniperus flaccida</i>	14.75	14.29	12.50	13.84
<i>Amelanchier denticulata (pingüica)</i>	13.43	14.29	6.25	11.32
<i>Gochnatia hypoleuca</i>	3.00	14.29	6.25	7.85
Lomas de Guillen				

<i>Pinus cembroides</i>	44.69	54.55	79.17	59.47
<i>Juniperus flaccida</i>	44.54	27.27	12.50	28.10
<i>Cephalocereus senilis</i>	9.14	9.09	4.17	7.47
<i>Gochnatia hypoleuca</i>	1.64	9.09	4.17	4.96
Puerto Tavera				
<i>Pinus cembroides</i>	68.59	60.00	83.00	70.53
<i>Juniperus flaccida</i>	29.89	30.00	13.00	24.30
<i>Casuarina equisetifolia</i>	1.52	10.00	4.00	5.17
Loma del Conejo				
<i>Pinus cembroides</i>	77.96	57.14	81.00	72.03
<i>Juniperus flaccida</i>	22.04	42.86	19.00	27.97
Jagüey				
<i>Pinus cembroides</i>	39.27	42.86	56.25	46.13
<i>Quercus mexicana</i>	42.59	21.43	16.67	26.90
<i>Juniperus flaccida</i>	11.10	21.43	14.58	15.71
<i>Cercocarpus macrophyllus</i>	4.68	3.45	2.08	3.45
<i>Vachellia farnesiana</i>	1.90	7.14	8.33	5.79
<i>Pinus pseudostrobus</i>	0.46	3.57	2.08	2.04
Trancas				
<i>Pinus cembroides</i>	49.99	52.63	72.50	58.38
<i>Juniperus flaccida</i>	38.66	31.58	17.50	29.25
<i>Quercus castanea</i>	8.32	5.26	5.00	6.20
<i>Rhus virens</i>	2.11	5.26	2.50	3.29
<i>Arbutus xalapensis</i>	0.91	5.26	2.50	2.89

Apéndice 2. Composición florística de los bosques de pino piñonero del estado de Hidalgo. Sitios de estudio: LM= La mesa, CA= Cañada arenalito, CB= Cuesta blanca, BT= Barrio de Tixqui, ST= Santuario, LF= La florida, LG= Lomas de Guillén, PT= Puerto Tavera, LC= Loma del conejo, JG= Jagüey, TC= Trancas. *=especies introducidas.

Familia	Especie	LM	CA	CB	BT	ST	LF	LG	PT	LC	JG	TC
Acanthaceae	<i>Justicia palmeri</i> Rose	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Acanthaceae	<i>Stenandrium dulce</i> (Cav.) Nees	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Acanthaceae	<i>Stenandrium verticillatum</i> Brandegee	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Amaranthaceae	<i>Gomphrena decumbens</i> Jacq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Amaranthaceae	<i>Gomphrena nitida</i> Rothr.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Amaranthaceae	<i>Gomphrena serrata</i> L.	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Anacardiaceae	<i>Pistacia mexicana</i> Kunth	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
Anacardiaceae	<i>Pseudosmodium andrieuxii</i> (Baill.) Engl.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Anacardiaceae	<i>Pseudosmodium multifolium</i> Rose	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Anacardiaceae	<i>Rhus allophylloides</i> Standl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Anacardiaceae	<i>Rhus andrieuxii</i> Engl.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Anacardiaceae	<i>Rhus aromatica</i> var. <i>schmidelioides</i> (Schltdl.) Engl.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Anacardiaceae	<i>Rhus chondroloma</i> Standl.	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
Anacardiaceae	<i>Rhus pachyrrhachis</i> Hemsl.	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
Anacardiaceae	<i>Rhus schiedeana</i> Schltdl	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
Anacardiaceae	<i>Rhus standleyi</i> F.A. Barkley	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Anacardiaceae	<i>Rhus trilobata</i> Nutt.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Anacardiaceae	<i>Rhus virens</i> Lindh. ex A. Gray	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1
Apiaceae	<i>Eryngium carlinae</i> F. Delaroche	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Apiaceae	<i>Eryngium</i> L.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Apiaceae	<i>Eryngium</i> sp.	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Apocynaceae	<i>Asclepias linaria</i> Cav.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Apocynaceae	<i>Asclepias notha</i> W.D. Stevens	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Apocynaceae	<i>Cynanchum barbigerum</i> (Scheele) Shinnars	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Apocynaceae	<i>Macrosiphonia hypoleuca</i> (Benth.) Müll. Arg.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Asparagaceae	<i>Agave atrovirens</i> Karw. ex Salm-Dyck	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
Asparagaceae	<i>Agave difformis</i> A. Berger	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Asparagaceae	<i>Agave lechuguilla</i> Torr.	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
Asparagaceae	<i>Agave potatorum</i> Zucc.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Asparagaceae	<i>Agave salmiana</i> Otto ex Salm-Dyck var. <i>salmiana</i>	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
Asparagaceae	<i>Agave</i> sp.	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Asparagaceae	<i>Agave striata</i> Zucc.	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1
Asparagaceae	<i>Agave stricta</i> Salm-Dyck	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Asparagaceae	<i>Agave xylonacantha</i> Salm-Dyck	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0
Asparagaceae	<i>Anthericum humboldtii</i> Hemsl.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Asparagaceae	<i>Anthericum stenocarpum</i> Baker	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Asparagaceae	<i>Dasyllirion acrotrichum</i> (Schiede) Zucc.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
Asparagaceae	<i>Dasyllirion longissimum</i> Lem.	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0
Asparagaceae	<i>Echeandia flavescens</i> (Schult. et Schult. f.) Cruden	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Asparagaceae	<i>Echeandia macrocarpa</i> Greenm.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Asparagaceae	<i>Echeandia mexicana</i> Cruden	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Asparagaceae	<i>Echeandia nana</i> (Baker) Cruden	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Asparagaceae	<i>Milla biflora</i> Cav.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Asparagaceae	<i>Nolina parviflora</i> (Kunth) Hemsl.	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0
Asparagaceae	<i>Yucca carnerosana</i> (Trel.) McKelvey	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Asparagaceae	<i>Yucca filifera</i> Chabaud	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0
Aspleniaceae	<i>Asplenium resiliens</i> Kunze	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Acourtia humboldtii</i> (Less.) B.L. Turner	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Ageratella palmeri</i> (A. Gray) B. L. Rob.	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
Asteraceae	<i>Ageratina espinosarum</i> (A. Gray) R.M. King & H. Rob.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Ageratina petiolaris</i> (Moc. ex DC.) R.M. King & H. Rob.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Ageratum corymbosum</i> Zuccagni	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Aster exilis</i> Elliott	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0

Asteraceae	<i>Baccharis conferta</i> Kunth	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Baccharis ramiflora</i> A. Gray	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Bahia xylopoda</i> Greenm.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Brickellia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
Asteraceae	<i>Cacalia palmeri</i> Greene	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Asteraceae	<i>Calea peduncularis</i> Kunth	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Chaptalia lyratifolia</i> Burkart	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Chaptalia seemannii</i> (Sch. Bip.) Hesml.	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
Asteraceae	<i>Chrysactinia mexicana</i> A. Gray	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Conyza gnaphalioides</i> Kunth	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Coreopsis galeottii</i> (A. Gray) Hemsl.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Asteraceae	<i>Coreopsis mutica</i> DC. var. <i>mutica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Dahlia coccinea</i> Cav.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Dyssodia greggii</i> (A. Gray) B.L. Rob.	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
Asteraceae	<i>Dyssodia papposa</i> (Vent.) Hitchc.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Dyssodia pinnata</i> (Cav.) B. L. Rob.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Erigeron pubescens</i> Kunth	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Asteraceae	<i>Erigeron scaposus</i> DC.	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Eupatorium calophyllum</i> (Greene) B.L. Rob.	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Eupatorium espinosarum</i> A. Gray	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Eupatorium petiolare</i> Moc. ex DC.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Eupatorium schaffneri</i> Sch. Bip. ex B.L. Rob.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Asteraceae	<i>Eupatorium scorodonioides</i> A. Gray	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Eupatorium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Flourensia laurifolia</i> DC.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Flourensia resinosa</i> (Brandeggee) S.F. Blake	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Asteraceae	<i>Gochnatia hypoleuca</i> (DC.) A. Gray	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0
Asteraceae	<i>Haplopappus venetus</i> (Kunth) S. F. Blake	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

Asteraceae	<i>Helenium integrifolium</i> (Kunth) Benth. & Hook. f. ex. Hemsl.	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Lindheimera mexicana</i> A. Gray	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Montanoa floribunda</i> (Kunth) DC.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Montanoa tomentosa</i> Cerv.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Perymenium mendezii</i> DC.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Pinaropappus roseus</i> (Less.) Less.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Piqueria trinervia</i> Cav.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Pittocaulon praecox</i> (Cav.) H. Rob. & Brettell	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Sanvitalia procumbens</i> Lam.	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Sclerocarpus uniserialis</i> (Hook.) Benth. & Hook. f. ex Hemsl.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Selloa glutinosa</i> Spreng.	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Senecio albonervius</i> Greenm.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Asteraceae	<i>Solidago simplex</i> Kunth	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Asteraceae	<i>Stevia berlandieri</i> A. Gray	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Stevia berlandieri</i> var. <i>podadenia</i> B.L. Rob.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Stevia eupatoria</i> (Spreng.) Willd.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Stevia isomeca</i> Grashoff	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Asteraceae	<i>Stevia lucida</i> Lag.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Stevia pilosa</i> Lag.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Asteraceae	<i>Stevia salicifolia</i> Cav.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Stevia serrata</i> Cav.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Stevia stenophylla</i> A. Gray	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
Asteraceae	<i>Stevia tomentosa</i> Kunth	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Tagetes tenuifolia</i> Cav.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Thelesperma filifolium</i> (Hook.) A. Gray	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Thymophylla setifolia</i> Lag.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Asteraceae	<i>Verbesina hypomalaca</i> B.L. Rob. & Greenm.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Vernonia karwinskiana</i> DC.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Asteraceae	<i>Zaluzania augusta</i> (Lag.) Sch. Bip.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

Asteraceae	<i>Zinnia peruviana</i> (L.) L.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Berberidaceae	<i>Berberis gracilis</i> Benth.	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Berberidaceae	<i>Berberis gracilis</i> var. <i>madrensis</i> Marroq.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Berberidaceae	<i>Berberis pallida</i> Benth.	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
Berberidaceae	<i>Berberis trifolia</i> Schult. y Schl. f.	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0
Boraginaceae	<i>Antiphytum heliotropioides</i> A. DC.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Brassicaceae	<i>Draba</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Brassicaceae	<i>Lesquerella kingii</i> subsp. <i>latifolia</i> (A. Nelson) Rollins & E.A. Shaw	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Bromeliaceae	<i>Hechtia glomerata</i> Zucc.	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Bromeliaceae	<i>Tillandsia achyrostachys</i> E. Morren ex Baker	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Bromeliaceae	<i>Tillandsia erubescens</i> Schltdl.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Bromeliaceae	<i>Tillandsia juncea</i> (Ruiz & Pav.) Poir.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Bromeliaceae	<i>Tillandsia recurvata</i> (L.) L.	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1
Bromeliaceae	<i>Tillandsia usneoides</i> (L.) L.	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1
Bromeliaceae	<i>Viridantha tortilis</i> (Klotzsch ex Baker) Espejo	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Burseraceae	<i>Bursera fagaroides</i> (Kunth) Engl.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Burseraceae	<i>Bursera medranoana</i> Rzed. & Evangelina Ortiz	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Cactaceae	<i>Cephalocereus senilis</i> (Haw.) Pfeiff.	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
Cactaceae	<i>Coryphantha clava</i> (Pfeiff.) Lem.	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Cactaceae	<i>Coryphantha compacta</i> (Engelm.) Britton & Rose	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Cactaceae	<i>Coryphantha erecta</i> (Lem.) Lem.	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
Cactaceae	<i>Coryphantha</i> sp.	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
Cactaceae	<i>Cylindropuntia imbricata</i> (Haw.) F.M. Knuth	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Cactaceae	<i>Cylindropuntia leptocaulis</i> (DC.) F.M. Knuth	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Cactaceae	<i>Echinocactus ingens</i> Zucc. ex Pfeiff.	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1
Cactaceae	<i>Echinocactus platyacanthus</i> Link & Otto	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0
Cactaceae	<i>Ferocactus glaucescens</i> (DC.) Britton & Rose	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
Cactaceae	<i>Ferocactus latispinus</i> (Haw.) Britton & Rose	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0

Cactaceae	<i>Mammillaria compressa</i> DC.	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Cactaceae	<i>Mammillaria elongata</i> DC.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Cactaceae	<i>Mammillaria geminispina</i> Haw.	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
Cactaceae	<i>Mammillaria gracilis</i> Pfeiff.	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Cactaceae	<i>Mammillaria magnimamma</i> Haw.	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1
Cactaceae	<i>Mammillaria schiedeana</i> Ehrenb. ex Schltdl.	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Cactaceae	<i>Mammillaria</i> sp.	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
Cactaceae	<i>Myrtillocactus geometrizans</i> (Mart. ex Pfeiff.) Console	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Cactaceae	<i>Neolloydia conoidea</i> (DC.) Britton & Rose	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Cactaceae	<i>Opuntia azurea</i> Rose	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Cactaceae	<i>Opuntia imbricata</i> (Haw.) DC.	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
Cactaceae	<i>Opuntia rastrera</i> F. A. C. Weber	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0
Cactaceae	<i>Opuntia robusta</i> H.L. Wendl. ex Pfeiff.	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Cactaceae	<i>Opuntia</i> sp.	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1
Cactaceae	<i>Opuntia streptacantha</i> Lem.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Cactaceae	<i>Opuntia tomentosa</i> Salm-Dyck	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Cactaceae	<i>Stenocereus dumortieri</i> (Scheidw.) Buxb.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Cactaceae	<i>Thelocactus leucacanthus</i> (Zucc. ex Pfeiff.) Britton & Rose	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Caprifoliaceae	<i>Valeriana albonervata</i> B.L. Rob.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Caryophyllaceae	<i>Arenaria lycopodioides</i> Willd. ex D.F.K. Schltdl.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Caryophyllaceae	<i>Paronychia mexicana</i> Hemsl.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Caryophyllaceae	<i>Silene laciniata</i> Cav.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Caryophyllaceae	<i>Stellaria ovata</i> Willd. ex D.F.K. Schltdl.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Casuarinaceae	<i>Casuarina equisetifolia</i> L.*	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Celastraceae	<i>Mortonia hidalgensis</i> Standl.	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Celastraceae	<i>Mortonia latisejala</i> I. M. Johnst.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Cistaceae	<i>Halimium argenteum</i> (Hemsl.) Grosser	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Commelinaceae	<i>Aneilema karwinskiana</i> Woodson	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Commelinaceae	<i>Commelina coelestis</i> var. <i>bourgeau</i> C.B. Clarke	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1

Commelinaceae	<i>Commelina erecta</i> L.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Commelinaceae	<i>Gibasis karwinskyana</i> (Schult. f.) Rohweder	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Commelinaceae	<i>Gibasis pulchella</i> (Kunth) Raf.	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1
Commelinaceae	<i>Tradescantia brachyphylla</i> Greenm.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Convolvulaceae	<i>Dichondra argentea</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
Convolvulaceae	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Convolvulaceae	<i>Ipomoea stans</i> Cav.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Convolvulaceae	<i>Ipomoea tyrianthina</i> Lindl.	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Crassulaceae	<i>Echeveria coccinea</i> (Cav.) DC.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Crassulaceae	<i>Echeveria</i> sp.	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
Crassulaceae	<i>Sedum moranense</i> Kunth	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1
Crassulaceae	<i>Sedum</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Cupressaceae	<i>Juniperus deppeana</i> Steud.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Cupressaceae	<i>Juniperus flaccida</i> Schltld.	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Cyperaceae	<i>Carex anisostachys</i> Liebm.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Cystopteridaceae	<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea convolvulacea</i> Schltld. & Cham.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Ephedraceae	<i>Ephedra compacta</i> Rose	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1
Ericaceae	<i>Arbutus glandulosa</i> M. Martens & Galeotti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Ericaceae	<i>Arctostaphylos arguta</i> (Zucc.) DC.	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
Ericaceae	<i>Arctostaphylos longifolia</i> Benth.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Ericaceae	<i>Arctostaphylos polifolia</i> Kunth	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Ericaceae	<i>Arctostaphylos pungens</i> Kunth	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Ericaceae	<i>Comarostaphylis arbutoides</i> Lindl.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Ericaceae	<i>Comarostaphylis polifolia</i> (Kunth) Zucc. ex Klotzsch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Euphorbiaceae	<i>Acalypha botteriana</i> Müll. Arg.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Euphorbiaceae	<i>Acalypha hederacea</i> Torr.	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0

Euphorbiaceae	<i>Acalypha monostachya</i> Cav.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Euphorbiaceae	<i>Acalypha phleoides</i> Cav.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Euphorbiaceae	<i>Chamaesyce villifera</i> (Scheele) Small	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Euphorbiaceae	<i>Croton ciliatoglandulifer</i> Ortega	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Euphorbiaceae	<i>Croton hypoleucus</i> Schltdl.	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
Euphorbiaceae	<i>Croton incanus</i> Kunth	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia antisiphilitica</i> Zucc.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia anychioides</i> Boiss.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia campestris</i> S. Geuns	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia dentata</i> Michx.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia graminea</i> Jacq.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Euphorbiaceae	<i>Jatropha dioica</i> Sessé ex Cerv.	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
Euphorbiaceae	<i>Stillingia sanguinolenta</i> Müll. Arg.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Fabaceae	<i>Acacia angustissima</i> (Mill.) Kuntze	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Fabaceae	<i>Acacia berlandieri</i> Benth.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Fabaceae	<i>Astragalus guatemalensis</i> Hemsl.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Fabaceae	<i>Astragalus rosae</i> Kirchhoff	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
Fabaceae	<i>Astragalus seatonii</i> M. E. Jones	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
Fabaceae	<i>Bauhinia coulteri</i> J.F. Macbr.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Fabaceae	<i>Bauhinia macranthera</i> Benth. ex Hemsl.	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Fabaceae	<i>Brongniartia foliolosa</i> Benth. ex Hemsl.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Fabaceae	<i>Brongniartia intermedia</i> Moric. ex Ser.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Fabaceae	<i>Brongniartia revoluta</i> Rose	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Fabaceae	<i>Caesalpinia</i> sp.	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Fabaceae	<i>Calliandra eriophylla</i> Benth.	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Fabaceae	<i>Cassia pauciflora</i> Kunth	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Fabaceae	<i>Cologania broussonetii</i> (Balb.) DC.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Fabaceae	<i>Dalea bicolor</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1
Fabaceae	<i>Dalea bicolor</i> Humb. & Bonpl. ex Willd. var. <i>bicolor</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Fabaceae	<i>Dalea dorycnioides</i> DC.	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Fabaceae	<i>Dalea greggii</i> A. Gray	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Fabaceae	<i>Dalea sp.</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Fabaceae	<i>Dalea tuberculata</i> Lag.	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1
Fabaceae	<i>Dermatophyllum secundiflorum</i> (Ortega) Gandhi & Reveal	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1
Fabaceae	<i>Desmodium adscendens</i> (Sw.) DC.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Fabaceae	<i>Desmodium orbiculare</i> Schltdl.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Fabaceae	<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Fabaceae	<i>Hoffmannseggia glauca</i> (Ortega) Eifert	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Fabaceae	<i>Hoffmannseggia melanosticta</i> (S. Schauer) A. Gray	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Fabaceae	<i>Leucaena cuspidata</i> Standl.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Fabaceae	<i>Mimosa aculeaticarpa</i> Ortega	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1
Fabaceae	<i>Mimosa biuncifera</i> Benth.	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0
Fabaceae	<i>Mimosa galeottii</i> Benth.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Fabaceae	<i>Mimosa sp.</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Fabaceae	<i>Nissolia platycarpa</i> Benth.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Fabaceae	<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Fabaceae	<i>Senna guatemalensis</i> (Donn. Sm.) H.S. Irwin & Barneby	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Fabaceae	<i>Senna guatemalensis</i> var. <i>hidalgensis</i> H.S. Irwin & Barneby	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Fabaceae	<i>Senna lindheimeriana</i> (Scheele) H.S. Irwin & Barneby	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Fabaceae	<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Fagaceae	<i>Quercus castanea</i> Née	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Fagaceae	<i>Quercus crassipes</i> Bonpl.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Fagaceae	<i>Quercus lancifolia</i> Schltdl. & Cham.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Fagaceae	<i>Quercus mexicana</i> Bonpl.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Fagaceae	<i>Quercus potosina</i> Trel.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
Fagaceae	<i>Quercus pringlei</i> Seemen	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0
Fagaceae	<i>Quercus rugulosa</i> M. Martens & Galeotti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Fagaceae	<i>Quercus sp.</i>	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0

Fouquieriaceae	<i>Fouquieria splendens</i> Engelm.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Garryaceae	<i>Garrya ovata</i> Benth.	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Geraniaceae	<i>Geranium</i> sp.	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Hydrangeaceae	<i>Philadelphus coulteri</i> S. Watson	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Iridaceae	<i>Sisyrinchium tenuifolium</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Iteaceae	<i>Pterostemon mexicanus</i> S. Schauer	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Juglandaceae	<i>Juglans mollis</i> Engelm.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Krameriaceae	<i>Krameria cytisoides</i> Cav.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Lamiaceae	<i>Cunila lythrifolia</i> Benth.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lamiaceae	<i>Hedeoma drummondii</i> Benth.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Lamiaceae	<i>Salvia amarissima</i> Ortega	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Lamiaceae	<i>Salvia coccinea</i> Buc'hoz ex Etl.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Lamiaceae	<i>Salvia coulteri</i> Fernald	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
Lamiaceae	<i>Salvia curviflora</i> Benth.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Lamiaceae	<i>Salvia gracilis</i> Benth.	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
Lamiaceae	<i>Salvia melissodora</i> Lag.	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
Lamiaceae	<i>Salvia mexicana</i> L.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Lamiaceae	<i>Salvia microphylla</i> Kunth	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Lamiaceae	<i>Salvia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Lamiaceae	<i>Satureja mexicana</i> (Benth.) Briq.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Lamiaceae	<i>Scutellaria drummondii</i> Benth.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Lamiaceae	<i>Sphacele mexicana</i> S. Schauer	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
Lamiaceae	<i>Stachys boraginoides</i> Schltldl. & Cham.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Liliaceae	<i>Calochortus barbatus</i> (Kunth) J.H. Painter	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
Liliaceae	<i>Calochortus ghiesbreghtii</i> S. Watson	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Linaceae	<i>Linum aristatum</i> Engelm.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Linaceae	<i>Linum rupestre</i> (A. Gray) Engelm ex A. Gray	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Linaceae	<i>Linum scabrellum</i> Planch.	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
Lithraceae	<i>Cuphea aequipetala</i> Cav.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

Loasaceae	<i>Mentzelia hispida</i> Willd.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Malpighiaceae	<i>Gaudichaudia cynanchoides</i> Kunth	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Nyctaginaceae	<i>Cyphomeris crassifolia</i> (Standl.) Standl.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Nyctaginaceae	<i>Cyphomeris gypsophiloides</i> (M. Martens & Galeotti) Standl.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Nyctaginaceae	<i>Oxybaphus viscosus</i> (Cav.) L'Hér. ex Choisy	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Oleaceae	<i>Olea europaea</i> L.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Orobanchaceae	<i>Castilleja arvensis</i> Schltld. & Cham.	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Orobanchaceae	<i>Castilleja rigida</i> Eastw.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Orobanchaceae	<i>Castilleja</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Orobanchaceae	<i>Castilleja tenuiflora</i> Benth.	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
Orobanchaceae	<i>Lamourouxia dasyantha</i> (Cham. & Schltld.) W.R. Ernst	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Oxalidaceae	<i>Oxalis latifolia</i> Kunth	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Papaveraceae	<i>Argemone platyceras</i> Link & Otto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Passifloraceae	<i>Passiflora</i> sp.	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Passifloraceae	<i>Turnera diffusa</i> Willd.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Pinaceae	<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pinaceae	<i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl.*	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Pinaceae	<i>Pinus pinceana</i> Gordon & Glend.	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Pinaceae	<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Pinaceae	<i>Pinus teocote</i> Schltld. & Cham.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Plantaginaceae	<i>Maurandya antirrhiniflora</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Plantaginaceae	<i>Penstemon barbatus</i> (Cav.) Roth	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Plantaginaceae	<i>Plantago linearis</i> Kunth	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Plantaginaceae	<i>Russelia coccinea</i> (L.) Wettst.	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1
Plantaginaceae	<i>Russelia polyedra</i> Zucc.	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
Poaceae	<i>Achnatherum eminens</i> (Cav.) Barkworth	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Poaceae	<i>Achnatherum multinode</i> (Scribn. ex Beal) Valdés-Reyna & Barkworth	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Poaceae	<i>Andropogon saccharoides</i> Sw.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Poaceae	<i>Aristida adscensionis</i> L.	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1

Poaceae	<i>Aristida glauca</i> (Nees) Walp.	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Poaceae	<i>Aristida purpurea</i> Nutt.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Poaceae	<i>Bothriochloa barbinodis</i> (Lag.) Herter	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Poaceae	<i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr.	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1
Poaceae	<i>Bouteloua hirsuta</i> Lag.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Poaceae	<i>Bouteloua repens</i> (Kunth) Scribn. & Merr.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Poaceae	<i>Bouteloua sp.</i>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
Poaceae	<i>Bromus anomalus</i> Rupr. ex E. Fourn.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Poaceae	<i>Enneapogon desvauxii</i> P. Beauv.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Poaceae	<i>Eragrostis barrelieri</i> Daveau	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Poaceae	<i>Eragrostis intermedia</i> Hitchc.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Poaceae	<i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem.) Link	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Poaceae	<i>Erioneuron avenaceum</i> (Kunth) Tateoka	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Poaceae	<i>Lasiacis nigra</i> Davidse	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Poaceae	<i>Leptochloa dubia</i> (Kunth) Nees	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Poaceae	<i>Lycurus phleoides</i> Kunth	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
Poaceae	<i>Muhlenbergia dubia</i> E. Fourn.	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Poaceae	<i>Muhlenbergia emersleyi</i> Vasey	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Poaceae	<i>Muhlenbergia lanata</i> (Kunth) Hitchc.	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
Poaceae	<i>Muhlenbergia montana</i> (Nutt.) Hitchc.	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
Poaceae	<i>Muhlenbergia phleoides</i> (Kunth) Columbus	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Poaceae	<i>Muhlenbergia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Poaceae	<i>Muhlenbergia tenuifolia</i> (Kunth) Kunth	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Poaceae	<i>Piptochaetium fimbriatum</i> (Kunth) Hitchc.	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
Poaceae	<i>Setaria grisebachii</i> E. Fourn.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Poaceae	<i>Sohnsia filifolia</i> (E. Fourn.) Airy Shaw	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Poaceae	<i>Sporobolus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Poaceae	<i>Stipa constricta</i> Hitchc.	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Poaceae	<i>Stipa ichu</i> (Ruiz & Pav.) Kunth	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

Poaceae	<i>Stipa purpurea</i> Griseb.	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Poaceae	<i>Stipa</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Poaceae	<i>Stipa tenuissima</i> Trin.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Poaceae	<i>Stipa virescens</i> Kunth	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Poaceae	<i>Triodia grandiflora</i> Vasey	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
Polemoniaceae	<i>Gilia pinnata</i> (Cav.) Brand	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Polemoniaceae	<i>Loeselia caerulea</i> (Cav.) G. Don	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Polemoniaceae	<i>Loeselia mexicana</i> (Lam.) Brand	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Polygalaceae	<i>Polygala barbeyana</i> Chodat	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Polygalaceae	<i>Polygala buxifolia</i> Kunth	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Polygalaceae	<i>Polygala paniculata</i> L.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Polygalaceae	<i>Polygala rivinifolia</i> Kunth	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Polygalaceae	<i>Polygala</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Polypodiaceae	<i>Pleopeltis plebeia</i> (Schltdl. & Cham.) A.R. Sm. & Tejero	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Polypodiaceae	<i>Pleopeltis polylepis</i> (Roem. ex Kunze) T. Moore var <i>polypepis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Polypodiaceae	<i>Polypodium plebeium</i> Schltdl. & Cham.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Polypodiaceae	<i>Polypodium subpetiolatum</i> Hook.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Polypodiaceae	<i>Polypodium thyssanolepis</i> A. Braun ex Klotzsch	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Polytrichaceae	<i>Polytrichum</i> sp.	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
Portulacaceae	<i>Portulaca pilosa</i> L.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Proteaceae	<i>Stenocarpus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Pteridaceae	<i>Adiantum andicola</i> Liebm.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Pteridaceae	<i>Argyrochosma formosa</i> (Liebm.) Windham	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Pteridaceae	<i>Astrolepis integerrima</i> (Hook.) D.M. Benham & Windham	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Pteridaceae	<i>Astrolepis laevis</i> (M. Martens & Galeotti) Mickel	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Pteridaceae	<i>Astrolepis sinuata</i> (Lag. ex Sw.) D.M. Benham & Windham	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1
Pteridaceae	<i>Cheilanthes alabamensis</i> (Buckley) Kunze	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Pteridaceae	<i>Cheilanthes eatonii</i> Baker	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Pteridaceae	<i>Cheilanthes microphylla</i> (Sw.) Sw.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Pteridaceae	<i>Cheilanthes pyramidalis</i> Fée	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Pteridaceae	<i>Cheilanthes</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Pteridaceae	<i>Gaga hirsuta</i> (Link) F. W. Li & Windham	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Pteridaceae	<i>Mildella fallax</i> (M. Martens & Galeotti) G.L. Nesom	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Pteridaceae	<i>Notholaena galeotti</i> Fée	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Pteridaceae	<i>Notholaena sulphurea</i> (Cav.) J. Sm.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Pteridaceae	<i>Pellaea cordifolia</i> (Sessé & Moc.) A.R. Sm.	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Ranunculaceae	<i>Thalictrum grandifolium</i> S. Watson	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Ranunculaceae	<i>Thalictrum pubigerum</i> Benth.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Resedaceae	<i>Reseda luteola</i> L.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Rhamnaceae	<i>Condalia mexicana</i> Schltdl.	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1
Rhamnaceae	<i>Karwinskia mollis</i> Schltdl.	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Rhamnaceae	<i>Rhamnus serrata</i> Schult.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Rosaceae	<i>Malacomeles denticulata</i> (Kunth) Decne.	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1
Rosaceae	<i>Cercocarpus fothergilloides</i> Kunth	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
Rosaceae	<i>Cercocarpus macrophyllus</i> C.K. Schneid.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Rosaceae	<i>Crataegus rosei</i> Eggl.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Rosaceae	<i>Lindleyella mespiloides</i> (Kunth) Rydb.	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1
Rosaceae	<i>Spiraea hartwegiana</i> Rydb.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Rosaceae	<i>Vauquelinia corymbosa</i> Bonpl.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rosaceae	<i>Vauquelinia karwinskyi</i> Maxim.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Rubiaceae	<i>Bouvardia longiflora</i> (Cav.) Kunth	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
Rubiaceae	<i>Bouvardia multiflora</i> (Cav.) Schult. & Schult. f.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schltdl.	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Rubiaceae	<i>Hedyotis pygmaea</i> Roem. & Schult.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
Rubiaceae	<i>Machaonia coulteri</i> (Hook. f.) Standl.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Rutaceae	<i>Casimiroa pubescens</i> Ramírez	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Rutaceae	<i>Zanthoxylum affine</i> Kunth.	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1
Santalaceae	<i>Phoradendron bolleanum</i> (Seem.) Eichler	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Santalaceae	<i>Phoradendron brachystachyum</i> (DC.) Oliv.	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1
Sapindaceae	<i>Cardiospermum grandiflorum</i> Sw.	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq.	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
Sapindaceae	<i>Phoradendron grandiflorum</i> Sw.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Scrophulariaceae	<i>Buddleja cordata</i> Kunth	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1
Scrophulariaceae	<i>Leucophyllum ambiguum</i> Bonpl.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Scrophulariaceae	<i>Leucophyllum pruinatum</i> I.M. Johnst.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Scrophulariaceae	<i>Leucophyllum texanum</i> Benth.	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
Selaginellaceae	<i>Selaginella lepidophylla</i> (Hook. & Grev.) Spring	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Selaginellaceae	<i>Selaginella pallescens</i> (C. Presl) Spring	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
Selaginellaceae	<i>Selaginella pilifera</i> A. Braun	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Simaroubaceae	<i>Simaba bicolor</i> Zucc.	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1
Thelypteridaceae	<i>Thelypteris kunthii</i> (Desv.) C.V. Morton	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Verbenaceae	<i>Citharexylum oleinum</i> (Benth. ex Lindl.) Moldenke	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1
Verbenaceae	<i>Lantana hirta</i> Graham	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Verbenaceae	<i>Lantana hispida</i> Kunth	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1
Verbenaceae	<i>Lippia graveolens</i> Kunth	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Verbenaceae	<i>Priva mexicana</i> (L.) Pers.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Verbenaceae	<i>Verbena bipinnatifida</i> Nutt.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Verbenaceae	<i>Verbena carolina</i> L.	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
Verbenaceae	<i>Verbena menthifolia</i> Benth.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Zygophyllaceae	<i>Kallstroemia rosei</i> Rydb.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0