



# ECOSISTEMAS DESÉRTICOS Y SU RIQUEZA NATURAL

*Coordinadoras*

Martha Celia Escobar León  
Zarhelia Carlo Rojas  
Martha Patricia Olivas Sánchez



# **ECOSISTEMAS DESÉRTICOS Y SU RIQUEZA NATURAL**

*Coordinadoras*

Martha Celia Escobar León  
Zarhelia Carlo Rojas  
Martha Patricia Olivas Sánchez

Ecosistemas desérticos y su riqueza natural  
Coordinadoras Martha Celia Escobar León, Zarhelia Carlo Rojas  
y Martha Patricia Olivas Sánchez  
*1<sup>a</sup> edición. Zacatecas, México: Universidad Autónoma de Zacatecas. 2025.*

Incluye referencias al final de cada capítulo  
ISBN: 978-607-555-285-9

Primera edición: 2025  
Diseño de la Portada: Alejandro Lizardo M.  
Fotografía de la portada: Martha Celia Escobar León  
© Por la coordinación: Martha Celia Escobar León, Zarhelia Carlo Rojas y  
Martha Patricia Olivas Sánchez

© Todos los textos son propiedad de sus autores  
D.R. © Universidad Autónoma de Zacatecas  
Torre de Rectoría 3er. Piso, Campus UAZ Siglo XXI  
Carretera Zacatecas-Guadalajara  
Km. 6, Col. Ejido La Escondida, CP 98000 Zacatecas, Zacatecas

La presente publicación pasó por el proceso de revisión de pares ciegos,  
bajo los criterios editoriales establecidos por parte del Programa Editorial  
de la Universidad Autónoma de Zacatecas.

Esta publicación no puede ser reproducida, ni en todo ni en parte, ni registrada o  
transmitida, por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma y por  
ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electroóptico, por  
fotocopia o cualquier otro, sin el permiso previo y por escrito de los editores.

Libro digital hecho en México

# ÍNDICE

<b>Presentación</b> .....	5
<b>Capítulo 1.</b> Micromicetos y Suelos del Desierto en el Norte del Estado de Chihuahua <i>Juan P. Flores-Márquez, Jaime A. Jiménez-Cervantes, Gabriela Mendoza-Carreón, Pedro Osuna-Ávila.....</i>	7
<b>Capítulo II.</b> Listado florístico de plantas medicinales usadas en la comunidad de Santa Teresa Dabouxta ubicada en el Valle del Mezquital, Municipio del Cardonal, Hidalgo, México <i>Roosevelt Rodríguez-Amador, Ana Nallely Ceron-Ortíz, Marithza Guadalupe Ramírez-Gerardo, Christopher Contreras-López, Mariela Zapata-Caldero .....</i>	31
<b>Capítulo III.</b> Plantas silvestres de uso medicinal de Santa Ana y Anexos, Pinos, Zacatecas <i>Martha Celia Escobar-León, Ariel Armando Delgadillo-Escobar, Susana Muñoz-Beltrán, Ebsheidi Yaritza Rosales-Márquez .....</i>	47
<b>Capítulo IV.</b> Plantas y hongos con uso potencial del norte del Desierto Chihuahuense <i>Martha Patricia Olivas-Sánchez, Miroslava Quiñonez-Martínez, Fortunato Garza-Ocaña, José Nicolás Lauro Aldama-Meza y Raymundo René Rivas-Cáceres .....</i>	73
<b>Capítulo V.</b> Fitoquímicos de tres plantas desérticas y su uso potencial <i>Telma Griselda Torres-López, María Antonia Flores-Córdoba, Laura Gabriela Espinosa-Alonso, María Janeth Rodríguez-Roque, Nora Aideé Salas-Salazar, Mayra Cristina Soto-Caballero .....</i>	93
<b>Capítulo VI.</b> Plantas tóxicas al ganado en el noroeste de Chihuahua <i>Zarhelia Carlo- Rojas.....</i>	115
<b>Capítulo VII.</b> Estructura poblacional y aspectos ecológicos de <i>Quercus chihuahuensis</i> en el Cerro Grande, Chihuahua, Chihuahua, México <i>José Valero-Gahán, Fabian Isaías Almodóvar-Delgado, Raquel González-Fernández .....</i>	125
<b>Capítulo VIII.</b> Metodología de micropagación in vitro de la biznaga. Resultados preliminares <i>Ángela Lucia Torres-Torres, Sandra Pérez-Álvarez, Joel Rascón-Solano, Luisa Patricia Uranga-Valencia, Iván Grijalva-Martínez .....</i>	139



# Presentación

El presente libro, coordinado por miembros de la Red de Estudios Multidisciplinarios del Desierto (REDDES), se origina de la selección de trabajos presentados en el V Coloquio Internacional de las Culturas del Desierto, realizado en la Ciudad de Monterrey, México, del 19 al 22 de septiembre de 2023 organizado por la REDDES. El Coloquio permitió una amplia participación de académicos y estudiantes provenientes de importantes instituciones y organizaciones a nivel internacional, universidades públicas estatales e instituciones nacionales de México.

La obra tiene por objetivo dar a conocer las diversas aportaciones que realizan investigadores principalmente en temas sobre flora, hongos y micromicetos característicos de diversas zonas áridas y semiáridas del País.

En esta iniciativa, se persigue el acercamiento al conocimiento de las múltiples facetas que los desiertos poseen y explorar las ópticas más diversas que nos permitan entender tanto el valor de los usos directos e indirectos de los bienes que de ellos proceden, así como contribuir a la apreciación de todos los beneficios y riquezas intangibles pero profundos de su existencia.

Como habitantes usufructuarios de estos ecosistemas que nos proporcionan biomasa, alimentos, salud y biodiversidad, debemos reconocer la paradoja que los enormes espacios desérticos proporcionan en servicios ecológicos al mosaico global y visualizar las futuras opciones que podrán ofrecer.

Desde el proporcionar una matriz de suelo característica y desafiante con una biodiversidad única, hasta el poseer espacios distintivos compartidos por generaciones pasadas y actuales que participan en la construcción de los saberes propios de tierras áridas. Se da una mirada atenta a los recursos vivos, sus usos tradicionales, usos potenciales y cómo mejorar su aprovechamiento. A partir de la ciencia, también se busca contribuir a valorizar la importancia de la existencia de los desiertos y su permanencia como legado para las futuras generaciones.

El **Capítulo I** de este libro comienza con una descripción de los grupos de suelos predominantes al norte del estado de Chihuahua y la presencia de micromicetos, aport-

tando información útil para programas de mejoramiento de suelo y sistemas naturales. El **Capítulo II** contribuye a preservar el conocimiento ancestral de la comunidad rural de Santa Teresa Dabóxhta del Valle del Mezquital, del estado de Hidalgo, al registrar un listado florístico de 26 plantas medicinales, información recopilada mediante entrevistas estructuradas y colectas. En éste capítulo, se describe la forma de uso, partes de la planta utilizadas y padecimientos a tratar. El **Capítulo III**, que lleva como título: Plantas silvestres de uso medicinal de Santa Ana y anexos, Pinos, Zacatecas, contribuye con el registro botánico de 57 especies de uso herbolario descrito por la médica tradicional de la localidad. La recopilación y sistematización de estos conocimientos es crucial, ya que ofrece oportunidades para su integración en estrategias de salud comunitaria y la recuperación de estos conocimientos, entre otros, para su divulgación local.

El **Capítulo IV** hace una descripción del uso potencial industrial a través de una revisión de literatura de 10 macromicetos y 5 plantas desérticas, entendiendo que el papel de los organismos en los ecosistemas desérticos va más allá de su importancia ambiental ya que también desempeñan un papel crucial en la vida productiva de las comunidades locales. El **Capítulo V** proporciona información a través de una revisión de literatura sobre fitoquímicos de tres especies de desérticas: *Prosopis spp.*, *Larrea tridentata* y *Celtis pallida* además incluye la descripción de su distribución en México y sus usos tradicionales. El **Capítulo VI** contribuye con una herramienta para simplificar la detección de características de plantas de agostadero que pueden ser tóxicas para el ganado, ubicándolas en tres familias botánicas principalmente. El **Capítulo VII** es un estudio de estructura poblacional del encino *Quercus chihuahuensis* en el cerro llamado Cerro Grande, ubicado al oeste de la Ciudad de Chihuahua. También evalúa el impacto antropogénico sobre esta población de encino en el sitio. El **Capítulo VIII** muestra una metodología de escarificación y micropropagación de la biznaga (*Ferocactus wislizeni*), técnica que puede ser útil en programas de conservación de esta especie. De esta manera el conjunto de capítulos logra, en la diversidad de perspectivas, ofrecer una mirada a los ecosistemas desérticos y su riqueza natural.

*Las Coordinadoras*

# Capítulo I. Micromicetos y Suelos del Desierto en el Norte del estado de Chihuahua

Juan P. Flores-Márguez<sup>1</sup>  
Jaime A. Jiménez-Cervantes<sup>1</sup>  
Gabriela Mendoza-Carreón<sup>1</sup>  
Pedro Osuna-Ávila<sup>1</sup>

## Introducción

Los suelos en ecosistemas desérticos tienen abundancia de microorganismos que pueden tolerar condiciones extremas de temperatura, baja humedad disponible, alta concentración de sales solubles, entre otros (Ameen, 2022). Por ello, el conocimiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, así como el estudio de la presencia de hongos micromicetos en zonas áridas es de importancia crucial ante el cambio climático y su impacto en la conservación de la biodiversidad. El suelo al ser un reservorio de carbono tiene una función de mitigación del cambio climático y gases de efecto invernadero, por lo que resulta relevante determinar los contenidos de carbono orgánico (IUSS, 2024). De tal forma que se considera necesario describir los grupos de suelos predominantes y los hallazgos recientes de microorganismos fúngicos que permitan servir de apoyo en su relación con otros estudios botánicos del desierto. Una problemática que enfrentan los desiertos del mundo es su fragilidad por la extinción de especies vegetales y animales agravado por la escasez de agua y pérdidas de carbono a

---

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

la atmósfera (Berdugo, 2020). Además de las funciones vitales que tienen los hongos dentro del perfil de los suelos, estos microorganismos juegan un papel especial debido al fenómeno de las tolvaneras que ocurren en el Desierto Chihuahuense (Flores et al., 2020; González et al., 2017), de tal manera que las partículas dispersadas al aire contienen no solo minerales, sino esporas de hongos, polen, entre otros agentes que ocasionan impacto en la salud pública de grandes centros urbanos como Ciudad Juárez. Ante el escenario planteado, se consideró apropiado en el presente trabajo hacer una compilación de dos investigaciones inéditas, las cuales pudieran conjuntar la clasificación de los suelos incluido el contenido de materia orgánica y a su vez, presentar los hongos encontrados en el mismo ecosistema desértico. Por ello, los objetivos del presente estudio son: i) mostrar los tipos de suelos principales del Desierto Chihuahuense y contenido de materia orgánica; ii), describir los hongos micromicetos predominantes en suelos del norte del estado de Chihuahua. Esta información generada se considera de amplia utilidad para complementar otros estudios biológicos de los ecosistemas de la región, mejorar el manejo del suelo en los sistemas naturales, productivos agropecuarios y de fauna silvestre del Desierto Chihuahuense.

## Antecedentes

El norte de la República Mexicana se caracteriza por tener clima semiárido, vegetación xerófila y halófila, suelos de baja fertilidad, precipitación pluvial y humedad relativa muy bajas, con tasas de evapotranspiración hasta diez veces mayor a la humedad captada (INEGI, 2017). La geología de la región presenta formaciones de los períodos Cretácico Inferior (Ki), Cretácico Superior (Ks), Cuaternario superior y Terciario (T), la falla regional de edad pre-Mesozoica de gran envergadura conocida como el *Texas Lineament*, que pasa entre la Sierra de Juárez y las Montañas Franklin. De acuerdo con la clasificación de suelos, en las zonas desérticas del norte de Chihuahua predominan materiales edáficos caracterizados por ser claros, de bajo contenido de materia orgánica, salinos, alcalinos, vegetación halófila y desértica, texturas variadas con alta presencia de arenas finas y generalmente con bajo contenido de humedad (INEGI, 2004).

El suelo se define como una colección de cuerpos naturales formados por sólidos (minerales y orgánicos), líquidos y gases, que se encuentran sobre la superficie de la tierra. Este presenta horizontes o capas que se diferencian del material de origen como resultado de adiciones, pérdidas, migraciones, y transformaciones de materia y energía. El suelo es un recurso no renovable porque su formación requiere de mucho tiempo, entre otros factores tales como: el material parental o roca madre, el clima, los organismos vivos, las características del relieve y el transcurso del tiempo (Brady y Weil, 2017). Estos autores mencionan que

la roca madre de la cual deriva el suelo, ya sea ígnea, sedimentaria o metamórfica, determina en buena medida su composición mineral inicial. Por su parte, las condiciones climáticas como temperatura y precipitación regulan la velocidad de los procesos químicos, físicos y biológicos que actúan sobre el material parental para transformarlo. Los organismos como plantas, animales, hongos, bacterias y otros seres vivos contribuyen activamente al desarrollo del suelo. Las plantas y microorganismos que aportan materia orgánica, mientras que la fauna de mayor tamaño causa bioturbación al remover y airear el suelo, además algunos microorganismos incluso fijan el nitrógeno atmosférico. El relieve o la pendiente influye en aspectos como el drenaje, la erosión y la exposición solar, moldeando características como la profundidad y desarrollo de horizontes en el suelo. Finalmente, el factor tiempo es indispensable para que los demás actúen y transformen los materiales originales en un suelo desarrollado con sus propiedades distintivas (Ortiz, 2010).

Las propiedades de los suelos son las características que los definen y se pueden clasificar en tres grandes grupos: físicas, químicas y biológicas: las físicas engloban aspectos como la textura, que se refiere a la proporción de partículas minerales de diferentes tamaños (arena, limo y arcilla) que componen el suelo. También incluye la estructura, que describe cómo se agrupan esas partículas individuales en agregados. Otras propiedades físicas relevantes son el color, la densidad aparente, la porosidad y profundidad. Estas características determinan propiedades funcionales vitales como la capacidad de retención de agua, aireación, facilidad de enraizamiento y resistencia a la erosión (Brady y Weil, 2017). Las propiedades químicas incluyen el pH que determina la solubilidad de nutrientes; la capacidad de intercambio catiónico que indica la habilidad del suelo para retener y liberar nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, entre otros; así como la presencia de sales, nutrientes disponibles y sustancias tóxicas. Un desequilibrio químico como un pH muy ácido o alcalino puede dificultar la absorción de nutrientes por las plantas (Castellanos et al., 2000).

Las propiedades biológicas involucran a todos los organismos vivos que habitan en el suelo, desde los microscópicos como bacterias, hongos, algas y protozoos, hasta la macrofauna como lombrices, insectos, pequeños vertebrados, entre otros. La actividad de esta increíble biodiversidad subterránea es clave para procesos fundamentales como el reciclaje de nutrientes, la formación de humus y el mantenimiento de la estructura del suelo, todo lo cual se traduce en la fertilidad y productividad de este (Brady y Weil, 2017). En México, el promedio nacional del contenido de materia orgánica en suelos agrícolas es del 2.4 %, variando de 0.5% como promedio del estado de Baja California Sur a 9.4 % como promedio de Yucatán (Ortiz, 2010). Las funciones del suelo o también denominados servicios ecosistémicos que proporciona este recurso vital para la vida en el planeta son: hábitat para organismos, ciclo de nutrientes, regulación climática, purificador de agua, reductor de contaminación, secuestro de carbono, provee alimentos, fibras y combustibles, fuente de recursos farmacéuticos, provee materiales de construcción, herencia cultural, entre otros (FAO, 2024).

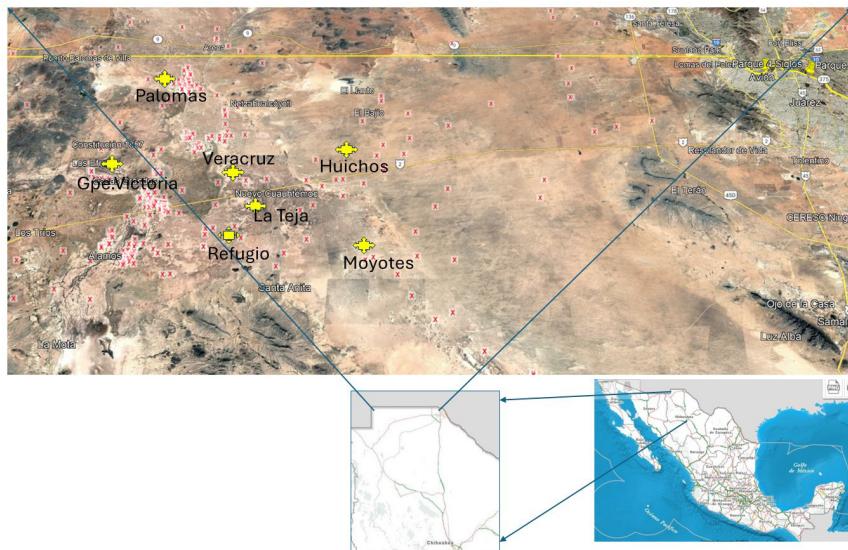
En el aspecto biológico, se puede clasificar a los organismos del suelo por su tamaño en tres clases distintas: macrobiota, mesobiota, y microbiota. Es de mayor interés la clasificación del microbiota, que incluye organismos de tamaño menor a 200  $\mu\text{m}$ . Esta se subdivide a la vez en dos clases, microfauna: protozoos, nematodos y rotíferos, y la microflora por bacterias, actinomicetos, hongos y algas unicelulares (López, 2005). Los organismos fúngicos han llegado a ser un grupo tan grande por su gran diversidad y actividades ecológicas necesarias para los distintos ecosistemas, por su gran número de individuos aún se desconocen la mayoría de los individuos, en especial las especies de carácter microscópico, es por eso que investigadores como Hawksworth (2001) hizo recopilación de registros y cálculos para la estimación de la existencia en el planeta de más de 1.5 millones de especies de hongos y de estos sólo se tiene conocimiento de un 4.5 %, el 95.5 % restante se estima que se pudiesen ubicar en los trópicos y países subdesarrollados, de los cuales un 10 % se determinan como macromicetos, el 90 % corresponde a micromicetos (Mueller et al., 2007). Trabajos en relación a la biodiversidad de hongos en nuestro país, se tiene el ejemplo de Guzmán (1995) quien realizó cálculos que le proporcionaron un resultado estimado de 120 a 140 mil especies de hongos en México, además mencionó que de estas sólo se conocen 6 mil especies divididos en micromicetos (2 mil especies) y macromicetos (4 mil especies), de esta última incluyen líquenes y mixomicetos, con esto se expresa que el mundo microscópico es el más diverso y por lo tanto desconocido, y esto se debe por causa obvia de su observación compleja. Este autor, también indica que de los 2 mil hongos microscópicos registrados 1 500 son fitopatógenos, 120 mohos del suelo, 100 de granos almacenados, 70 mohos de bebidas fermentadas, 30 patógenos del hombre y/o animales, 30 acuáticos, 30 parásitos de invertebrados, 20 mohos del estiércol y 10 hongos del aire.

## Materiales y Métodos

El área de estudio fue en el noroeste del estado de Chihuahua, que cubre los municipios de Ascensión, Janos, Nuevo Casas Grandes y Juárez. La ubicación geográfica de esta extensa área es: 31° 47' de Latitud Norte y 106° 25' de Longitud Oeste en Ciudad Juárez, hasta 30° 19' de Latitud Norte y 107° 56' de Longitud Oeste en Nuevo Casas Grandes, Ciudad Juárez, altitud promedio de 1 300 m. s. n. m. (Figura 1, Tabla 1). Estas áreas se caracterizan por la frecuencia de tolvaneras intensas durante los meses de febrero a abril. La zona norte del estado de Chihuahua tiene un clima árido con vegetación predominante de matorral desértico micrófilo, rosetófilo y crasicaule, pastizales desérticos y vegetación halófila (INEGI, 2019). El presente capítulo incluye dos trabajos realizados en diferentes tiempos en el ecosistema desértico: I) descripción de los suelos predominantes y su contenido de materia orgánica, el cual fue efectuado en 2021 y II) presencia de hongos micromicetos en la parte superficial de los suelos, estudio realizado en 2015.

**Figura 1**

Sitio de muestreo de suelos y colecta de muestras para identificación de hongos micromicetos (puntos amarillos); marcas rojas, son sitios de origen de tolvaneras



Fuente. Elaboración propia con base en los puntos de muestreo (Tabla 1), Google Earth Pro. <https://maps.google.com/intl/es/earth/download.html>

**Tabla 1**

Localidades de origen de tolvaneras y muestreo de suelos para el análisis de hongos micromicetos en el noroeste del Estado de Chihuahua

Localidad	Latitud (N)	Longitud (W)
Guadalupe Victoria	31° 32' 21.6"	107° 37' 1.7"
Veracruz	31° 32' 41.2"	107° 20' 39.3"
Huichos	31° 34' 4.7"	107° 13' 52.8"
La Teja	31° 30' 45.1"	107° 19' 11.4"
Moyotes	31° 28' 9.9"	107° 8' 0.5"
Palomas	31° 44' 36.6"	107° 34' 52.1"
Refugio	31° 26' 55.1"	107° 19' 11.2"

**I). Descripción de los suelos y contenido de materia orgánica.** Con base en la información disponible en las cartas edafológicas del INEGI (2017), se elaboró un mapa de los principales grupos de suelos predominantes en el norte del estado de Chihuahua (Figura 2). Posteriormente se describieron las propiedades relevantes de cada grupo de suelo, lo cual es de utilidad para estudios donde se asocie a la flora y fauna predominante de la región. La metodología del estudio incluyó la determinación de materia orgánica, ya que es un parámetro de suma relevancia en la caracterización de suelos de zonas áridas relacionado a las reservas de carbono y su impacto en el cambio climático. Debido al clima árido, la agricultura de la zona es principalmente de riego. Cinco sitios de muestreo fueron incluidos: Valle de Juárez, Samalayuca, Colonia Victoria, Ascensión y Casas Grandes. En cada sitio se eligieron tres parcelas agrícolas adyacentes a zonas naturales y se tomaron muestras de suelos agrícolas y de suelos naturales a profundidad de 0 a 30 cm en colectas con la técnica en zig-zag (SEMARNAT, 2000). Las parcelas muestreadas tienen cultivos de alfalfa, nogal y chile jalapeño, mientras las zonas naturales tienen una vegetación predominante de matorrales de mezquite (*Prosopis sp.*) y/o gobernadora (*Larrea tridentata*). El análisis de materia orgánica fue mediante el método de Walkley-Black, por medio de la disolución en dicromato de potasio y posterior digestión con ácido sulfúrico, seguido de la valoración con sulfato ferroso (Aguilar et al., 1987). Se realizaron pruebas de normalidad y homocedasticidad de los datos; estos fueron transformados para cumplir con supuestos de normalidad y se realizaron pruebas de medias para comparar suelos agrícolas y suelos naturales. Los datos fueron analizados en el software R-statistics (R Core Team, 2018).

**II). Presencia de hongos micromicetos en suelos.** El tipo de muestreo del suelo superficial fue intencionado para las áreas de origen de tolvaneras porque se utilizó información satelital existente sobre los posibles sitios de origen (Figura 1), lo cual se comprobó porque había remolinos o tornados pequeños durante los muestreos y también fue muestreo al azar dentro de cada sitio o localidad. Con base en estos tornados se decidió la ubicación específica de los sitios de muestreo, así como su accesibilidad terrestre. El muestreo de suelo consistió en colectar muestras compuestas en cada localidad: 10 en Guadalupe Victoria; 12 en Veracruz; 3 en Huichos; 5 en La Teja; 11 en Moyotes; 15 en Palomas; 11 al este de Palomas y 8 en Refugio, con tres repeticiones teniendo un total de 234 muestras (Cuadro 1). La toma de muestra constó en colectar con una cuchara de acero inoxidable de 15 cm de largo y 5 cm de ancho, aproximadamente 400 g a 500 g de suelo, de 0 a 3 cm de profundidad, posteriormente fueron almacenadas en bolsas de polietileno rotuladas con clave del sitio donde se obtuvo, número correspondiente por conglomerado y fecha, cerradas herméticamente para su trasladado al laboratorio para realizar su análisis. Antes de haberse realizado las pruebas de humedad, se tomó con una pala una porción aproximada de 100 g de las 3 submuestras, homogeneizándolas en una sola, para su análisis microbiológico con el fin de evitar contaminación. Para el análisis microbiológico se requirió el total de 78 muestras de suelo previamente homogeneizadas

de las localidades. Se requirieron 780 cajas petri, medio de cultivo agar papa dextrosa (APD), balanza granataria, aluminio, mechero, alcohol etílico, asa acodada, agua destilada, matraces de 250 mL, vortex, tubos de ensaye, pipetas de 10 mL propipetas, autoclave, microscopio, cubreobjetos, portaobjetos, campana de flujo laminar, lactofenol y ácido láctico al 10 %. El procedimiento fue el siguiente: Dentro de la campana de extracción, Se tomaron 10 g de suelo y se vertieron en un matraz de 250 mL con 100 mL de agua destilada esterilizada ( $10^{-1}$ ), se agitó en vortex por 3 min. Inmediatamente se tomó 1 mL con una pipeta de 10 mL esterilizada y se vació en un tubo de ensaye con 9 mL de agua destilada esterilizada, se agitó en vortex por 30 s ( $10^{-2}$ ), se repitió este procedimiento hasta la dilución  $10^{-4}$ . Una vez preparadas las diluciones, con una pipeta de 10 mL se tomó 1mL de la dilución  $10^{-1}$  y se vació en una caja petri con medio APD con ácido láctico al 10% y se extendió con el asa, este procedimiento fue por triplicado. Se repitió el mismo procedimiento hasta la dilución  $10^{-4}$  y en cada extracción de muestra, las pipetas fueron cambiadas para evitar contaminación. Una vez realizada la siembra, se esperó por un lapso de una semana a temperatura ambiente para el crecimiento fúngico. El rango considerado en porcentaje de frecuencia para identificar lo más predominantes, así como la presencia de los géneros fue: baja (0 a 5 %), media (5 a 10 %) y alta (mayor a 10 %).

La identificación se realizó con base en los siguientes artículos:

Soil and Seed Fungi: Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species. (Eroglu et al., 2012).

Illustrated Atlas of Common Plant Pathogenic Fungi Observed Microscopically. (French et al., 2009).

A Pictorial Guide for the Identification of Mold Fungi on Sorghum Grain. (Hall, 1999).  
Resultados

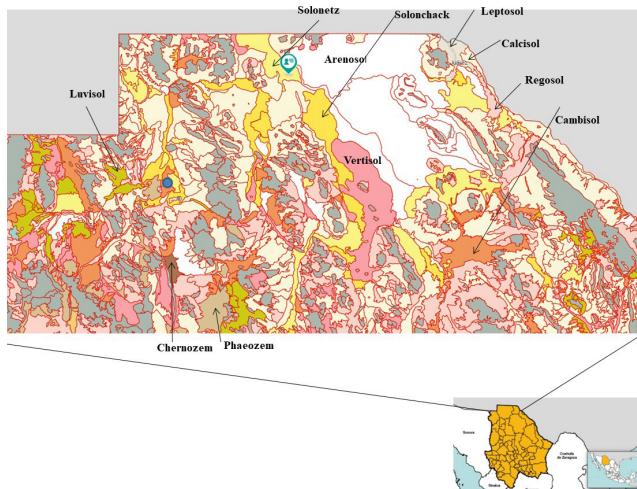
## Suelos del Desierto Chihuahuense y materia orgánica

Los grupos de suelos predominantes en el norte del estado de Chihuahua son: arenosol, calcisol, solonchak, solonet, leptosol, regosol y vertisol (Figura 2). Otros grupos de suelo presentes en menor superficie son luvisol, cambisol, chernozem, phaeozem y xerosol (INEGI, 2017). Por ejemplo, conforme la clasificación mundial WRB, el grupo de suelos Calcisoles (del latín *calx*; cal), son suelos con acumulación sustancial de material calcáreo (carbonato cálcico), ricos en bases, que están muy extendidos en ambientes áridos y semiáridos (WRB, 2015). Este grupo se encuentra en el área fronteriza del Valle de Juárez cubriendo 25 000 ha de área agrícola, corresponde a suelos que provienen de depósitos aluviales, coluviales y eólicos de material meteorizado, con un horizonte subsuperficial Cámbico o Árgico, por sus cambios en contenidos de arcilla. De manera más específica, la clasificación

del suelo a nivel Serie predomina en el citado Valle la *Serie Juárez*, esto de acuerdo con la clasificación de suelos del Distrito de riego del Valle de Juárez realizado en 1969 por la Secretaría de Recursos hidráulicos (CIEPS, 1970). Son suelos jóvenes, mixtos (aluvial-eólico) y originados de rocas ígneas, calizas y areniscas; profundos de color café claro a café, de textura pesada y semipesado hasta 90 cm y descansan sobre un lecho arenoso. Presentan una topografía sensiblemente plana, su desagüe superficial es eficiente y su drenaje interno varía de eficiente a deficiente. Desde esa época, en 1970, a los suelos cercanos al parque “El Chamizal”, se les clasificó como pobres en nitrógeno y materia orgánica, medios en fósforo, muy ricos en potasio, calcio y magnesio, con pH que varía de 7.4 a 8.3. La mayoría de los suelos estaban indicados como afectados por sales, se recomendaba aplicar sobre riegos y mejoradores de suelo.

Los otros grupos de suelo indicados en este documento se describen con lo más relevante. Así el grupo arenosol, del latín *arena*, son suelos de textura gruesa con más de 65 % de arena en el primer metro de profundidad, susceptibles a la erosión, baja capacidad para retener agua, almacenar nutrientes, su presencia es en los médanos de Samalayuca. El grupo cambisol, del latín *cambiare*, son suelos delgados con pequeñas acumulaciones de arcilla, carbonato de calcio, fierro o manganeso.

**Figura 2**  
*Grupos de suelo del norte del estado de Chihuahua, México*



Fuente. Elaboración propia con base en la carta edafológica H 13-1, del INEGI, <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjMwLjkxMTM5LGxvbjotMTA3LjQ1NDgwLHo6NSxsOmM0MTY>.

El grupo solonetz, del ruso sol: sal, *etz*; son suelos con alta concentración de sales, con subsuelo arcilloso, terrones duros por alto contenido de sales de sodio, predomina en pastizales o matorrales, sin uso agrícola. De manera similar, el grupo Solonchak, del ruso *sot*: sal; son suelos salinos en lagunas costeras y lechos de lagos o partes bajas de valles y llanos de regiones secas del país. La vegetación típica para estos suelos es el pastizal u otras plantas que toleran el exceso de sal como las halófilas. El grupo Vertisol, del latín *verteré*, voltear, suelo que se revuelve o que se voltea, predomina la vegetación de pastizales y matorrales. El grupo Regosol, del griego *regbos*: manto, cobija o capa de material suelto que cubre la roca. Estos son suelos pobres en materia orgánica, se parecen a la roca que dio origen. En México constituyen el segundo tipo de suelo más importante por su extensión (19.2 %), están asociados al grupo Litosoles (INEGI, 2017). En general, los suelos de zonas áridas se caracterizan por su baja humedad lo que produce tolvaneras originadas por fuertes ráfagas de viento arrastrando y dejando en suspensión material particulado, favorecidas en diferentes épocas del año, estos polvos causan una alta probabilidad de exposición a partículas tanto minerales como biológicas, por parte de las personas y animales (Flores et al., 2014). Además de indicar la clasificación de los suelos de zonas áridas del norte del estado de Chihuahua (Figura 2), se considera de importancia los resultados del contenido de materia orgánica del suelo. Así la materia orgánica se entiende como todo el material de origen orgánico que se encuentra en diferentes estados de descomposición, proveniente de residuos vegetales y organismos vivientes o muertos del suelo (Ortiz, 2010; Aguilar et al. 1987). El porcentaje promedio de materia orgánica fue 1.333 ( $\pm 0.092$ ), los cuales son considerados en la NOM-021-SEMARNAT-2000, como suelos con bajo contenido (Tabla 2). Los suelos agrícolas tienen un porcentaje de 1.605 ( $\pm 0.98$ ), y los suelos naturales de 1.061 % ( $\pm 0.65$ ), clasificados con medio y bajo contenido de materia orgánica, respectivamente. Se encontró una diferencia significativa ( $p=0.0015$ ) al comparar los suelos agrícolas con los suelos naturales. Uno de los efectos del aprovechamiento agrícola es que disminuye la calidad del suelo (Islam y Weil, 2000). El contenido de materia orgánica disminuye con las actividades agrícolas, pero en ecosistemas desérticos es mayor en algunas zonas agrícolas que naturales (Trivedi et al., 2016). La irrigación en la agricultura es un fuerte factor que afecta diferentes características del suelo, incluyendo materia orgánica, ya que acelera los procesos de descomposición y aumenta la actividad microbiana. Esta actividad hace que incluso las fracciones recalcitrantes de la hojarasca y ramas que entran al suelo se descompongan más fácilmente (Arroita et al., 2016). La irrigación con aguas residuales tratadas en el Valle de Juárez y la alta presencia de estiércol de equino en Samalayuca puede ser la razón por la cual la diferencia de materia orgánica entre suelos agrícolas y naturales es más acentuada en estos sitios, mientras en otros sitios no se observó una entrada secundaria de materia orgánica, aunado a esto, en suelos naturales de Entronque, Ascensión y Casas Grandes, se observó una mayor cobertura vegetal que en los otros sitios. Al relacionar el contenido de materia orgánica con los grupos de suelo, se encontró que en general, el contenido varía

de 0.4 a 2.7 % (Tabla 3), clasificado de muy bajo a medio, aunque predominan valores menores a 1.5 % que según la Norma 021 (SEMARNAT, 2000), son de nivel bajo. También, los suelos con matorral del grupo Calcisol muestran los niveles más altos de materia y carbono orgánicos, es decir las actividades agrícolas intensivas que incluyen la remoción de los residuos de cosecha, están ocasionando una disminución del contenido orgánico en los suelos. En suelos con aplicaciones de abonos orgánicos como estiércoles áreas agrícolas de Samalayuca, se han detectado valores máximos de hasta 4.8 % de materia orgánica (Flores y Mendoza, 2021), mientras que la materia orgánica en suelos arenosos de lomeríos junto al Valle de Juárez en área de matorral se ha detectado solo 0.069 %.

## Tabla 2

*Promedios y error estándar de porcentaje de materia orgánica para suelos en matorral natural y suelos agrícolas por sitio de estudio, clasificación por contenido de materia orgánica (NOM-021-SEMARNAT-2000) y valor de p de la prueba de t para comparación de medias*

	Valle de Juárez	Samalayuca	Colonia Victoria	Ascensión	Casas Grandes
<b>Matorral</b>	0.48 ( $\pm 0.11$ )	0.91 ( $\pm 0.19$ )	1.24 ( $\pm 0.15$ )	1.12 ( $\pm 0.17$ )	1.56 ( $\pm 0.28$ )
<b>Clasificación</b>	Muy bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
<b>Agrícola</b>	1.29 ( $\pm 0.18$ )	2.97 ( $\pm 0.39$ )	1.13 ( $\pm 0.15$ )	1.06 ( $\pm 0.20$ )	1.57 ( $\pm 0.20$ )
<b>Clasificación</b>	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Medio
<b>valor de p</b>	0.001	0.0002	0.715	0.722	0.876

**Tabla 3**

*Contenido de carbono y materia orgánicos en suelos del norte del estado de Chihuahua*

Unidad de Suelo	Carbono Orgánico (%)	Materia Orgánica (%)
Calcisol - agrícola	0.624	1.072
Regosol - matorral	0.390	0.670
Feozem - matorral	1.053	1.809
Calcisol - agrícola	1.209	2.077
Calcisol - matorral	0.780	1.340
Calcisol - matorral	0.897	1.541
Calcisol - agrícola	0.234	0.402
Cambisol - agrícola	0.780	1.340
Calcisol - matorral	1.599	2.747
Vertisol - agrícola	0.780	1.340
Promedio	0.835	1.434
Desv. estándar	0.393	0.675

**Figura 3**

*Perfil de suelo de áreas con matorral en el municipio de Janos, Chihuahua*



Fuente. Imagen capturada por Juan P. Flores M.

#### Figura 4

Suelo agrícola del ejido El Capulín, Janos, Chihuahua



Fuente. Imagen capturada por Juan P. Flores M.

Las funciones de la materia orgánica son: reduce el impacto de las gotas de lluvia y favorece la infiltración lenta del agua; ayuda a estabilizar la estructura del suelo; reduce las pérdidas de suelo debidas a la erosión eólica; conservan la temperatura del suelo a distintos climas; reduce la pérdida de agua por evaporación y su descomposición produce diferentes nutrientes, los cuales satisfacen las necesidades de las plantas (Salgado y Núñez, 2010; Herencia et al., 2007). Por lo anterior, el incremento del contenido de materia orgánica del suelo mediante la aplicación de abonos orgánicos es sin duda una solución que debe fomentarse en suelos de zonas semiáridas de manera urgente. El aprovechamiento de lodos residuales y estiércoles requiere de estudios de mineralización para conocer la disponibilidad de nutrientes en los suelos y sistemas de cultivo, así como estar acorde a la Estrategia Nacional del Suelo para la Agricultura Sostenible (SADER-INIFAP, 2022).

## Resultados

### Micromicetos en Suelos del Desierto Chihuahuense

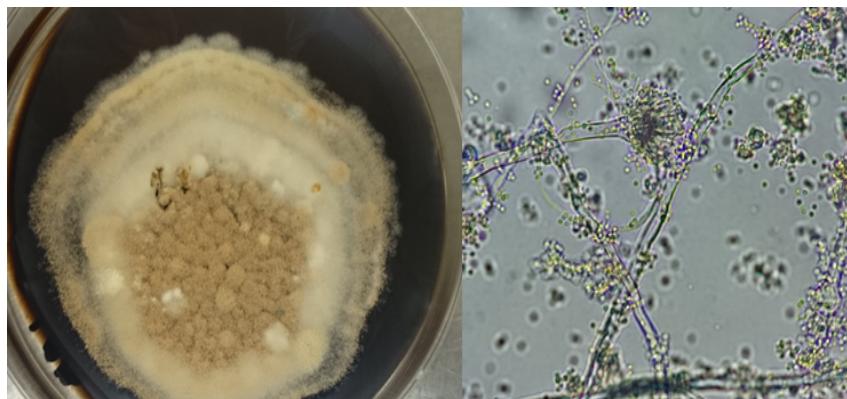
La presencia de los principales géneros de hongos en suelo encontrados en el presente estudio se muestra en las Figuras 5 a 18 siguientes. La información que se presenta a continuación es original e inédita, se muestran las fotografías de cada género observados al microscopio, lo cual representa una aportación significativa al conocimiento de hongos del suelo en zonas áridas del norte del estado de Chihuahua. Se detectaron en total 14 géneros de hongos: estos fueron *Aspergillus* sp., *Alternaria* sp., *Bipolaris* sp., *Rhizopus* sp., *Pythium* sp.,

*Phoma* sp., *Acremonium* sp., *Phytopthora* sp., *Chaetomium* sp., *Cladosporium* sp., *Sordaria* sp., *Fusarium* sp., *Penicilium* sp., y *Arthrobotrys* sp., donde *Aspergillus* sp. fue el más predominante (36 %), seguido de *Rhizopus* sp. (13 %) y presencia media de *Phytium* sp., *Alternaria* sp. y *Bipolaris* sp. (6 a 8 %), el resto de los géneros se presentaron en frecuencia menor a 5 %. Estas fotografías corresponden a los hongos de las localidades del norte del estado de Chihuahua, por lo que reflejan el contenido fúngico de los suelos del desierto. El rango considerado en porcentaje de frecuencia para identificar lo más predominantes, así como la presencia de los géneros fue: baja (0 a 5 %), media (5 a 10 %) y alta (mayor a 10 %).

Por lo tanto, este resultado se considera estratégico porque permite apoyar otros estudios donde la presencia de hongos tiene impacto en la salud humana y ambiental de la región norte de México y Sur de los Estados Unidos de América, centrado en los ecosistemas desérticos. El tipo de hongos y sus estructuras morfológicas son indicativos de la parte edáfica y microbiológica, lo cual deja bases de conocimiento de amplia utilidad en la ciencia del suelo, así como el fenómeno de las tolvaneras y material particulado dispersado al aire que puedan disponer de apoyo microbiológico para determinar el impacto integral en la salud humana y en los ecosistemas de zonas áridas, tal como ha sido reportado en investigaciones locales recientes por Flores et al., (2020), González et al., (2017), Hernández et al., (2015) y Flores et al., (2014).

### Figura 5

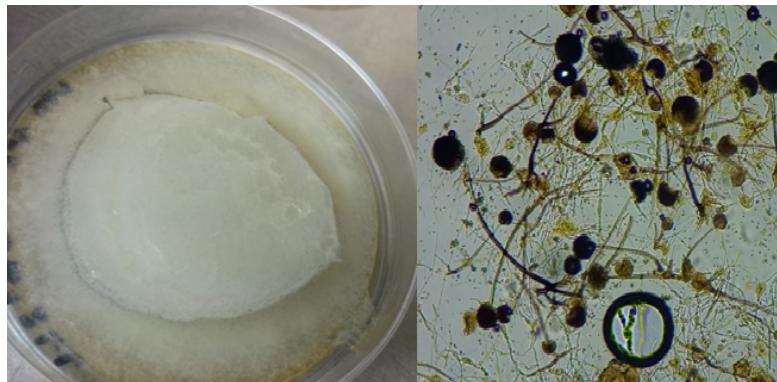
*Aspergillus* de colonia café, aterciopelada, con arreglos bioluminiscentes con esporas e hifas aseptadas. Observado a 40X



Fuente. Fotografía de Jaime A. Jiménez Cervantes, 2015.

**Figura 6**

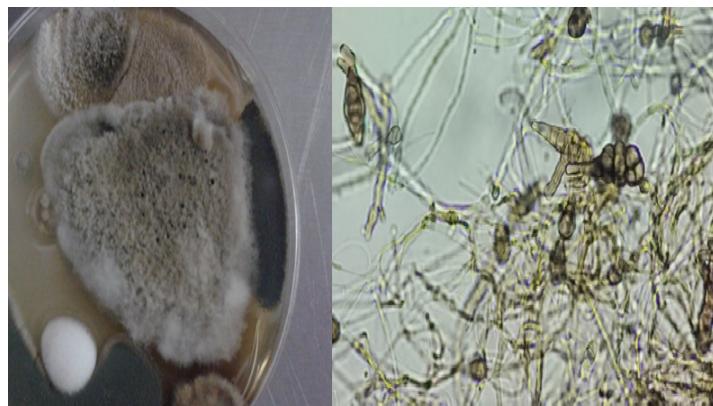
*Rhizopus* colonia blanca algodonosa, con zigoesporangios característicos, con hifas Aseptadas. Observado a 40X



Fuente. Fotografía de Jaime A. Jiménez Cervantes, 2015.

**Figura 7**

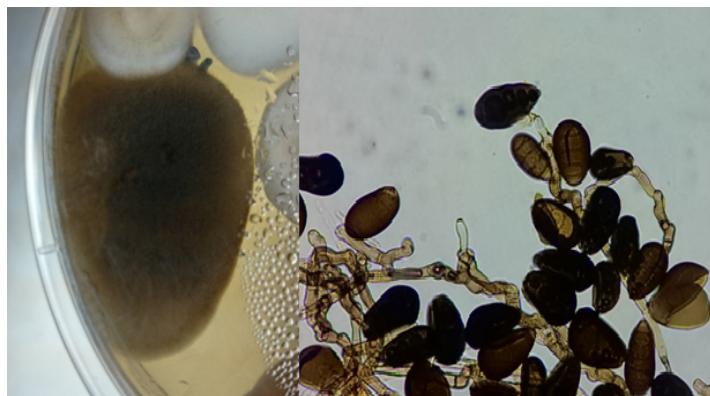
*Alternaria*, género con colonias algodonosas, color verde o parduscas con bordes hialinos e hifas septadas. Observado a 40X



Fuente. Fotografía de Jaime A. Jiménez Cervantes, 2015.

**Figura 8**

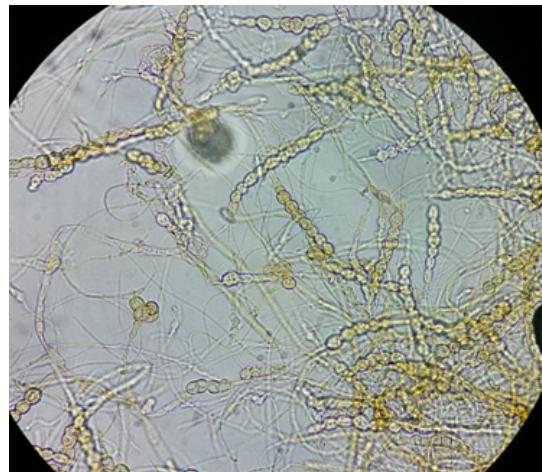
*Bipolaris* género de colonia aterciopelada color café oscuro e hifas septadas. Observado a 40X



Fuente. Fotografía de Jaime A. Jiménez Cervantes, 2015.

**Figura 9**

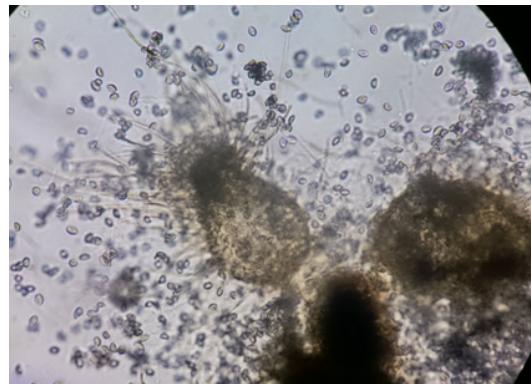
*Arthrobotrys*, género con colonias algodonosas y blancas, similares al género *pythium*, característico por sus artrosporas y prolongaciones filamentosas. Observado a 40X



Fuente. Fotografía de Jaime A. Jiménez Cervantes, 2015.

**Figura 10**

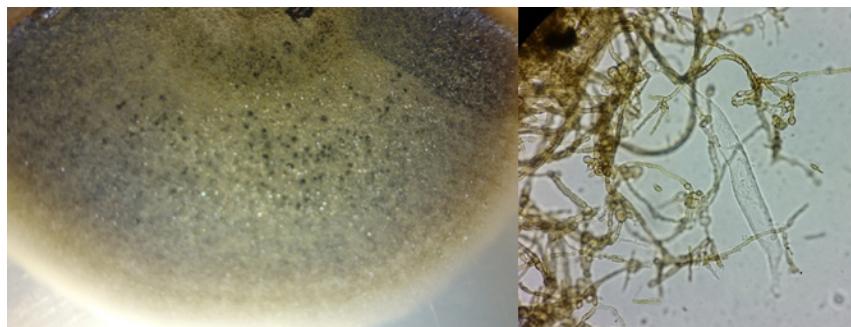
*Chaetomium* género característico por picnidios en forma de pera y terminaciones inferiores filamentosas. Observado a 40X



Fuente. Fotografía de Jaime A. Jiménez Cervantes, 2015.

**Figura 11**

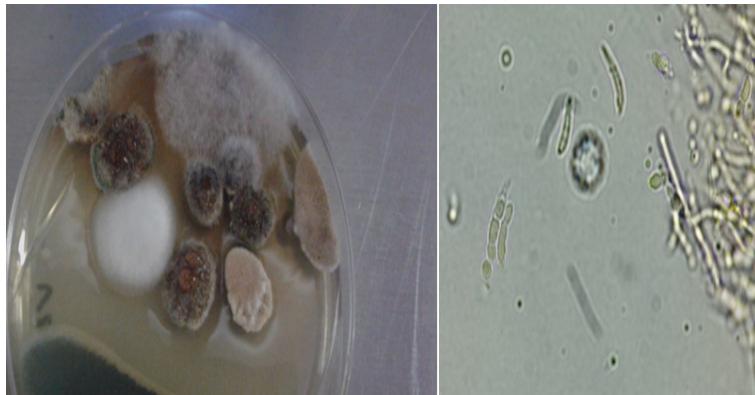
*Cladosporium* género de colonia verde olivo, aterciopelada con bordes hialinos e hifas septadas. Observado a 40X



Fuente. Fotografía de Jaime A. Jiménez Cervantes, 2015.

**Figura 12**

*Fusarium* género característico por sus esporas en forma de media luna, hifas septadas, colonia blanca algodonosa con una leve tonalidad rosa centrica. Observado a 40X



Fuente. Fotografía de Jaime A. Jiménez Cervantes, 2015.

**Figura 13**

*Pythium* género de colonia blanca algodonosa aseptada, Observado a 40X



Fuente. Fotografía de Jaime A. Jiménez Cervantes, 2015.

**Figura 14**

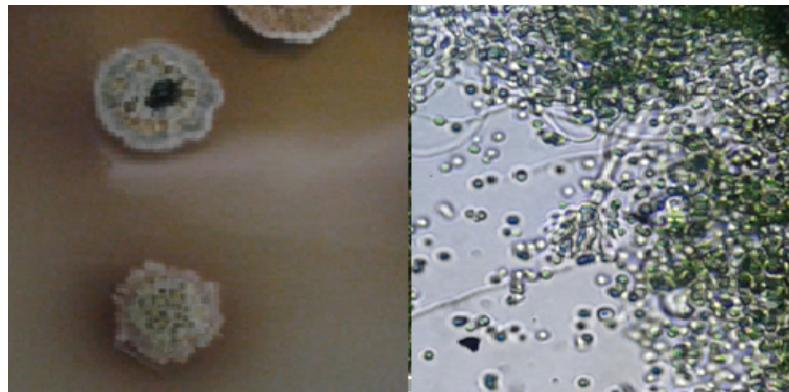
*Phytophthora* género de colonias blancas algodonosas con hifas gruesas y aseptadas. Observado a 40X



Fuente. Fotografía de Jaime A. Jiménez Cervantes, 2015.

**Figura 15**

*Penicillium* género de colonias verdes, pequeñas aterciopeladas con bordes hialinos e hifas septadas, con cabezuelas características en forma de mano septada. Observado a 40X



Fuente. Fotografía de Jaime A. Jiménez Cervantes, 2015.

**Figura 16**

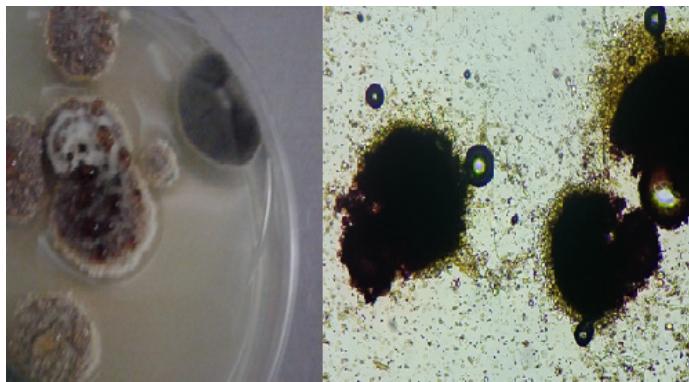
*Acremonium* género de colonias blancas algodonosas, bifas septadas y con esporangios muy pequeños. Observado a 40X



Fuente. Fotografía de Jaime A. Jiménez Cervantes, 2015.

**Figura 17**

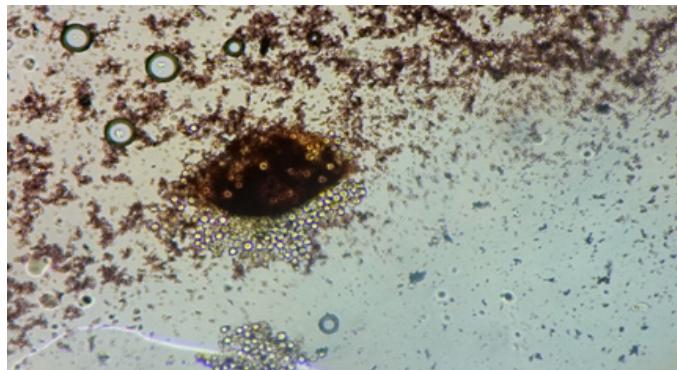
*Phoma* género característico por sus picnidios, colonias amarillas y parduscas pequeñas con bordes hialinos. Observado a 40X



Fuente. Fotografía de Jaime A. Jiménez Cervantes, 2015.

### Figura 18

*Sordaria* género con picnidios característico por su arreglo de esporas en la parte exterior, con colonias negras-rojizas aterciopeladas. Observado a 40X



Fuente. Fotografía de Jaime A. Jiménez Cervantes, 2015.

### Conclusiones

La presente investigación logró generar información inédita de un registro de hongos microscópicos en suelos áridos del noreste del Desierto Chihuahuense, la cual cubrió una identificación total de 14 géneros: *Aspergillus* sp., *Alternaria* sp., *Bipolaris* sp., *Rhizopus* sp., *Pythium* sp., *Phoma* sp., *Acremonium* sp., *Phytophthora* sp., *Chaetomium* sp., *Cladosporium* sp., *Sordaria* sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., y *Arthrobotrys* sp. Se determinó que en este tipo de suelos puede llegar a encontrarse hasta  $10^4$  por gramo de suelo de organismos fúngicos. También, en este estudio se asocian los grupos de suelo predominantes con sus contenidos de materia orgánica, lo que aporta información de esta variable en suelos de zonas áridas. Algunas recomendaciones que derivan del estudio son que, con el antecedente de los géneros ya identificados, es de gran importancia realizar la identificación hasta nivel especie. Realizar muestreos debajo del dosel arbustivo para comparar los sitios con sombra y los que están expuestos al sol, así como estudios con sitios de muestreos estacionales, para determinar las especies fúngicas esporádicas y las permanentes.

## Referencias

- Aguilar, A., Etchevers, J.D., y Castellanos, J.Z. (1987). *Analisis químico para evaluar la fertilidad del suelo*. 1a edición. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, Estado de México, 215 p.
- Ameen, F., S. AlNadhari, M.A. Yassin, A. Al-Sabri, A. Almansob, N. Alqahtani y S. L. Stephenson. (2022). *Desert soil fungi isolated from Saudi Arabia: cultivable fungal community and biochemical production*. Saudi Journal of Biological Sciences. 29(4):2409-2420.
- Arroita, M., Causapé, J., Comín, F. A., Díez, J., Jimenez, J. J., Lacarta, J., ... & Elosegi, A. (2013). *Irrigation agriculture affects organic matter decomposition in semi-arid terrestrial and aquatic ecosystems*. Journal of hazardous materials, 263, 139-145.
- Berdugo M., Delgado-Baquerizo M., Soliveres S., Hernández-Clemente R., Zhao Y., Gaitán J.J., Gross N., Saiz H., Maire V., Lehman A., et al. (2020). *Global ecosystem thresholds driven by aridity*. Science.367:787-790.
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2017). *The nature and properties of soils* (15.a ed.). Pearson Prentice Hall.
- Castellanos, J.Z., J.X. Uvalle Bueno y A. Aguilar S. (2000). *Manual de interpretación de análisis de suelos y plantas*. 2da. Edición. Instituto de Capacitación para la Productividad agrícola. INIFAP. Celaya. Gto, México. 226 p.
- CIEPS, s.c. (1970). *Estudio de Factibilidad para la rehabilitación del Distrito de Riego* (Valle de Juárez, Chihuahua), Secretaría de Recursos hidráulicos, Irrigación y Control de Ríos. CONAGUA, número 325. México, D.F.
- Eroglu S., Toprak S., Urgan O, MD, Ozge E. Onur, MD, Arzu Denizbasi, MD, Haldun Akoglu, MD, Cigdem Ozpolat, MD, Ebru Akoglu, M. (2012). *Soil and Seed Fungi: Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species*. Saudi Med J (Vol. 33). <http://doi.org/10.1073/pnas.0703993104>.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations (2024). Portal de suelos de la FAO. <https://www.fao.org/soils-portal/portal-de-suelos-.de-la-fao/es/>. Consultado el 2 de mayo de 2024.
- Flores-Margez, J. P., Corral-Díaz, B., Osuna-Ávila, P. y Hernández-Escamilla, J. A. (2021). *Respuesta de variedades de trigo harinero en tres tipos de suelo del norte de México*. Terra Latinoamericana, 39, 1-13. e817. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.817>
- Flores-Margez J.P., M. K. Shukla, and S. Deb. (2014). *Mapping of airborne particulate matter collected using two sensors along US-Mexico border*. Environmental & Analytical Toxicology. 4:2, <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0525.1000206>.

- Flores, M.J.P. y G. Mendoza C., (2021). *Mineralización de nitrógeno en suelos del norte de México*. Análisis exploratorio de materia orgánica del suelo. Proyecto de investigación doctoral, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), Instituto de Ciencias Biomédicas.
- Flores-Márgez, J.P, Jaime A. Jimenez-Cervantes, Joel A. Hernandez-Escamilla, Evangelina Olivas-Enriquez, Pedro Osuna-Ávila, Manoj K. Shukla, Amir González-Delgado and David W. DuBois. (2020). *Fungal genus detected in soils of Chihuahuan Desert during dust storms along United States-Mexico border*. Terra Latinoamericana. 38(4):1-10, DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.754>.
- Flores-Márgez J.P., M. K. Shukla, and S. Deb. (2014). Mapping of airborne particulate matter collected using two sensors along US-Mexico border. *Environmental & Analytical Toxicology*. 4:2, <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0525.1000206>. ISSN:2161-0525.
- French, R. D., Pathology, E. P., Agrilife, T., & Service, E. (n.d.). Illustrated Atlas of Common Plant Pathogenic Fungi Observed Microscopically Atlas Ilustrado de Hongos Fitopatogénicos Observados Microscópicamente.
- González-Delgado A., M. K. Shukla, D. W. DuBois, J.P. Flores-Márgez, J. A. Hernández-Escamilla, and E. Olivas. (2017). *Microbial and size characterization of airborne particulate matter collected on sticky tapes along US-Mexico border*. Journal of Environmental Sciences, 53:207-216. ISSN: 1001-0742. China. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1001074216301607>.
- Guzmán, G. (1998). *Análisis cualitativo y cuantitativo de la diversidad de los hongos en México (Ensayo sobre el inventario fúngico del país)*. In La diversidad biológica de Iberoamérica II, G. Halffter (ed.). Acta Zoológica Mexicana, nueva serie vol. Especial, CYTED e Instituto de Ecología, Xalapa. p. 111-175.
- Guzmán, G. (1995). *La diversidad de los hongos en México*. Ciencia, Vol. 39, 52-57.
- Hall, a J. (1999). *A Pictorial Guide for the Identification of Mold Fungi on Sorghum Grain*.
- Herencia, J.F., J.C. Ruiz-Porras, S. Melero, P.A. Garcia-Galavis, E. Morillo, and C. Mqueda, (2007). *Comparation between organic and mineral fertilization for soil fertility levels, crop macronutrient concentrations and yield*. Agronomy Journal. 99:973-983. <https://doi.org/10.2134/agronj2006>.
- Hernández-Escamilla J., J.P. Flores-Márgez, and M.K. Shukla. 2015. *Particulate matter: capture and quantification in natural and anthropogenic sources*. Environmental & Analytical Toxicology. 5:4, p.1-6.<http://dx.doi.org/10.4172/2161-0525.1000281>
- Hawksworth, D. L. (2001). *The magnitude of fungal diversity: 1.5 million species estimate revisited*. Mycological Research 105:1422-1432.
- INEGI, (2017-2019). Mapa de uso de suelo. México: Instituto Nacional de Estadística y

- Geografía. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/> Superficie por tipo de uso de suelo en México. <https://www.inegi.org.mx/temas/suelo/> (Consulta: 30 marzo 2024).
- INEGI, (2004). *Guía para la interpretación de cartografía Edafología*. México. 28 p.
- Islam, K. R., y Weil, R.R. (2000). *Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 79(1), 9-16.
- IUSS. International Union of Soil Science. (2024). *Soil biodiversity*.<https://www.iuss.org/> [https://soils.org.uk/wp-content/uploads/2023/06/BSSS\\_Science-Note\\_June-23\\_Soil-Carbon-Stocks\\_FINAL-DIGITAL\\_300623.pdf](https://soils.org.uk/wp-content/uploads/2023/06/BSSS_Science-Note_June-23_Soil-Carbon-Stocks_FINAL-DIGITAL_300623.pdf). Consultado 6 mayo 2024.
- Jiménez-Cervantes, J.A. (2015). *Hongos en suelos áridos de los municipios de Ascensión y Juárez, Chihuahua*. Tesis de licenciatura en Biología. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), ICB, 59 p.
- López A. (2005). *Manual de Edafología*. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla.
- Monterrubio. R. L., Martínez A., Rosique E. (1999). *Aerobiología: La ciencia de los microorganismos del aire y su ambiente*. Revista de Divulgación. (8) 68-72.
- Mueller, G. M., J. P. Schmit, P. R. Leacock, B. Buyck, J. Cifuentes, D. E. Desjardin, R. E. Halling, K. Hjortstam, T. Iturriaga, K.-H. Larsson, D. J. Lodge, T. W. May, D. Minter, M. Rajchenberg, S. A. Redhead, L. Ryvarden, J. M. Trappe, R. Watling and Q. Wu. (2007). *Global diversity and distribution of macrofungi*. Biodiversity and Conservation 16:37-48.
- Olivas E., Salas L. E., Barraza M. L. (1993). *Hongos del aire como causantes de alergias, una referencia para la atmósfera de Ciudad Juárez*. Cuaderno de Trabajo, ICB- UACJ, 1:17- 22.
- Ortiz-Solorio, C. A., (2010). *Edafología*. 8<sup>a</sup>. Edición, Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de Suelos. Chapingo, Estado de México. 335 p
- Pacioni, G. (1982). *Guía de hongos*. España: Grijalvo, 523 p.
- R Core Team (2018). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- SADER-INIFAP, (2022). Estrategia nacional de suelo para la agricultura sostenible ENASSAS. <https://www.gob.mx/agricultura/documentos/estrategia-nacional-de-suelo-para-la-agricultura-sostenible-2021?idiom=es>. Consultado el 30 de abril de 2024.
- Salgado G.S. y R. Núñez E. (2010). *Manejo de fertilizantes químicos y orgánicos*. Ed. Biblioteca básica de agricultura. Colegio de Postgraduados, Montecillos, Estado de México.
- SEMARNAT (31 de diciembre de 2002). *Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT- 2000*. Establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación.

Trivedi, P., Delgado-Baquerizo, M., Anderson, I. C. y Singh, B. K. (2016). *Response of soil properties and microbial communities to agriculture: implications for primary productivity and soil health indicators*. Frontiers in Plant Science, 7, 990.

WRB (Base Referencial Mundial del Recurso Suelo). (2015). *Base referencial mundial del recurso suelo, 2014*, Actualización, (2015). Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106. FAO, Roma, Italia. Consultado el 16 de abril, 2024, <https://www.iec.cat/mapasols/>.

## **Capítulo II. Listado florístico de plantas medicinales usadas en la comunidad de Santa Teresa Dabóxhta ubicada en el Valle del Mezquital, Municipio del Cardonal, Hidalgo, México**

Roosevelt Rodríguez-Amador<sup>1</sup>

Ana Nallely Ceron-Ortiz<sup>1</sup>

Marithza Guadalupe Ramírez-Gerardo<sup>1</sup>

Christopher Contreras-López<sup>1</sup>

Mariela Zapata-Calderón<sup>1</sup>

### **Introducción**

El uso de las plantas esta relacionado con la evolución del hombre a través de los tiempos y del desarrollo de la humanidad como sociedad. A nivel mundial los registros mencionan que alrededor del 30 al 35 % se les dan diferentes usos a una amplia variedad de especies de plantas (Fuentes-Cervantes et al., 2013, P 128-135). Por lo que se les ha categorizado de la siguiente manera: comestibles, medicinales, construcción, instrumentos de trabajos, maderables, combustibles, uso doméstico, forrajes, abonos, colorantes, celulosa, base para chicles, barnices, fibras, taninos, ceras, goma, pegamentos, venenos, aromatizantes, insecticidas, insecticidas, ornamentales, sombra, estimulantes, melíferas, saponíferas, aceites (Toledo et al., 1995, P 177- 186; Sarukhán, 1995, P 536-537). En la búsqueda y

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo. Mixquiahuala de Juárez, Hidalgo, México. División de Ingeniería en Industrias Alimentarias.

estrecha relación, el hombre comprendió la toxicidad de algunas plantas, aprendió que, a pequeñas dosis, diluido o en infusiones, estas plantas aliviaban dolores, mitigaban el cansancio y evitaban o contrarrestaban múltiples enfermedades (Fuentes-Cervantes et al., 2013, P 128-135). El uso de las plantas conocidas como medicinales es una de las actividades más antiguas del hombre, en ellas ha buscado la curación para diversos malestares y dolores. Se han utilizado para tratar padecimientos como afecciones de la piel, sistema circulatorio, endocrino, nervioso, reproductor, respiratorio y urinario entre otras enfermedades (Fuentes-Cervantes et al., 2013, P 128-135). Por medio de sustancias activas llamados metabolitos secundarios, extraídos por medio de infusiones (tes), macerado, molido o triturado, que, en combinación con agua, soluciones o solventes, etc., junto con un factor físico como el calor o el fuego, se extraen esencias, precipitados o infusiones que contienen estos metabolitos.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud en el año 2020 (OMS) estimaba que alrededor del 80 % de los países en vías de desarrollo, sus problemas de salud y tratamientos de la misma estaban relacionados con el uso de la medicina tradicional (entre ellas el uso de plantas medicinales) y en países desarrollados se utilizan productos derivados de la herbolaria y botánica hasta en un 60 % de los casos. El valor que tienen las plantas de uso medicinal pone en evidencia de que al menos 119 medicamentos importantes, como la vinblastina y la vincristina, alcaloides usados en quimioterapia para el tratamiento de la leucemia pediátrica y la enfermedad de Hodgkin, son derivados de 90 especies de plantas, la mayoría de las cuales se usan en medicina tradicional, además de que poco más del 25 % de los medicamentos alopáticos contienen por lo menos una sustancia de origen vegetal (Sepúlveda et al., 2003, P 355-363; Valencia, 2013; Casas et al., 2016, P 1-19). Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue el de realizar un inventario florístico del uso, aplicaciones y la importancia a nivel de familias de plantas medicinales, mediante entrevistas y colectas en la comunidad de Santa Teresa Dabóxhta, municipio del Cardonal del Valle del Mezquital en el estado de Hidalgo para la preservación, importancia y conocimiento ancestral.

## Antecedentes

El uso de las plantas en cualquier ámbito en correlación con el hombre se remonta a su aparición en la tierra y una estrecha co-especiación, lo que puede explicar un antecedente que va más allá del registro de los tiempos. De los primeros antecedentes escritos pertenecen a los Sumerios y chinos que, de acuerdo a los papiros encontrados, practicaban la medicina y el uso de plantas como remedios tradicionales desde el año 2500 a C así como los antiguos egipcios que desarrollaron una rica tradición en herbolaria (Schultes, 1981). En la India también se elaboraron documentos escritos sobre plantas medicinales

y los griegos realizaron estudios y empleaban plantas para uso medicinal (Schultes, 1981, p. 118). En Europa entre los siglos XVI y XVII, se difundió la idea de que las plantas o partes de las mismas, habían sido creadas para el beneficio del hombre, solo se debía observar cuidadosamente sus características para descubrir su utilidad médica. Otro antecedente importante de la época fue el desarrollo de los jardines botánicos con un papel importante en relación con la medicina (Baker, 1968, p. 33).

Los antecedentes que se tienen respecto al uso de las plantas en compuestos y medicamenteos, se encuentran inmersos en las obras hechas por indígenas de México y en las crónicas y escritos elaborados por los cromistas españoles. De la variedad de documentos inmediatos a la conquista destacan cuatro obras fundamentales en la bibliografía médica mexicana, tales como: El Códice de la Cruz-Badiano, obra redactada por Martín de la Cruz, médico indígena y traducido al latín por otro indígena Juan Badiano en 1552. La obra recibió el título de *Libellus de medicinalibus Indorum Herbis* que en las costumbres de los pueblos precolombinos americanos el uso de las plantas con efectos curativos y místicos que aplicaban en heridas, enfermedades y males comunes entre ellos (De la Cruz, 1996, p. 11-15).

El Códice Florentino o Historia General de las Cosas de Nueva España: esta obra se publicó en 1582 fue realizada por Fray Bernardino de Sahagún, en el cual desarrolla un reporte sobre los usos terapéuticos en la amplia diversidad de plantas que se colectaban y usaban en la Nueva España (Argueta & Villamar, 1994, p. 110-135). En el estado de Hidalgo existen algunos antecedentes de estudios sobre plantas medicinales, entre ellos se encuentra el trabajo de García (1981) donde estudió a las plantas medicinales de la vertiente sur de la Sierra de Pachuca, por medio de entrevistas y registros fotográficos registraron una gran variedad de familias de plantas que se utilizan en diversas enfermedades y padecimientos así como multiples formas de aplicación (te, infusión, macerados); Espinosa (1985), investigó a las plantas medicinales de la Huasteca Hidalguense donde se muestra el amplio conocimientos de la flora y de sus usos por parte de los pobladores de la región y la importancia de la conservación de la diversidad biológica, ya que mencionan el acceso limitado a medicamentos por costos y lo alejado de algunas comunidades de los centros de salud; Este tipo de estudios esta relacionado justo como el de Zamora & Barquin (1997), el cual desarrollo un registro de plantas de uso medicinal en la Sierra de Pachuca y el conocimiento, uso y aplicaciones son similares a estudios previos en el cual los pobladores mencionan el acceso limitado a medicamento y centros de salud, de ahí la importancia de conservar y proteger la flora de la región. Posteriormente Pérez-Escandón y Villavicencio-Nieto (2003), publicaron un listado de plantas medicinales empleadas en diversas regiones del estado, mediante un libro compilatorio. En años recientes los estudios se han enfocado en listados florísticos, conservación cultural, aprovechamiento, usos y costumbres de las mismas. Tal como el estudio de López et al. (2014, p. 7) en la comunidad de Cantarranas, del municipio de Huehuetla, Hidalgo, en el cual realizaron planes de conservación, aprovechamiento de

plantas medicinales y la creación de una Sociedad Cooperativa con las mujeres de la comunidad, que está relacionado con usos y costumbres de la comunidad otomí-tepehua dentro del estado de Hidalgo. La importancia de los listados florísticos de plantas medicinales en estudios recientes también se enfocan en mercados tradicionales ya que por costumbre las plantas colectadas en cerros y cultivadas en casa o invernaderos llegan a estos lugares tal como lo muestra el estudio de Villanueva et al. (2020, p. 1-5), en el cual hicieron un análisis y colectas de plantas de uso medicinales utilizando las flores, hojas y tallos, las cuales se compraron e hicieron encuestas a vendedores y personas que estaban presentes en el mercado 8 de julio, en el centro de la Ciudad de Actopan, del cual se obtuvieron datos del uso en forma de infusiones, macerados o en pastas, para malestares y afectaciones como dolor de estómago, cólicos, diabéticos. El estudio más reciente documentado en el estado de Hidalgo, es el de Lara et al., (2023, p. 197-208) del cual se realizaron entrevistas en colonias y comunidades del municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo, capital del estado. Derivado de las entrevistas se generaron listados de plantas medicinales utilizadas en colonias y comunidades aledañas, con base en los resultados muestran que a pesar de ser una zona urbana persiste el conocimiento, uso y aplicación de las plantas con fines medicinales para malestares estomacal y respiratorio en forma de macerados e infusiones, resaltando que la mayoría de las plantas utilizadas son de traspatio o de jardín. Es importante hacer mención todas las zonas con antecedentes son zonas de bosques de pino-encino o de oyamel, cercanas a la zona norte y este del estado donde las condiciones ambientales son diferentes a la zona de estudio del presente estudio, que pertenece al Valle del Mezquital y se caracteriza por ser una zona semiárida

## **Objetivo**

Realizar un inventario florístico del uso, aplicaciones y la importancia a nivel de familias de plantas medicinales, mediante entrevistas y colectas en la comunidad de Santa Teresa Dabóxhata, municipio del Cardonal del Valle del Mezquital en el estado de Hidalgo para la preservación, importancia y conocimiento ancestral.

## **Materiales y Métodos**

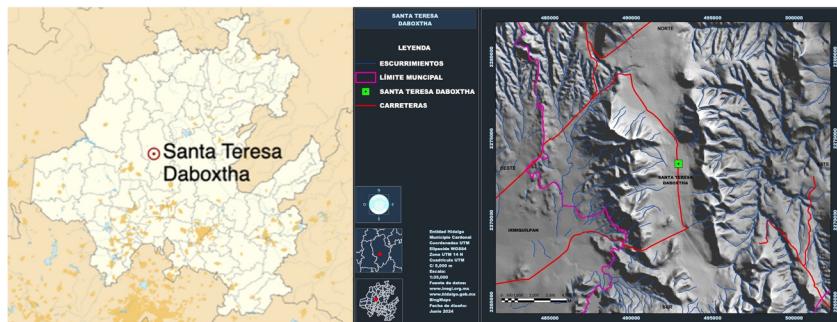
En general el método consistió en: a) recopilación de la información mediante entrevistas dirigidas y conversaciones grabadas (n=30), b) registros del nombre común de las plantas, c) colecta de ejemplares, d) y su determinación taxonómica, comparadas con colecciones de museos y universidades.

## Área de estudio

La comunidad de Santa Teresa Daboxhta que se localiza a 8.5 kilómetros de Cardonal, que es la cabecera del municipio, en dirección Noreste (Figura 1). La comunidad cuenta con un total de 566 habitantes residentes y con una población de migrantes del cual no se tiene registro poblacional. Migran principalmente al país de Estados Unidos de América y Canadá, estos pobladores regresan cada cierto tiempo en los meses de diciembre y enero. Las principales fuentes hidrológicas de esta comunidad son la cuenca del río Moctezuma, el pozo de la comunidad y colecta de agua de lluvia en ciertas temporadas, se considera zona semidesertica por su orografía y condiciones ambientales del Valle del Mezquital. El clima es templado-semifrío, la temperatura promedio anual es de 26 °C y una precipitación pluvial media de 430 milímetros (Plan Nacional de Desarrollo Municipal del Cardonal, Hidalgo, p. 16-35).

**Figura 1**

*Ubicación geográfica de la comunidad de Santa Teresa Daboxhta*



Fuente. Elaboración propia, con base en fuentes digitales.

## Entrevistas y organización de datos

Para determinar las especies de plantas que se utilizan en la comunidad de Santa Teresa Daboxhta, se realizaron 30 entrevistas a personas mayores de 18 años (7 hombres; 23 mujeres), cabe mencionar que la mayoría de la población son niños y mujeres; los hombres que se entrevistaron estuvieron en el rango de edad de entre 45 a 70 años y las mujeres en un rango de edad de 18 a 65 años de edad. Es notable la observación de

que en la comunidad la migración de los jóvenes la edad es de 18 años o incluso menor edad. La aplicación de las entrevistas se realizó al azar debido a la distancia entre las casas de los habitantes, Figura 2, las cuales se realizaron en los meses de junio, julio y agosto del año 2022, con base en un cuestionario previamente diseñado, empleando preguntas abiertas y cerradas en relación con el tema de interés (Alexiades, 1996, p. 55-89). Los datos obtenidos se organizaron en una tabla de excel, donde se anotó el nombre común, nombre científico, uso y padecimiento tratado, nombre de la persona entrevistada, parte de la planta usada y su aplicación.

**Figura 2**  
*Desarrollo de entrevistas a personas de las comunidades*



Fuente. Fotografía tomada por los autores.

### Colecta de muestras

Para la colecta de los ejemplares en el jardín/traspasio y en el cerro se programaron salidas de campo en compañía de informantes de la comunidad, para realizar la recolecta por duplicado de las especies de plantas mencionadas en las entrevistas, las muestras colectadas fueron herborizadas, para su resguardo (Rzedowski & Rzedowski, 2001, p. 230), Figura 3.

### Figura 3

*Colecta de muestras (en el cerro y en jardín)*

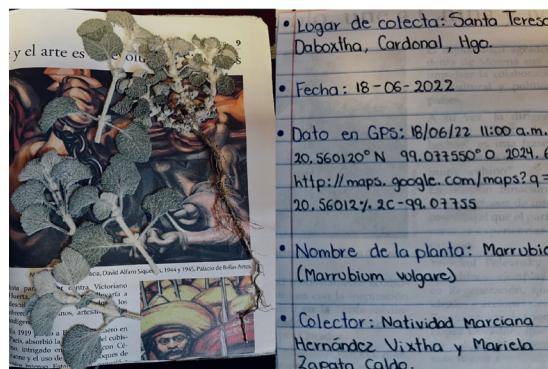


Fuente. Fotografía tomada por los autores.

## Identificación taxonómica de especies

Una vez que se llevaron las muestras a las instalaciones del ITSOEH, se procedió a su identificación taxonómica mediante claves dicotómicas, imágenes de herbarios que están en línea, así como libros de botánica y etnobiología, para su resguardo en el edificio de Ingeniería en Industrias Alimentarias del ITSOEH, Figura 4.

#### **Figura 4** Resguardo y ficha técnica de las muestras colectadas



Fuente. Fotografía tomada por los autores.

## Valor de importancia de la familia (FIV)

El valor de importancia de la familia (FIV por sus siglas en inglés) representa la importancia a nivel cultural de las familias botánicas en el contexto de la etnobotánica, en este índice se muestra la proporción de informantes que mencionan a una familia respecto al número total de informantes (Toscano, 2006, p. 140).

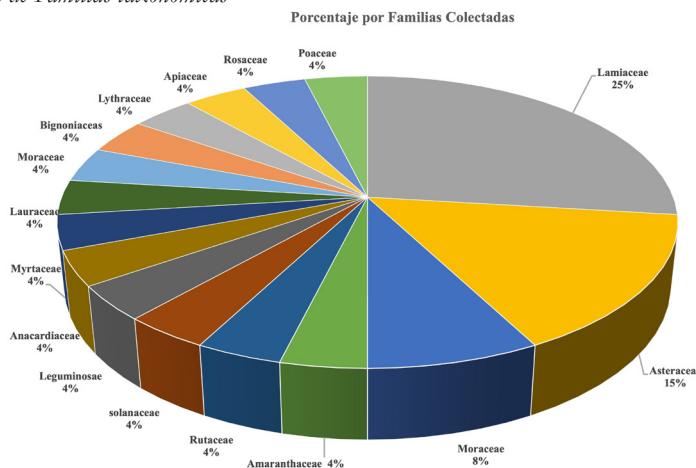
$$FIV = \frac{FC(\text{familia})}{N} * 100$$

FC es el número de informantes que mencionaron a la familia botánica y N es el número de informantes que participaron en el estudio por 100.

## Resultados

Se registraron 26 especies de plantas que pertenecen a 15 familias que se utilizan con fines medicinales, Figura 5, de las cuales destacaron Lamiaceae (26 %); Asteraceae (15 %) y Moraceae (7 %). Se demuestra que en la comunidad de Santa Teresa Dabóxhta el uso ancestral de plantas es amplio y variado.

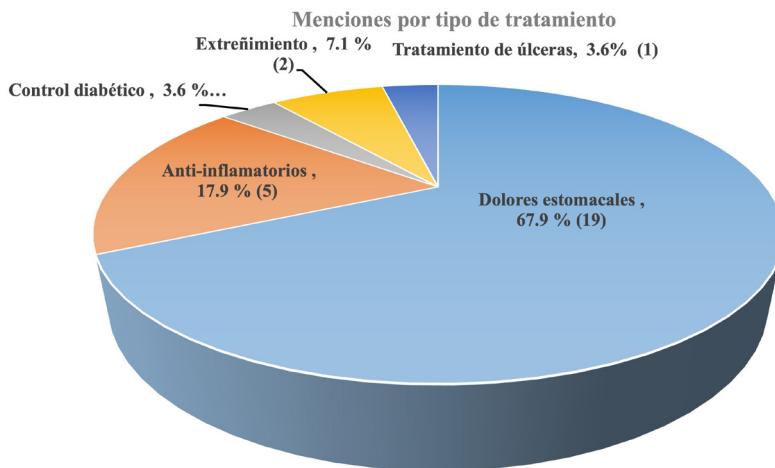
**Figura 5**  
Porcentaje de Familias taxonómicas



Se mencionaron 8 tratamientos con plantas medicinales, Figura 6, los principales mencionados por pobladores de la comunidad fueron: 19 para dolores estomacales (68 %), 5 antiinflamatorios (18 %), 2 por estreñimiento (7 %), una para control diabético (4 %) y una para el tratamiento de úlceras (4 %) Figura 6.

**Figura 6**

Número de menciones de tratamiento (en porcentajes y totales)



De acuerdo con los datos de la Tabla 1, de las 19 de 26 especies colectadas son cultivadas en el jardín o traspatio de los pobladores, de las cuales se utilizan diferentes partes de la planta: hojas, tallos y flores, la forma de aplicación y uso es en té, macerados en alcohol y algunas pastas tipo pomada.

**Tabla 1**

Lista de plantas medicinales mencionadas y utilizadas en Santa Teresa Dabóxhta (Cultivadas en jardín o traspatio)

Nombre común	Nombre científico	Familia	Padecimiento tratados	Parte utilizada de la planta	Usos	Localización
Ruda	<i>Ruta graveolens</i>	Rutaceae	Cólicos	Hojas y Tallos	Infusión	Jardín
Pirul	<i>Schinus molle</i>	Anacardiacae	Dolor de cabeza	Hojas y Tallos	Infusión	Traspasio
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>	Myrtaceae	Control diabetes	Hojas	Infusión	Traspasio
Laurel	<i>Laurus nobilis</i>	Lauraceae	Úlceras del estómago	Hojas	Infusión	Jardín
Toronjil	<i>Melissa officinalis</i>	Lamiaceae	Dolor de estómago	Hojas y Flores	Infusión	Jardín
Higo	<i>Ficus carica</i>	Moraceae	Mejora la digestión	Hojas	Infusión	Traspasio
Albahaca	<i>Ocimum basilicum</i>	Lamiaceae	Dolor de estómago	Hojas y Tallos	Infusión	Jardín
Mora	<i>Morus celtidifolia</i>	Moraceae	Antiinflamatorio	Hojas	Macerado/pasta	Traspasio
Hierbabuena	<i>Mentha spicata</i>	Lamiaceae	Dolor de estómago	Hojas y Tallos	Infusión	Jardín
Epazote	<i>Dysphania ambrosioides</i>	Amaranthaceae	Dolor de estómago	Hojas y Tallos	Infusión	Jardín
Manzanilla	<i>Matricaria recutita</i>	Asteraceae	Dolor de estómago	Hojas, Flores y Tallos	Infusión	Jardín
Jacaranda	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Bignoniaceas	Dolor de estómago	Hojas	Infusión	Jardín
Granada	<i>Punica granatum</i>	Lythraceae	Combate el estreñimiento	Hojas	Infusión	Jardín/ traspasio
Perejil	<i>Petroselinum crispum</i>	Apiaceae	Fortalece el sistema inmunológico	Hojas	Infusión	Jardín
Capulín	<i>Prunus salicifolia</i>	Rosaceae	Dolor de estómago	Hojas	Infusión	Traspasio
Pasto de limón	<i>Cymbopogon citratus</i>	Poaceae	Dolor de estómago, Antinflamatorio	Hojas	Infusión	Jardín
Tomillo	<i>Timus vulgaris</i>	Lamiaceae	Dolor de estómago, diarrea, tos	Hojas y Tallos	Infusión	Jardín

Menta	<i>Menta piperita L.</i>	Lamiaceae	Dolor de estómago, dolor de cabeza	Hojas y Tallos	Infusión	Jardín
Mejorana	<i>Origanum majorana</i>	Lamiaceae	Dolor de estómago	Hojas y Tallos	Infusión	Jardín

Fuente. Elaboración propia.

Siete especies de plantas fueron colectadas en los cerros o zonas aledañas, Tabla 2, aunque las partes de las plantas (tallos, hojas y flores) y el uso (té, macerados y pastas) son las mismas que las colectadas en jardín y traspatio. En algunas entrevistas mencionan las personas que por comodidad y tiempo de traslado se han colectado plantas del cerro y llevado a sus jardines, lo que para ellos garantiza que estén disponibles todo el año y no por temporadas. Lo cual podría beneficiar la conservación biológica de algunas especies.

**Tabla 2**

*Listado de plantas medicinales mencionadas y utilizadas en Santa Teresa Dabaxhtha. (Colectadas en cerro)*

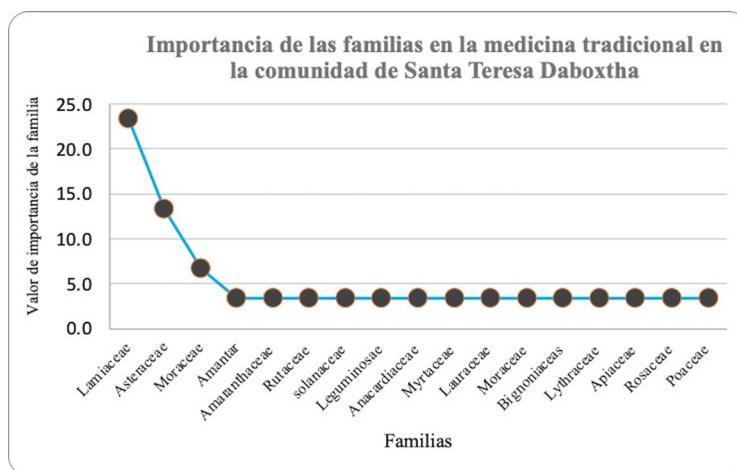
Nombre común	Nombre científico	Familia	Padecimiento tratados	Parte utilizada de la planta	Usos	Localización
Palán Palán	<i>Nicotiana glauca</i>	Solanaceae	Antiinflamatorio	Hojas	Infusión	Ladera del cerro
Marrubio	<i>Marrubium vulgare</i>	Lamiaceae	Dolor de estómago	Hojas	Infusión	Cerro
Uña de gato	<i>Mimosa distachya</i>	Legumino-sae	Antiinflamatorio	Hojas y Tallos	Infusión	Ladera del cerro
Ajenjo	<i>Artemisia absinthium</i>	Asteraceae	Dolor de estómago	Hojas	Infusión	Cerro
Oregano de cerro	<i>Origanum sp</i>	Lamiaceae	Control de diabetes	Hojas y tallos	Infusión	Ladera del cerro
Pirul	<i>Schinus molle</i>	Anacardia-ceae	Dolor de cabeza	Hojas y Tallos	Infusión	Ladera del cerro
Árnica	<i>Arnica montana</i>	Asteraceae	Dolor de estómago	Hojas, Flores y Tallos	Infusión	Ladera del cerro

Fuente. Elaboración propia.

Por último el Valor de Importancia de las Familias botánicas en la medicina tradicional y por el número de menciones en la comunidad de Santa Teresa Dabóxtha son Lamiaceae con 23.3, Asteraceae 13.3 y Moraceae 6.7 respectivamente, las 13 familias restantes con al menos una mención (3.3), Figura 7, Resultados congruentes con la cantidad de menciones y número de especies por familia.

**Figura 7**

*Valor de importancia familiar para las 16 familias botánicas citadas en la comunidad de Santa Teresa Dabóxtha, Cardonal Hidalgo*



Fuente. Elaboración propia.

De acuerdo con estudios en realizados en otros municipios y comunidades de zonas altas, montañosas (vegetación de bosque de coníferas y encinos; bosque húmedo de montaña con clima húmedo) dentro del estado de Hidalgo, tienen como patrón que las familias más importantes y con más menciones a nivel de especies sean Asteraceae, Lamiaceae y Rutaceae, en comparación con Santa Teresa Dabóxtha (vegetación matorral xerófilo clima seco-semiárido enclavada en la zona del Valle del Mezquital): Lamiaceae, Asteraceae y Moraceae patrones y menciones similares por parte de pobladores de las comunidades (Zamora & Barquin, 1997, p 34; López et al., 2014, p. 7; Villanueva et al., 2020, p. 1-5; Lara et al., 2023, p. 197-208). De igual manera el uso y aplicación de las plantas para diversos tratamientos destacan muy similares, ya que la mayoría de las menciones destacan las aplicaciones en infusiones (té), macerados con alcohol y en pasta (tipo pomada), así

como el uso de partes de las plantas hojas, tallos y flores, solo con la excepción del uso de las raíces, las cuales en la comunidad estudiada no es mencionado por algún entrevistado. Estos resultados demuestran patrones de conocimiento y tratamientos casi idénticos con respecto a afectaciones por malestares gastrointestinales y antiinflamatorios (Zamora & Barquin, 1997, p 34; López et al., 2014, p. 7; Villanueva et al., 2020, p. 1-5; Lara et al., 2023, p. 197-208).

El uso de las plantas en la comunidad Santa Teresa Dabóxhta, no tienen un contexto religioso o espiritual, pero si cultural ya que en su mayoría relata el uso de las mismas como parte de su identidad lo que se entiende como un conocimiento ancestral. La mayoría de los entrevistados advierte que este conocimiento se ve en riesgo debido al escaso interés y otro tanto a la migración de la población joven de las comunidades (Lara et al., 2023, p. 197-208). En La zona del Valle del Mezquital se tienen escasos estudios publicados en cuanto al uso y aplicación de plantas medicinales, esto puede ser por los usos y costumbres de las poblaciones en muchos casos por la negativa y desconfianza de las personas a las entrevistas, las cuales deben estar validadas por las autoridades locales e ir acompañado por algún integrante de la misma, lo cual es importante ampliar los listados florísticos en comunidades aledañas con respecto al registro de la riqueza y variedad cultural de la zona (Pérez & Villavicencio, 2003, p 16-80).

## Conclusiones

De manera general se puede concluir que existe un conocimiento elemental del uso y aplicación de plantas de uso medicinal en la comunidad de Santa Teresa Dabóxhta. Se determinó que el mayor uso y aplicación fue para las afectaciones de dolor gastrointestinales, antiinflamatorios, estreñimiento, ulceras y control de la diabetes. La Familia Lamiaceae tuvo la mayor cantidad de menciones de acuerdo con los datos del FIV. Las especies de plantas se colectaron en jardines, traspatio y en menor cantidad de las laderas de los cerros. Se observa un fenómeno que en años recientes algunas especies de plantas han sido colectadas de los cerros y sembradas en los jardines, lo que de cierta manera ha beneficiado la preservación biológica de algunas especies y familias de plantas. Por último, es importante realizar mas inventarios florísticos de uso medicinal en las demás comunidades del municipio del Cardonal, Hidalgo, ya que el conocimiento ancestral podría perderse por factores como la migración de las personas jóvenes, el desinterés o la depredación de plantas.

## Referencias

- Argueta-Villamar A. (1994). *Atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana*. 3 vols. Instituto Nacional Indigenista. México D.F. 1786 p.p.
- Alexiades, M.N. (1996). Selected guidelines for ethnobotanical research: a field manual. The New York Botanical Garden. New York. 306
- Baker, H. G. (1968). *Las plantas y la civilización*. Herrero Hnos. México D. F. 112 p.
- De la Cruz, M. (1996). *Libellus de Medicinalibus Indorum Herbis*: manuscrito azteca de 1552 (según traducción latina de Juan Badiano) versión española con estudios y comentarios por diversos autores. Fondo de Cultura Económica/ Instituto Mexicano del Seguro Social. México D. F. 258 p.
- Casas A., Blancas J., Lira R (2016) Mexican Ethnobotany: Interaction People and Plants in Mesoamerica. Ethnobotany of Mexico. Springer Nueva York, NY. 1-19 p.
- Camou-Guerrero, A., Casas A., Moreno-Calles A. I., Aguilera-Lara, J., Garrido-Rojas, S., Torres, I., Pérez-Negrón, E., Solís, L., Blancas J., Guillen, S., Parra, F. y Rivera-Lozoya, E. (2016) Ethnobotany in Mexico: History, Development, and Perspectives. Ethnobotany of Mexico. Springer Nueva York, NY.
- Estrada-Lugo, E. (1985). *Jardín Botánico de plantas medicinales Maximino Martínez*. Universidad Autónoma Chapingo Chapingo. 41 p.
- Espinosa-Salas, A. J. (1985). *Plantas medicinales de la Huasteca Hidalguense*. [Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM, México. D. F.] 156 p.
- Fuentes-Cervantes, I.; Villavicencio-Nieto, M. Á., y Pérez-Escandón, B. E. (2013). “Plantas medicinales de Omitlán, Hidalgo, México” Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas. 17.
- García-Regalado, G. (1981). *Plantas medicinales de la vertiente sur de la Sierra de Pachuca, Hidalgo*. [Tesis profesional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN]. 118 p.
- Hernández-Guzmán, A. C. y Hermosilla-Carazo, V. J. (2014). Efecto de la concentración de saponinas en la actividad hemolítica de extractos de ocho plantas de uso medicinal en Guatemala. [Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos, Guatemala] 73 p.
- Lara Reimers, E. A., García Hernández, A. R., Cruz García, F., Uresti Duran D., Gonzales Fuentes, J. A., Encina Domínguez, J. A. y Uribe Salazar, Y. (2023). Estudio de plantas medicinales en el Municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo, México. Polibotánica, 55 (1). 197-211 pp.

- Márquez - Alonso, C., Lara – Ochoa, F. L., Esquivel - Rodríguez, B. E. y Mata - Essayag, R. M. (1999). Plantas medicinales de México: composición, usos y actividad biológica. UNAM. México D. F. 119 p.
- Martínez-Gordillo, M., Bedolla-García, G., Fragoso-Martínez, I., García-Peña, M., González-Gallegos, G. Lara Cabrera S. y Zamudio, S. (2017). Lamiaceae de México. Botánica Sciences, 95 (4). 780-806 pp.
- Pérez-Escandón, B.E., Villavicencio-Nieto, M.A. y Ramírez-Aguirre, A. (2003). Lista de las plantas útiles del estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca. 127 p.
- Plan Municipal de Desarrollo 2020-2024 Cardonal, Hidalgo. 99 p.
- Schultes, R.E. y Von Reis S. (1997). Ethnobotany: Evolution of a discipline. Dioscorides Press. Portland. 414 p.
- Rzedowski, G. C. y Rzedowski, J. (2001). Flora fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología A. C. 1406 p.
- Sarukhán, J. (1995). Diversidad biológica. Revista de la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM. 3-10; 536-537
- Sepúlveda-Jiménez, G., Porta-Ducoing, H., y Rocha-Sosa, M. (2003). La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. Revista Mexicana de Fitopatología, 21(3). 355-363 p.
- Toledo V. M., R. Becerra., E. Martínez., A. I. Batis y C. H. Ramos. (1995). La selva útil; etnobotánica cuantitativa de los grupos indígenas del trópico húmedo de México. Interciencia. 20 ( 4): 177- 186.
- Toledo, V.M. (1997). New paradigms for a new ethnobotany: reflections on the case of Mexico. In: Schultes, R.E. and S. Von Reis (Eds.). Ethnobotany. Evolution of a discipline. Dioscorides Press. Portland. p. 75-88.
- Toscano González, J. Y. (2006). Uso Tradicional De Plantas Medicinales En La Vereda San Isidro, Municipio De San José De Pare-Boyacá: Un Estudio Preliminar Usando Técnicas Cuantitativas. Acta Biológica Colombiana, 11(2), 137-146.
- Zamora-Martínez, M. L. y Barquin-López, M. P. (1997). Estudio de la relación Planta-hombre en los municipios de Mineral del Monte y Mineral del Chico, estado de Hidalgo. BH Arturo Herrera Cabañas. Pachuca. 196 p.



# **Capítulo III. Plantas silvestres de uso medicinal de Santa Ana y anexos, Pinos, Zacatecas**

Martha Celia Escobar-León<sup>1</sup>  
Ariel Armando Delgadillo-Escobar<sup>2</sup>  
Susana Muñoz-Beltrán<sup>3</sup>  
Ebsheidi Yaritza Rosales-Márquez<sup>4</sup>

## **Introducción**

Las plantas medicinales silvestres han sido empleadas por diversas culturas desde tiempos remotos. En el caso de México, existen evidencias de su uso que se remontan a la época prehispánica, como lo documenta el Códice De la Cruz Badiano, elaborado durante el periodo colonial con el propósito de enviarlo a la corona española. La transmisión oral ha desempeñado un papel crucial en la conservación y difusión de este conocimiento, especialmente en comunidades con un gran capital natural. En el estado de Zacatecas, particularmente en el ejido de Santa Ana y anexos, sus habitantes reconocen una disminución progresiva en los saberes asociados a la medicina tradicional mexicana.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1979) una planta medicinal es definida como cualquier especie vegetal que contiene sustancias que pueden ser empleadas para propósitos terapéuticos o cuyos principios activos pueden servir de precursores para la síntesis de nuevos fármacos. Considerando esta definición, la OMS

---

<sup>1</sup> Docente-investigador de la Licenciatura en Ciencias Ambientales de la Unidad Académica de Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ)

<sup>2</sup> Estudiante del Programa de Doctorado en Ciencias Agropecuarias, Unidad Académica de Veterinaria y Zootecnia, UAZ

<sup>3</sup> Egresada de la Licenciatura en Ciencias Biológicas, UAZ

<sup>4</sup> Egresada de la Licenciatura en Ciencias Ambientales de la Unidad Académica de Ciencias de la Tierra, UAZ.

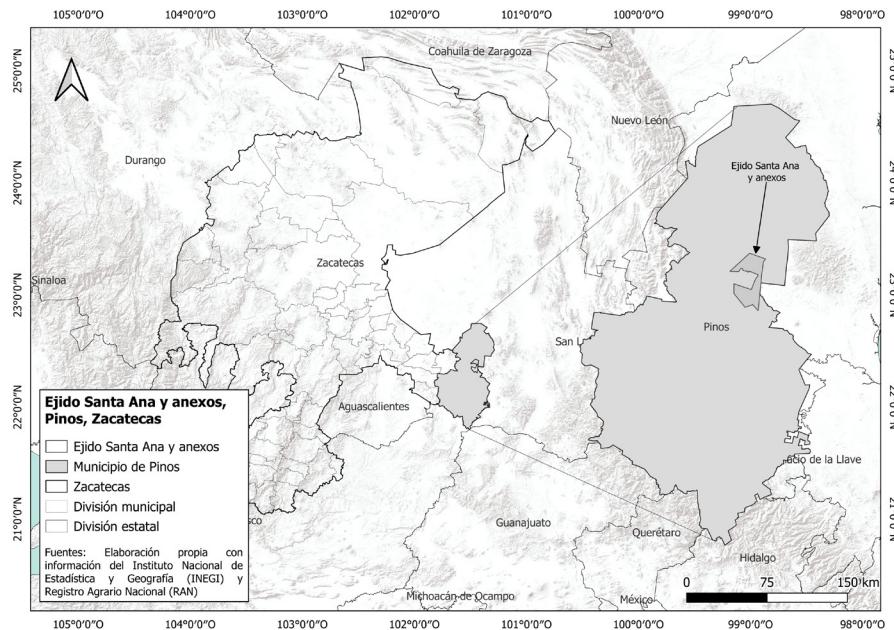
promovió el programa *Salud para todos* en el año 2000, impulsando el estudio de las plantas como fuente de medicamentos (Akerele, 1985).

Con base en los resultados obtenidos durante cinco talleres participativos realizados en 2019 en la localidad de Santa Ana, cuyo objetivo fue explorar alternativas de aprovechamiento forestal no maderable, se concluyó que las plantas silvestres de uso medicinal son prácticamente desconocidas por los habitantes y, por tanto, no son utilizadas. Los participantes señalaron que este conocimiento se ha perdido con el tiempo, y en su mayoría recurren a plantas cultivadas en traspatios para satisfacer sus necesidades medicinales, dejando de lado las especies silvestres. Dentro del ejido, la Sra. María Cárdenas Báez es reconocida como médica tradicional y es frecuentemente consultada para tratar enfermedades y dolencias. Por ello, el presente estudio consideró el diálogo con esta experta en el uso medicinal de plantas silvestres en Santa Ana y anexos, Pinos, Zacatecas. Estas plantas representan un valioso reservorio de conocimiento sobre medicina tradicional, que contribuyen a la salud de los habitantes y forman parte fundamental de su identidad cultural e histórica.

El ejido Santa Ana y anexos (San Carlos y El Llano), está conformado por 221 ejidatarios (Padrón e Historial de Núcleos Agrarios [PHINA], 2024) y con una población total de 1,466 habitantes Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2020), se encuentra a 43 km de la cabecera municipal de Pinos y a 132 km de la capital del estado de Zacatecas (Figura 1). Cuenta con una superficie de 2,996.9 ha de superficie de uso común (PHINA, 2024), donde se desarrolla su vegetación forestal. El ejido se ubica en la Provincia Fisiográfica La Mesa Central en la parte centro norte de México, caracterizada por matorral crasicaule y pastizal natural principalmente (INEGI, 2020).

**Figura 1**

Mapa de localización geográfica de Santa Ana y anexos, municipio de Pinos, Zacatecas



Fuente. Elaboración propia.

## Antecedentes

La biodiversidad forestal de las zonas áridas y semiáridas del país, contribuyen a los medios de vida, incluyendo a la seguridad alimentaria, la salud, el bienestar y los ingresos económicos (Tapia-Tapia, 2008).

En México se aprovechan alrededor de 1,000 productos no maderables cuyo origen son los casi 5,000 taxa de plantas útiles y 240 hongos que se han identificado en los diferentes ecosistemas presentes en el territorio nacional (INIFAP-SEMARNAT, 2009). También se estima que aproximadamente 3,100 especies vegetales se emplean o se han empleado con fines medicinales (Tapia-Tapia, 2008).

El uso de plantas medicinales en el mundo se ha desarrollado desde tiempos inmemorables, en el México antiguo, gracias a su riqueza vegetal endémica, permitió que los pueblos originarios desarrollaran recetas autóctonas para el remedio de las enfermedades.

Entre los registros más importantes de la conquista española y su intercambio cultural con la herbolaria mexicana, está el códice *Libellus de Medicinalibus Indorum Herbis*, ejemplo del encuentro de la cultura médica indígena del Centro de México y los formatos europeos de los recetarios destinados a las curaciones de determinadas enfermedades, registrados después de la conquista española (Linares y Bye, 2013).

La transmisión oral del conocimiento sobre el uso de plantas con fines medicinales, una práctica tradicionalmente perpetuada entre generaciones dentro del núcleo familiar enfrenta actualmente un notable riesgo de desaparición, por lo tanto, debe valorarse la transferencia de legados e información en las culturas de gran capital natural, como la propiedad social (ejidos y comunidades) de nuestro país. El único inconveniente en esta práctica es la informalidad del acto, ya que el hecho de que no existan registros herbolarios en las comunidades priva del legado cultural a muchos y es posible que la taxonomía de las plantas sea ignorada (Rodríguez, 2012).

En estos entornos rurales, fenómenos sociales como la migración, el desinterés de las nuevas generaciones, la precariedad laboral, la apropiación privada del conocimiento y el saqueo de recursos han representado, a lo largo del tiempo, amenazas significativas que comprometen los beneficios que los ecosistemas proporcionan a través de los servicios ambientales.

Existe un trabajo que documenta los usos herbolarios y recupera la tradición oral en el contexto sociocultural del municipio de Pinos (Castañeda-Román, 2011), no obstante, dicho texto carece de validación de la identificación taxonómica de las plantas mencionadas. El objetivo de este estudio es recuperar y sistematizar el patrimonio herbolarío del ejido Santa Ana y anexos mediante el registro de los usos y tipos de aprovechamiento de las plantas silvestres con valor medicinal, así como su identificación taxonómica, contribuyendo en la ampliación del acervo informativo en materia de herbolaria.

## Localización

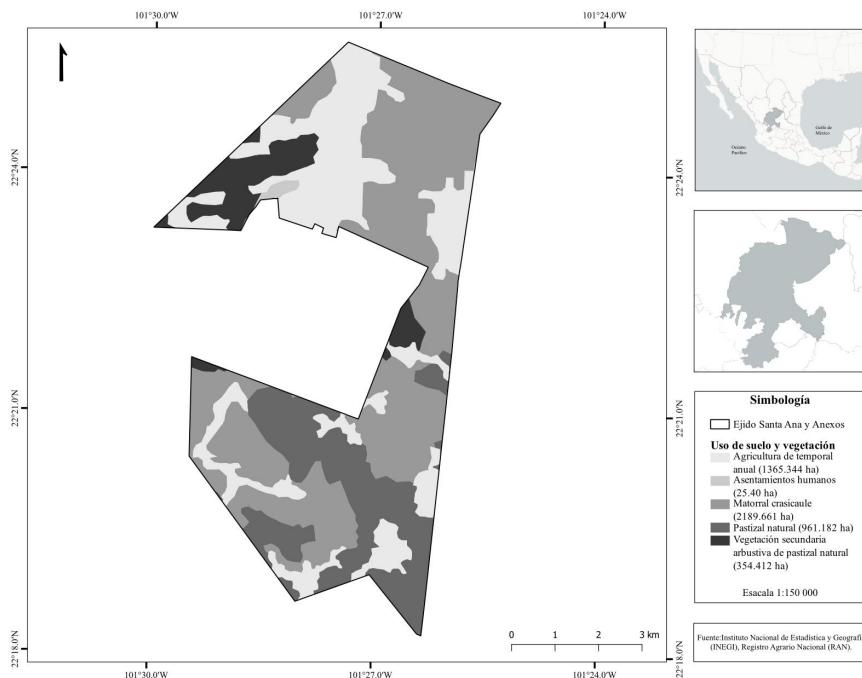
El municipio de Pinos se localiza en el altiplano Zacatecano-Potosino y se distingue por la presencia de una vegetación predominante de matorral xerófilo micrófilo-crasicaule (Figura 2). Esta ecorregión, situada en el noreste del estado, abarca altitudes que oscilan entre los 1,900 y 2,500 m. s. n. m., y está caracterizada por climas secos templados y semicálidos en donde se desarrollan distintas formaciones vegetales, caracterizadas por una alta presencia de plantas suculentas y semisuculentas, con un predominio de familias típicamente asociadas a regiones áridas, como *Cactaceae*, *Asparagaceae* (agaves) y *Crassulaceae* (Challenger y Soberón, 2008).

En el ejido Santa Ana y anexos el tipo de vegetación presente es el matorral crasicaule (Figura 2) compuesta por una comunidad vegetal formada principalmente por

cactáceas, el área está dominada por individuos del género *Opuntia*, aunque su composición florística incluye con frecuencia otras especies arbustivas y herbáceas, especialmente durante las épocas del año con condiciones más favorables, (Figura 3). Otra formación vegetal es el pastizal natural, en el que predominan pastos, zacates y otras gramíneas que son utilizadas con fines ganaderos con una intensidad excesiva (SEMARNAT, 2014).

**Figura 2**

Uso de suelo y vegetación “Santa Ana y anexos”, Pinos, Zacatecas



Fuente. Elaboración propia.

**Figura 3**

*Vegetación característica de Santa Ana y anexos*



Fuente. Fotografía de Susana Muñoz Beltrán.

## Materiales y métodos

### Muestreo

Según lo señalado por Bautista y colaboradores, (2011) así como por Mostacedo y Fredericksen (2000), el muestreo sistemático se puede llevar a cabo iniciando en un punto seleccionado al azar, desde el cual se define una distancia específica para determinar los puntos subsecuentes, siguiendo un patrón regular. Para este estudio, se utilizó el software QGIS 3.16.15 (QGIS.org, 2024), sobre el cual se superpuso una cuadrícula de 993 m por 993 m en el polígono del área de estudio. En cada celda de la cuadrícula se colocó un punto central, representando la unidad de muestreo, obteniendo un total de 64 unidades iniciales, de las cuales se excluyeron las áreas sin cobertura vegetal, resultando 47 sitios con puntos de muestreo establecidos. El número total de muestras se calculó de acuerdo con Martela et al., (2012) utilizando las siguientes fórmulas:

Tamaño de muestra finita

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N-1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Tamaño de muestra infinita

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2}$$

N = tamaño de la población o universo

n = tamaño de la muestra buscada

Z = Parámetro estadístico que depende el nivel de confianza (NC)

e = error de estimación máximo aceptado

p = probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito)

q = (1-p) = probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

Nivel de confianza	Z <sub>alfa</sub>
99.7 %	3
99 %	2.58
98 %	2.33
96 %	2.05
95 %	1.96
90 %	1.645
80 %	1.28
50 %	0.674

Tamaño de la muestra finita: 64.09

Tamaño de la muestra infinita: 67.65

### Puntos de muestreo

El muestreo mediante sitios circulares es una de las técnicas más empleadas para la evaluación de vegetación, ya que genera datos más homogéneos y minimiza el efecto de borde en comparación con los transectos. Este método consiste en establecer un área circular sobre la vegetación para registrar la presencia de especies. El tamaño del área se determina en función de la forma de vida y la densidad de los individuos; en este caso, se utilizó un radio de 17.84 m, según lo propuesto por Mostacedo y Fredericksen (2000).

### Determinación de los taxa

La determinación de los taxa se realizó mediante el uso de claves dicotómicas, revisiones taxonómicas y monografías. El material herborizado se cotejó en los herbarios virtuales: “Portal de Datos Abiertos UNAM, Colecciones Universitarias, Colecciones Biológicas”

(Universidad Nacional Autónoma de México, s.f.), Trópicos, SEINet Arizona – New México Chapter” (SEINet, s.f.), la Red de Herbarios del Noroeste de México (Sánchez-Escalante y Gilbert, 2018). Los nombres científicos aceptados se corroboraron en la base de datos Missouri Botanical Garden (Trópicos) y en el Checklist de las plantas nativas de México (Villaseñor J. L., 2016).

### Entrevista etnográfica

Se trata de una técnica de método etnográfico, dirigida a una participante específica elegida por sus conocimientos y el papel que desempeña dentro de la comunidad. Para el estudio se aplicaron tres tipos de entrevistas (Santos-Fita y Argueta, 2023), una abierta, otra estructurada que incluyó un cuestionario compuesto por 27 preguntas, y otra semiestructurada, dividida en tres secciones con un total de 35 preguntas. Estas entrevistas fueron dirigidas a la Sra. María Cárdenas Báez colaboradora de la investigación (Figura 4), habitante de la comunidad de 64 años, quien completó la educación media a través del Instituto Nacional para la Educación para Adultos (INEA) y quien tiene una práctica de aproximadamente 30 años sobre medicina herbolaria, gracias a los conocimientos transmitidos por sus abuelos y abuelas, siendo una figura de referencia tanto para los habitantes de la comunidad como para personas externas que buscan atención para sus enfermedades y dolencias. A través de las entrevistas realizadas durante el transcurso de un mes, en la que se respetaron y valoraron sus conocimientos tradicionales, se lograron identificar los usos medicinales de las plantas silvestres recolectadas, las cuales son empleadas por la Sra. María en la práctica de la medicina tradicional en el ejido de Santa Ana y anexos.

**Figura 4**

*Señora María Cárdenas Báez, colaboradora de la investigación*



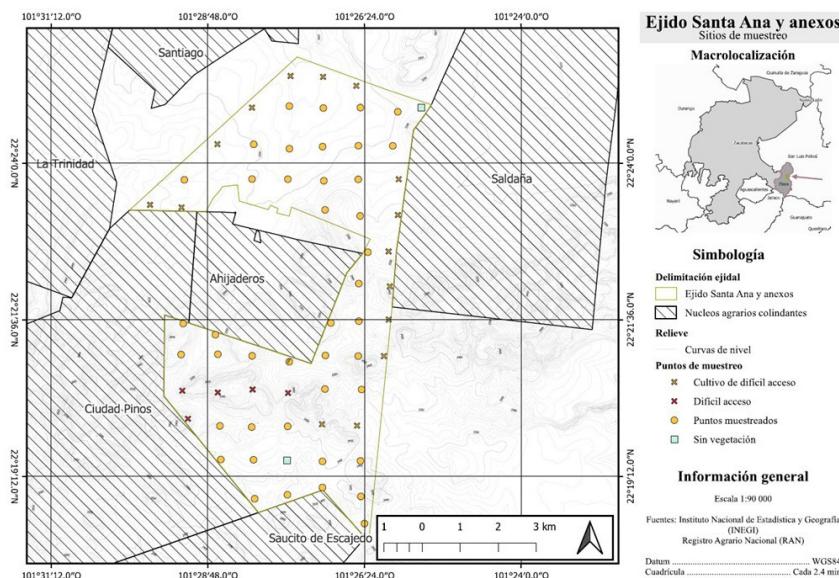
Fuente. Fotografía de Martha Celia Escobar León.

## Resultados

De las 64 unidades de muestreo establecidas, en 22 no se logró recolectar información debido a que corresponden a áreas sin cobertura vegetal, terrenos de difícil acceso o zonas agrícolas con acceso limitado, resultando un total de 42 puntos donde se realizó el muestreo (Figura 5).

**Figura 5**

*Sitios de muestreo y puntos excluidos del muestreo*



Fuente. Elaboración propia.

Se realizó la identificación taxonómica de un total de 71 plantas silvestres de uso medicinal, de las cuales la Sra. María Cárdenas Báez (Figura 6), describió los usos de 57, lo que representa el 80.2 % de ellas (Tabla 1), así como la ruta de administración, las cantidades, frecuencia y duración del tratamiento. El 96.4 % del total de plantas pertenecen al grupo angiosperma, el 1.7 % helecho y el 1.7 % gimnosperma. La familia mayormente representada es Asteraceae con 20 plantas (Figura 7). La especie *Echinocereus pulchellus* (sin.: *Echinocereus weinbergii*), de la familia Cactaceae se encuentra en estatus de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2010), así como, en la Categoría II

del CITES.

### Figura 6

*María Cárdenas Báez, quién colaboró en la colecta, prensado e identificación de las plantas durante los transectos*



Fuente. Fotografía de Yaritza Rosales Márquez.

### Tabla 1

*Especies silvestres de uso medicinal*

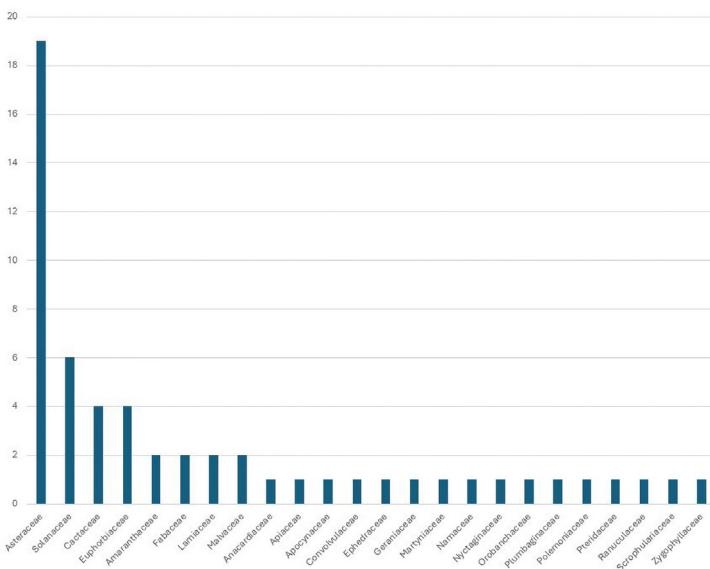
Grupo	Familia	Género	Nombre científico	Nombre común	Código de herbario
Angiospermas	Asteraceae	<i>Ageratina</i>	<i>Ageratina petiolaris</i>	Limpia tuna	SMB1 (HZAC)
Angiospermas	Euphorbiaceae	<i>Acalypha</i>	<i>Acalypha pheloides</i>	Hierba del cáncer	SMB2 (HZAC)
Angiospermas	Asteraceae	<i>Acourtia</i>	<i>Acourtia nana</i>	Clavelillo	SMB3 (HZAC)
Angiospermas	Asteraceae	<i>Artemisia</i>	<i>Artemisia klotzschiana</i>	Estafiate	SMB7 (HZAC)
Angiospermas	Apocynaceae	<i>Asclepias</i>	<i>Asclepias linaria</i>	Sin nombre	SMB8 (HZAC)
Angiospermas	Asteraceae	<i>Baccharis</i>	<i>Baccharis salicifolia</i>	Jaral	SMB9 (HZAC)

Angiospermas	Asteraceae	<i>Bidens</i>	<i>Bidens odorata</i>	Aceitilla	SMB11 (HZAC)
Angiospermas	Nyctaginaceae	<i>Boerhavia</i>	<i>Boerhavia coccinea</i>	Hierba de la hormiga	SMB13 (HZAC)
Angiospermas	Asteraceae	<i>Brickellia</i>	<i>Brickellia veronicifolia</i>	Péiston	SMB15 (HZAC)
Angiospermas	Scrophulariaceae	<i>Buddleja</i>	<i>Buddleja scordioides</i>	Escobilla blanca	SMB16 (HZAC)
Angiospermas	Orobanchaceae	<i>Castilleja</i>	<i>Castilleja scorzonerifolia</i>	Sin vergüenza	SMB17 (HZAC)
Helechos	Pteridaceae	<i>Cheilanthes</i>	<i>Cheilanthes myriophylla</i>	Quemadilla	SMB18 (HZAC)
Angiospermas	Ranuculaceae	<i>Clematis</i>	<i>Clematis drummondii</i>	Barba de chivo	SMB19 (HZAC)
Angiospermas	Euphorbiaceae	<i>Croton</i>	<i>Croton pottsii</i>	Hierba del gato	SMB61 (HZAC)
Angiospermas	Cactaceae	<i>Cylindropuntia imbricata</i>	<i>Cylindropuntia imbricata</i>	Cardenche	Ejemplar fotográfico
Angiospermas	Fabaceae	<i>Dalea</i>	<i>Dalea bicolor</i>	Ramón	SMB22 (HZAC)
Angiospermas	Solanaceae	<i>Datura</i>	<i>Datura inoxia</i>	Toloache	SMB24 (HZAC)
Angiospermas	Convolvulaceae	<i>Dichondra</i>	<i>Dichondra argentea</i>	Orejuela de ratón	SMB25 (HZAC)
Angiospermas	Asteraceae	<i>Dyssodia</i>	<i>Dyssodia papposa</i>	Hierba del torzón/Moc-tezuma	SMB70 (HZAC)
Angiospermas	Cactaceae	<i>Echinocereus weinbergii</i>	<i>Echinocereus weinbergii</i>	Peyote	Ejemplar fotográfico
Angiospermas	Cactaceae	<i>Echinocereus cinerascens</i>	<i>Echinocereus cinerascens</i>	Alicoche	Ejemplar fotográfico
Gimnosperma	Ephedraceae	<i>Ephedra</i>	<i>Ephedra compacta</i>	Pitorreal	SMB28 (HZAC)
Angiospermas	Geraniaceae	<i>Erodium</i>	<i>Erodium cicutarium</i>	Alfilerillo	SMB29 (HZAC)
Angiospermas	Apiaceae	<i>Eryngium</i>	<i>Eryngium heterophyllum</i>	Hierba del sapo	SMB25 (HZAC)
Angiospermas	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia</i>	<i>Euphorbia anychioides</i>	Hierba de la golondrina	SMB30 (HZAC)

Angiospermas	Fabaceae	<i>Aloysia</i>	<i>Aloysia gratissima</i>	Vara dulce	SMB32 (HZAC)
Angiospermas	Amaranthaceae	<i>Gomphrena</i>	<i>Gomphrena serrata</i>	Betónica	SMB33 (HZAC)
Angiospermas	Amaranthaceae	<i>Guillemina</i>	<i>Guillemina densa</i>	Tianguis	SMB34 (HZAC)
Angiospermas	Asteraceae	<i>Gymnoes-perma</i>	<i>Gymnosperma glutinosum</i>	Nota	SMB35 (HZAC)
Angiospermas	Asteraceae	<i>Grindelia</i>	<i>Grindelia oxylepis</i>	Árnica para lavar	SMB36 (HZAC)
Angiospermas	Euphorbiaceae	<i>Jatropha</i>	<i>Jatropha dioica</i>	Sangre de grado	SMB38 (HZAC)
Angiospermas	Zygophyllaceae	<i>Larrea</i>	<i>Larrea tridentata</i>	Gobernadora	SMB39 (HZAC)
Angiospermas	Polemoniaceae	<i>Loeselia</i>	<i>Loeselia coerulea</i>	Huachichile	SMB50 (HZAC)
Angiospermas	Asteraceae	<i>Machaeranthera</i>	<i>Machaeranthera pinnatifida</i>	Árnica (para tomar)	SMB41 (HZAC)
Angiospermas	Cactaceae	<i>Mammillaria</i>	<i>Mammillaria uncinata</i>	Biznaga	Ejemplar fotográfico
Angiospermas	Namaceae	<i>Nama</i>	<i>Nama purpusii</i>	Ventosidad	SMB69 (HZAC)
Angiospermas	Solanaceae	<i>Nicotiana</i>	<i>Nicotiana glauca</i>	Gigante	SMB43 (HZAC)
Angiospermas	Asteraceae	<i>Piqueria</i>	<i>Piqueria trinervia</i>	Tabardillo	SMB45 (HZAC)
Angiospermas	Plumbaginaeae	<i>Plumbago</i>	<i>Plumbago pulchella</i>	Ciricua	SMB46 (HZAC)
Angiospermas	Martyniaceae	<i>Proboscidea</i>	<i>Proboscidea louisianae</i>	Torito	SMB47 (HZAC)
Angiospermas	Asteraceae	<i>Pseudognaphalium</i>	<i>Pseudognaphalium sp.</i>	Gordolobo	SMB49 (HZAC)
Angiospermas	Lamiaceae	<i>Salvia</i>	<i>Salvia reflexa</i>	Chía	SMB52 (HZAC)
Angiospermas	Asteraceae	<i>Sanvitalia</i>	<i>Sanvitalia procumbens</i>	Ojo de pollo	SMB53 (HZAC)
Angiospermas	Anacardiaceae	<i>Schinus</i>	<i>Schinus molle</i>	Pirul	SMB54 (HZAC)
Angiospermas	Malvaceae	<i>Sida</i>	<i>Sida acutilifolia</i>	Riñón gástritis	SMB56 (HZAC)

Angiospermas	Solanaceae	<i>Solanum</i>	<i>Solanum elaeagni-folium</i>	Trompillo	SMB57 (HZAC)
Angiospermas	Solanaceae	<i>Solanum</i>	<i>Solanum heterodoxum</i>	Mala mujer (morada)	SMB58 (HZAC)
Angiospermas	Solanaceae	<i>Solanum</i>	<i>Solanum pubigerum</i>	Congorilla	SMB59 (HZAC)
Angiospermas	Solanaceae	<i>Solanum</i>	<i>Solanum rostratum</i>	Mala mujer (amarilla)	SMB60 (HZAC)
Angiospermas	Malvaceae	<i>Sphaeralcea</i>	<i>Sphaeralcea angustifolia</i>	Hierba del negro	SMB62 (HZAC)
Angiospermas	Asteraceae	<i>Tagetes</i>	<i>Tagetes lunulata</i>	Cinco llagas	SMB63 (HZAC)
Angiospermas	Lamiaceae	<i>Teucrium</i>	<i>Teucrium cubense</i>	Verbena	SMB65 (HZAC)
Angiospermas	Asteraceae	<i>Thymophylla</i>	<i>Thymophylla acerosa</i>	San Nicolás	SMB66 (HZAC)
Angiospermas	Asteraceae	<i>Thymophylla</i>	<i>Thymophylla pentachaeta</i>	Parraleña Amarilla	SMB67 (HZAC)
Angiospermas	Asteraceae	<i>Thymophylla</i>	<i>Thymophylla setifolia</i>	Parraleña Blanca	SMB68 (HZAC)
Angiospermas	Asteraceae	<i>Barkleyanthus</i>	<i>Barkleyanthus salicifolius</i>	Jarilla	SMB75 (HZAC)
Angiospermas	Asteraceae	<i>Zaluzania</i>	<i>Zaluzania triloba</i>	Altamisa	SMB74 (HZAC)

**Figura 7**  
*Especies por familia botánica*



El material botánico se depositó en el Herbario del Estado de Zacatecas (HZAC), el cual se herborizó de acuerdo con el método propuesto por Lot y Chiang (1989) y se determinó con el uso de literatura especializada en floras y tratamientos taxonómicos.

Con base en el conjunto de plantas de uso medicinal identificado por la Sra. María Cárdenas Báez -mismas que emplea habitualmente en la atención de sus pacientes-, se cotejó la información con bases de datos y catálogos especializados: EncicloVida de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, s. f), la Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM, s. f), el herbario XAL del Instituto de Ecología (Instituto de Ecología, A. C., s. f) y la obra Plantas Medicinales de Aguascalientes (García Regalado, 2015).

Se destaca una planta que la Sra. María Cárdenas Báez denomina “riñón-gastritis”, identificada como (*Sida abutilifolia*), misma que recomienda para tratar afecciones renales y gastritis (Figura 8), se trata de una especie característica del semidesierto del estado de Zacatecas, conocida comúnmente como “buendía”, “hierba del buen día” o “yerba de la viejita”, cuyo uso en la medicina tradicional ha sido documentado previamente (CONABIO, 2009). Con base en las entrevistas realizadas a María Cárdenas Báez, se obtuvieron los resultados que se muestran a continuación.

**Figura 8**

Planta denominada por la señora Cárdenas como Riñón-gastritis

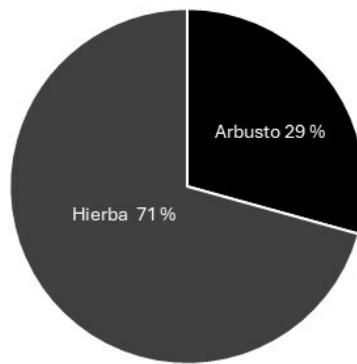


Fuente. Fotografía de Martha Celia Escobar León.

Respecto a la forma de vida, en la Figura 9 se destaca que el 71 % son hierbas y 29 % arbustos.

**Figura 9**

Forma de vida



## Usos medicinales

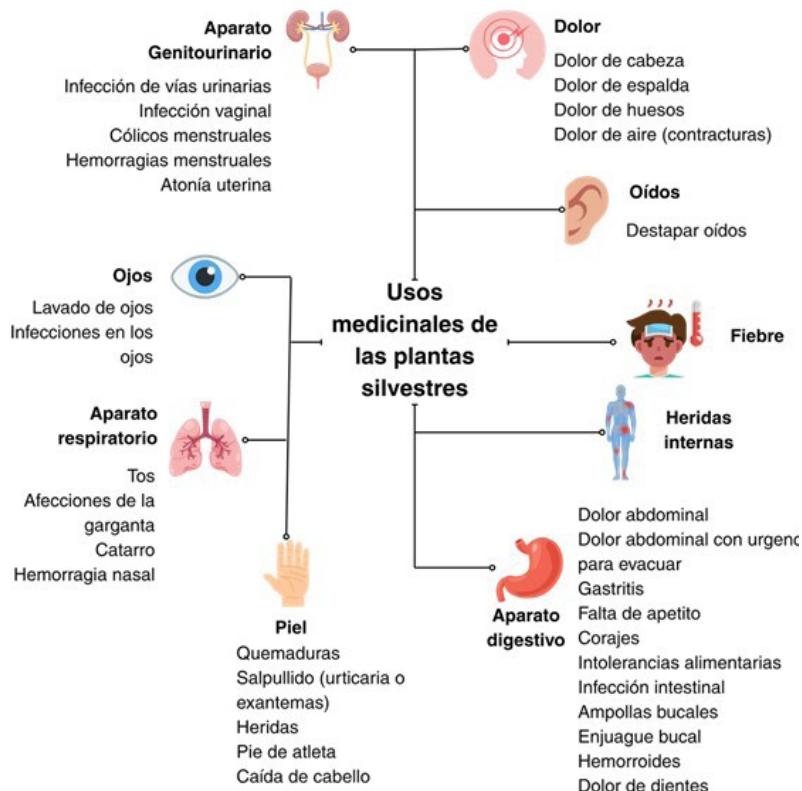
De las 57 especies identificadas 55 cuentan con registro de uso medicinal tradicional en las fuentes consultadas (CONABIO, s. f.); (UNAM, s. f.); (García Regalado, 2015).

Se identificaron 34 usos distintos destacando el principal uso para el sistema digestivo (Tabla 2), clasificados en 10 variantes generales (Figura 10).

**Tabla 2**  
*Usos de las plantas*

Uso	Número
Sistema digestivo	20
Sistema respiratorio	9
Sistema genitourinario	9
Enfermedades de la piel	8
Dolor	6
Heridas internas	2
Fiebre	2
Enfermedades de los ojos	2
Limpias	2
Enfermedades del oído	1

**Figura 10**  
*Usos de las plantas*



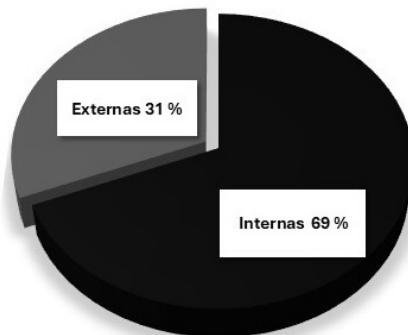
Fuente. Elaboración propia, con base en la información de María Cárdenas Báez.

Se identificaron dos principales formas de uso para las plantas: interno y externo (Figura 11). El 69 % corresponde al uso interno, principalmente a través de infusiones y cocimientos fuertes (Figura 12), mientras que el 31 % corresponde a aplicaciones externas. Dentro de este último grupo, la aplicación directa es la más común, representando el 26 % (Figura 13), seguida de otras formas como masticar y escupir, emplastos, shampoo, baños, maceraciones en alcohol, enjuagues y cataplasmas, según la clasificación propuesta por SEMARNAT (2010).

Se identificó un uso denominado “limpia”, asociado a creencias, ideologías y prácticas rituales. Este uso se emplea para tratar síndromes culturales como el mal de ojo, el espanto y el embrujo, entre otros (Urióstegui, 2015).

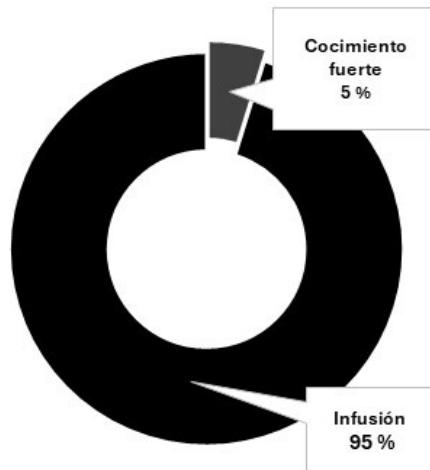
**Figura 11**

*Porcentaje por tipo de uso*

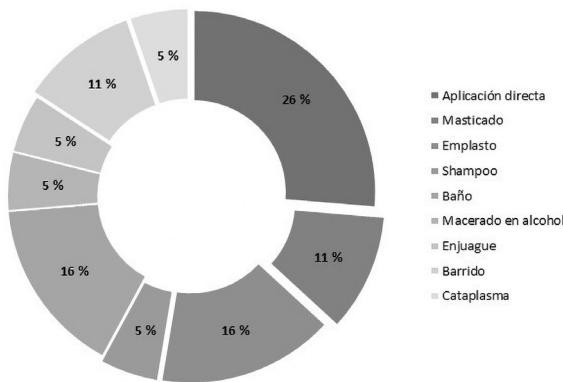


**Figura 12**

*Porcentaje por tipo de uso interno*

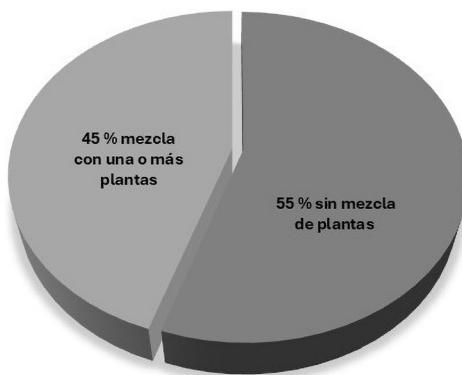


**Figura 13**  
*Porcentaje por tipos de uso externo*



El 55 % de las plantas se utilizan de manera individual, sin combinarse con otras especies, mientras que el 45 % se emplean en mezclas con una o más plantas para potenciar sus efectos (Figura 14).

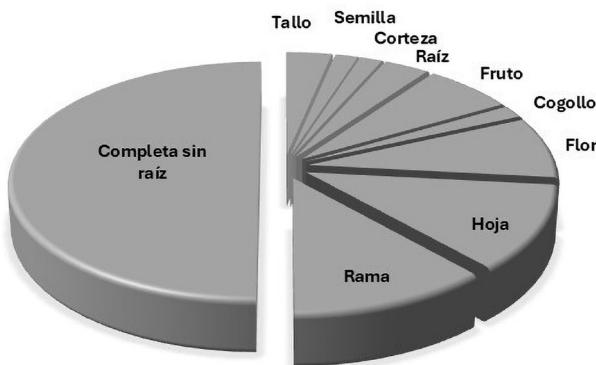
**Figura 14**  
*Porcentaje de plantas que se mezclan con otras*



En cuanto a las partes utilizadas de las plantas (Figura 15), en el 50 % de los casos se utiliza la planta completa, excluyendo la raíz, seguido por el empleo de la rama completa y las hojas.

**Figura 15**

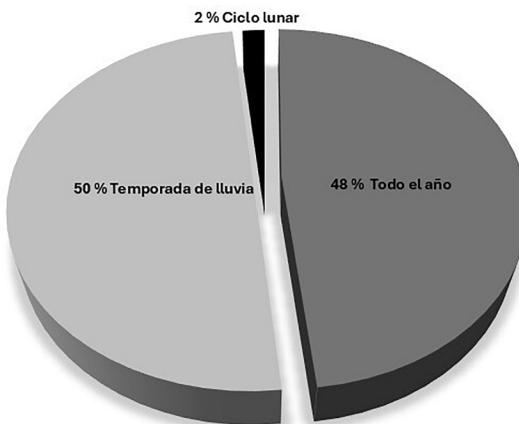
*Partes utilizadas de la planta para uso medicinal*



En cuanto a la temporada en la que se realiza la colecta (Figura 16), el 48 % de las plantas pueden ser recolectadas durante todo el año, mientras que el 50 % depende de la temporada de lluvias para su obtención.

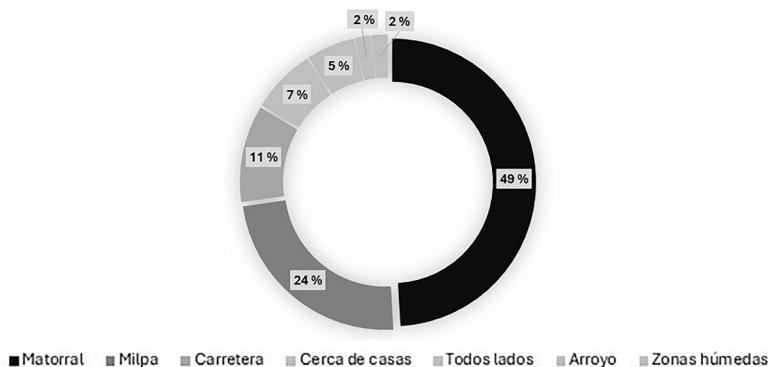
**Figura 16**

*Tiempo de colecta*



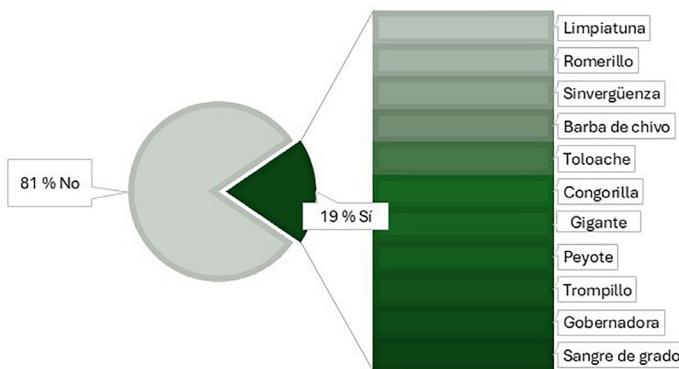
En relación con los lugares de crecimiento de las plantas utilizadas (Figura 17), el 49 % se localiza en áreas de matorral xerófilo, el 24 % en zonas de cultivo (milpas) y el 11 % a lo largo de los bordes de las carreteras.

**Figura 17**  
*Lugar de crecimiento*



En cuanto al conocimiento sobre las plantas potencialmente tóxicas, estas representan el 19 % (Figura 18), lo que determina las recomendaciones específicas para su forma de uso y la duración del tratamiento.

**Figura 18**  
*Porcentaje de plantas reconocidas con toxicidad*



El 13.7 % de las plantas identificadas equivalente a 8 especies, presentan usos distintos al medicinal (Tabla 3), siendo el uso como forraje el más destacado.

**Tabla 3**  
*Usos alternos al medicinal*

Planta	Uso alterno
Árnica	Forraje
Acetilla	Forraje
Hierba del gato	Forraje
Escobilla blanca	Forraje
Ramón	Escoba
Nota	Escoba
Vara dulce	Cerca
Biznaga	Ornamental

## Conclusiones

De las 57 especies identificadas por la Sra. Cárdenas, 55 cuentan con registro de uso medicinal tradicional, en dos casos, de acuerdo con las fuentes consultadas, no se localizó información que sustente algún uso medicinal tradicional.

La pérdida acelerada y continua del conocimiento tradicional sobre el uso de plantas silvestres con valor medicinal en la comunidad de Santa Ana y anexos, representa un desafío significativo para la conservación de la herbolaria tradicional. En este contexto, la identificación taxonómica y la documentación de los usos medicinales de 57 especies de plantas silvestres, con base en el conocimiento de la Sra. María Cárdenas Báez, médica tradicional de la comunidad, constituye un esfuerzo valioso para preservar y revitalizar este patrimonio cultural y ecológico.

Este trabajo no solo contribuye al mantenimiento del saber tradicional, sino que también fortalece el reservorio de información en materia de herbolaria en el municipio de Pinos, Zacatecas. La recopilación y sistematización de estos conocimientos es crucial, ya que ofrece oportunidades para su integración en estrategias de salud comunitaria, desarrollo sostenible y valorización de los recursos naturales locales.

Adicionalmente, este estudio subraya la importancia de los diálogos intergeneracionales y participativos en la transmisión del conocimiento tradicional, así como el reconocimiento de los actores clave en estas prácticas, como María Cárdenas Báez. Este enfoque puede servir como modelo replicable para otras comunidades rurales, promoviendo la

conservación del patrimonio biocultural en regiones donde el conocimiento herbolario está en riesgo de desaparecer.

Finalmente, la documentación y revalorización de estas prácticas pueden tener implicaciones más amplias, desde la promoción de investigaciones futuras en fitoterapia, hasta el fortalecimiento de políticas públicas que protejan tanto los recursos naturales, como los saberes tradicionales asociados a ellos.

## Agradecimientos

Agradecemos al Herbario del Estado de Zacatecas (HZAC) por la recepción, revisión, registro y resguardo del acervo botánico del proyecto y al curador Emmeth J. Rodríguez-Pérez por las observaciones, correcciones y comentarios que permitieron nutrir la información botánica presentada.

## Referencias

- Akerele, O. (1985). The WHO traditional medicine program: Policy and implementation. *International Traditional Medicine Newsletter*, 1, 1–3.
- Bautista, Z. F., Prieto, J. L., Bistrain, R. P., Jiménez, E. C., & Carranza, M. de D. (2011). Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Castañeda Román, D. (2011). Entre hierbas y remedios: Una mirada a la medicina en Pinos. Programa de Apoyos a las Culturas Municipales y Comunitarias (PACMyC).
- Challenger, A., & Soberón, J. (2008). Los ecosistemas terrestres. En J. Sarukhán (Ed.), Capital natural de México. Vol. I. Conocimiento actual de la biodiversidad (pp. 87–108). CONABIO.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (s. f.). EncicloVida. Recuperado el 10 de noviembre de 2025, de <https://enciclovida.mx/>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2019). Publicación en línea. Recuperado el 14 de noviembre de 2019, de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019#gsc.tab=0)
- García Regalado, G. (2015). Plantas medicinales de Aguascalientes [eBook, acceso abierto]. Universidad Autónoma de Aguascalientes. <https://libreriavirtual.aaa.mx/plan-tas-medicinales-de-aguascalientes-maetd.html>

- Hernández, F. (1984). Obras completas (T. II y III). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Instituto de Ecología, A. C. (INECOL). (s. f.). Herbario XAL (Colección de plantas vasculares). Recuperado el 10 de noviembre de 2025, de <https://www.inecol.mx/index.php/infraestructura/colecciones/colección-herbario-xal>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). México en cifras. <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/>
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), & Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2009). Manual que establece los criterios técnicos para el aprovechamiento sustentable de recursos forestales no maderables de clima árido y semiárido. INIFAP/SEMARNAT.
- Linares, E., & Bye, R. (2013). Códice de la Cruz Badiano. Arqueología Mexicana, (50), 8–13.
- Martella, M. B., Trumper, E., Bellis, L. M., Renison, D., Giordano, P. F., Bazzano, G., & Gleiser, R. M. (2012). Manual de ecología. Poblaciones: Introducción a las técnicas para el estudio de las poblaciones silvestres. Reduca (Biología), Serie Ecología, 1–31.
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. S. (2000). Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. BOLFOR.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (1979). The selection of essential drugs (WHO Technical Report Series, No. 641). World Health Organization.
- QGIS.org. (2024). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.org>
- Registro Agrario Nacional (RAN). (2024). PHINA: Padrón e Historial de Núcleos Agrarios — Ficha del Núcleo Agrario (Hoja 2 de 2). Recuperado en julio de 2024.
- Rodríguez, L. M. (2012). De enfermedades y remedios: La transmisión oral del uso doméstico de plantas con fines medicinales en Campeche, México. Apuntes, 25(1), 62–71. <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/revApuntesArq/article/view/8833/7033>
- Royal Botanic Gardens, Kew. (s. f.). Plants of the World Online (POWO): *Salix repens* L. Recuperado el 10 de noviembre de 2025, de <https://powo.science.kew.org/>
- Sánchez-Escalante, J. J., & Gilbert, E. E. (2018). Red de Herbarios del Noreste de México. <http://herbanwmex.net/portal/>
- SEINet. (s. f.). SEINet Arizona–New Mexico Chapter. Recuperado en 2017, de <http://swbiodiversity.org/seinet/>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2010). Plantas medicinales de la Farmacia Viviente del CEFOFOR: Usos terapéuticos y dosificación. SEMARNAT.

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2014). Inventario estatal forestal y de suelos – Zacatecas 2014. SEMARNAT.
- Santos-Fita, D., & Argueta, A. (2023). Etnozoología de mamíferos—Etnomastozoología. En N. Narchi & F. Ruan-Soto (Eds.), Etnobiología a la mexicana: Métodos, consejos y lineamientos selectos de campo (pp. 246–247). El Colegio de Michoacán.
- Tapia-Tapia, E. D. C., & Reyes-Chilpa, R. (2008). Productos forestales no maderables en México: Aspectos económicos para el desarrollo sustentable. *Madera y Bosques*, 14(3), 95–112.
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (s. f.). Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana (incluye Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana). Recuperado el 10 de noviembre de 2025, de <https://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/>
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (s. f.). Portal de Datos Abiertos UNAM — Biodiversidad. Recuperado en 2017, de <https://datosabiertos.unam.mx/biodiversidad/>
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) – Herbario Nacional (MEXU). (2019). *Nama purpusii* Brandegee [Registro de ejemplar]. Recuperado el 10 de noviembre de 2025, de <https://datosabiertos.unam.mx/IBUNAM:MEXU:748871>
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (s. f.). Sauce (*Salix bonplandiana* Kunth). En Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana. Recuperado el 10 de noviembre de 2025, de <https://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/apmtm/termino.php?l=3&t=salix-bonplandiana>
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (s. f.). Taray (*Salix taxifolia* Kunth). En Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana. Recuperado el 10 de noviembre de 2025, de <https://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/apmtm/termino.php?l=3&t=salix-taxifolia>
- Urióstegui-Flores, A. (2015). Síndromes de filiación cultural atendidos por médicos tradicionales. *Revista de Salud Pública*, 17(2), 277–288.
- Vibrans, H. (Ed.). (2009). Malezas de México: *Sida abutifolia* P. Miller. CONABIO. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/malvaceae/sida-abutifolia/fichas/ficha.htm>. Recuperado en 2024.



# Capítulo IV. Plantas y hongos con uso potencial del norte del Desierto Chihuahuense

Martha Patricia Olivas-Sánchez<sup>1</sup>  
Miroslava Quiñonez-Martínez<sup>1</sup>  
Fortunato Garza-Ocañas<sup>2</sup>  
José Nicolás Lauro Aldama-Meza<sup>1</sup>  
Raymundo René Rivas-Cáceres<sup>1</sup>

## Introducción

Los ecosistemas semiáridos del norte de Chihuahua se caracterizan por presentar un mosaico de comunidades biológicas, las cuales están adaptadas a condiciones climáticas extremas. En conjunto, los organismos que viven en la región han creado fascinantes adaptaciones para sobrevivir en suelos pobres en nutrientes, conservar agua y tolerar cambios en la temperatura, entre otros. Paralelamente permiten mantener la estructura del suelo y evitar la erosión eólica e hídrica.

Entre las principales asociaciones vegetales que se pueden identificar se encuentran: matorrales micrófilos, con dominancia de plantas como la gobernadora (*Larrea tridentata*), mezquite (*Neltuma glandulosa*) y el ocotillo (*Fouquieria splendens*); matorrales de dunas con presencia de poblaciones de mezquite, chamizo (*Atriplex canescens*), corona

---

<sup>1</sup> Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León

de cristo (*Koeberlinia spinosa*) y la yuca (*Yucca elata*), y por último, los pastizales abiertos halófitos, dominados por gramíneas (Poaceae), particularmente del género *Bouteloa*. También es común encontrar algunos organismos fúngicos, que muestran adaptaciones a las condiciones de aridez, entre ellos están los hongos secotoides, los cuales forman cuerpos fructíferos con formas inusuales y producen esporadas en grandes masas, cumplen una función importante para el reciclaje de nutrientes del suelo; algunos de los hongos comunes en la región son *Podaxis pistillaris*, *Battarrea phalloides*, *Montagnea arenaria* y *Agaricus texensis*.

El papel de las plantas y hongos en los ecosistemas desérticos va más allá de su importancia ambiental; también desempeñan un papel crucial en la vida de las comunidades locales. Estas especies, adaptadas a condiciones extremas, son utilizadas de diversas maneras, contribuyendo a la sostenibilidad y subsistencia de las poblaciones locales. Muchas plantas han sido domesticadas o aprovechadas comercialmente, también son utilizadas como alimento, como fuente de recursos medicinales tradicionales, y son utilizados en distintos rituales o actividades religiosas. Las condiciones ambientales y las adaptaciones de la flora y hongos ante el estrés, las ha llevado a sintetizar metabolitos secundarios que pueden ser fuente valiosa de compuestos bioactivos, mismos que han demostrado tener actividad medicinal, antioxidante y antimicrobiana (p. ej. *Cosmos bipinnatus*, *Larrea tridentata*, *Lycium berlandieri* y *Stevia salicifolia*).

Los hongos por su parte, pueden tener un impacto potencial en la biorremediación, al mejorar la calidad del suelo en ecosistemas áridos degradados, a su vez, también han tenido un importante impacto en el sector productivo pues se ha demostrado que tienen alta capacidad para degradar compuestos tóxicos, descomponer y reciclar residuos agroindustriales, servir como bioindicadores de la calidad del ecosistema, reciclar nutrientes, producción industrial de enzimas, producción de biopolímeros, alimentos y obtención de pigmentos. Otros recursos con utilidad potencial y que pasan desapercibidos son los líquenes, una asociación mutualista entre un hongo y un alga, que se ha demostrado son buenos indicadores de contaminación ambiental.

El objetivo de esta revisión es contribuir a la comprensión de la riqueza micológica y botánica local y su posible aprovechamiento en la medicina tradicional y sector biotecnológico.

## Antecedentes

Los hongos representan un capítulo por separado, ya que, si bien son pocas las especies encontradas en ecosistemas áridos del norte del Desierto Chihuahuense han sabido adaptarse a estas condiciones de aridez y escases de nutrientes. En su mayoría son especies saprofitas, es decir, que descomponen materia orgánica, pero se han identificado algunas especies micorrizicas y parásiticas (Herrera y Ulloa, 2013).

Son pocos los esfuerzos que se han hecho para documentar la riqueza de macromicetos en el norte de México, destacan los realizados por Garza-Ocañas et al. (2023), quienes presentaron un listado taxonómico de hongos asociados a matorrales espinosos del norte de Tamaulipas y Nuevo León; para el estado de Durango se reportan los estudios de García-Saldaña et al. (2019) en ecosistemas de bosques templados y Rodríguez-Scherzer & Guzmán-Dávalos (1984) en las reservas de la Biosfera la Michilía y Mapimí. Para la región del noroeste, las investigaciones se han enfocado en el altiplano sonorense, particularmente en la diversidad de hongos gasteroides y lignícolas (Esqueda et al., 2012; Raymundo et al., 2013; Hernández-Navarro et al., 2015), por otra parte, en Baja California los esfuerzos se han hecho desde una perspectiva etnomicológica (Bautista-González et al., 2022).

Para el estado de Chihuahua se han estimado alrededor de 500 especies (Gómez-Flores et al., 2019), y los trabajos son variados, entre ellos se encuentran aportaciones a la riqueza fúngica como los registros de Flores-Cavada et al. (2018), Díaz-Moreno et al. (2009) Quiñónez-Martínez et al. (2010) y Quiñónez-Martínez y Garza-Ocañas (2003); aspectos alimenticios y nutricionales como en Gómez-Flores et al. (2019) y Quiñonez-Martínez y Garza-Ocañas (2015), estudios etnomicológicos como en Quiñonez-Martínez et al. (2014), biotecnológicos como en Martínez-Escobedo et al. (2021), y de ecología y biogeografía (Garza-Ocañas et al., 2023).

Para el Desierto Chihuahuense los estudios para los macromicetos han sido aún más limitados, ya que se han enfocado en riqueza de hongos gasteroides y secotoides (Moreno et al., 2010), riqueza y ecología de líquenes (Zuñiga-González et al., 2023), así como aspectos biotecnológicos de hongos desertícolas (*Podaxis pistillaris* en Quiñónez-Martínez et al., 2023).

## Materiales y Métodos

Se realizó una revisión bibliográfica sobre los usos etnobiológicos de las especies de plantas silvestres y macromicetos citadas en este capítulo, basada en los criterios de inclusión con palabras claves como el nombre científico de cada especie, usos medicinales y biotecnológicos, utilizando el idioma español e inglés. Se consultaron bases de datos como *Dialnet*, *Redalyc*, *Google Académico*, *Journal Storage (JSTOR)* así como la biblioteca digital de La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Económicos, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Las especies de plantas que se mencionan en este capítulo se encuentran herborizadas en el Herbario de la UACJ y los hongos cuentan con registros herborizados en la colección del laboratorio de Biodiversidad-ICB UACJ.

Se otorgó una atención especial a las especies botánicas de plantas, destacando su importancia en el contexto medicinal del desierto. Estos hallazgos se plasman en la Tabla 1, enfatizando la riqueza y diversidad de las plantas con potencial terapéutico en el ecosistema chihuahuense.

Adicionalmente, se identificaron y detallaron las propiedades medicinales, así como las diversas formas de aplicación, de un total de cuatro hongos y, se discute la potencialidad biotecnológica de los restantes dos, estos se presentan en detalle en la Tabla 2. La información proporcionada abarca aspectos como género y especie, denominaciones comunes, aplicaciones medicinales y modos de utilización tradicional.

## Resultados

### Plantas con fines medicinales y aprovechamiento

En esta sección se incluyeron plantas del desierto que tienen propiedades medicinales y otros usos, datos que fueron recopilados a través de una revisión de literatura. En la Tabla 1 se muestran estas plantas y sus usos.

**Tabla 1**

*Plantas del desierto con fines medicinales y otros usos*

Nombre científico	Nombre común	Familia	Uso potencial	Forma de uso
<i>Cosmos bipinnatus</i> Cav	Aster mexicano (Chihuahua)	Asteraceae	Tratamiento de tos	Infusión acuosa (té)
<i>Larrea tridentata</i> (DC.) Coville	Gobernadora	Zygophyllaceae	Acné, psoriasis, problemas de alergias, analgésico, antiinflamatorio, antifúngico, antiviral, varicela, parásitos, infecciones del tracto urinario	Infusión acuosa (té)
			piedras en el riñón	Tópico en infusión acuosa
<i>Lycium berlandieri</i> Dunal	Cilindrillo, goji americano, <i>Wolf Berry</i>	Solanaceae	Potencial de alimento funcional, antienvejecimiento, longevidad, regeneración del hígado, regulación de la hormona del crecimiento, antiinflamatorio.	Frutos como alimento
<i>Steria salicifolia</i> Cav	Chacal, hierba de la mula	Asteraceae	Antirreumática, dolor del estómago, purgante, fiebre e infecciones de la garganta.	Emplastos con infusión alcohólica

<i>Condaliopsis obtusifolia</i> (Hook. ex Torr. & A. Gray) Suess.	Tecomblate (Chihuahua), Juyam, Jabetá, Jijitome Sinaroapo, Jutuuki (lengua mayo) Barchata	Rhamnaceae	La comunidad indígena mayo en Sonora, la reportan para el tratamiento de la irritación de la piel, gonorrea, sífilis e infecciones estomacales.  Anticancerígena	Hojas, frutos, corteza raíces en infusión acuosa y emplastos
--	--	------------	--	--

*Cosmos bipinnatus* Cav., planta cosmopolita, anual, erecta, poco ramificada, de 20 cm a 1.20 m, raramente de 2m. Hojas de 3 a 11 cm. de largo, partidas en segmentos lineares. Flores periféricas generalmente de color rosado, lila, violeta o blanco (Figura 1). Las flores del disco son enteramente amarillas y se usan en tratamiento para la tos, en infusión acuosa (Olivas-Sánchez et al, 2012). También se usa para disminuir la fiebre, tiene gran capacidad como antioxidante (Jang, et al, 2008). Otros usos que se han reportado es en la biorremediación, al disminuir la concentración de metales pesados en suelo (Hangan et al., 2020).

**Figura 1**  
*Cosmos bipinnatus*

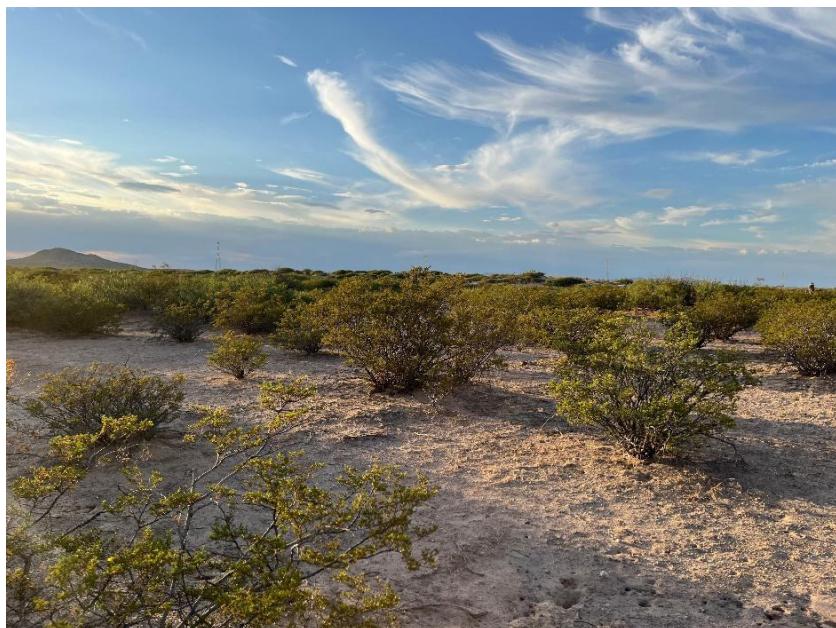


Fuente. Fotografía libre de derechos <https://pixabay.com/es/>

*Larrea tridentata* (DC.) C., conocida como gobernadora (Figura 2), se usa para el acné, psoriasis, problemas de alergias, analgésico, antiinflamatorio, antifúngico, antiviral, varicela, parásitos, infecciones del tracto urinario, piedras en el riñón (Olivas-Sánchez et al., 2012). También se ha estudiado para la extracción de polifenoles a nivel industrial con fines de preparación de prebióticos (Castro-Torres et al., 2021). Arteaga y colaboradores (2005), en una revisión de literatura encontraron que este arbusto ha sido reportado para más de 50 padecimientos en la medicina tradicional, entre los más comunes es como antihelmíntico, antibiótico, antifúngico y dolor de cabeza.

**Figura 2**

*Larrea tridentata* de nombre común gobernadora



Fuente. Fotografía de Victoria Cervantes.

*Lycium berlandieri* Dunal, de nombre común Cilindrillo, Goji americano, *wolfberry* (Figura 3). Los frutos han sido reportados como comestibles, para el antienvejecimiento, longevidad, regeneración del hígado, regulación de la hormona del crecimiento, antiinflamatorio (Wolfe, 2009). De acuerdo con Olivas-Sánchez y colaboradores (2023), el fruto puede ser sujeto de propuestas para el desarrollo regional en el estado de Chihuahua, debido a

varias razones: a) tiene un alto potencial para ser usado como alimento funcional dada su buena aceptación en pruebas organolépticas, b) alto contenido de antioxidantes y calidad proteica, c) alta cobertura en áreas halófitas cercanas a cuerpos de agua.

**Figura 3**  
*Lycium berlandieri*



Fuente. Fotografía de Patricia Olivas.

*Stevia salicifolia* Cav, de nombre común Chacal, hierba de la mula (Figura 4). Antirreumática, se usa en forma tópica en infusión alcohólica. Para el dolor del estómago, fiebre e infecciones de la garganta en té como infusión acuosa (Olivas-Sánchez et al., 2012) y para eliminar parásitos intestinales como purgante (Soejarto, 2002).

**Figura 4**  
*Steria salicifolia*



Fuente. Fotografía libre de derechos <https://pixabay.com/es/>.

*Condalia opsis obtusifolium* A. Gray. Tecomblate (Chihuahua), Juyam, Jabetá, Jijitome Sinaroapo, jutuuki, (lengua mayo), barchata (Sonora) (Figura 5 y Figura 6). La comunidad indígena mayo en Sonora, la reportan para el tratamiento de la irritación de la piel, gonorrea, sífilis e infecciones estomacales. Molina y colaboradores (2018), elaboraron un estudio de anti-proliferación de células cancerosas, confirmando el uso tradicional contra el cáncer.

**Figura 5**

*Condaliopsis obtusifolia* (Hook. ex Torr. & A. Gray) Suess.



Fuente. Fotografía tomada por Mauricio Montes Ojeda.

**Figura 6**

Frutos de *Condaliopsis obtusifolia* (Hook. ex Torr. & A. Gray) Suess.



Fuente. Fotografía ©Neal Kramer.

## Macromicetos del norte del Desierto Chihuahuense

Los hongos que forman cuerpos fructíferos encontrados en el ecosistema árido del Desierto Chihuahuense son especies adaptadas a condiciones extremas, principalmente bajo nivel de humedad y nutrientes, temperaturas altas y suelos con textura arenosa. Su forma de vida en su mayoría es de tipo saprobio, descomponiendo la poca materia orgánica presente, aunque se han identificado algunas especies micorrízicas (*Astraeus hygrometricus*, *Pisolithus arhizus*) y parasíticas. Las especies de hongos encontradas en la revisión se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Lista de hongos del norte del Desierto Chihuahuense con uso potencial*

Nombre científico	Nombre común	Familia	Uso potencial	Forma de uso
<i>Astraeus hygrometricus</i>	Hongo estrella; estrella de tierra	Diplocystaceae	Medicinal, Comestible, Micorrízico	Aplicación de las esporas. Comestible en estadio juvenil. Aplicación de inóculos esporales o micelio en raíces de especies arbóreas.
<i>Agaricus deserticola</i>	-	Agaricaceae	Comestible (en discusión). Biotecnológico para manejo de agroresiduos	Preparación en estadio juvenil.
<i>Podaxis pistillaris</i>	Soldadito	Agaricaceae	Medicinal, Comestible	Aplicación de esporas sobre las heridas. Comestible en estadio juvenil.
<i>Pisolithus tinctorius</i> <i>P. arhizus</i>	Hongo tierra, falso escarabajo	Sclerodermataceae	Medicinal, Comestible, Micorrízico	Aplicación de las esporas. Comestible en estadio juvenil. Aplicación de inóculos esporales o micelio en raíces de especies arbóreas.
<i>Battarrea stevenii</i>	Zanco arenoso	Agaricaceae	Biotecnológico para manejo de residuos agroindustriales	Uso de micelio para degradación de materia vegetal.
<i>Bovista</i> sp.	Bejines	Agaricaceae	Medicinal (solo uso tradicional)	Aplicación de las esporas sobre la piel y heridas

<i>Disciseda candida</i>	Polvillo del diablo	Agaricaceae	Medicinal (solo uso tradicional)	Aplicación de las esporas sobre la piel y heridas
<i>Disciseda hyalothrix</i>	Polvillo del diablo	Agaricaceae	Medicinal (solo uso tradicional)	Aplicación de las esporas sobre la piel y heridas
<i>Gastrum spp.</i>	Estrella de tierra	Gastraceae	Medicinal (solo uso tradicional)	Aplicación de las esporas sobre la piel y heridas
<i>Tulostoma fimbriatum</i>	-	Agaricaceae	Medicinal (solo uso tradicional)	Aplicación de las esporas sobre la piel y heridas

*Astraeus hygrometricus*, comúnmente conocido como “estrella de tierra” u “hongo estrella”, es una especie fascinante que pertenece a la familia Diplocystaceae. Este macromiceto presenta una apariencia única y distintiva que lo distingue de otros hongos: su carpóforo tiene una forma globosa a irregular, la cual guarda una masa esporal de color marrón cobrizo, de este también se desprenden de seis a ocho lacinias con una superficie rugosa y estriada, puede alcanzar un diámetro de 2 a 8 cm (Esteban, 1994). Una de las capacidades más sobresalientes es su respuesta a las condiciones ambientales, específicamente a la humedad, ya que en porcentajes de humedad bajos tiene la capacidad de contraer sus lacinias, formando una esfera cerrada que protege las esporas en su interior (Hayat, 2014). Este hongo suele encontrarse en suelos arenosos y bosques mixtos, preferiblemente en áreas templadas y subtropicales, también suele encontrarse en zonas con impacto ambiental (Quiñónez-Martínez et al., 2013). En la región del norte del Desierto Chihuahuense suele encontrarse en islas de montaña, donde existen microclimas específicos para su desarrollo (Figura 7).

Ecológicamente son hongos micorrízicos, es decir, realizan asociaciones simbióticas con especies arbóreas, diversos estudios han determinado que esta asociación mejora la eficiencia del crecimiento en diversas especies arbóreas, formando intercambios nutrimentales y apoyando al mejoramiento general de la planta (Quiñónez-Martínez et al., 2023; Cabrera-Rodríguez et al., 2022; Fangfuk et al., 2010). También se ha demostrado que los extractos metanólicos y etanólicos del carpóforo de *A. hygrometricus* tienen actividad antimicrobiana (Martínez-Escobedo et al., 2022). Es ampliamente consumido en estadio juvenil en distintos países de Asia (Biswas et al., 2017), del mismo modo, se ha demostrado que es una buena fuente nutrimental ya que es rico en carbohidratos y minerales como nitrógeno, potasio y hierro, manganeso y zinc (Gómez-Flores et al., 2019). En la medicina tradicional, también han sido reconocidos como auxiliares para el tratamiento de heridas cutáneas como rasguños, cortes menores, heridas sangrantes, quemaduras e infecciones (Bautista-González et al., 2022).

**Figura 7**

*Carpóforos de Astraeus hygrometricus en suelos de islas de montaña*



Fuente. Fotografía de Miroslava Quiñónez.

*Podaxis pistillaris*, comúnmente conocido como “soldadito”, es otra especie de macro-miceto desertícola de la familia Agaricaceae, se encuentra distribuido ampliamente por México y el sur de Estados Unidos. Sus carpóforos tienen una morfología característica, ya que asemejan una “varita” de porte rígido y fibroso, que se ensancha en la parte superior. El pie es cilíndrico, inicialmente duro y fibroso y de coloración blanca, se torna escamoso y de coloración amarilla pálida a marrón claro al envejecer; su himenio (gleba) consiste en un saco de color amarillo a blanco, el cual es muy frágil y al destruirse deja ver una abundante masa esporal de color verde oscuro a negro (Figura 8A). Crece en suelos arenosos, con un pH neutro a alcalino, y es común observarlo en parques y zonas urbanas con parches de suelo desnudo, es un hongo saprófito.

En cuanto a su posible utilidad, *P. pistillaris* ha sido tradicionalmente utilizado en la medicina tradicional de algunas comunidades. Se le atribuyen propiedades medicinales, sobre todo para tratar afecciones de la piel, como heridas, llagas, cortes, raspaduras, quemaduras e infecciones, utilizando las esporas para anestesias, cerrar la herida y detener el sangrado (Bautista-González et al., 2022). También se reportó recientemente que extractos etanólicos y metanólicos de *P. pistillaris*, tanto en su fase micelial (Feleke y Doshi, 2017), como carpoforal (Quiñónez-Martínez et al., 2023), han demostrado propiedades antimicrobianas en bacterias y hongos patógenos de plantas y humanos.

El hongo *Agaricus deserticola* se encuentra distribuido en toda la región desértica de Norteamérica (Garza-Ocañas et al., 2023). Esta especialmente adaptado para prosperar en hábitats secos o semiáridos, suelen aparecer solitarios o en grupos dispersos (Miller,

2006). Sus cuerpos fructíferos son secotioídes, lo que implica que las esporas no son liberadas por fuerza y que el sombrero no se expande completamente (Moreno et al., 2010); en lugar de desarrollar las típicas láminas de los champiñones, *A. deserticola* presenta un complejo sistema de tejido productor de esporas a modo de gleba, que se expone cuando el velo parcial se rompe y libera sus esporas por acción del viento o por dispersión animal (Davis et al., 2012). El pie es cilíndrico, firme y a medida que madura adquiere una textura leñosa (Desjardin et al., 2014). El carpóforo puede alcanzar alturas de hasta 18 cm, con sombreros que llegan a medir 7.5 cm de ancho (Figura 2B) (Miller, 2006).

A pesar de ser uno de los hongos de ecosistemas áridos menos estudiados, su potencial biotecnológico es interesante. En primera instancia la comestibilidad de este hongo ha sido tema de discusión de algunos autores, enfatizando su agradable sabor en sus etapas juveniles (Miller, 2006), lo que podría aportar una variedad de micronutrientes esenciales y fibra dietética a quienes lo incluyan en sus dietas, sin embargo, se requieren estudios relacionados a su comestibilidad ya que otros autores discrepan (Wood & Stevens, 2010). En el ámbito de la biotecnología, *A. deserticola* ofrece posibilidades para la búsqueda de metabolitos con propiedades antimicrobianas; este enfoque podría abrir nuevas perspectivas en la creación de compuestos con aplicaciones médicas y farmacéuticas, contribuyendo así al desarrollo de soluciones para combatir microorganismos patógenos. Por último, el papel de este hongo saprofita como agente de degradación de residuos agroindustriales ofrece una perspectiva valiosa desde el punto de vista ambiental; su capacidad para descomponer residuos puede ser aprovechada en estrategias sostenibles de gestión de desechos, contribuyendo así a la reducción del impacto ambiental generado por la agroindustria esto ha sido demostrado con especies del mismo género, por mencionar *Agaricus bisporus* (Savoie & Mata, 2016).

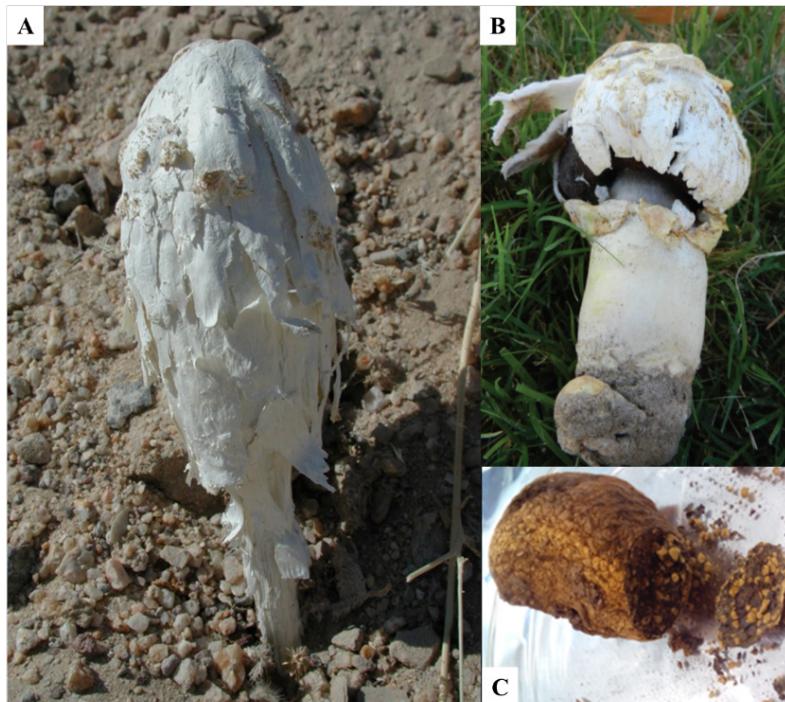
*Pisolithus tinctorius* y *P. arhizus*, conocidos comúnmente como “hongos de la tierra” o “falso escarabajo”, es un macrohongo perteneciente a la familia Sclerodermataceae. Este género, caracterizado por su distintiva apariencia, su forma es inicialmente esferoidal y puede volverse irregular a medida que madura. El color de sus carpóforos es distintivamente marrón oscuro, volviéndose más cobrizo a amarillento con la edad (Lincoff, 1984) (Figura 2C). Este hongo se encuentra a asociado con las raíces de árboles, estableciendo relaciones simbióticas de tipo micorrízico, es común encontrarlo en jardines y parques urbanos; a través de esta simbiosis, contribuye al intercambio beneficioso de nutrientes entre el hongo y el hospedero vegetal, mejorando la salud y la vitalidad del árbol (Quiñónez-Martínez et al., 2023; Sebastiana et al., 2018).

Además de su función ecológica, *P. tinctorius* ha llamado la atención por su capacidad para producir pigmentos naturales, que históricamente se han utilizado para teñir tejidos y cueros; la obtención de estos tintes se ha explorado en varias culturas, y el hongo ha sido apreciado tanto por sus características estéticas como por su utilidad práctica en el ámbito textil (Cabrera, 2010). En el sector medicinal ha sido reportado el uso tradicional

de las esporas para curar lesiones de la piel como hemorragias, heridas, raspaduras, cortes, llagas, quemaduras, picazón (Bautista-González et al., 2022), así como ser beneficioso para la piel del rostro para reducir las arrugas (del mismo modo, se han caracterizado metabolitos presentes en el carpóforo con actividad antibacteriana y antifúngica, particularmente sobre microorganismos fitopatógenos presentes en el suelo (Ganeshkumar et al., 2021; Tsantrizos et al., 1991). Por último, su potencial alimenticio es latente en la región, ya que se ha mencionado que el carpóforo es comestible en estadios juveniles, y análisis proximales han demostrado ser una fuente complementaria de proteína, carbohidratos y minerales como hierro, potasio y zinc (Gómez-Flores et al., 2019).

### Figura 8

*Cuerpos fructíferos de hongos de zonas áridas del municipio de Ciudad Juárez, Chih.* A) Carpóforo de *Podaxis pistillaris*. B) Carpóforo de *Agaricus deserticola*. C) Carpóforo de *Pisolithus tinctorius*

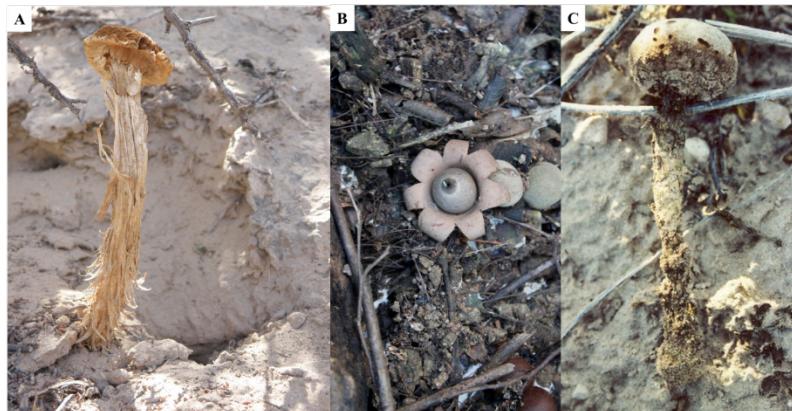


Fuente. Fotografía de Miroslava Quiñónez.

Otros hongos presentes y poco estudiados en la región del norte del desierto Chihuahuense (Moreno et al., 2010) y que han sido reportados diversos usos dentro de la medicina tradicional son *Battarrea stevenii* (Figura 9), *Bovista* sp., *Disciseda candida*, *D. hyalothrix*, *Geastrum* spp. y *Tulostoma fimbriatum* (Bautista-González et al., 2022), en general se les atribuyen propiedades para curar lesiones y quemaduras en la piel, siendo las esporas el principal componente usado. Sin embargo, y al igual que en los anteriores casos descritos, estos hongos pueden representar oportunidades para llevar a cabo estudios de comestibilidad, capacidad antimicrobiana, degradación de agroresiduos, entre otros.

### Figura 9

Hongos de zonas áridas del municipio de Ciudad Juárez. A) Carpóforo de *Battarrea stevenii*. B) Carpóforo de *Geastrum* sp. C) Carpóforo de *Tulostoma fimbriatum*



Fuente. Fotografía de Miroslava Quiñónez.

### Conclusión

Dado el registro elaborado en este trabajo, podemos concluir que existen recursos florísticos en el Desierto Chihuahuense, como hongos y plantas que exhiben potencial de aprovechamiento, siempre que éste sea planeado con miras hacia la sustentabilidad para lograr un equilibrio entre la explotación y su uso.

## Referencias

- Arteaga, S., Andrade-Cetto, A., Cárdenas, R. (2005). *Larrea tridentata* (Creosote bush), an abundant plant of Mexican and US-American deserts and its metabolite nor-dihydroguaiaretic acid, *Journal of Ethnopharmacology*, Volume 98, Issue 3, Pages 231-239. ISSN 0378-8741. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.02.002>.
- Bautista-González, J. A., Montoya, A., Bye, R., Esqueda, M., & Herrera-Campos, M. D. L. A. (2022). Traditional knowledge of medicinal mushrooms and lichens of Yuman peoples in Northern Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 18(1), 1-17.
- Biswas, G., Nandi, S., Kuila, D., & Acharya, K. (2017). A comprehensive review on food and medicinal prospects of *Astraeus hygrometricus*. *Pharmacognosy Journal*, 9(6).
- Cabrera, F. M. (2010). La selección sostenible de los materiales de construcción. *Tecnología y desarrollo*, 8, 10.
- Cabrera-Rodríguez<sup>1</sup>, A., Pérez-Moreno, J., Torres-Aquino<sup>1</sup>, M., Olmos-Oropeza<sup>1</sup>, G., Martínez-Montoya<sup>1</sup>, J. F., Palacio-Nuñez<sup>1</sup>, J., & Flores-Cano, J. A. (2022). Ectomycorrhizal association of *Astraeus* aff. *hygrometricus* (Pers.) Morgan with an oak forest relict in the Altiplano Potosino, Mexico. *Asociación ectomicorrízica de Astraeus aff. hygrometricus (Pers.) Morgan con encinares relicito del Altiplano Potosino, México. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 28(2).
- Castro-Torres, A. Y., Rodríguez-Herrera, R., Sáenz-Galindo, A., Ascacio-Valdés, J. A., Morlett-Chávez, J. A., & Flores-Gallegos, A. C. (2021). Use of Agro-Industrial Residues to Obtain Polyphenols with Prebiotic Effect. In *Bioprocessing of Agri-Food Residues for Production of Bioproducts* (pp. 81-105). Apple Academic Press.
- Davis, R. M., Sommer, R., & Menge, J. A. (2012). *Field Guide to Mushrooms of Western North America*. University of California Press. ISBN: 978-0-520-27107-4
- Desjardin, D. E., Wood, M. G., & Stevens, F. E. (2014). *California Mushrooms. The Comprehensive Identification Guide*. Timber Press. ISBN: 978-1-60469-353-9
- Díaz-Moreno, R., Valenzuela, R., Marmolejo, J. G., & Aguirre-Acosta, E. (2009). Hongos degradadores de la madera en el estado de Chihuahua, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 80(1), 13-22.
- Díaz-Moreno, R., Valenzuela, R., Marmolejo, J. G., & Aguirre-Acosta, E. (2009). Hongos degradadores de la madera en el estado de Chihuahua, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 80(1), 13-22.
- Esqueda, M., Gutiérrez, A., Coronado, M. L., Lizárraga, M., Raymundo, T., & Valenzuela, R. (2012). Distribución de algunos hongos gasteroides (Agaricomycetes) en la planicie central del Desierto Sonorense. *Revista mexicana de micología*, 36, 1-8.

- Esqueda, M., M. Coronado, A. Gutiérrez, R. Valenzuela, S. Chacón, R.L. Gilbertson, T. Herrera, M. Lizárraga, G. Moreno, E. Pérez-Silva y T.R. Van Devender. 2010. Hongos. En: F.E. Molina-Freaner y T.R. Van Devender, eds. Diversidad biológica de Sonora. UNAM, México, pp. 189-205. ISBN 978-607-02-0427-2.
- Esteban, M. P. M. (1994). *Astraeus hygrometricus* (Pers.) Morg. *Revista Catalana de Micología*, 248-250.
- Fangfuk, W., Okada, K., Petchang, R., To-anun, C., Fukuda, M., & Yamada, A. (2010). In vitro mycorrhization of edible *Astraeus* mushrooms and their morphological characterization. *Mycoscience*, 51(3), 234-241.
- Feleke, H. T. & Doshi, A. (2017). Antimicrobial activity and bioactive compounds of Indian wild Mushrooms. Indian Journal of Natural Products and Resources (IJNPR) [Formerly Natural Product Radiance (NPR)], 8, 254- 262. <http://op.niscpr.res.in/index.php/IJNPR/article/view/13055>.
- Flores Cavada, E., Carrillo Parra, A., Wehenkel, C. A., Garza Ocañas, F., & Hernández Díaz, J. C. (2018). Diversidad de macromicetos en bosques de pino en el municipio Madera, Chihuahua. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 9(50), 342-360.
- Garza-Ocañas, F., Quiñónez-Martínez, M., Ocañas, L. G., Parra, A. C., Jiménez, J. G., Guerrero, G. G., & Avalos, J. G. M. Mycogeography and Ecology of Ectomycorrhizal Fungi in Northern México. In *Ecology of Macrofungi* (pp. 123-158). CRC Press.
- Ganeshkumar, P., Krishnamoorthy, A. S., Sangeetha, C., Nakkeeran, S., & Sivakumar, U. (2021). Antimicrobial Metabolites from Ectomycorrhizal Fungus, *Pisolithus tinctorius* (Pers.) Coker against Soil Borne Plant Pathogens. *Madras Agricultural Journal*, 108 june (4-6), 1.
- García-Saldaña, L. C., Garza-Ocañas, F., Sobal, M., Torres-Aquino, M., & Hernández-Ríos, I. (2019). Diversidad de macromicetos en el bosque templado del Valle de Poanas, Durango. *Scientia fungorum*, 49.
- Garza Ocañas, F., García Jiménez, J., Guevara Guerrero, G., Quiñónez Martínez, M., & Yáñez Díaz, M. I. (2023). Macrofungi species from thornscrubs in Northeast México. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 14(79), 213-236.
- Gómez-Flores, L. D. J., Martínez-Ruiz, N. D. R., Enríquez-Anchondo, I. D., Garza-Ocañas, F., Nájera-Medellín, J. A., & Quiñónez-Martínez, M. (2019). Análisis proximal y de composición mineral de cuatro especies de hongos ectomicorrízicos silvestres de la Sierra Tarahumara de Chihuahua. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 22.
- Gómez-Flores, L. D. J., Martínez-Ruiz, N. D. R., Enríquez-Anchondo, I. D., Garza-Ocañas, F., Nájera-Medellín, J. A., & Quiñónez-Martínez, M. (2019). Proximate analysis and mineral composition of four species of wild ectomycorrhizal fungi of the Sie-

- rra Tarahumara de Chihuahua. TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas, 22.
- Jang, I. C., Park, J. H., Park, E., Park, H. R., & Lee, S. C. (2008). Antioxidative and anti-genotoxic activity of extracts from cosmos (*Cosmos bipinnatus*) flowers. *Plant foods for human nutrition*, 63, 205-210.
- Hangan, A. M. R., Cojocaru, A., Teliban, G. C., AMICULESEI, P., & Stoleru, V. (2020). Preliminary study regarding the use of medicinal and decorative plants in the concept of peri-urban gardens with role on environmental protection. *Scientific Papers. Series B. Horticulture*, 64(2).
- Hayat, Y. (2014). *Astraeus hygrometricus* and its Various Aspects. Available at SSRN 2459395.
- Hernández-Navarro, E., Esqueda, M., Lizárraga, M., López-Peña, D., & Gutiérrez, A. (2015). Registros nuevos de hongos Gasteroides y Myxomycetes de la Sierra de Matabatán, Sonora, México. *Revista Mexicana de Micología*, 42, 45-52. ISSN 0187-3180
- Herrera, T. & Ulloa, M. (2013). El reino de los hongos: micología básica y aplicada. Fondo de cultura económica de España. ISBN:9789681657376
- Lincoff, G. H. 1984. The Audubon Society Field Guide to North American Mushrooms. Visual key by Caron Nehring. Alfred A. Knopf, New York. 926 p.
- Martínez-Escobedo, N. A., Vázquez-González, F. J., Valero-Galván, J., Álvarez-Parrilla, E., Garza-Ocañas, F., Najera-Medellín, J. A., & Quiñónez-Martínez, M. (2022). Actividad antimicrobiana, contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de cuatro hongos macromicetos comestibles de Chihuahua, México. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 24(1).
- Molina-Romo, E. D., Garibay-Escobar, A., Valenzuela-Antelo, O., Ruiz-Bustos, E., Martínez, J. H., Vélazquez, C., ... & Robles-Zepeda, R. E. (2018). Antiproliferative and apoptotic activities of the medicinal plant *Ziziphus obtusifolia*. *Pharmacognosy Research*, 10(1), 55
- Moreno, G., Lizárraga, M., Esqueda, M. & Coronado, M.L. (2010). Contribution to the study of gasteroid and secotoid fungi of Chihuahua, Mexico. *Mycotaxon* 112(1): 291-315.
- Olivas Sánchez, MP, Enríquez-Anchondo, ID, Quiñónez -Martínez, M, Pérez-Eguía, E. (2012). *Plantas y hongos medicinales del estado de Chihuahua*. Primera edición. Ciudad Juárez, Chihuahua, México: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- Olivas-Sánchez, MP, Martínez-Vázquez C, Palacios-Quiñónez, E, Carrera-Muñoz, JD, Quiñónez-Martínez M, Vital-García, C, Lavín-Murcio, PA, Enríquez- Anchondo, ID, Aldama-Meza, L, Rivas -Cáceres, R. (2023). Potencial de distribución espacial del Goji americano (*Lycium berlandieri*) y sus propiedades nutricionales. (Cap. 8); En:

- Un recorrido desde la paleontología hasta la biotecnología en el desierto. Ed. Universidad autónoma de Ciudad Juárez (*Olivas- Sánchez, MP, Pérez Álvarez, S, Viloria Beltrán, MJ. Coordinadores*)
- Quiñónez-Martínez, M., & Garza-Ocañas, F. (2003) Hongos macromicetos de Bosque Modelo, Chihuahua. *Ciencia en la frontera*, 63.
- Quiñónez-Martínez, M., Escobedo, N. A. M., Medellín, J. A. N., Galván, J. V., & Ocañas, F. G. (2023). Análisis proximal, actividad antimicrobiana y crecimiento in vitro de *Podaxis pistillaris* sl. TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 26, 1-13.
- Quiñónez-Martínez, M., Garza-Ocañas, F., Filio, S. A., Ramos, V. C., & Carrillo, S. B. (2010). Diversidad de hongos comestibles en los bosques de Bocoyna y urique del estado de Chihuahua. *Jorge Alberto Pérez León (Coordinadores)*, 29.
- Quiñónez-Martínez, M., Gómez-Flores, L. D. J., Garza-Ocañas, F., Valero-Galván, J., & Nájera-Medellín, J. A. (2023). Growth of *Pinus arizonica* Engelm. plants inoculated with *Pisolithus tinctorius* and *Astraeus hygrometricus* under greenhouse conditions. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales*, 29(2).
- Quiñónez-Martínez, M., Keleng, T. L., & Lavín-Murcio, P. (2013). Influencia del disturbio en la riqueza de hongos ectomicorrizógenos en los bosques de Chihuahua. Influencia del disturbio en la riqueza de hongos ectomicorrizógenos en los bosques de Chihuahua. *Ciencia en la frontera*, 10: 9-16
- Quiñónez-Martínez, M., Ruan-Soto, F., Aguilar-Moreno, I. E., Garza-Ocañas, F., Lebgue-Keleng, T., Lavín-Murcio, P. A., & Enríquez-Anchondo, I. D. (2014). Knowledge and use of edible mushrooms in two municipalities of the Sierra Tarahumara, Chihuahua, Mexico. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*, 10, 1-13.
- Raymundo, T., Valenzuela, R., Gutiérrez, A., Coronado, M. L., & Esqueda, M. (2013). Agaricomycetes xilófagos de la planicie central del desierto sonorense. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(2), 417-424. DOI: <https://doi.org/10.7550/rmb.30828>.
- Rodríguez-Scherzer, G., & Guzmán-Dávalos, L. (1984). Los hongos (macromicetos) de las Reservas de la Biósfera de la Michílía y Mapimí, Estado de Durango. *Scientia Fungorum*, (19), 159-168.
- Savoie, J. M., & Mata, G. (2016). Growing *Agaricus bisporus* as a contribution to sustainable agricultural development. In *Mushroom Biotechnology* (pp. 69-91). Academic Press.
- Sebastiana, M., da Silva, A. B., Matos, A. R., Alcântara, A., Silvestre, S., & Malhó, R. (2018). Ectomycorrhizal inoculation with *Pisolithus tinctorius* reduces stress induced by drought in cork oak. *Mycorrhiza*, 28, 247-258.

- Soejarto D.D. (2002). Ethnobotany of *Stevia* and *Stevia rebaudiana*. In: Kinghorn A.D., editor. *Stevia. The Genus Stevia*. Taylor and Francis; London, UK. pp. 40–67. Chapter 3.
- Tsantrizos, Y. S., Kope, H. H., FoRTIN, J. A., & Ogilvie, K. K. (1991). Antifungal antibiotics from *Pisolithus tinctorius*. *Phytochemistry*, 30(4), 1113-1118.
- Wolfe D (2009). Superfoods: the doo dans medicine of the future. North Atlantic Books.
- Wood M, Stevens F. ["Longula texensis"](#). *California Fungi*. MykoWeb. Retrieved 2024-02-15. [https://www.mykoweb.com/CAF/species/Agaricus\\_deserticola.html](https://www.mykoweb.com/CAF/species/Agaricus_deserticola.html)
- Zuñiga-González, R. A., Álvarez-Barajas, I. L., Corral-Avitia, A. Y., Flores-Margez, J. P., & Enríquez-Anchondo, I. D. (2021). Diversidad, ecología y uso potencial de líquenes epífitos de Chihuahua. *Ciencia en la frontera*, 16(2).
- Zuñiga-González, R.A., Enríquez-Anchondo, I.D., Olivas-Sánchez, M.P. Quiñonez-Martínez, M. (2023). Ascolíquenes de las comunidades vegetales del área natural protegida Médanos de Samalayuca, municipio de Juárez, Chihuahua. En M.P. Olivas Sánchez, S.P. Álvarez, M.J. Viloria Beltrán (Coords.). Un recorrido desde la paleontología hasta la biotecnología en el desierto. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

# Capítulo V. Fitoquímicos de tres plantas desérticas y su uso potencial

Telma Griselda Torres-López<sup>1</sup>

María Antonia Flores-Córdova<sup>1</sup>

Laura Gabriela Espinosa-Alonso<sup>2</sup>

María Janeth Rodríguez-Roque<sup>1</sup>

Nora Aideé Salas-Salazar<sup>1</sup>

Mayra Cristina Soto-Caballero<sup>1</sup>

## Introducción

Los arbustos y árboles que se desarrollan en las zonas áridas y semiáridas del desierto de México desarrollan diferentes formas de adaptación en todos sus órganos para sobrevivir en el ambiente seco (Arteaga et al., 2005); tal es el caso de las especies *Prosopis spp.*, *Larrea tridentata* y *Celtis pallida* Torr., las cuales pertenecen a las familias Fabaceae, Zygophyllaceae y Cannabaceae, respectivamente. Estas plantas en el afán de subsistencia utilizan la riqueza de sus metabolitos secundarios y sustancias alelopáticas que les conceden la aptitud para defenderse (Mata-Balderas et al., 2018). Considerando que nuestro país posee una gran variedad de estos recursos de interés ecológico que soportan altas temperaturas y que son utilizados con fines terapéuticos por los pobladores. En este trabajo de investigación documental se presentan por separado datos de estas tres especies respecto a

---

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

<sup>2</sup> Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Unidad Sinaloa.

su distribución, sus usos tradicionales, composición química y actividad biológica, con el fin de conocer más acerca de sus generalidades y los metabolitos secundarios que poseen los cuales son de interés por su uso potencial en la medicina y en la agricultura. Un metabolito es cualquier compuesto producido por un organismo, puede ser para su crecimiento y desarrollo en el caso del metabolito primario, o para su supervivencia o mecanismo de defensa. La denominación de estos últimos se debe a que son sintetizados a partir de los metabolitos primarios (Gouda et al., 2016). Esto se lleva a cabo a través de tres vías metabólicas principales, como son el policétido, el shikimato y el mevalonato. La vía de los policétidos está involucrada principalmente en la síntesis de ciertos metabolitos secundarios como los polifenoles, las prostaglandinas y las ciminas. La vía del shikimato promueve la síntesis de aminoácidos con un anillo aromático en su estructura, como la tirosina, el triptófano y la fenilalanina. Finalmente, la ruta metabólica del mevalonato está involucrada en la síntesis de secologanina, que a su vez produce estricosidina, precursora de los alcaloides del indol y compuestos anticancerígenos como la vinblastina, la vincrisina. Estas vías no se observan en animales, pero si pueden observarse en bacterias, hongos y en las plantas (Paramanantham et al., 2019; Sachin et., al 2013).

Estos metabolitos se acumulan de manera diferente en los órganos de la planta (hoja, raíz, flor, fruto, semilla o corteza) en diferentes etapas de desarrollo (germinación, vegetación, reproducción y maduración) y bajo condiciones ambientales específicas. Algunos metabolitos secundarios cumplen funciones ecológicas especiales, pigmentos que se encuentran en flores y frutos que sirve como señal visual para atraer insectos y aves para la polinización y la dispersión de semillas. Otros brindan a la planta soporte estructural o protección contra la exposición directa a la luz ultravioleta o la fotooxidación, una ventaja adaptativa para las plantas terrestres (García, 2021). Además, participan en la defensa química de las plantas contra bacterias, hongos, insectos, virus, herbívoros y otras plantas. Muchos de estos compuestos se producen de manera constitutiva, mientras que otros requieren modificación enzimática para su activación o pueden ser inducidos para su producción en presencia de ciertos patógenos (Wink, 2018).

Dichos metabolitos secundarios se han utilizado por la humanidad en diferentes campos y aunque hasta 2007 se informaron aproximadamente 10, 000 alcaloides, 32 cianuros, 270 aminoácidos no proteicos, 8, 000 polifenoles, varios esteroides y saponinas (Domingo y López-Brea, 2003; Duraipandiyan et al., 2006; Carmona, 2007), son cuatro las clases de metabolitos secundarios más significativos para el ser humano: flavonoides, alcaloides, terpenos y glicósidos. A diferencia de los metabolitos primarios, los metabolitos secundarios presentan una distribución restringida en el reino vegetal ya que se sintetizan en cantidades pequeñas y de manera específica de acuerdo con el género, especie y forma de la planta (Ávalos y Pérez-Urrutia, 2009).

Por lo que el objetivo de este trabajo es concentrar información sobre la distribución, usos tradicionales, composición química y actividad biológica de sus compuestos

activos presentes de tres especies de plantas del desierto: *Prosopis spp.*, *Larrea tridentata* y *Celtis pallida* Torr.

## Materiales y Métodos

Para la revisión bibliográfica se obtuvo información de las bases de datos de Agris, BioOne, Elsevier, Google Scholar, Redalyc, SciELO y Scopus, mediante la búsqueda de artículos científicos que permitiera obtener la información deseada. Para seleccionar los artículos revisados, se enfatizó sobre la distribución, usos tradicionales, composición química y actividad biológica de tres especies de plantas del desierto: *Prosopis spp.*, *Larrea tridentata* y *Celtis pallida* Torr., así como criterios agrícolas, ambientales, ecológicos, genéticos, geográficos, hortícolas y sociales.

## Resultados

### Fitoquímicos en la medicina

Según (Isaza, 2007; Pérez y Jiménez, 2011; Agustín et al., 2011), los fitoquímicos son sustancias activas y químicas valiosas para aplicaciones farmacéuticas debido a sus funciones como agentes analgésicos, antioxidantes, bactericidas, inmunoestimuladores, antitumorales, antibacterianos, antihepatotóxicos y antivirales. Actualmente, se utilizan en la producción de productos farmacéuticos (antibióticos, agentes antibacterianos, agentes antitumorales), cosméticos (perfumes, colorantes), mejora de la productividad agrícola (insecticidas, pesticidas) y promoción del crecimiento de animales y plantas en la formulación de productos químicos finos. Más recientemente, se han ampliado a la pirámide de alimentación saludable como ingrediente en pigmentos y suplementos dietéticos (Thirumurugan et al., 2018; Bourgaud et al., 2001). En la Tabla 1 se observan los principales compuestos presentes en las plantas: terpenos, fenoles, glucósidos y alcaloides, todos ellos con diferentes propiedades farmacológicas.

**Tabla 1***Clasificación y sus propiedades farmacológicas de los principales compuestos presentes en las plantas*

Grupo	Compuestos presentes	Características Principales	Propiedades farmacéuticas
Alcaloides	Quinolina, isoquinolina, indol, tropano, quinolizidina, piperidina, purína, pírrolizideno	Grupo con alrededor de 15000 metabolitos secundarios. Son solubles en agua, contienen al menos un átomo de nitrógeno y exhiben actividad biológica. La mayoría son heterocíclicos y algunos son compuestos alifáticos	A dosis altas, la mayoría son muy tóxicos, sin embargo, a dosis bajas funcionan como relajantes musculares, tranquilizantes, antitusivos y analgésicos
Compuestos fenólicos	Cumarinas, flavonoides, lignina y taninos	Derivan de un grupo fenol	Antidiarreicos, antitumorales, antibacteriales, antivirales e inhibidores de enzimas (Isaza, 2007)
Glicósidos	Saponinas, glicósidos cardiacos, glicósidos cianogénicos y glucosimolatos	Surgen a partir de la condensación de una molécula de azúcar con otra que contiene un grupo hidroxilo, formando así un enlace glucosídico	Antimicrobianas, fungicidas, insecticidas, anticancerígenos, antiinflamatoria y alelopáticas (Agustín et al., 2011)
Terpenos	Hormonas, pigmentos carotenoides, esteroides, látex y aceites esenciales	Grupo de mayor importancia con más de 40000 moléculas que se consideran muy importantes para la supervivencia de las plantas. Son insolubles en agua y derivan de la unión de unidades de isopreno	Anticancerígenas, antiulcerosas, antimalariales, antimicrobiales, etc.

Fuente. Adaptado de Ávalos y Pérez-Urrutia, 2009.

De acuerdo con la literatura consultada las plantas nativas juegan un papel crucial en la vida de las comunidades humanas, ya sea a través de sus usos tradicionales, medicinales, alimenticios, agronómicos o industriales. En el caso del mezquite (*Prosopis juliflora*), la gobernadora (*Larrea tridentata*) y el granjeno (*Celtis pallida*), dichas especies han sido aprovechadas a lo largo del tiempo para diversas aplicaciones.

## Mezquite (*Prosopis juliflora*)

El mezquite es un arbusto de tamaño mediano que alcanza una altura de 12 a 20 metros, pertenece la familia Fabaceae, tiene una amplia distribución en África, Asia, Australia y en América (desde el sur de Estados Unidos hasta Chile y Argentina). En la familia Fabaceae se incluyen alrededor de 44 especies, de las cuales 40 son americanas, tres son de Asia y una es de África (Bigne et al., 2016). Según Román (2016), todas las especies de *Prosopis spp.* acostumbra a crecer en suelos alcalinos (pH de 6,5 a 10,4), además de tener alta tolerancia a la sequía y buen nitrógeno en el suelo.

De acuerdo con el estudio publicado por Hughes et al. (2022), titulado *Disintegration of the genus Prosopis L. (Leguminosae, Caesalpinoideae, mimosoid clade)*, se ha llevado a cabo una reclasificación taxonómica del género *Prosopis*. A partir de esta investigación, se establece que varias especies previamente incluidas en *Prosopis* han sido transferidas al nuevo género *Neltuma*.

Este cambio se fundamenta en análisis filogenéticos detallados que evidencian diferencias significativas dentro del grupo, justificando la separación taxonómica. En consecuencia, a partir de la fecha de publicación de dicho estudio, las especies antes clasificadas bajo *Prosopis* deben ser referidas bajo su nueva denominación en el género *Neltuma*.

### Composición química del género *Prosopis*

Los compuestos presentes en *Prosopis*, se producen como una forma de protección contra ciertos patógenos, plagas o amenazas del cambio climático que afecta a esta especie, sus componentes principales incluyen flavonoides, taninos, algunos compuestos fenólicos, terpenos y esteroides. Estos constituyentes se localizan sobre todo en vainas, cortezas, hojas e inclusive el polen (William y Jafri, 2015). Los componentes fenólicos forman un grupo de micronutrientes en el reino vegetal, que constituyen una parte importante de la nutrición humana. Su estudio es de gran interés por sus propiedades antioxidantes, su implicación en los procesos sensoriales de los alimentos naturales y procesados, y sus posibles aplicaciones beneficiosas en la salud humana, como el tratamiento y prevención del cáncer, enfermedades cardiovasculares y otras enfermedades de naturaleza inflamatoria (Sola et al., 2018).

### Distribución en México de *Prosopis juliflora*

El mezquite es un arbusto que desde la época precolombina ha sido de suma importancia en las regiones áridas de México. Es considerado el denominador cultural de los pueblos nómadas y primitivos del norte de México y el sur de Estados Unidos (Román, 2016).

Su distribución es de aproximadamente 3 000 000 hectáreas del territorio mexicano, la mayoría de las cuales se encuentran en zonas áridas y semiáridas, ocupando alrededor un 60 % del territorio país (Andrade et al., 2011). También se distribuye en la vertiente del Pacífico, desde Michoacán hasta Oaxaca; en el Golfo (Nuevo León, Tamaulipas y norte de Veracruz), principalmente en la sierra central del país (Rodríguez et al., 2014).

Es el tipo de mezquite más común en el centro de México y el que domina en San Luis Potosí y el sur de Tamaulipas es *Prosopis laevigata*. Otras especies de mezquite, como *Prosopis juliflora*, se encuentran en Sonora, Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas, Guanajuato y Querétaro (Rodríguez et al., 2014).

### Composición química y actividad biológica de *Prosopis juliflora*

Diversos estudios han demostrado que las plantas del género *Prosopis* exhiben una variedad de actividades biológicas, destacándose principalmente alcaloides, flavonoides, terpenos y compuestos fenólicos responsables de estas actividades (Rennan et al., 2018). Entre los constituyentes químicos presentes en *P. juliflora*, se descubrió que en los extractos de hojas se han encontrado varios alcaloides, así como el glucósido de flavona patulitrina, prosogerina D, procianidina, ácido elágico, taninos, triterpenos y poliestireno. Sin embargo, los compuestos más abundantes en la planta son los compuestos fenólicos y flavonoides (Sharifi et al., 2019; CONABIO S. f.).

Dentro de esta actividad biológica se ha estudiado el efecto de *Prosopis juliflora* como antibacteriano contra bacterias patógenas humanas como *Corynebacterium diphtheriae*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes* y *Enterococcus faecalis*. Además, su efecto es incluso más fuerte que los antibióticos estreptomicina y penicilina. Otro estudio mostró que los extractos etanólicos y los compuestos metanólicos de las hojas de *Prosopis juliflora* tienen actividad antibacteriana contra *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* (Santhaseelan et al., 2017). Un ensayo de extracto de hoja de *Prosopis juliflora* utilizando etanol mostró capacidad antibacteriana contra bacterias gramnegativas resistentes a los antibióticos, como p. minociclina, cloranfenicol y eritromicina. Este efecto puede deberse a los alcaloides y principalmente a las saponinas y taninos contenidos en el extracto (Sandoval et al., 2016).

### Usos tradicionales de *Prosopis juliflora*

El mezquite es inflamable, la madera se puede utilizar como leña y tiene un alto poder calorífico, por lo que es muy utilizada en cocinas rurales, calefacción interior en invierno, construcciones rústicas y pilares (López, 1986; Felker, 1996; Pasieczick et al., 2001), es común que también se utilice para la fabricación de carbón (Manzano et al., 2009). Las vainas y las ramitas blandas se utilizan como alimento para el ganado (ovejas, cabras y ru-

miantes) por su alto contenido de fibra dietética (Falcón y Heredia, 2011), especialmente durante la escasez prolongada de forraje o sequías prolongadas (Felker, 1979). Las vainas de mezquite son ricas en proteínas y azúcar, por lo que la harina obtenida de las vainas se puede utilizar para hacer repostería, dulces y pinole (Martínez, 2013).

En cuanto a su uso como medicina tradicional en nuestro país, las hojas, flores y tallos se utilizan como analgésico en dolores musculares, como tónico para el cuerpo y expectorante, o para tratar forúnculos e inflamaciones oculares. Estos usos no son propios de México porque en países como Pakistán también existen usos similares al nuestro, sobre todo como tratamiento para la tos (Sharifi et al., 2019). Las especies de *Prosopis* tienen propiedades medicinales confirmadas y se consideran buenos remedios para las dolencias de la garganta, el fortalecimiento de los dientes, las dolencias oculares y las dolencias estomacales (Comisión Nacional de Zonas Áridas, 1994 y Royo et al., 2003).

Antiguamente todas las partes del mezquite fueron aprovechadas por los pueblos indígenas, uno de esos tratamientos era utilizar los extractos de hojas y cortezas obtenidos de infusiones a base de agua para tratar infecciones de boca y garganta, e incluso ciertas condiciones médicas causadas por parásitos o enfermedades causadas por hongos (Henciya et al., 2017).

De acuerdo a lo anterior se puede observar que el mezquite presenta cualidades sedantes, antisépticas, antiviral, antiinflamatorio, antidepresivo, antialérgico y antidiabéticas. Así agente antibacteriano.

### **Gobernadora (*Larrea tridentata*)**

La especie *L. tridentata* de la familia *Zygophyllaceae*, es un arbusto aromático perenne que se desarrolla en suelos con bajo suministro de nutrientes y agua. Contiene sustancias alelopáticas que le confieren propiedades nutritivas y protectoras para sobrevivir en el tipo de suelo antes mencionado (Mata-Balderas et al., 2018). Puede soportar diferentes cambios de temperatura desde -12 a 50 °C, por lo que puede tolerar la sequía (William y Jafri. 2015). Llega a medir de 2 a 12 m (hasta 15 m) de altura; tiene una rama de tronco corta y curva desde la base. Ramas dentadas cortas, con cordones rectos articulados, de 15-45 mm de largo, nudosas (CONABIO (S. f.). Sus frutos consisten en vainas fibrosas e irregulares, rectas, planas, pequeñas, de 11 a 21 cm de largo y 0.8 a 12 mm de ancho, semi-moniliformes, de color amarillo-violeta, con estriación longitudinal roja, partículas cuadradas. La semilla es blanda, rodeada de un color púrpura oscuro dulce, sin endospermo, de 6 a 9 mm de longitud, 4 a 6 mm de anchura y 2 a 4 mm de espesor (CONABIO (S.f.)).

### **Distribución del género *Larrea tridentata***

Se localiza generalmente en climas áridos o semiáridos, sobre todo en América del Norte, desde la parte sur de California y Nevada hacia la parte central de Arizona y Nuevo

Méjico, se propaga desde el suroeste de los Estados Unidos hasta México y se distribuye principalmente en el norte del centro al norte del país (Granados et al., 2011).

### Composición química y actividad biológica de *Larrea tridentata*

Para los diversos extractos elaborados a partir de esta planta, cabe señalar que se han encontrado más de 100 compuestos químicos, entre los que se encuentran principalmente compuestos fenólicos, alcaloides alógenos, compuestos volátiles, saponinas, ceras, aceites esenciales, (Arteaga et al., 2005); los fenoles representan alrededor de 90 % del extracto total, siendo los más importantes los flavonoides y los lignanos (Belmares et al., 1979). Sobresalen los lignanos fenólicos del follaje, en segundo lugar, las saponinas, luego los flavonoides, y por último los aminoácidos y minerales. La mezcla de mayor importancia que se localiza en la resina de las células próximas a las capas epidermales inferior y superior de los tallos y hojas es el ácido nordihidroguaiarético (NDGA), un potente antioxidante, porque actúan como antitumoral, antimicrobiano y antiviral (Vargas-Arispuro et al., 2005; Martins et al., 2012). Este ácido tiene propiedades antiinflamatorias, citotóxicas, antimicrobianas, antioxidantes (Brinker, 1993). NDGA es uno de los metabolitos secundarios más estudiados dado que *L. tridentata* ha mostrado actividades biológicas significativamente diferentes, como la eliminación de especies reactivas de oxígeno, una de ellas está dirigida a inhibir las lipoxygenasas y la segunda a activarlas de la respuesta antioxidante (Reyes-Melo et al., 2021). Los primeros trabajos sobre el efecto antifúngico de la gobernadora se le atribuyen a Fernández et al., (1979); con base a la resina *L. tridentata* se utilizó en extractos de alcohol y cloroformo en los hongos *sp. Pringsh, Rhizoctonia solani* Kühn y *Rhizopus nigricans* Ehrenb bajo control *in vitro*. Los extractos alcohólicos de *L. tridentata* tienen propiedades antifúngicas que han sido demostradas contra especies *Aspergillus, Fusarium* y *Penicillium* (Arteaga et al., 2005).

Velásquez (1981), encontró resultados que muestran que en estudios *in vitro* la dosis de 2000 ppm inhibe el crecimiento del hongo *Cytoporina sp.* desus de 15 días de inoculación. Estudios realizados por Salazar et al. (1990) demostraron que las hojas molidas y un extracto de acetona de *L. tridentata* inhibió el crecimiento *Pythium aphanidermatum* en condiciones *in vitro*.

Verástegui et al. (1996) concluyeron el impacto de extractos de etanol de *L. tridentata* sobre el desarrollo de hongos y levaduras con enorme actividad patológica. Esta deducción sugiere que los extractos etanólicos tenían la posibilidad de frenar varios actinomicetos y hongos como *C. albidus*, *C. rugosa*, *C. krusei*, *Cryptococcus neoformans* var. *Neofomans* y *C. albicans*.

Otro trabajo destacable es el de Vargas-Arispuro et al. (1997) sobre la actividad antiaflatoxigénica en condiciones *in vitro*. Se destaca el efecto obtenido por el extracto de diclorometano de *L. tridentata* que logró prevenir el crecimiento de *Aspergillus parasiticus* y

*A. flava* en un 86 % y 92 %, respectivamente. Por otro lado, los extractos elaborados con metanol tuvieron un impacto reducido.

### Usos tradicionales de *Larrea tridentata*

Se utiliza como medicina alternativa por ser una planta cuyas partes aéreas, hojas y tallos suelen usarse para tratar molestias leves a moderadas como los dolores menstruales y enfermedades agudas como la tuberculosis, diabetes y cáncer (Lambert et al., 2005). Los datos etnobotánicos sobre el uso tradicional de esta planta del Desierto Chihuahuense en diversas enfermedades hacen que el uso de sus hojas sea útil para proyectos relacionados con propiedades antimicrobianas (García et al., 2018). Por lo que *Larrea tridentata* presenta actividad antibiótica, antifúngica y antiviral inhibiendo la reproducción de bacterias, hongos, parásitos y virus tanto exógenos como endógenos (Arteaga et al., 2005).

### Granjeno (*Celtis pallida* Torr.)

Según Boelcke (1981), el granjeno pertenece a la familia Cannabaceae, es un arbusto caducifolio de 1-3 m de altura, las ramas principales arqueadas y alargadas no solo son rígidas, sino que las ramas secundarias son delgadas, de 3 a 25 mm, rectas o curvas, con espinas axilares, percibidas solas o en pares, generalmente suaves y onduladas, con espinas en el extremo. Crece en lugares desérticos y semi-desérticos con más frecuencia en el norte y centro del país, Figura 1.

### Distribución del género *Celtis pallida*

Distribuida en Arizona, Nuevo México, Texas, Baja California y Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Sonora, Sinaloa y Tamaulipas en el norte de México, también se extiende a los estados de San Luis Potosí, Zacatecas, Querétaro, Guanajuato, Jalisco, Michoacán e Hidalgo llega a Veracruz, Oaxaca y las regiones semiáridas de Argentina y Paraguay. Planta arbustiva, especialmente crasicaule, mezquital y, a veces, de los bosques tropicales caducifolios, se encuentra en tierras altas con una altitud de 1.000 a 2.300 m. s. n. m. También crece en tierras de cultivo y bordes de caminos (Nash & Nee, 1984).

**Figura 1**

(A) Arbusto, (B) ramas, (C) hojas, (D) fruto de *Celtis pallida* Torr.



Fuente. Fotografía de los autores.

### Composición química y actividad biológica de *Celtis pallida*

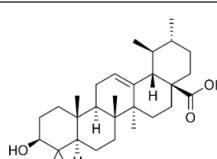
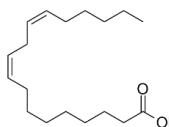
Rojas et al., (2018), identificaron los principales componentes presentes en el extracto etanólico de las partes aéreas (hojas y tallos) de *Celtis pallida* Torr., mediante la metodología descrita por Alonso-Castro et al., (2016), utilizando cromatografía de gases/espectrometría de masas (GC/MS), con algunas modificaciones. El principal compuesto encontrado fue el ácido ursólico (AU) (22% del extracto), seguido del ácido graso insaturado ácido linoleico (11.14%), el fitosterol  $\beta$ -sitosterol (9.63%), el ácido graso saturado (4.63%), el  $\alpha$ -tocoferol (4.40%) y el triterpeno lupeol (2.18%), entre otros. En pruebas con ratones el extracto etanólico del granjeno disminuyó la diarrea provocada por aceite de ricino, con una potencia similar a la loperamida, disminuyó la inflamación en un 30% y demostró efectos antinociceptivos, esto último podría deberse a la presencia de ácido ursólico, su compuesto principal. Recio et al., (1991), demostraron actividad antiinflamatoria, anticancerígena (especialmente en cáncer de piel), antiviral, antimicrobiana, antiulcerativa y hepatoprotectora en el ácido ursólico. Torres et al., (2022), determinaron contenido de polifenoles totales en la raíz y fruto del granjeno mediante la técnica de Folin-Ciocalteu, utilizando una dilución de ácido gálico para su cuantificación. Los mismos autores dilucidaron el mayor contenido del ácido behénico (ácido graso saturado mayormente utilizado en cosmética), entre otros, a través de cromatografía de gases.

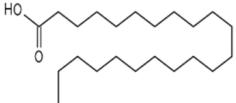
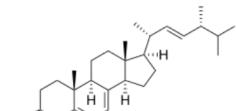
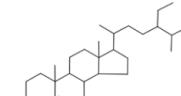
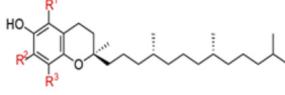
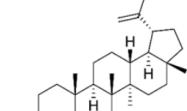
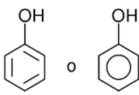
## Usos tradicionales de *Celtis pallida* Torr.

El granjeno (*Celtis pallida* Torr.) ha sido utilizado tradicionalmente por diversas comunidades con fines alimentarios y medicinales, según Grajales (2015), sus frutos son comestibles, presentan un agradable sabor dulce y también pueden servir como hábitat para larvas de mariposas, además de ser una fuente de alimento para mamíferos y aves. En el ámbito medicinal, se ha utilizado el sebo de res en combinación con hojas trituradas de granjeno para elaborar cataplasmas que se aplican en inflamaciones y granos con el propósito de favorecer su ruptura. En el noreste del país, se han empleado las hojas molidas de granjeno en forma de infusión para aliviar dolores de cabeza, dolor muscular, tratar inflamaciones, diarrea y desinfectar heridas. Estos usos tradicionales han sido respaldados por investigaciones realizadas por López (2010) y Quiroga (2012). Cabe mencionar qué en Argentina, esta especie es conocida como “tala pispita” y también se utiliza en forma de infusión para aliviar dolores estomacales e indigestión, tal como mencionan Gaillard, et al., (2013). En la Tabla 2 se observan algunos compuestos obtenidos de los diferentes órganos de la planta.

**Tabla 2**

*Algunos compuestos informados en fruto, hojas, tallo y raíz de *Celtis pallida* Torr.*

Compuesto	Órgano de la planta	Referencia
 Ácido ursólico	Hojas y tallo	Rojas et al., (2018)
 Ácido linoléico	Hojas y tallo	Rojas et al., (2018) Torres et al., (2022)

 <p>Ácido behénico</p>	Fruto y raíz	Torres et al., (2022)
 <p>Fitosterol</p>	Hojas y tallo	Rojas et al., (2018)
 <p><math>\beta</math>-sitosterol</p>	Hojas y tallo	Rojas et al., (2018)
 <p><math>\alpha</math>-tocofero</p>	Hojas y tallo	Rojas et al., (2018)
 <p>Lupeol</p>	Hojas y tallo	Rojas et al., (2018)
 <p>Fenólicos</p>	Fruto y raíz	Torres et al., (2022)

Fuente. Elaboración propia.

# Integración de Fitoquímicos en Prácticas Agrícolas Sostenibles

La agricultura sostenible busca equilibrar la producción de alimentos con la conservación del medio ambiente y la salud humana. En este contexto, los fitoquímicos producidos por las plantas han demostrado la protección de cultivos, mejorar el rendimiento y la reducción del impacto ambiental.

## 1. Fitoquímicos como Alternativa a los Pesticidas Sintéticos

La utilización de pesticidas sintéticos usados en la agricultura convencional para el control de plagas y enfermedades, han provocado problemas ambientales y de salud (Pérez-Jiménez et al., 2020). En este sentido, los fitoquímicos pueden remplazar a los pesticidas químicos ya que tienen propiedades insecticidas, antifúngicas y antibacterianas. Por ejemplo:

- Alcaloides: Compuestos como la nicotina y la rotenona han demostrado actividad insecticida contra plagas agrícolas (Isman, 2019).
- Terpenoides: Presentes en aceites esenciales de plantas como el neem (*Azadirachta indica*), son efectivos contra insectos y hongos (Koul & Walia, 2020).
- Fenoles y flavonoides: Sustancias como la quercetina y el ácido gálico inhiben el crecimiento de bacterias y hongos patógenos (Singh et al., 2021).

Como se observó, estos fitoquímicos pueden reducir el impacto ambiental y el daño de las plagas, generando un ambiente sano y sostenible.

## 2. Fitoquímicos en la Biofertilización y Estimulación del Crecimiento Vegetal

Otro aspecto importante de los fitoquímicos es la biofertilización, la cual permite remplazar fertilizantes sintéticos que pueden contaminar el suelo y agua. Además, promueven el crecimiento vegetal y la absorción de nutrientes:

- Ácidos orgánicos (ej. ácido cítrico y málico) mejoran la disponibilidad de nutrientes en el suelo al quesar minerales como el hierro y el fósforo (Martínez et al., 2020).
- Saponinas presentes en leguminosas estimulan el crecimiento de microorganismos benéficos en el suelo, como los fijadores de nitrógeno (*Rhizobium* spp.) (Hernández & Pineda, 2018).
- Polifenoles de residuos vegetales pueden actuar como bioestimulantes, mejorando la germinación y el desarrollo radicular (García et al., 2019).

La aplicación de biofertilizantes basados en fitoquímicos pueden mejorar la fertilidad del suelo, y reducir el uso de insumos sintéticos nocivos y costosos.

### 3. Resiliencia y Adaptación de los Cultivos al Cambio Climático

La productividad agrícola se ha visto afectada por las altas temperaturas, sequías, cambio climático y diversas enfermedades. Los fitoquímicos pueden contribuir a la resiliencia de los cultivos mediante respuestas fisiológicas y bioquímicas que les permitan tolerar mejores desafíos.

- Elicitores de defensa: Compuestos como los glucosinolatos en crucíferas inducen respuestas de defensa en las plantas, haciéndolas más resistentes a plagas y estrés ambiental (Yuan et al., 2022).
- Osmoprotectores: Fitoquímicos como la prolina y las poliaminas protegen a las plantas contra estrés hídrico y salino (Ashraf et al., 2021).
- Inducción de fitohormonas: Algunos compuestos fenólicos estimulan la producción de ácido abscísico (ABA), regulando el cierre estomático y reduciendo la pérdida de agua en condiciones de sequía (López-Bucio et al., 2020).

El desarrollo de bioformulaciones con presencia de fitoquímicos, permitiría la adaptación de los cultivos a condiciones climáticas adversas.

### 4. Aplicación de Fitoquímicos en la Reducción de Residuos y Economía Circular

Otro aspecto importante es el aprovechamiento de residuos agroindustriales ricos en estos compuestos fitoquímicos. La revalorización de estos subproductos agrícolas permite el desarrollo de bioinsumos con aplicación en los cultivos, para obtener una agricultura sostenible y sana. Mencionando algunos.

- Extractos de cáscaras de frutas cítricas ricos en flavonoides como la hesperidina, utilizados como fungicidas naturales (Rodríguez et al., 2021).
- Residuos de café y cacao, fuentes de alcaloides y polifenoles con propiedades insecticidas y estimulantes del crecimiento vegetal (Méndez et al., 2020).
- Extractos de algas marinas, que contienen polisacáridos bioactivos para mejorar la resistencia de los cultivos a enfermedades (El Boukhari et al., 2019).

La presencia de estos subproductos en la agricultura sostenible ayudaría a la disminución de residuos y costos y minimizaría la huella ecológica de la producción agrícola.

## Conclusiones

En la revisión realizada se aprecia que *Prosopis spp.*, *Larrea tridentata* y *Celtis pallida* Torr. poseen compuestos y características relevantes para las áreas químico-biológicas con interés en el desarrollo de nuevos productos médicos, agrícolas y alimenticios. Estas plantas desérticas y semi-desérticas han sido estudiadas a través de extractos elaborados de algunas de sus partes y presentan actividades biológicas similares como: antimicrobianas, antiinflamatorias, antioxidantes, antivirales y antifúngicas. Sin embargo, en el caso del *Celtis pallida* la literatura muestra estudios aún más limitados, por lo que es una oportunidad para ahondar más sobre los compuestos químicos y sus propiedades bioactivas, lo cual también abre un parteaguas para dar a conocer de manera amplia las bondades de este arbusto del desierto en futuras investigaciones. La importancia del mezquite, la gobernadora y el granjeno en la medicina tradicional y alternativa, radica en su potencial para el desarrollo de diversos tratamientos. Las tres se presentan como una opción prometedora para abordar diversas dolencias y enfermedades, lo que subraya la necesidad de investigaciones continuas en este campo y la conservación de estas valiosas plantas medicinales. Final del formulario Finalmente, la incorporación de fitoquímicos a las prácticas agrícolas sostenibles son una alternativa posible para evitar el uso de agroquímicos sintéticos y con ello optimizar la resiliencia de los cultivos. Contribuyendo a una agricultura eficiente y saludable con el medio ambiente.

## Referencias

- Agustín, J. M., Kuzina, V., Andersen, S. B., & Bak, S. (2011). Molecular activities, biosynthesis and evolution of triterpenoid saponins. *Phytochemistry*, 72(6), 435-457. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2011.01.015>
- Alonso-Castro, A.J., Zapata-Morales, J.R., González-Chávez, M.M., Carranza-Álvarez, C., Hernández-Benavides, D.M., Hernández-Morales, A., (2016). Pharmacological effects and toxicity of *Costus pulverulentus* C. Presl (Costaceae). *J. Ethnopharmacol.* 180, 124-130.
- Andrade-Montemayor, H. M., Córdoba-Torres, A. V., García-Gasca, T., & Kawas, J. R. (2011). Alimentos alternativos para pequeños rumiantes en zonas semiáridas, el caso del Mesquite (*Prosopis laevigata* spp.) y nopal (*Opuntias* pp.). *Pequeño Rumin Res*, 98(1–3) 83.
- Ashraf, M., Akram, N. A., & Arteca, R. N. (2021). Drought stress-induced changes in growth, physiology and secondary metabolites of plants: A review. *Environmental and Experimental Botany*, 188, 104478. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2021.104478>

- Arteaga, S., Andrade-Cetto, A., & Cárdenas, R. (2005). *Larrea tridentata* (Creosote bush), an abundant plant of Mexican and US-American deserts and its metabolite nordihydroguaiaretic acid. *Journal of Ethnopharmacology*, 98(3), 231-239. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.02.002>
- Ávalos G. y Pérez-Urrutia C. (2009). Metabolismo secundario de plantas. Reduca (Biología). Serie Fisiología Vegetal, 2(3), 119–145. ISSN 1794-4449.
- Belmares, H., Barrera, A., Ramos de VLF, Castillo, E., y Motomochi, V. (1979). Research and development of *L. tridentata* as a source of raw materials. En E. Campos, T.J. Mabry, y T.S. Fernández (Eds.), *LARREA*. Serie El Desierto CIQa, Saltillo, Coahuila, México (pp. 247-276).
- Bigne, F., Puppo, M. C., & Ferrero, C. (2016). Fibre enrichment of wheat flour with mesquite (*Prosopis* spp.): effect on breadmaking performance and staling. *LWT*, 65, 1008-1016. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.09.028>
- Boelcke, O. (1981). Plantas vasculares de la Argentina: nativas y exóticas. Ilustraciones Volumen II. Dicotiledóneas-Arquiclamídeas de Casuarináceas a Leguminosas. Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- Bourgaud, F., Gravot, A., Milesi, S., & Gontier, E. (2001). Production of plant secondary metabolites: A historical perspective. *Plant Science*, 161(5), 839-851. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(01\)00490-3](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(01)00490-3)
- Brinker, F. (1993). *Larrea tridentata* (D.C.) Coville (Chaparral or Creosote Bush). *British Journal of Phytotherapy*, 3, 1030.
- Carmona, A. J. C. (2007). Efecto de la utilización de arbóreas y arbustivas forrajeras sobre la dinámica digestiva en bovinos. Revista Lasallista de Investigación, 4: 40-50. ISSN: 1794-4449
- Comisión Nacional de las Zonas Áridas. (1994). Mezquite (*Prosopis* spp.). Cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México. CONAZA, Instituto Nacional de Ecología.
- CONABIO (S.f.). (2007) Prodomus Systematis Naturalis Regni Vegetabilis 2: 447. 1825. [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/documentos/46-legum44m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/documentos/46-legum44m.pdf)
- Domingo, D. & López-Brea, M. (2003). Plantas con acción antimicrobiana. Revista Española de Quimioterapia, 16(4), 385-393. ISSN 0214-3429.
- Duraipandiyan, V., Ayyanar, M., & Ignacimuthu, S. (2006). Antimicrobial activity of some ethnomedicinal plants used by Paliyar Tribe from Tamil Nadu, India. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/1472-6882-6-35>
- El Boukhari, M. E. M., Barakate, M., Bouhia, Y., & Lyamlouli, K. (2019). Trends in

- seaweed extract based biostimulants: Manufacturing process and beneficial effect on soil-plant systems. *Plants*, 8(5), 126. <https://doi.org/10.3390/plants8050126>
- Falcón, M., & Heredia, N. (2011). Elaboración y caracterización química de un extruido tipo cereal para desayuno basado en harina de trigo integral (*Triticum aestivum*) y mezquite (*Prosopis glandulosa*). *Epistemus. Ciencia, tecnología y salud*, 11, 10-14.
- Felker, P. (1979). Mesquite. An all-purpose leguminous arid land tree. *G.A. Ritchie (ed.). New agricultural crops. AAAS. Selected Symposium*, 89-132.
- Felker, P. (1996). Commercializing mesquite, leucaena and cactus in Texas. In J. Janick (Ed.), *Progress in new crops. Proceedings of the Third National Symposium New Crops: New Opportunities, New Technologies* (pp. 133-137). ASHS Press.
- Fernández, S., Hurtado, L.M., y Hernández, F. (1979). Fungicidal components of creosote bush resin. En H. Geissbühler (Ed.), *Advances in Pesticide Science* (pp. 351-355). Pergamon Press.
- Gaillard de Benítez, C., Pece, M., Juárez de Galíndez, M., Gómez, A., y Zárate, M. (2013). Modelización de funciones para estimar biomasa aérea individual de piquillín y tala chiquita en la provincia de Santiago del Estero, Argentina. *Quebracho*, 21(1-2), 46-57.
- García, D. L., Pérez, J. A., & Muñoz, C. E. (2019). Bioestimulantes naturales y su impacto en la fisiología vegetal. *Revista Agrícola de América Latina*, 5(3), 45-58.
- García, J. E., Gómez, L., Mendoza-de-Gives, P., Rivera-Corona, J. L., Millán-Orozco, J., Ascacio, J. A., Medina, M. Á., & Mellado, M. (2018). Anthelmintic efficacy of hydro-methanolic extracts of larrea tridentata against larvae of *Haemonchus contortus*. *Tropical Animal Health and Production*, 50(5), 1099-1105. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1535-5>
- García S, León J. (2021). Estrategia para mejorar la producción de los metabolitos secundarios en las plantas. *CIENCIA UANL/Año 24, No. 106, marzo-abril 2021*.
- Gouda, S., Das, G., Sen, S. K., Shin, H., & Patra, J. K. (2016). Endophytes: a treasure house of bioactive compounds of medicinal importance. *Frontiers in Microbiology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01538>
- Grajales, K. (2015). Plantas de la reserva de la biosfera Mapimí. [https://mapimi-uvet.univ-tlse2.fr/03/docs/01/09\\_guiaplantas2015.pdf](https://mapimi-uvet.univ-tlse2.fr/03/docs/01/09_guiaplantas2015.pdf)
- Granados-Sánchez D, Sánchez-González, A., Granados, L. & Borja-De la Rosa, A. (2011) Vegetation ecology of the Chihuahuan desert. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*. 17 (Ed.esp.), 111-130. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.10.102>
- Henciya, S., Seturaman, P., James, A. M., Tsai, Y., Nikam, R., Wu, Y. C., Dahms, H., & Chang, F. R. (2017). Biopharmaceutical potentials of *Prosopis* spp. (*Mimoso-*

- ceae, leguminosa). *Journal of Food and Drug Analysis*, 25(1), 187-196. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.11.001>
- Hernández, P. & Pineda, J. (2018). Saponinas y su impacto en la microbiología del suelo agrícola. *Boletín Científico Agroecológico*, 12(4), 87-102.
- Hughes, C. E., Ringelberg, J. J., Lewis, G. P., & Catalano, S. A. (2022). Disintegration of the genus *Prosopis* L. (Leguminosae, Caesalpinoideae, mimosoid clade). *PhytoKeys*, 205, 147. <https://doi:10.3897/phytokeys.205.75379>
- Isaza M., JH, (2007). Taninos o polifenoles vegetales. *Scientia Et Technica*, XIII (33), 13-18. <https://doi.org/10.22517/23447214.5817>
- Isman, M. B. (2019). Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection*, 124, 104836. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104836>
- Koul, O., & Walia, S. (2020). Essential oils as green pesticides: Potential and constraints. *Biopesticides International*, 16(1), 1-15.
- Lambert, J. D., Sang, S., Dougherty, A., Caldwell, C. G., Meyers, R. O., Dorr, R. T., & Timmermann, B. N. (2005). Cytotoxic lignans from *larrea tridentata*. *Phytochemistry*, 66(7), 811-815. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2005.02.007>
- López, J. J. (1986). Tecnología forestal. In T. Medina & L. A. Natividad (Eds.), *Metodología de planeación integral de los recursos naturales. Serie-Recursos Naturales No. 3* (pp. 153-161). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- López L. Tránsito. (2010). Problemas Digestivos Comunes. Alivio Fitoterapeútico. Rev. Ámbito Farmacéutico. Fitoterapia, 29(6), 82-85.
- Mabry, T.J., DiFeo, D.R.Jr., Sakakibara, M., Bohnstedt, C.F., y Siegler, D. (1977). Biology and chemistry of *Larrea*. En T.J. Mabry, J.H. Hunziker, y D.R.Jr. DiFeo (Eds.), *Creosote Bush Bush-Biology and Chemistry of Larrea in New World Deserts*. US/IBP Synthesis Series 6. Dowden, Hutchinson and Ross Inc., Stroudsburg, PA, USA (pp. 115-134).
- Manzano, M., Cantú, J., Silva, F., & Martínez, J. (2009). Método práctico para estimación de biomasa y carbono acumulado en poblaciones naturales de mezquite (*prosopis glandulosa*) en el noreste de México. En *VI Simposio Internacional de Pastizales*. México.
- Mata-Balderas, J. M., Treviño-Garza, E. J., Alanís-Rodríguez, E., Chávez-Costa, A. C., Rubio-Camacho, E. A., Mora-Olivo, A., & Martínez-Ávalos, J. G. (2018). Structure and diversity of *Larrea tridentata* (DC.) Coville, microphyllus desert scrub in northeast Mexico. *Interciencia*, 43 (6), 449-454.
- Martins, S., Aguilar, C. N., Teixeira, J. A., & Mussatto, S. I. (2012). Bioactive compounds (phytoestrogens) recovery from *Larrea tridentata* leaves by solvents extraction. Se-

- paration and Purification Technology, 88, 163-167. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2011.12.020>
- Martínez, M. (2013). Ecología y usos de especies forestales de interés comercial de las zonas áridas de México. Aldama: Centro de Investigación Regional Norte Centro.
- Nash, D.L. y Nee, M. (1984). Flora de Veracruz. [http://www1.incol.edu.mx/publicaciones/resumeness/FLOVER/41-nash\\_I.pdf](http://www1.incol.edu.mx/publicaciones/resumeness/FLOVER/41-nash_I.pdf). <https://doi.org/10.21829/fv.447.1984.41>
- Pasiecznick, N. M., Felker, P., Harris, P. J. C., Harsh, L. N., Cruz, G., Tewari, J. C., Cadoret, K., & Maldonado, L. J. (2001). The *Prosopis juliflora* – *Prosopis pallida* complex: a monograph. pp. 172. Henry Doubleday Research Associateon.
- Paramanantham P, Pattnaik S, Siddhardha B. (2019) Natural Products from Endophytic Fungi: Synthesis and Applications. 2019 p. 83-103: Available in: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-03589-15>
- Pérez-Alonso, N., & Jiménez, E. (2011). Producción de metabolitos secundarios de plantas mediante el cultivo *in vitro*. *Biotecnología Vegetal*, 11(4). <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/255/837>
- Quiroga-Cortez, R. (2012). Plantas medicinales para el tratamiento de enfermedades del sistema digestivo en la medicina tradicional de San Pablo de Huacareta (Chuquisaca, Bolivia). *Revista de la Sociedad Boliviana de Botánica*, 6(1), 69-79.
- Recio, M. C., Giner, R. M., Del Carmen Terencio, M., Sanz, M. M., & Ríos, J. (1991). Anti-Inflammatory activity of *Helichrysum stoechas*. *Planta Medica*, 57(S 2), A56-A57. <https://doi.org/10.1055/s-2006-960317>
- Rennan PG, Souza GTA, Moura HV, Martins DME, Cavalcanti-Mata ME. (2018). Caracterização tecnológica de cookies produzidos com diferentes concentrações de farinha de algaroba durante armazenamento por 120 dias. *Braz J Food Technol*, 21(1), 1-8
- Reyes-Melo, K. Y., Galván-Rodrigo, A. A., Martínez-Olivio, I. E., Núñez-Mojica, G., Ávalos-Alanís, F. G., García, Á., & Del Rayo Camacho-Corona, M. (2021). *Larrea tridentata* and its biological activities. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, 21(26), 2352-2364. <https://doi.org/10.2174/1568026621666210727170908>
- Rojas-Bedolla, E. I., Gutiérrez-Pérez, J. L., Arenas-López, M. I., González-Chávez, M. M., Zapata-Morales, J. R., Mendoza-Macías, C. L., Carranza-Álvarez, C., Maldonado-Miranda, J. J., Devezé-Álvarez, M. A., & Alonso-Castro, Á. J. (2018). Chemical characterization, pharmacological effects, and toxicity of an ethanol extract of *Celtis pallida* torr. (Cannabaceae) aerial parts. *Journal of Ethnopharmacology*, 219, 126-132. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.03.014>
- Rodríguez, E., Rojo, G., Ramírez, B., Martínez, R., Cong, M., Medina, S., & Piña, H. (2014). Análisis técnico del árbol del mezquite (*Prosopis Laevigata* Humb & Bonpl.

Ex Wild.) en México. *Ra Ximhai, 10 (3), 173-193*

- Román, H. (2016). Bromatología de la vaina de Mezquite (*Prosopis* sp) como alternativa sustentable en la comarca lagunera. [www.repository.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7981](http://www.repository.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7981)
- Royo Márquez, M., Melgoza Castillo, A., & Sierra Tristán, J. S. (2003). *Manual de plantas útiles*. Chihuahua: INIPAF.
- Sachin, N. & Manjunatha, B. & Patel, Mohan & Ravikanth, Gudasalamani & Singh, Shweta & Suryanarayanan, Trichur & K N, Ganeshaih & SHAANKER, R. (2013). Do endophytic fungi possess pathway genes for plant secondary metabolites?. *Current science*, 104. <https://www.researchgate.net/publication/235428511>
- Salazar, H.F.J., García, E.R. y Talalpal, B.B. (1990). Efecto de la incorporación de residuos secos de plantas de gobernadora (*Larrea tridentata*) y epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) en suelos infectados con *Pythium aphanidermatum* y *Rhizoctonia solani*, en la germinación y crecimiento de plantas de frijol. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 9, 102-104.
- Sandoval E, Zuñiga E., (2016). Efecto antibacteriano *in vitro* de los alcaloides totales extraídos de hojas de *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Kunth algarrobo" frente a *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/1497>
- Santhaseelan, H., Prabha, S., Arthur, R., Yi-Hong, T., Rahul, N., Yang-Chang, W., & et al. (2017). Biopharmaceutical potentials of *Prosopis* spp. (Mimosaceae, Leguminosa). *Journal of Food and Drug Analysis*, 25(1), 187-196.
- Sharifi-Rad, J., Kobarfard, F., Ata, A., Ayatollahi, S. A., Khosravi-Dehaghi, N., Jugran, A. K., Toma-, M., Capanoglu, E., Matthews, K. R., Popović-Djordjević, J., Kostić, A. Ž., Kamiloglu, S., Sharopov, F., Choudhary, M. I., & Martins, N. (2019). *Prosopis* Plant chemical composition and pharmacological attributes: targeting clinical studies from preclinical evidence. *Biomolecules*, 9(12), 777. <https://doi.org/10.3390/biom9120777>
- Šola, I., Stipanićev, M., Vujčić, V., Mitić, B., Huđek, A. y Rusak, G. (2018). Comparative analysis of native *Crocus* taxa as a great source of flavonoids with high antioxidant activity. *Plant Foods Hum Nutr*, 73(2), 189-195. <https://doi.org/10.1007/s11130-018-0669-1>
- Thirumurugan, D., Cholaraian, A., & Vijayakumar, S. S. R. a. (2018). An Introductory Chapter: Secondary Metabolites. En R. Vijayakumar & S. S. Raja (Eds.), *Secondary Metabolites. Sources and Applications*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.79766>
- Torres-López, T. G., Magaña-Magaña J. E., Licón-Trillo, L. P., & Alonso-Gómez, M. A. (2022). Comparación de diferentes extractos, su dosis letal 50 en artemia salina y la

- composición química del granjel (*Celtis pallida* torr.). *Revista biológico agropecuaria Tuxpan*, 10(1), 17-27. <https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v10i1.397>
- Vargas-Arispuro, I., Araujo-Bernal, S., Martínez-Téllez, M.A. y Ortega-Nieblas, M. (1997). Efecto de extractos de plantas sobre el crecimiento y producción de aflatoxinas de *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 15, 91-95.
- Vargas-Arispuro, I., Reyes-Báez, R., Rivera-Castañeda, G., Martínez-Téllez, M.A. & Rivero-Espejel, I. (2005). Antifungal lignans from the creosotebush (*Larrea tridentata*). *Industrial Crops and Products*, 22(2), 101-107. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2004.06.003>
- Velásquez, V.R. (1981). Evaluación de la actividad fungicida de la resina de gobernadora sobre *Eutypa armeniaca* Hans and Carter. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Verástegui, M.A., Sánchez, C.A., Heredia, N.L., y GarcíaAlvarado, J.S. (1996). Antimicrobial activity of extracts of three major plants from the Chihuahua desert. *Journal of Ethnopharmacology*, 52, 175-177.
- William, K., & Jafri, L. (2015). Mesquite (*Prosopis juliflora*): Livestock Grazing, Its Toxicity and Management. *Journal of Bioresource Management*, 2(2), 49-58. <https://doi.org/10.35691/JBM.5102.002>
- Wink, M. (2018). Plant secondary metabolites modulate insect Behavior-Steps toward addiction? *Frontiers in Physiology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00364>
- Yuan, Z., Fang, H., Fan, Y., & Tang, Y. (2022). Glucosinolates and plant defense: Molecular insights and applications. *Frontiers in Plant Science*, 13, 815091. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.815091>



# **Capítulo VI. Las plantas tóxicas al ganado en el noreste del estado de Chihuahua**

Zarhelia Carlo Rojas<sup>1</sup>

## **Introducción**

Los daños ocasionados al ganado por el consumo de especies tóxicas son un riesgo constante de pérdidas económicas para el productor de ganado en los sistemas de agostadero de forma particular en el ecosistema del Desierto Chihuahuense. La magnitud de esta pérdida puede representar el éxito o fracaso económico.

El concepto que se entiende en el sentido popular de una “planta tóxica” es demasiado simple y se aleja tanto de lo que el ganadero de agostadero conoce por experiencia propia como del concepto científico. Paracelso (1493-1541) conocido como el padre de la toxicología expresó “La dosis correcta distingue al veneno del remedio “. Siguiendo esta analogía, cualquier planta podrá ser tóxica en la dosis necesaria (Gallo, 2001), y de esta forma, las diferentes especies vegetales del ambiente proveen los nutrientes indispensables a los consumidores primarios, pero estas mismas especies pueden llegar a ser tóxicas en determinada dosis.

Otra consideración a tomar en cuenta es la capacidad acumulativa de los efectos tóxicos en el medio ambiente y en el tiempo. Las diversas interacciones entre los componentes de las diferentes plantas y sustancias del medio pueden resultar en efectos de sinergia a dosis consideradas no tóxicas (Carlo-Rojas, Z. y Lee, W.Y, 2009). Debe entenderse que los daños

---

<sup>1</sup> Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

ocurren no sólo en casos aislados y agudos, pues la ingestión continua de pequeñas dosis resultará en daños por toxicidad crónica en el rebaño en distintas manifestaciones.

En un estudio realizado en el estado de Sonora con datos de 2005 para determinar el impacto económico, se emplearon para el cálculo de las pérdidas económicas en ganado bovino un porcentaje de mortalidad del uno al 8.7 % y afectaciones en la eficiencia reproductiva en alrededor del 20 % en bovinos. Este trabajo hace hincapié en la necesidad de caracterizar cada zona de estudio y la falta de estadísticas que se requieren para abordar la variada gama de medio ambientes, especies de ganado y biodiversidad vegetal (Denogean B. et al., 2008).

En el forrajeo directo, el ganado tiene a su disposición todas las variadas especies de plantas del ecosistema. La vegetación es la fuente de los nutrientes para su subsistencia y desarrollo, aunque de forma simultánea ocurre la ingestión de sustancias particulares a cada especie. Estos son los compuestos secundarios del metabolismo vegetal, que cumplen con funciones especializadas como la defensa, pigmentación, aroma y otras. Estas mismas sustancias son las responsables de efectos de interacción con los herbívoros, desde la simple atracción o repulsión hasta su acción tóxica. También se considera dañina o tóxica la acción física de estructuras y órganos defensivos (Woll et al., 2013).

Las plantas presentan una amplia variabilidad en calidad nutricional que dependerá de las características propias de la especie vegetal; de la parte de la planta de que se trate, su condición y edad; de factores ambientales como clima y suelo; de factores externos como el acceso y la disponibilidad por competencia con otros herbívoros (Lyons et al., 2001).

Las especies de herbívoros poseen metabolismo diferentes y preferencias por ciertos grupos de plantas. Son selectivos en cuanto a las partes de plantas que comen, al igual que en las especies que prefieren. Es debido a la interacción y reacción con su dieta, que el ganado aprende cuales plantas prefiere y cuales presentan un mal sabor o resultan de difícil ingestión (Lyons et al., 2001).

Los diversos autores y técnicos en plantas tóxicas al ganado abonan a la extensa lista de las especies vegetales de interés y sus muy diversas propiedades fitoquímicas, lo que agrega complejidad a la información disponible para los productores y trabajadores del campo.

Tanto para lograr el correcto manejo de la calidad nutricional en sistemas de pastoreo directo en agostaderos, como para el control de especies vegetales potencialmente dañinas, la mejor estrategia del productor es el conocimiento de las especies presentes y su riesgo potencial. Para llegar a este punto de manera objetiva se requiere estudios de diagnóstico particulares a las zonas ecológicas de pastoreo y la caracterización de sus riesgos, además de la vinculación efectiva de los estudios hacia todos los niveles de productores. Este trabajo tiene como objetivo aportar una simplificación del conocimiento existente en la zona del noreste de Chihuahua que permita la difusión sencilla a productores de la zona, a la vez de contribuir con recomendaciones para detectar las intoxicaciones por plantas en sistemas de agostadero de la región.

## Materiales y Métodos

Este trabajo es dirigido a los productores de agostadero del estado de Chihuahua. En general que la mayor parte del estado sigue la topografía de la Mesa central mexicana y pertenece al ecosistema del Desierto Chihuahuense en el que se podrán encontrar matorrales, pastizales y bosque de pino-encino.

Los datos del año 2012 muestran al estado de Chihuahua con la mayor participación de superficie por estado, un 16.34 % del total nacional de área ocupada por agostaderos y praderas para pastoreo, con cifras cercanas a los 18 millones de hectáreas (SEMARNAT, 2018).

### Estudios de la zona

Para determinar la importancia de las familias botánicas a enfatizar, se partió de dos de los trabajos de listado de plantas aplicables a la zona: Listado florístico del Rancho Experimental La Campana (Royo-Márquez y Melgoza-Castillo, 2001) y *An Annotated Checklist of Poisonous or Injurious Range Plants of New Mexico Rangelands*, (Allred, 2010) de *New Mexico State University* (NMSU).

Se identificaron las principales familias de plantas tóxicas en ambos trabajos y se cuantificó su representatividad por porcentajes. De la descripción botánica se seleccionaron las características más representativas. Finalmente se elaboraron elementos gráficos distintivos para emplear a manera de iconos de las seis familias con más especies tóxicas de la zona, en materiales para comunicación dirigida a productores. Se busca enfatizar las características distintivas de las familias de plantas de interés y contribuir a la generalización de la comprensión de riesgo de toxicidad.

También se hace mención de los casos de plantas que han reportado incidencia en la zona y de seguimiento necesario para un buen manejo. Se dan recomendaciones generales a considerar.

## Resultados

En el Listado del Rancho La Campana se reporta un total de 433 especies de plantas pertenecientes a 74 familias. De ellas se reportan 80 especies con riesgo de toxicidad de las cuales el 43 % pertenecen sólo a tres familias: Asteraceae, Fabaceae y Poaceae. En la lista de 281 plantas venenosas de NMSU encontramos las mismas tres familias representando el 47.7 % del total del listado, pero es la familia Fabaceae la que reporta el mayor número de especies. Las comparaciones se muestran en la Tabla 1. Estas coincidencias nos permiten postular que realizar un énfasis de las características de estas tres familias facilitará mejorar la descripción y difusión de las especies tóxicas de interés en la zona.

## Características de las plantas tóxicas al ganado reportadas por familias principales

### Asteraceae

Las plantas de esta familia pueden presentar formas muy diversas en sus hojas, tallos y órganos en general, pero muestran una muy distintiva inflorescencia que ayuda a su identificación, nombrada capítulo. Sus flores en grupo numeroso se agrupan en un disco central rodeado de brácteas que conocemos como pétalos y a todo este conjunto de flores o flor compuesta la podemos asociar con ornamentales como la margarita o con el girasol. Todavía en la literatura se encuentra a esta familia con su anterior nombre Compositae. Resulta ser la familia vegetal con más riqueza de especies. Se establece como la familia con mayor número de especies registradas como tóxicas (Allred, 2010; Royo-Márquez, 2001) y con picos de abundancia estacionales notorios después de precipitaciones en el Desierto Chihuahuense.

**Tabla 1**

*Comparación del número de especies de plantas tóxicas reportadas en los trabajos de NMSU y Rancho La Campana*

Familia	Número de especies NMSU	Rancho La Campana
Fabaceae	52	10
Asteraceae	50	18
Poaceae	32	7
Solanaceae	14	4
Chenopodiaceae	12	3
Ranunculaceae	12	2
Apiaceae	10	0
Brassicaceae	8	1
Euphorbiaceae	7	5
Asclepidaceae	7	4
Rosaceae	6	2
Polygonaceae	5	1
Otras familias	66	23
<b>Total de especies tóxicas</b>	<b>281</b>	<b>80</b>

Fuente. Elaboración propia.

### Fabaceae

Familia de plantas que incluye herbáceas, arbustivas y árboles, con hojas compuestas muy diversas y flores de fisiología heterogénea, desde la flor sin geometría radial en su corola como la flor del chícharo hasta completamente sin pétalos como el mezquite. Pero esta familia de enorme importancia en la alimentación humana y animal es reconocible por su fruto en forma de vaina o legumbre. Algunos de los principales forrajes pertenecen a esta familia y la dosificación y correcta administración de dieta debe controlarse para evitar eventos de toxicidad.

### Poaceae

En esta familia se agrupan plantas herbáceas, raramente leñosas, monocotiledóneas de fisiología muy homogénea. Presentan hoja con nervadura paralela sin pedúnculo, que se unen de manera envolvente a tallos formados de nudos y entrenudos. Conocidos como pastos, su inflorescencia es llamada espiga y su fruto es el grano o cereal. Conforman en conjunto con las leguminosas la base alimenticia tanto humana como animal.

### Solanaceae

Las plantas de esta familia pueden ser herbáceas o leñosas en muy variadas formas, son reconocidas por su flor la cual puede estar en inflorescencia o como flor simple. Se caracterizan por tener sus sépalos y sus pétalos unidos, mostrando una corola de forma estrellada pentagonal. Entre las especies cultivadas encontramos al tomate, tabaco, papa, chile y otras especies más con reconocidos compuestos activos.

### Euphorbiaceae

Plantas, arbustos y leñosas de muy diversa fisiología que presentan como característica distintiva una inflorescencia llamada ciatio, que es una flor femenina rodeada de flores simples masculinas de un estambre. Este ciatio se ubica en el centro de dos hojas opuestas sin pedicelo formando una copa y la forma característica a ubicar. Algunas especies presentan adaptaciones carnosas en sus tejidos similar a la apariencia de cactus, se les conoce como suculentas. Estas plantas tienen una savia lechosa, con principios activos para protección.

### Asclepidaceae

Esta familia ahora llamada Apocynaceae incluye a herbáceas y leñosas con hojas simples acuminadas, aunque presentan morfología heterogénea. Sus flores se presentan por lo general en racimos de flores que surgen de un solo punto para alcanzar una misma altura o umbelas, con los estambres adheridos al tubo de la corola y no presentan sépalos. Su savia es lechosa y anteriormente se emplearon para obtención de caucho. Son productoras de principios activos de tipo alcaloide.

En la Figura 1 se muestran los iconos que buscan representar las características distintivas de las familias de plantas de interés en la zona. Se añaden las familias Solanaceae, Euphorbiaceae y Asclepidaceae las cuales ocupan el quinto, sexto y séptimo lugar en especies tóxicas del Listado del Rancho La Campana, para incluir de esta manera el 60 % de especies a caracterizar para su difusión.

**Figura 1**

Imágenes tipo ícono para cada familia de interés resaltando sus características distintivas

Fabaceae		Solanaceae	
Asteraceae		Euphorbiaceae	
Poaceae		Asclepidaceae	

Fuente. Elaboración propia.

### Ejemplos de especies de interés en la zona

Algunas especies relacionadas a intoxicaciones reportadas en la zona que merecen destacarse son *Astragalus spp.*, *Gutierrezia spp.* y *Drymaria arenaroides*.

La *Gutierrezia sarothae* y la *Gutierrezia microcephala* de la familia Asteraceae son plantas herbáceas arbustivas perennes, aunque más evidentes de acuerdo a la disponibilidad de las lluvias, son elementos reconocibles del paisaje por su abundancia y colorido junto a otras especies de asteráceas con flor amarilla. Se reconoce su efecto abortivo en varias especies, entre ellas cerdos (Blanco et al., 1983).

El mayor daño que se estima es la pérdida de crías de bovino en las últimas etapas de gestación, aunque en estudios para reproducir el efecto con extractos de esta planta, no se ha logrado repetir el efecto de manera experimental, apuntando más probablemente a una toxicidad hacia la microflora ruminal (Gardner et al., 2022).

En la familia Fabaceae se encuentran las *Astragalus spp.*, este grupo de especies comparte hasta tres diferentes mecanismos de toxicidad y son reconocidas en el documento de NMSU como la principal planta tóxica del estado de Nuevo México. Su mecanismo tóxico más conocido es el daño neuronal y adicción, o locoísmo que induce al consumo exclusivo de esta planta con el deterioro gradual en su condición corporal Allred (2010). La autora menciona a *A. mollisimus* para este tipo de efecto y esta especie es ubicada en el listado florístico del Campo Experimental La Campana (Royo-Márquez y Melgoza-Castillo, 2001). Pero también enumera mecanismos de toxicidad por selenio (la planta acumula este elemento en sus tejidos en suelos que lo tienen) y toxicidad por nitratos. En ambos tipos de toxicidad existe el riesgo de un desarrollo agudo, con desenlace fatal en término de unas cuantas horas y se incluyen en estos efectos a las especies *A. nothoxys* y *A. wootonii* (Allred, 2010), en la zona especies diferentes a *A. mollisimus* son citadas como raras (Royo-Márquez y Melgoza-Castillo, 2001).

Mención aparte merece la planta *Drymaria arenaroides* o alfombrilla, que no pertenece a las seis familias principales que busca difundir este trabajo pero que se considera importante señalar debido a que existen registros de su incidencia y letalidad en la región. Esta planta es de crecimiento rastretero menor a los 20 cm con hojas pseudoverticiladas de hasta 2.5 mm. Poco notoria, con flores blancas de un diámetro de hasta 4 mm aparenta poseer 10 pétalos o más, pues cada uno de sus 5 pétalos se dividen en su ápice (Pérez-Calix y Grajales-Tam, 2013). Posee una alta toxicidad por saponinas, las que a un 0.5 % del peso del animal, lleva a la muerte en ovinos y con 2 al 3 % de peso en aves se producen eventos de toxicidad aguda (Williams, 1978). Su presencia poco frecuente contribuye a elevar su desconocimiento en campo, por lo que requiere ser ubicada cabalmente por productores y jornaleros.

## Detección de eventos de intoxicación por plantas

Debe existir comunicación de los trabajadores de campo hacia el técnico encargado del programa de manejo y estar preparados para detectar eventos de intoxicación.

Un primer paso es descartar las intoxicaciones accidentales por otras causas, tales como aplicaciones de agroquímicos, dosis alimenticias y otros factores predisponentes. Se debe de considerar entre los primeros factores predisponentes a eventos de intoxicación el hambre, la sequía, cambios de potrero, incorporar animales nuevos al hato y a nuevas áreas. También deben considerarse los factores ambientales atípicos que pueden modificar las propiedades inocuas de plantas existentes en el potrero. Por ejemplo, las

heladas y deshielos pueden destruir los tejidos vegetales y promover crecimientos bacterianos o la concentración de la toxina propia de la planta a niveles dañinos (Blanco et al., 1983). Para distinguir de los hechos cotidianos a aquellas señales que nos indiquen eventos de intoxicación tanto de incidencia aguda como crónica, se debe vigilar el comportamiento del rebaño en conjunto y estar atentos a conductas de grupo.

La intoxicación por plantas tóxicas, se caracteriza por la ocurrencia de síntomas grupales en el rebaño, la incidencia suele coincidir con cambios de rutina y de factores ambientales. Entre las familias con toxicidad reconocida más frecuentes también se encuentran las dos familias base de la dieta del ganado y esto vuelve más probable la incidencia de intoxicaciones crónicas. Los sabores y mecanismos defensivos de las plantas en lo posible son evitados por el ganado, por lo que la principal causa para la ingestión de estas plantas es la escasez de forraje adecuado, por lo que una alimentación deficiente incrementa la ingestión de plantas potencialmente dañinas con un consecuente detrimento económico.

En los sistemas de pastoreo una intoxicación aguda es una urgencia clínica con síntomas graves que comprometen la vida, por lo que se requiere de una respuesta rápida y efectiva a veces sin tener la confirmación final de diagnóstico. En las condiciones de trabajo de campo, el diagnóstico clínico y la preservación de muestra para laboratorio es complicado y a veces imposible. Una vez detectado un evento de intoxicación se requiere de una investigación epidemiológica completa que facilite el trabajo analítico. Las acciones inmediatas deben encaminarse hacia los principales mecanismos de toxicidad en forma simultánea a la confirmación del diagnóstico (INIFAP, s/f).

## Conclusiones y consideraciones finales

Como recomendación para lograr una estrategia efectiva en el manejo de las plantas tóxicas al ganado el factor clave es conocer mejor los componentes del sistema productivo particular y acercar este conocimiento a los trabajadores encargados del manejo del ganado. En este trabajo se concluye que enfocar el conocimiento de las familias Asteraceae, Poaceae y Fabaceae permitirá familiarizarse con una proporción importante de las especies reportadas como tóxicas en la región, 43-47 % de los listados estudiados. Incorporar las familias Solanaceae, Asclepidaceae y Euporbiaceae amplia esta proporción a 57-60 %.

La primera y mejor estrategia es conocer a fondo las especies vegetales que se encuentran en el área de pastoreo y sus épocas de ocurrencia. De ser posible identificarlas, saber cómo es conocida en el sitio y llevar un registro conjuntamente con los registros productivos. Esta información permitirá dar forma a un programa de manejo dirigido a los riesgos detectados. A manera general es necesario aumentar los esfuerzos por la capacitación de los productores del campo hacia una comprensión y uso óptimo de sus

recursos, para lo cual el conocimiento que proviene del trabajo de campo debe difundirse y retroalimentar las acciones de los trabajadores en los potreros. Junto a las acciones de cada productor es deseable que se sigan acciones periódicas de información en las organizaciones de ganaderos y sector educativo del campo. La generación de reportes de eventos de intoxicación es la base para construir un sistema de riesgos confiable al sector productivo y define la posibilidad de investigación para el conocimiento ecotoxicológico actualizado y confiable, por lo que debe plantarse como una meta necesaria a lograr.

## Referencias

- Allred, Kelly W.- (2010). An Annotated Checklist of Poisonous or Injurious Range Plants of New Mexico. Circular 636. College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences, New Mexico State University. [https://pubs.nmsu.edu/\\_circulars/CR636/](https://pubs.nmsu.edu/_circulars/CR636/). (Octubre de 2022).
- Blanco, M. E., Enríquez, I. D., Siqueiros, M. E. (1983). Manual de plantas tóxicas del estado de Chihuahua. Chihuahua, México. Centro Librero La Prensa. P. 162.
- Carlo-Rojas, Z. y Lee, W.Y. (2009) Cu and Zn Uptake Inhibition by PAHs as Primary Toxicity in Plants. In *Proceedings of the 2007 National Conference on Environmental Science and Technology* (pp. 41-46). Springer New York. DOI:10.1007/978-0-387-88483-7\_6
- Denogean B, Francisco G., Moreno M., Salomón, Martín R., Martha H., Ibarra F., Fernando A. (2008). Impacto económico de las plantas tóxicas para el ganado sobre la producción pecuaria en Sonora. *Revista Mexicana de Agronegocios*, vol. 22, enero-junio, pp. 538-549.
- Eaton, D.L. y Klaassen, C.D. (2001). Principles of toxicology. In Cassarett and Doull's Toxicology. The Basic Science of Poisons (Klaassen C.D., ed). 6th ed. New York: McGraw-Hill, 11-34.
- Estrada-Castillón, E.y Villarreal-Quintanilla J.A. (2010). La flora del centro del estado de Chihuahua, México. *Acta Botánica Mexicana*, núm. 92, pp. 51-118.
- Gallo, M. A. (2001). History and scope of toxicology. In Cassarett and Doull's Toxicology. The Basic Science of Poisons (Klassen C.D., ed). 6th ed. New York: McGraw-Hill, 3-10.
- Gardner, D.R., Green, B.T., Stegelmeier, B.L., Welch, K.D. (2022). Broom snakeweed extracts dosed to late-term pregnant cattle do not cause premature parturition. Poisonous Plant Research. 5:13-21. <https://doi.org/10.26077/15eb-503b>.
- INIFAP. (s/f). Plantas tóxicas para el ganado: su identificación, manejo y control. Pijoan

Aguadé, P. y Chávez Durón, J.A.

- Pérez-Calix, E. y Grajales-Tam, K. M. (2013). Flora del bajío y de regiones adyacentes. Familia Caryophyllaceae. Fascículo ordinario180. INECOL. DOI: <https://doi.org/10.21829/fb.66.2013.180>
- Royo-Márquez, M. H., y Melgoza-Castillo, A. (2001). Listado florístico del Campo Experimental La Campana y usos de su flora. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 39 (2).
- Sandoval-Ortega, M. H., M. E. Siqueiros-Delgado, R., Cerros-Tlatilpa y G. Ocampo. (2019). La familia Caryophyllaceae en el estado de Aguascalientes, México. *Acta Botanica Mexicana* 126: e1455. DOI: 10.21829/abm126.2019.1455
- SEMARNAT, 2018. *Compendio de estadísticas ambientales*. [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio\\_2018/dgeiawf.semarnat.gob.mx\\_8080/ibi\\_apps/WF-Servlet87e3.html](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2018/dgeiawf.semarnat.gob.mx_8080/ibi_apps/WF-Servlet87e3.html)
- Lyons, R.K., Machen, R. V. y Forbes, T. D. A. (2001). *Entendiendo el consumo de forraje de los animales en pastizales*. (AgriLife Extension. Texas A&M System). <https://agrilifelearn.tamu.edu/s/product/entendiendo-el-consumo-de-forraje-de-los-animales-en-pastizales/01t4x000004OUDAAW>
- Williams, M. C. (1978). Toxicity of saponins in alfombrilla (*Drymaria arenarioides*). *Journal of Range Management*, 31(3), 182-184. DOI: 10.2307/3897175
- Wöll, S., Kim, S. H., Greten, H. J., y Efferth, T. (2013). Animal plant warfare and secondary metabolite evolution. *Natural products and bioprospecting*, 3, 1-7. DOI: 10.1007/s13659-013-0004-0

# Capítulo VII. *Quercus chihuahuensis* en el Cerro grande, Chihuahua, Chihuahua, México

José Valero Galván<sup>1</sup>  
Fabian Isaías Almodóvar Delgado<sup>1</sup>  
Raquel González Fernández<sup>1</sup>

## Introducción

El encino *Quercus chihuahuensis* es una especie poco predominante en los cerros semidesérticos aledaños a la ciudad de Chihuahua. Se distribuye mayormente en el llamado “Cerro Grande”, montaña que se caracteriza en la ciudad por ser la más alta y extensa y por ser un lugar de uso recreativo para la actividad humana. Dichas actividades han impactado a la flora y fauna del lugar, principalmente a la especie *Q. chihuahuensis*. Este tipo de encino se presenta en forma de arbustos o árboles caducifolios, hasta 10 m de altura. Su corteza es gris, surcada, a cuadros o escamosa (Missouri Botanical Garden, 2003). Está presente en suelos secos en colinas herbosas abiertas o matorrales espinosos (Beltrán, 2013). Se distribuye en altitudes desde 2 200 a 2 450 m.s.n.m. (García-Arévalo et al., 2016). La especie se encuentra en los bosques de encino, encontrados por debajo de los bosques de pino-encino (Lebgue, 2001). Existe escasa información publicada sobre la especie y de estudios poco recientes. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la estructura poblacional y los aspectos ecológicos del encino *Q. chihuahuensis* en el Cerro Grande (Chihuahua, Chihuahua, México).

---

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

## Antecedentes

Los encinos o robles, pertenecientes al género *Quercus*, son arbustos y árboles maderables con una altura de hasta 45 m, los cuales se encuentran en la familia Fagaceae. El género contiene más de 500 especies que están distribuidas en las regiones montañosas templadas del hemisferio norte, entre los paralelos 15°-30° N (Valencia, 2004). En México, se han documentado 164 especies, de las cuales 109 son endémicas y se distribuyen por montañas de clima templado y subhúmedas de nuestro país, cubriendo alrededor del 5.5% de la superficie total, y se extienden desde los 200 a 3 500 m. s. n. m. (Gorgonio-Ramírez et al., 2017). La mayor diversidad se ha observado en poblaciones de Nuevo León, Veracruz, Querétaro, Oaxaca, Jalisco, Guerrero, Estado de México, Durango, Chihuahua y Michoacán (Valencia et al., 2004). El género está caracterizado por su gran adaptación a diferentes condiciones como son el relieve, altitud, pendiente, tipo de roca, suelo, etc. (Espejel-Rodríguez et al., 1999). Los encinos suelen tener un crecimiento arbustivo en climas xéricos y pueden alcanzar a formar grandes matorrales muy extensos y en las condiciones mésicas crecen en forma de árbol, que integran comunidades boscosas (Villarreal et al., 2008). Además, realizan procesos para minimizar el impacto de las sequías (Aranda et al., 2014). Así mismo, se emplean para construcciones, mueblería o combustible y para la obtención de celulosa, leña y carbón (Beltrán, 2013). Al mismo tiempo, conservan la biodiversidad de especies asociadas, retienen suelos forestales, forman mantos acuíferos y funcionan como controladores del clima y captación del dióxido de carbono (Gorgonio-Ramírez et al., 2017). Su semilla alimenta a animales domésticos y silvestres (Beltrán, 2013).

En el estado de Chihuahua, los encinos se distribuyen en 4.6 millones de hectáreas, por lo que significan una fuente de ingreso a los silvicultores de la región. Sin embargo, este género está poco estudiado en términos de estimaciones volumétricas, por la escasez de reportes de estudios realizados en la zona (Pompa-García y Solís-Moreno, 2008). En el estado de Chihuahua, las especies del género *Quercus* se encuentran formando comunidades con miembros del género *Pinus*, que constituyen mayormente la cobertura de vegetación de áreas de climas templados o semihúmedos, aunque también se observan en ecosistemas de clima semidesértico (Aguilar-Romero et al., 2016; Rangel et al., 2002).

Una de las especies de encinos localizada en el estado de Chihuahua es *Quercus chihuahuensis*. Esta especie se puede presentar como arbustos o árboles, caducifolios, hasta 10 m de altura. Se distribuye desde Querétaro hacia el norte y oeste desde Nayarit, Sinaloa y Sonora, hasta partes de Chihuahua. Se encuentra en altitudes entre 600 y 2 700 m. s. n. m. en las montañas secas de los estados del norte y en altitudes entre 750 y 2 100 m. s.n. m. en las montañas de piedra tipo caliza, con una extensión de presencia estimada en más de 750,000 km<sup>2</sup> (Beltrán, 2013). Las poblaciones de *Q. chihuahuensis* están formadas por plantas de tipo arbustivo o árboles caducifolios, que llegan a alcanzar hasta 10 m de altura. Su corteza es gris, surcada, a cuadros o escamosa (Missouri Botanical Garden, 2003). Se

desarrolla en suelos secos, en colinas herbosas abiertas o matorrales espinosos (Beltrán, 2013). Así mismo, se puede encontrar en laderas suaves y también en cañadas de hasta 2 200 a 2 450 m. s. n. m. (García-Arévalo et al., 2016).

*Q. chihuahuensis* es una especie poco predominante en los cerros semidesérticos cercanos a la ciudad de Chihuahua, sin embargo, se distribuye mayormente en el llamado “Cerro Grande”, montaña que se caracteriza en la ciudad por ser la más alta y extensa y por ser un lugar de recreación familiar para caminatas, alpinismo o rapel. Dichas actividades podrían tener un impacto sobre la flora y fauna del lugar, principalmente a la especie *Q. chihuahuensis*. Sin embargo, existe poca información de la especie y no se ha estudiado el impacto de la actividad humana en la población de *Q. chihuahuensis* de esta zona. Consecuente a la poca información existente de la especie, en este estudio se recopilaron datos actuales sobre los aspectos ecológicos de la especie para en un futuro diseñar una estrategia de conservación e informar a la sociedad sobre las presiones antropogénicas a los individuos de esta población, al ubicarse en un área tan urbanizada.

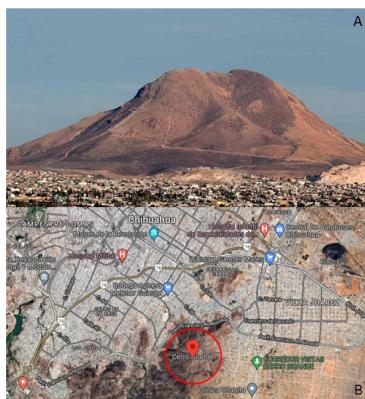
## Materiales y métodos

### Zona de estudio

La zona de estudio se encuentra en el Cerro Grande, una montaña con una altitud de 1 900 m. s. n. m. ubicada en la ciudad de Chihuahua, Chihuahua, México ( $28^{\circ}35'35.7''N$  y  $106^{\circ}03'13.2''W$ ) (Figura 1).

#### Figura 1

Área de estudio. A) Imagen panorámica del Cerro Grande. B) Imagen satelital donde se muestra la ubicación del Cerro Grande al sur de la ciudad de Chihuahua, Chihuahua, México



Fuente. Imagen satelital elaborada por los autores con Google Maps (Google, s.f.). Fotografía tomada por Fabian Isaías Almodóvar Delgado.

## Delimitación del área de estudio

Se establecieron tres cuadrantes permanentes de 50 x 25 m en diferentes altitudes, con un espacio de 25 m entre ellos, de acuerdo con la metodología propuesta por Pingarroni et al. (2020). Se ubicó una población en el lado noroeste del Cerro Grande, donde se delimitaron las áreas de estudio como cuadrante 1, cuadrante 2 y cuadrante 3 (c1, c2 y c3, respectivamente). La zona de estudio se extendió entre las altitudes 1 600 y 1 800 m. s. n. m. El c1 se ubicó a una altitud de 1 600 m. s. n. m, el c2 a 1 700 m. s. n. m. y el c3 a 1 800 m. s. n. m. En cada sitio, se tomaron medidas del diámetro a la altura del pecho, altura de los ejemplares, diámetro de la copa del árbol, la pendiente y sus asociaciones vegetales y animales, además de georreferenciarlos con la aplicación GPS Compass Explorer de Apple (Pingarroni et al., 2020). Los individuos muestrados en los tres cuadrantes se agruparon por categorías según el rango de las medidas tomadas (Tabla 1).

**Tabla 1**

*Categorías de las medidas utilizadas para determinar la frecuencia de la altura (FA), diámetro a la altura del pecho (DAP) y diámetro de la copa del árbol (DC) medida de *Q. chihuahuensis**

Categoría	FA (m)	DAP (cm)	DC (m)
1	0.80 – 1.45	2.00 – 7.00	0.90 – 1.60
2	1.45 – 2.00	7.00 – 12.00	1.60 – 2.30
3	2.00 – 2.55	12.00 – 17.00	2.30 – 3.00
4	2.55 – 3.10	17.00 – 22.00	3.00 – 3.70
5	3.10 – 3.65	22.00 – 27.00	3.70 – 4.40
6	3.65 – >4.20	27.00 – 32.00	4.40 – 5.10

Fuente. Elaboración propia.

## Evaluación de la flora asociada

Para evaluar la vegetación asociada, se registraron las especies vegetales más abundantes en cada cuadrante, utilizando la metodología propuesta por Molina-Guerra et al. (2017).

## Evaluación de la fauna asociada

Para evaluar la fauna asociada, se realizó un muestreo aleatorio y se documentó en cada cuadrante las especies de fauna asociada a *Q. chihuahuensis*.

### Análisis estadístico

Se calculó la frecuencia de individuos entre las categorías para las tres variables analizadas. Además, se realizó un ANOVA de un factor, la prueba múltiple de Tukey y se obtuvo la correlación de Pearson entre variables medidas. Todos los análisis se realizaron con el programa SPSS v15.0. de IBM. Adicionalmente, se obtuvo la densidad poblacional dividiendo el número de individuos muestreados en cada cuadrante entre los metros cuadrados que comprende dicho cuadrante.

## Resultados

### Vegetación asociada a *Q. chihuahuensis*

En los cuadrantes en donde se estudiaron a los individuos de *Q. chihuahuensis*, se encontró una gran asociación con especies de plantas como las del género *Prosopis*, ya que se encontraron grandes extensiones de estos individuos alrededor de la población estudiada. También se encontraron otras especies vegetales como *Bomardia ternifolia* (trompetillas rojas), *Datura wrightii* (toloache sagrado), *Yucca treculiana* (chocha), *Dasyllirion wheeleri* (sotol del desierto), *Maurandya antirrhiniflora* (herba del corazón), *Asclepias linaria* (pinillo), *Polanisia dodecandra*, *Mimosa dysocarpa*, *Mandevilla hypoleuca*, *Melinis repens*, *Gymnosperma glutinosum* (tatañicho), *Tribulus terrestres*, *Opuntia phaeacantha* (nopal de Chihuahua), *Thelocactus bicolor* (biznaga) y helechos del género *Myriopteris* (Figura 2).

**Figura 2**

Flora encontrada en el Cerro Grande, Chihuahua: A) Biznaga escobar de Chihuahua (*Echinocactus chihuahuensis*); B) Yuca (*Yucca treculiana*); C) Nopal (*Opuntia phaeacantha*); D) Charrasquillo (*Calliantha eriophylla*); E) Doradilla (*Selaginella rupestris*); F) Helechos del género *Myriopteris*



Fuente. Elaboración propia. Fotografías tomadas por Fabian Isaías Almodóvar Delgado.

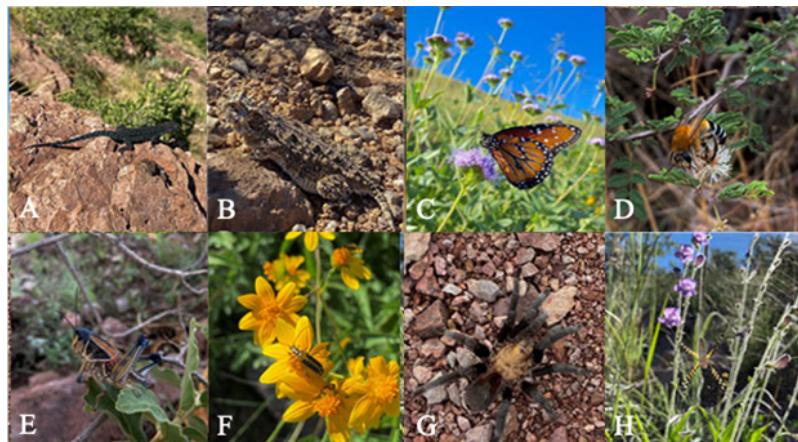
### Fauna asociada a la población de *Q. chihuahuensis*

En cuanto a especies animales, se encontraron reptiles como la lagartija de árbol norteña (*Urosaurus ornatus*), el huico de las praderas del desierto (*Aspidoscelis uniparens*) y el lagarto cornudo (*Phrynosoma cornutum*); aves como el zopilote (*Cathartes aura*), zacatonero (*Aimophila ruficeps*) y la paloma de alas blancas (*Zenaida asiatica*); insectos como la mariposa reina

(*Danaus gilippus*), abeja excavadora de california (*Antophora californica*), saltamonte perezoso (*Brachystola magna*), escarabajos del género *Chauliognathus* y de la especie *Lytta corallifera*, avispas papel de comanche (*Polistes comanchus*), avispas alfareras (*Eumenes bollii*) y abejorros del género *Xylocopa*; arañas como la tarántula mexicana gris (*Aphonopelma pallidum*) y del género *Argiope* (Figura 3).

**Figura 3**

Fauna encontrada en el Cerro Grande, Chihuahua A) Lagartija de árbol norteña (*Urosaurus ornatus*); B) Lagarto cornudo (*Phrynosoma cornutum*); C) Mariposa reina (*Danaus gilippus*); D) Abeja excavadora de California (*Antophora californica*); E) Saltamontes perezoso (*Brachystola magna*); F) Escarabajo soldado del género *Chauliognathus*; G) Tarántula mexicana (*Aphonopelma pallidum*); H) Araña del género *Argiope*.



Fuente. Fotografías tomadas por Fabian Isaías Almodóvar Delgado.

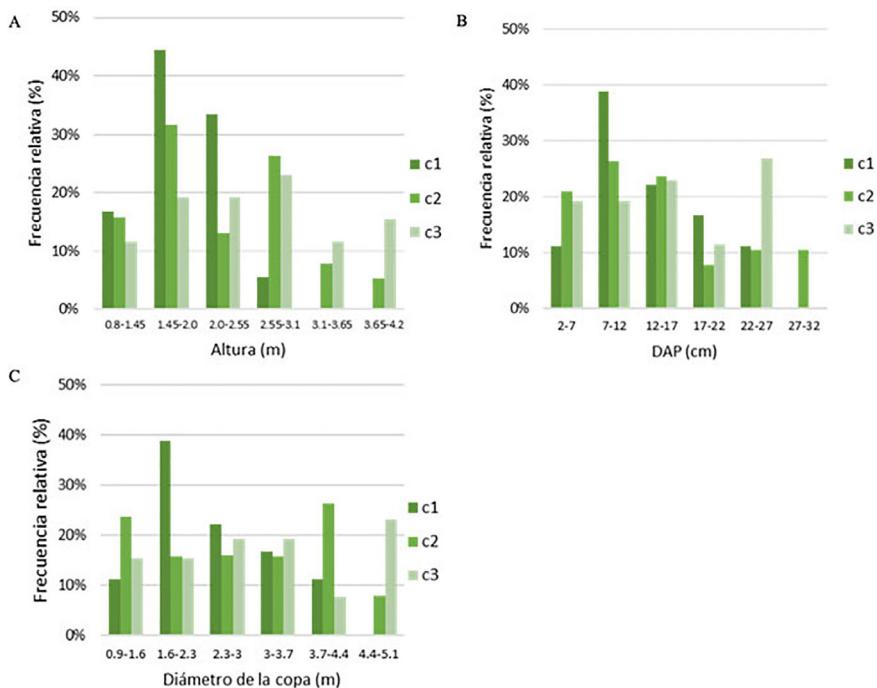
### Abundancia y distribución de *Q. chihuahuensis*

La densidad poblacional fue de 0.014 individuos por  $m^2$  para el c1, 0.030 individuos por  $m^2$  para el c2 y 0.021 individuos por  $m^2$  para el c3. En la Figura 4A, se muestra la frecuencia relativa en porcentaje de la altura de los individuos (m) de los tres cuadrantes estudiados de *Q. chihuahuensis*. En el c1, la población presentó una mayor frecuencia relativa (44 %) en la categoría 2 (1.45 a 2.0 m) y una menor frecuencia (6 %) en la categoría 4 (2.55 a 3.10 m), sin encontrarse individuos englobados en las categorías 5 (3.10 a 3.65

m) y 6 (3.65 a >4.20 m). En el c2, la frecuencia relativa mayor también se englobó en la categoría 1 (32 %), mientras que la menor frecuencia (5 %) se presentó en la categoría 6 (3.65 a >4.20 m). Por último, en el c3, la población presentó la mayor frecuencia relativa (23 %) en la categoría 4 (2.55 a 3.01 m), mientras que la más baja (12 %) en la categoría 1 (0.8 a 1.45 m). Además, en este último cuadrante, se encontraron los individuos más altos de todo el estudio.

**Figura 4**

*Frecuencia de las características de la altura, diámetro altura del pecho (DAP) y diámetro de la copa de los árboles encontrados en los tres cuadrantes*



*Nota.* A. Frecuencia relativa (%) de la altura. B. Frecuencia relativa (%) del DAP. C. Frecuencia relativa (%) del diámetro de la copa. Figura elaborada por Fabian Isaías Almódóvar Delgado.

En la Figura 4B, se presenta la frecuencia del diámetro a la altura del pecho (DAP). La mayor frecuencia relativa en el c1 (39 %) se englobó en la categoría 2 (7 a 12 cm), la

menor (11 %) se encontró en las categorías 1 (2 a 7 cm) y 5 (22 a 27 cm) y no se encontraron árboles pertenecientes a la categoría 6 (27 a 32 cm). En el c2, la frecuencia relativa también fue mayor (26 %) en la categoría 2 (7 a 12 cm), mientras que la menor (8 %) se encontró en la categoría 4 (17 a 22 cm). En el c3, la frecuencia relativa mayor (27 %) fue para la categoría 5 (22 a 27 cm), mientras que la menor (12 %) se encontró en la categoría 4 (17 a 22 cm). En este último cuadrante, se observó que los troncos son más gruesos.

En la Figura 4C, se presenta la frecuencia relativa para el diámetro de la copa del árbol. En el c1, la mayoría de la población (38 %) se encontró en la categoría 2 (1.6 a 2.3 m), la menor proporción se encuadró en las categorías 1 (0.9 a 1.6 m) y 5 (3.7 a 4.4 m) (11 % en ambas) y no se encontraron individuos clasificados en la categoría 6 (4.4 a 5.1 m). En el c2, la frecuencia relativa mayor (26 %) se encontró en la categoría 5 (3.7 a 4.4 m), mientras que la menor (8 %) se encontró en la categoría 6 (4.4 a 5.1 m). Sin embargo, en el c3, se encontró que la mayoría de los árboles (23 %) se encuadró en la categoría 6 (4.4-5.1 m), mientras que la menor proporción (8 %) perteneció a la categoría 5 (3.7 a 4.4 m), siendo este último cuadrante el que presentó los árboles con mayor diámetro o más frondosos.

En un estudio similar se encontró que la especie *Q. mulleri* presentó una distribución restringida al municipio de San Pedro Sosoltepec, Oaxaca, conformada por poblaciones con baja frecuencia de individuos en todas las clases de tamaño. El número de individuos censados en los cuadrantes SP1, SP2 y SP3 fue de 47, 63 y 5 individuos, respectivamente. Se encontraron diferencias significativas en la abundancia de individuos entre sitios ( $p < 0.001$ ), mientras que a nivel de sitio SP1 y SP2 mostraron diferencias significativas entre categorías de tamaño ( $p < 0.01$ ); el primer sitio mostró una mayor cantidad de juveniles, mientras que el segundo tuvo más adultos. A pesar de hacer una extensa búsqueda en el área de estudio de SP3, solo se registraron cinco individuos que se clasificaron como un brizal, un latizal bajo y tres individuos de la clase fustal alto (Pingarrón et al., 2020).

## Estructura poblacional

Los resultados de la caracterización morfológica por cuadrante de los individuos de *Q. chihuahuensis* mostraron diferencias significativas entre la altura de los tres cuadrantes estudiados (Cuadro I). El c3 mostró los valores más altos para la mayoría de las características morfológicas estudiadas, excepto la presencia del fruto, donde se muestra que el c2 tuvo mayor presencia, pero porque en el c2 hubo más individuos estudiados. El c1 presentó los valores más bajos, teniendo los árboles más bajos, con menor grosor, menor dimensión de la copa y menor presencia de frutos de los 3 cuadrantes.

**Tabla 2**

Analisis morfológico por cuadrante de *Q. chihuahuensis* localizado en el Cerro Grande de la Ciudad de Chihuahua

Característica	C1	C2	C3	Promedio	Anova (p<0.05)
<b>Altura (m)</b>	1.93±0.48 <sup>a</sup>	2.28±0.8 <sup>ab</sup>	2.62±0.85 <sup>b</sup>	2.31±0.79	0.02
<b>DAP (cm)</b>	13.94±5.89 <sup>a</sup>	14.64±7.97 <sup>a</sup>	15.5±7.72 <sup>a</sup>	14.76±7.42	0.79
Diámetro de la copa (m)	2.71±1.26 <sup>a</sup>	2.9±1.2 <sup>a</sup>	3.11±1.29 <sup>a</sup>	2.92±1.24	0.57
<b>Presencia del fruto</b>	0.5±0.51 <sup>a</sup>	0.68±0.47 <sup>a</sup>	0.54±0.51 <sup>a</sup>	0.6±0.49	0.33

Nota. Los datos se expresan como media ± desviación estándar (n = 82) y se analizaron mediante ANOVA de un factor (p<0.05). Diferentes letras (a – b) muestran el resultado de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, lo que indica una diferencia significativa en subconjunto para alfa = 0.05 (se muestra en la fila de cada característica morfológica evaluada). \*DAP: Diámetro a la altura del pecho.

La especie *Q. chihuahuensis* midió en promedio 2.31 m de altura, dato que comprende el rango reportado en la descripción morfológica realizada por Missouri Botanical Garden (2003), en donde se menciona que dichos individuos pueden tener una altura de hasta 10 m. El DAP mostró un promedio de 14.76 cm y el diámetro de la copa presentó un valor promedio de 2.92 m. En cuanto a la presencia del fruto, se obtuvo un promedio de 0.5 frutos por cuadrante. Estas últimas variables morfológicas no tienen un registro previo reportado para *Q. chihuahuensis* en ninguna región de México. Se observan algunas imágenes ilustrativas de la especie en la Figura 5. Según Muller (1938), la altura de *Q. chihuahuensis* varía entre los 5 y 8 m; el tronco tiene entre 0.3 a 0.4 m de diámetro; la copa del árbol 4 m-10 m x 2-5 cm. Sus flores se muestran en racimos estaminados tomentosos de 2 a 5 cm con flores pistiladas. Su bellota es de 1.5 cm y de forma ovalada color café.

### Figura 5

Características generales de los árboles de *Q. chihuahuensis* creciendo en el cerro grande de la ciudad de Chihuahua, México



Nota. A) Racimo de hojas; B) Bellota en desarrollo; C) Tronco dispuesto de forma arbustiva; D) Uno de los ejemplares más altos encontrados de *Q. chihuahuensis*. Fotografía tomada por Fabian Isaías Almodóvar Delgado.

Cuando las variables de altura, DAP, diámetro de la copa, presencia del fruto, latitud, longitud y altitud se correlacionaron con los cuadrantes se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ). El cuadrante se correlacionó positivamente con la altura ( $r= 0.316$ ,  $p= 0.004$ ) y la altitud ( $r= 0.925$ ,  $p= 0.000$ ). La altura se correlacionó positivamente con el DAP ( $r= 0.755$ ,  $p= 0.000$ ), diámetro de la copa ( $r= 0.802$ ,  $p= 0.000$ ) y con la altitud ( $r= 0.376$ ,  $p= 0.000$ ). Por último, el DAP se correlacionó positivamente con el diámetro de la copa ( $r= 0.819$ ,  $p= 0.000$ ) y la presencia de fruto ( $r= 0.235$ ,  $p= 0.034$ ).

En el presente estudio se observó que las plantas del c3 presentaron las proporciones y valores más altos en la altura, DAP y diámetro de la copa. Esto podría deberse a la presencia de una gran extensión de rocas que se extienden en gran parte del c3, y que, gracias a estas rocas, hay una mayor preservación de la humedad. Por tanto, las plántulas de *Q. chihuahuensis* podrían tener mejores condiciones para su desarrollo, debido a que las

rocas podrían estar bloqueando la radiación solar y manteniéndola de baja a intermedia intensidad, logrando condiciones óptimas de crecimiento. En otras especies del género *Quercus* se ha observado que los porcentajes de germinación y la supervivencia de las plántulas tiende a incrementarse cuando están protegidas por sombras medias y densas de otros árboles, debido a que estos evitan en gran parte el desecamiento en áreas abiertas en verano y controlan la radiación solar a la que están expuestas las plantas (Marañón et al., 2004; Rivas-Rivas et al., 2017).

Otra característica importante de los encinos es que las raíces pueden ser tan profundas y llegar a zonas con humedad alta, además de que pueden moverse entre áreas con diferentes porcentajes de humedad dentro de un mismo horizonte edáfico (Villarreal et al., 2008). Por lo que en el caso del c3, la presencia de este gran conjunto de rocas pudiera permitir a los individuos de *Q. chihuahuensis* germinar y emerger propiamente, gracias a que contrarrestan la radiación solar, funcionando como un tipo de cobertura. Además, dichas rocas mantienen una humedad estable en el suelo subterráneo, y como los encinos pueden buscar humedad con sus largas raíces en diferentes áreas, es probable que encuentren mayor grado de humedad debajo de estas rocas, lo que genera condiciones óptimas para el desarrollo de los individuos y les ofrece una posible fuente hídrica. Este conjunto de condiciones ha permitido que, en este cuadrante, los árboles sean más altos, más gruesos y frondosos, debido a las condiciones óptimas que puede encontrar la especie gracias a esta extensión rocosa y a la protección ante los humanos, al ser un área de difícil acceso para el hombre, qué en comparación a los primeros cuadrantes, que se encuentran en zonas más accesibles para el paso del hombre, han sufrido mayor impacto que el c3.

## Conclusiones

Los resultados mostraron que *Q. chihuahuensis* mostró diferencias estadísticas significativas en la altura entre los árboles localizados en los tres cuadrantes, siendo los árboles del cuadrante 3 (c3) los que presentaron los valores más altos en la altura, diámetro a la altura del pecho y el diámetro de la copa del árbol. Además, el cuadrante se correlacionó positivamente con la altura y la altitud. La altura se correlacionó positivamente con el diámetro a la altura del pecho, diámetro de la copa y con la altitud. Asimismo, el diámetro a la altura del pecho se correlacionó positivamente con el diámetro de la copa y la presencia de fruto. El presente estudio aporta información actualizada sobre la ecología de la especie, por lo que se puede utilizar para estudios posteriores sobre el impacto antropogénico en el área de estudio.

## Referencias

- Aguilar-Romero, R., García-Oliva, F., Pineda-García, F., Torres, I., Peña-Vega, E., Ghilardi, A., Oyama, K. (2016). Patterns of distribution of nine *Quercus* species along an environmental gradient in a fragmented landscape in central México. *Botanical Sciences*, 94(3), 471-482. <https://doi.org/10.17129/botsci.620>
- Beltrán, E. (2013). Bosque de *Quercus*. Museo de las Ciencias Biológicas Iztacala. Facultad de estudios Superiores Iztacala. Universidad Autónoma de México. 1-23.
- García-Arévalo, A., Mendoza-Contreras, J. J., Nocedal, J. (2016). Asociaciones vegetales de los bosques del Municipio de Guanaceví, Durango. *Madera Y Bosques*, 10(1), 21-34. <https://doi.org/10.21829/myb.2004.1011277>
- Gorgonio-Ramírez, M., Clark-Tapia, R., Campos-Contreras, J., Montalvo-Reyes, A., & Alfonso-Corrado, C. L. (2017). Diversidad y estructura genética de *Quercus crassifolia* en sitios de manejo forestal y uso local en Sierra Juárez, Oaxaca. *Madera Y Bosques*, 23(2), 85-98. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2321122>
- Marañón, T., Villar, R., Quero, J.L., & Pérez-Ramos, I.M. (2004). Análisis del crecimiento de plántulas de *Quercus suber* y *Q. canariensis*: Experimentos de campo y de invernadero. *Cuadernos Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 20, 87-92. <https://core.ac.uk/download/pdf/36071539.pdf>
- Espejel-Rodríguez, M.M.A, Santacruz, N., & Sánchez-Flores, M. (1999). El uso de los encinos en la región de La Malinche, Estado de Tlaxcala, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. (64), 35-39. [http://dx.doi.org/10.17129/botsci.1580](https://doi.org/10.17129/botsci.1580)
- Missouri Botanical Garden (2003). *Quercus chihuahuensis* Trelease in Flora of North America. <https://cutt.ly/c68sLbS>
- Molina-Guerra, V.M., Soto-Mata, B., Cervantes-Balderas, J.M., Alanís-Rodríguez, E., Marrquín-Castillo, J.J., & Sarmiento-Muñoz, T.I. (2017). Composición y estructura del matorral desértico rosetófilo del sureste de Coahuila, México. *Polibotánica*, (44), 67-77. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.44.5>
- Muller, C. (1938). *Quercus chihuahuensis*. [http://oaks.of.the.world.free.fr/quercus\\_chihuahuensis.htm](http://oaks.of.the.world.free.fr/quercus_chihuahuensis.htm)
- Pingarroni, A., Molina-Garay, C., Rosas-Osorio, C., Alfonso-Corrado, C., Clark-Tapia, R., Monsalvo-Reyes, A., & Campos, J.E. (2020). Abundancia y diversidad genética de *Quercus mulleri*, especie microendémica amenazada de Oaxaca. *Madera y Bosques*. 26(1), 1-12. <https://myb.ojs.inecol.mx/index.php/myb/article/view/e2611782/2057>

- Pompa-García, M., & Solís-Moreno, R. (2008). Ecuación de volumen para el género *Quercus* en la región noroeste de Chihuahua, México. *Quebracho-Revista de Ciencias Forestales*, 16, 84-93.
- Aranda, I., Ramírez-Valiente, J. A., & Rodríguez-Calcerrada, J. (2014). Características funcionales que influyen en la respuesta a la sequía de las especies del género *Quercus*: variación inter-e intraespecífica. *Ecosistemas*, 23(2), 27-36.
- Rivas-Rivas, M.B., Ramírez-Marcial, N., Perales, H., Levy-Tacher, S.I., & Bonfil, C. (2017). Supervivencia y crecimiento de tres especies de *Quercus* bajo condiciones contrastantes de cobertura en el sur de México. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 23(2), 275-288. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2017.01.001>
- Rangel, S.R., Carlos, E., Zenteno, R., de Lourdes, M., & Enríquez, A. (2002). El Género *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de México. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 89(4), 551–593. <https://doi.org/10.2307/3298595>
- Valencia, A.S. (2004). Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (75), 33-53.
- Villarreal, Q. J.A., Encina, D.J.A., & Carranza, P.M.A. (2008). Los encinos (Quercus: Fagaceae) de Coahuila, Mexico. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, 2(2), 1235-1278. <https://www.jstor.org/stable/41971768>

# Capítulo VIII. Metodología de micropropagación *in vitro* de la biznaga (*Ferocactus wislizeni*): Resultados preliminares

Ángela Lucia Torres-Torres<sup>1</sup>

Sandra Pérez-Álvarez<sup>1</sup>

Joel Rascón-Solano<sup>1</sup>

Luisa Patricia Uranga-Valencia<sup>1</sup>

Iván Grijalva-Martínez<sup>1</sup>

## Introducción

En México, una gran variedad de cactáceas ha conquistado los extensos territorios áridos del norte y centro del país, llegando a ser, probablemente, las plantas más características del paisaje mexicano. Se estima que las cactáceas comprenden aproximadamente 110 géneros y alrededor de 1500 especies, la mayoría de las cuales son nativas del continente americano. México alberga la mayor diversidad a nivel mundial, con casi 700 especies (Rosas-Aguilar y Solórzano-Lujano, 2024).

*Ferocactus wislizeni* Britton & Rose, conocido comúnmente como biznaga de agua o cactus de barril (debido a su forma), es una especie de esta familia y actualmente, se encuentra en estado de conservación vulnerable debido a la reducción de ejemplares

---

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad Autónoma de Chihuahua

por la destrucción de su hábitat resultado del cambio en uso de suelo, apertura de zonas para agricultura, ganadería, y saqueo ilegal de sus poblaciones silvestres por su potencial ornamental (Goetsch y McClean, 2010). La reproducción sexual de esta familia en algunos casos se ve afectada por factores que ponen en riesgo las poblaciones en su hábitat, como son la producción limitada de semillas (Choreño-Tapia et al., 2002), bajas tasas de germinación (Rodríguez et al., 2013), crecimiento lento y baja tasa de supervivencia de las plántulas (Arellano et al., 2013).

La germinación *in vitro* es una metodología rápida y confiable en comparación con las técnicas de germinación tradicionales (Tombion et al., 2023). En el cultivo *in vitro* se utilizan hormonas vegetales como reguladores de crecimiento vegetal. Estas moléculas especializadas se comunican con regiones para determinar las acciones que deben tomar, tales como formar una hoja, flor; o pasar a la siguiente etapa de la vida de la planta, como ocurre cuando las flores fecundadas se convierten en frutos, o cuando las hojas deben caer (Ubidia, 2019).

Autores que han realizado investigaciones con cactáceas concluyen que es posible utilizar las técnicas de cultivo de tejidos vegetales para contribuir a conservar estas especies amenazadas o en peligro de extinción tal es el caso de Ramírez-Malagón y Salazar-Solís (2016) quienes trabajaron con las especies *Mammillaria geminispina*, *M. magnimamm*, *M. marcosii*, *M. mercadensi*, *M. petterssonii*, *Coryphanta radians* y *Ferocactus latispinus*, observando que el uso de fitorreguladores como la cinetina y el ácido indolacético (AIA) aumentaban los brotes por explantes.

De igual manera, Padrón et al. (2010), señalaron que la respuesta morfogenética varía de acuerdo a la especie, y utilizó la escarificación con ácido sulfúrico en varias especies (*Lophocereus schottii*, *Astrophytum myriostigma*, *Ferocactus herrerae*, *S. pruinosus*, *Ariocarpus retusus*, *Echinocereus stramineus* y *Astrophytum capricorne*), ya que existen informes donde se recomiendan procesos de escarificación para varias especies de cactáceas (Avilés et al., 2004) y a su vez utilizaron el medio de cultivo MS (Murashige y Skoog, 1962) suplementado con kinetina (K), 6 Bencilaminopurina (6 BAP), 2,4 Diclorofenoxyacético (2,4-D) y ácido indolbutírico (AIB) donde la combinación de 6BAP y AIB tuvo un porcentaje de germinación del 80 % para la especie *F. herrerae* y sus plántulas se des diferenciaron a callo.

Por el contrario, otra investigación en *F. histrix* y *F. latispinus* sugiere que la adición de fitorreguladores puede contribuir a acelerar el inicio de la respuesta germinativa de semillas; sin embargo, ninguno de los tratamientos con los reguladores de crecimiento AIA, ANA (ácido naftalenacético) y AG<sub>3</sub> (ácido giberélico) produjeron incrementos significativos en los porcentajes de velocidad de germinación y crecimiento de plántulas, por lo que, se concluye que esas dos especies no tienen requerimientos particulares para la germinación, en cambio, *F. wislizeni* con tratamiento de escarificación con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> con adición de un tratamiento pre germinativo presenta diferencias significativas en el crecimiento y características morfológicas de las plántulas en cultivo *in vitro* (Reyes-Herrera, 2019).

Hasta el momento, existe escasa literatura sobre el establecimiento de tecnología de escarificación y multiplicación *in vitro* de la especie *F. wislizeni*, por lo que el objetivo de esta investigación fue establecer la tecnología de escarificación y multiplicación *in vitro* de la biznaga para su conservación.

Esta temática está relacionada con el libro “Botánica del desierto” ya que se utilizó en este estudio una especie nativa del Desierto de Chihuahua y de Sonora y además se encuentra en estado vulnerable, por ello se trabajó *in vitro*, una tecnología que permite obtener gran cantidad de clones en un corto periodo de tiempo.

## Antecedentes

### Clasificación taxonómica de *F. wislizeni*

*Ferocactus wislizeni* fue inicialmente descrito por el botánico y explorador alemán George Engelmann en 1853. Engelmann eligió el nombre de la especie en honor a Friedrich Wislizenus, un médico y explorador alemán que recolectó especímenes de plantas en el suroeste de los Estados Unidos a mediados del siglo XIX. La taxonomía actual de *F. wislizeni* fue establecida por David Hunt, un experto reconocido en cactus y suculentas. En su obra “The New Cactus Lexicon”, publicada en 2006, Hunt y colaboradores revisaron la clasificación taxonómica de Ferocactus y otras especies de cactus, brindando una descripción exhaustiva de cada especie, incluyendo *F. wislizeni*. La descripción actual taxonómica del cultivo según Hunt et al. (2006), es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Caryophyllales

Familia: Cactaceae Juss.

Subfamilia: Cactoideae

Tribu: Cacteae

Género: *Ferocactus*

Especie: *Ferocactus wislizeni* Britton & Rose

## Fenología de *Ferocactus wislizeni*

Entender la fenología de las cactáceas resulta beneficioso para comprender los procesos que impactan la reproducción sexual, incluyendo la relación con los polinizadores, los factores bióticos y abióticos que influyen en ella, y el éxito reproductivo en las poblacio-

nes naturales. Hay pocos estudios detallados sobre las etapas fenológicas de esta especie, pero según la investigación de McIntosh (2002), se observa que presenta un solo pico de floración cada 3 años, que dura de 3 a 7 semanas, con inicio entre principios de julio y principios de agosto y alcanzando su punto máximo del 29 al 31 de agosto. La temporada de floración se extiende de 13 a 15 semanas, con una tasa baja de aborto floral, lo que indica una alta tasa de polinización. Esta especie no responde de manera facultativa a lluvias intensas. La fructificación comienza después de la polinización y se extiende por un período de 80 días.

## Generalidades

La especie *F. wislizeni* es un cactus globular con la parte superior aplanada y deprimida, de color verde grisáceo. El tallo puede variar en altura de 60 cm a 3 m y en diámetro de 45 cm a 80 cm. Presenta entre 20 y 28 costillas longitudinales de aproximadamente 3 cm de altura a lo largo del tallo. Las aréolas, ubicadas en las protuberancias a lo largo de las costillas, son grandes y ovales, con una longitud de alrededor de 2.5 cm y, están cubiertas de lana castaña cuando son jóvenes. La cantidad de espinas puede variar, pero generalmente hay 4 espinas centrales por aureola, dispuestas en forma de cruz, siendo las más grandes de 3.8 cm a 5 cm de longitud, junto con 12 a 20 espinas radiales de aproximadamente 4.5 cm de longitud. Las flores, de forma infundibuliforme (en forma de embudo), pueden ser de color rojo o amarillo, y se desarrollan en la parte superior del tallo, midiendo entre 4 y 5 cm de longitud y diámetro. La floración ocurre esporádicamente a finales de la primavera y de manera abundante en el verano (Anderson, 2001).

La fruta es de color amarillo, de 5 cm de longitud y 3 de diámetro, en forma de barril, provisto de escamas carnosas ciliadas al madurar, lo cual ocurre durante el otoño. Esta cactácea llega a producir hasta 30 000 semillas por año, las cuales son redondeadas o a veces anguladas, de 2.25 a 2.5 mm, con testa alveolada y arrugada. Las raíces son poco profundas, confinadas a las capas superiores del suelo. Posee una raíz principal de anclaje que se extiende a una profundidad de 2 cm, mientras tiene otras raíces laterales más cortas (Espinosa et al., 2008).

La reproducción de *F. wislizeni* es sexual por semillas, que son dispersadas por aves y roedores. La germinación ocurre óptimamente a una temperatura de 20 a 30 °C después de haber estado expuestas a 8 horas de luz. Las semillas no germinan en ausencia de luz y pueden permanecer viables durante un período de 50 a 130 años (Scheinvar et al., 2008).

## Origen y distribución geográfica de la Biznaga

Esta especie es originaria del Desierto de Chihuahua y de Sonora, y muestra potencial para adaptarse a los cambios climáticos en su hábitat (Cortés et al., 2014). Se desarrolla en suelos pedregosos o arenosos, con una preferencia por áreas de bajada en lugar de pendientes empinadas, a altitudes que oscilan entre 1000 y 5300 pies (300 a 1600 m). Prefiere la exposición directa al sol y prospera en climas cálidos y áridos. A pesar de ello, muestra tolerancia a las heladas de hasta -15 °C (Faucon et al., 2017).

## Fitoreguladores

Una fitohormona, también conocida como hormona vegetal, es un compuesto producido internamente por una planta que tiene efectos significativos en el crecimiento y desarrollo celular, actuando en concentraciones muy bajas. Estos reguladores vegetales pueden cambiar los patrones de crecimiento de las plantas y permitir su control. Los reguladores vegetales pueden ser compuestos sintéticos o naturales obtenidos de otros organismos, y generalmente son más potentes que las hormonas naturales. Es crucial considerar aspectos críticos como el momento adecuado de aplicación, la dosis, la sensibilidad de la variedad de planta y las condiciones ambientales, ya que cada planta requiere condiciones específicas de crecimiento que pueden ser afectadas por la concentración de estos reguladores en el medio (Alcantara et al., 2019).

Las auxinas, que incluyen al ácido 3-indol-acético (AIA), son un tipo de fitohormonas que desempeñan funciones especializadas en diversos procesos vegetales. Su principal actividad se observa a nivel celular, donde tienen la capacidad de regular y participar en los procesos de división, elongación y diferenciación celular (Garay-Arroyo et al., 2014). Esta hormona se encuentra ampliamente distribuida en la mayoría de las células y tejidos vegetales, lo que le permite influir en procesos de diferenciación tanto unicelular como pluricelular, y también actuar en diversos tejidos vegetales. Debido a sus funciones, esta hormona se considera un tipo de morfógeno capaz de inducir la diferenciación celular en órganos como raíces, tallos y hojas, contribuyendo así a su formación (Lozano, 2014).

Las citoquininas tienen la capacidad de promover y estimular una alta tasa de proliferación y división celular. Pueden inducir la formación y elongación de raíces, así como activar la senescencia de las hojas, lo que contribuye al desarrollo fotomorfogénico de las plantas. Además, desempeñan un papel crucial en el aumento y la generación de brotes en las plantas (García-Flórez et al., 2009). En este grupo encontramos a la kinetina (Kin) y la 6-benciladenina (6BAP).

## Investigaciones sobre la micropropagación de especies de cactáceas

La propagación por cultivo de tejidos de *Ferocactus acanthodes* (Lemaire) Br. & Rose se logró mediante el cultivo de explantes apicales de plántulas germinadas *in vitro*. La proliferación de brotes axilares se obtuvo mediante el cultivo en sales minerales Murashige y Skoog (MS) suplementadas con 9 g L<sup>-1</sup> de agar, 87.6 mM de sacarosa, 1.1 mM de Na-H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O, 0.9 mM de inositol, 0.2 mM de adenina, 46.5 µM de cinetina, 5.4 µM de ANA, 8.1 µM de ácido nicotínico, 4.9 µM de piridoxina-HCl y 3.0 µM de tiamina-HCl. Como resultados se obtuvieron 6.6 brotes por explante y el enraizamiento se obtuvo en medio de proliferación de brotes sin cinetina, ANA y adenina con tres diferentes concentraciones de sacarosa (96,2 % con sacarosa 14,6 mM, 86,2 % con sacarosa 29,2 mM y 85,6 % con 87,6 sacarosa mM). Los brotes enraizados se establecieron con éxito en suelos con elevada humedad en el invernadero (Ault y Blackmon, 1987).

Molphe-Balch et al. (1998) desarrollaron sistemas de micropropagación para 21 especies de cactus mexicanos utilizando explantes de plántulas germinadas *in vitro* o segmentos de brotes de plantas juveniles de 2 a 3 años cultivadas en invernadero. Las especies propagadas pertenecían a los géneros *Astrophytum*, *Cephalocereus*, *Coryphantha*, *Echinocactus*, *Echinocereus*, *Echinofossulocactus*, *Ferocactus*, *Mammillaria*, *Nyctocereus* y *Stenocactus*. Se logró la formación de múltiples brotes a partir de aréolas en medio MS suplementado con 1 o 2 mg L<sup>-1</sup> de N6-benciladenina (BA), o BA a 1 o 2 mg L<sup>-1</sup> más ANA a 0.1 o 1 mg L<sup>-1</sup> (0.54 o 5.37 µM). Los requerimientos de reguladores del crecimiento para la proliferación óptima de brotes, la velocidad de respuesta y el número de yemas producidas por explante fueron diferentes entre los géneros y especies estudiadas. El enraizamiento de los brotes generados *in vitro* se logró en medio MS suplementado con ANA a 0.5-1 mg L<sup>-1</sup> o AIB a 0.5-1 mg L<sup>-1</sup>. Finalmente, el 70-95 % de las plantas enraizadas trasladadas a un sustrato en macetas sobrevivieron. La micropropagación mediante la proliferación de brotes axilares en las especies de cactus *Melocactus salvadorensis*, *Lobivia tegeleriana* y *Cereus jamacaru*, que son importantes tanto como ornamentales como en el caso de *Cereus jamacaru*, también como cultivos forrajeros y frutales fue informada por Monostori et al. (2012). Dependiendo de la especie, los explantes se obtuvieron a partir de brotes o plántulas germinadas *in vitro* previamente esterilizados en la superficie. Rodajas transversales o longitudinales de los brotes donantes se incubaron en medio MS suplementado con 1, 2 o 4 mg L<sup>-1</sup> de BAP. La adición de ANA (0.1 mg L<sup>-1</sup>) tuvo un efecto positivo en la inducción de brotes. Una reducción del 50 % en la concentración de sales basales, vitaminas y azúcares en el medio MS sin hormonas ayudó a recuperar los brotes vitrificados o anormales de *C. jamacaru* y mejoró significativamente la tasa de enraizamiento. La hiperhidridad fue frecuentemente observada en los brotes adventicios inducidos en explantes secundarios de *L. tegeleriana*, mientras que no ocurrió en *M. salvadorensis*.

Se establecieron procedimientos para la propagación *in vitro* de siete especies de

cactus presentes en municipios del noreste del estado de Guanajuato: *Mammillaria geminispina*, *M. magnimamm*, *M. marcosii*, *M. mercadensi*, *M. petterssonii*, *Coryphanta radians* y *Ferocactus latispinus*. Se encontró que la presencia de la citocinina cinetina en el medio de cultivo es crucial para la multiplicación de seis de las especies, con las respuestas más destacadas observadas en las concentraciones más altas de cinetina, es decir, 6 mg L<sup>-1</sup> y 10 mg L<sup>-1</sup>. Es notable que tres especies de *Mammillaria*: *M. geminispina*, *M. magnimamma* y *M. marcosii* mostraron respuestas óptimas en las concentraciones máximas de los dos reguladores de crecimiento utilizados, AIA 4 mg L<sup>-1</sup> y cinetina 10 mg L<sup>-1</sup>, con promedios de 6.0, 6.0 y 9.2 brotes por explante, respectivamente. Sin embargo, se observó una excepción en la respuesta de *Ferocactus latispinus*, que bajo la presencia de AIA 4 mg L<sup>-1</sup> y en ausencia de cinetina, indujo 4.8 brotes por explante, mostrando la variabilidad en las respuestas a los reguladores de crecimiento en diferentes especies de la familia Cactaceae (Ramírez-Malagón y Salazar-Solís, 2016).

No existe información en la literatura sobre la micropropagación de la especie en estudio.

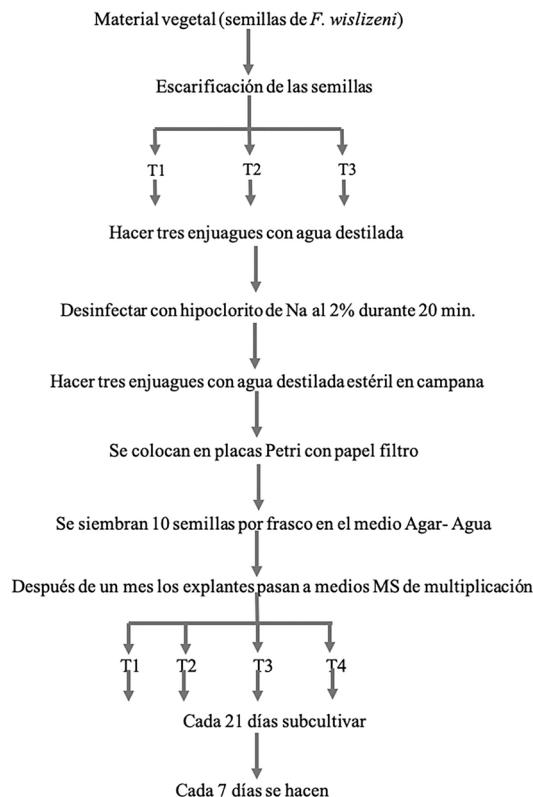
## **Materiales y métodos**

### Ubicación

La investigación se realizó en el Laboratorio de Genética Molecular, en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales (FCAyF), Km. 2.5 carretera a Rosales, Poniente, 33000 Delicias, Chih.

En la Figura 1 se presenta un esquema de la metodología experimental desarrollada en esta investigación.

**Figura 1**  
*Flujograma de la investigación*



*Nota.* La figura propuesta por los autores resume la metodología utilizada en esta investigación.

### Material vegetal

La población considerada en el estudio, fueron semillas de biznaga (*Ferocactus wislizeni* Britton & Rose) colectadas en el jardín de flora silvestre en la FCAYF.

## Métodos de escarificación

Dado que la fisiología de las semillas de la especie en estudio tiene por característica una corteza dura, se realizaron diferentes tratamientos de escarificación siendo estos: T1=  $\text{H}_2\text{SO}_4$  durante 10 min y T2=  $\text{H}_2\text{SO}_4$  durante 15 min. Se utilizaron 50 semillas por tratamiento y un control. Una vez culminado el tratamiento de escarificación químico, estas se lavaron tres veces con agua destilada y se colocaron en hipoclorito de sodio al 2 % durante 20 min con dos gotas de Tween 80 para la desinfección, ya en la campana de flujo laminar se lavaron tres veces con agua destilada estéril, se colocaron en placas Petri estériles con papel de filtro durante 15 a 20 min para su secado y se procedió a la escarificación física, en la cual se cortó la semilla del lado contrario del embrión, finalmente se procedió a la siembra en el medio de cultivo agar-agua ( $6.5 \text{ g L}^{-1}$ ) para su germinación a razón de 10 semillas por cada frasco. El pH del medio se ajustó a  $\pm 5.8$  antes de ser esterilizado y después de la esterilización en la autoclave ( $121^\circ\text{C}$  a  $1.05 \text{ kg cm}^2$  durante 20 min) se almacenaron a  $25^\circ\text{C}$  hasta su utilización. Una vez colocadas las semillas en el medio de cultivo los frascos con el material vegetal se almacenaron en un cuarto estéril con una temperatura de  $25^\circ\text{C}$  y un fotoperiodo de 16 h de luz / 8 h de oscuridad.

## Metodología *in vitro*

Una vez establecidas las semillas se dejaron crecer durante un mes para proceder a la fase de multiplicación. En esta fase se utilizó el medio de cultivo MS (1962) (Tabla 1) suplementado con sacarosa ( $30 \text{ g L}^{-1}$ ), phytoigel ( $2.5 \text{ g L}^{-1}$ ). El pH del medio se ajustó a  $\pm 5.8$  antes de ser esterilizado y después de la esterilización en la autoclave ( $121^\circ\text{C}$  a  $1.05 \text{ kg cm}^2$  durante 20 min) se almacenaron a  $25^\circ\text{C}$  hasta su utilización.

**Tabla 1***Composición del medio basal Murashige y Skoog (1962)*

COMPONENTE	mg L <sup>-1</sup>
Nitrato de amonio	1650
Ácido bórico	6.2
Cloruro de calcio, anhidro	332.2
Cloruro de cobalto•6H <sub>2</sub> O	0.025
Sulfato cúprico•5H <sub>2</sub> O	0.025
Na <sub>2</sub> EDTA•2H <sub>2</sub> O	37.26
Sulfato ferroso •7H <sub>2</sub> O	27.8
Sulfato de magnesio, anhidro	180.7
Sulfato de manganeso•H <sub>2</sub> O	16.9
Ácido molibídico (Sodium Salt)• 2H <sub>2</sub> O	0.25
Yoduro de potasio	0.83
Nitrato de potasio	1900
Fosfato monobásico de potasio	170
Sulfato de zinc•7H <sub>2</sub> O	8.6

Fuente. Datos tomados de Murashige y Skoog (1962).

Al medio de cultivo se le adicionaron diferentes reguladores de crecimiento vegetal con diversas dosis (Tabla 2). Cada 21 días se subcultivaron los explantes a nuevos medios de cultivo. El pH de los medios se reguló a  $\pm$  5.8.

**Tabla 2***Tratamientos empleados en la fase de multiplicación*

Tratamiento	Medio de cultivo.	Reguladores del crecimiento (mg L <sup>-1</sup> )
1	MS	BAP 2 Kin 1
2	MS	BAP 1 Kin 0.5
3	MS	Kin 0.3 AIA 0.2
4	MS	BAP 1 AIA 0.2

*Nota.* BAP (6 bencil aminopurina); Kin (kinetina); AIA (ácido indolacético). Tratamientos establecidos para la fase de multiplicación de la biznaga (*F. wiślizenii*).

Cada semana se evaluaron la germinación de las semillas y la multiplicación de los brotes, midiéndose los siguientes parámetros:

1. Porcentaje de germinación;
2. Porcentaje de multiplicación;
3. Dimensiones de los explantes;
4. Coeficiente de multiplicación.

Los frascos con el material vegetal se almacenaron en un cuarto estéril con una temperatura de 25°C y un fotoperiodo de 16 h de luz / 8 h de oscuridad. El experimento se repitió al menos tres veces.

### Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Las diferencias entre las medias de los tratamientos se compararon mediante la prueba de Tukey ( $p<0.05$ ). Para los análisis se utilizó el paquete estadístico SAS versión 9.4. En la fase de establecimiento el tamaño de la muestra fue de 50 semillas por tratamiento, sembrándose 10 semillas por cada frasco. Para la fase de multiplicación se colocaron 10 explantes por frasco. Se realizaron tres repeticiones por tratamiento.

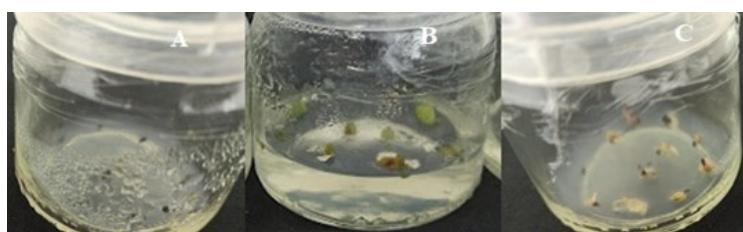
## Resultados

### Escarificación

En la Figura 2 se muestran los resultados de la escarificación de las semillas de *F. wislizeni*.

#### Figura 2

Escarificación mecánica y química de semillas de *F. wislizeni* donde A: T1 Control; B: T2 (Inmersión en  $H_2SO_4$  por 10 minutos y corte; C: T3 (Inmersión en  $H_2SO_4$  por 15 minutos y corte)

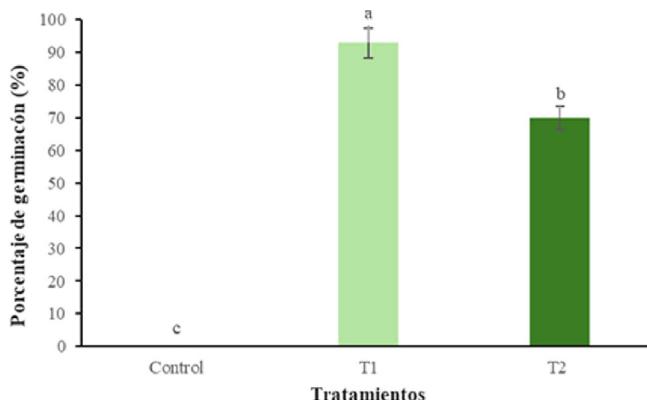


Nota. La figura muestra los resultados obtenidos con las diferentes escarificaciones aplicadas a las semillas de la biznaga (*F. wislizeni*). Fotografía tomada por los autores.

Después de una semana de haber sembrado las semillas en el medio de cultivo agar-agua, se registró un porcentaje de germinación del 93 % con el T1 (10 min) y un 70 % con el T2 (15 min), mientras que para el control (sin escarificación), el porcentaje fue de un 0% como se observa en la Figura 2 y Figura 3.

**Figura 3**

Porcentaje de germinación de semillas de *F. wislizeni* donde A: T1 Control; B: T2 (Inmersión en  $H_2SO_4$  por 10 minutos y corte; C: T3 (Inmersión en  $H_2SO_4$  por 15 minutos y corte)



Nota. La figura muestra los porcentajes de germinación de las semillas de la biznaga (*F. wislizeni*) obtenidos con los diferentes tratamientos de escarificación. Fotografía tomada por los autores.

Estos resultados son semejantes a los obtenidos en *F. pilosus* por Rodríguez et al. (2018), donde el compuesto químico  $H_2SO_4$  al 97.3 % por 15 minutos favoreció la germinación hasta un 82 %. Se observó que un tiempo de inmersión mayor a 15 min en  $H_2SO_4$  puede causar daño en el embrión ya que puede llegar a inactivar las enzimas relacionadas con la germinación (Martínez et al., 2006), por lo que se sugiere reducir la concentración y el tiempo de inmersión a 10 min. Se ha documentado que el  $H_2SO_4$  en soluciones diluidas estimula y acelera el tiempo de germinación, debido a que ablanda las membranas del tegumento de semillas que puede estar impregnado de sustancias que las hacen impermeables al agua y oxígeno (Sánchez et al., 2015).

Se han probado métodos de escarificación mecánica y métodos químicos para incrementar la respuesta germinativa de las semillas; y los diversos trabajos de germinación hechos en cactáceas indican que la mayoría de las especies presentan una germinación muy rápida (Rojas y Vázquez, 2000).

Al analizar los datos, se encontró que *F. wislizeni* tuvo un 95 % de germinación con tratamientos de escarificación química y física en comparación con el control donde no germinó ninguna semilla. La mayor respuesta germinativa se debe a la escarificación de la testa por la acción del ácido sulfúrico (Flores y Jurado, 2011), en combinación con la escarificación mecánica, situación morfológica que favorece el flujo del agua para acelerar la imbibición y el proceso germinativo (Navarro y González, 2007).

### Multiplicación

Después de concluir la etapa de establecimiento, se procedió a realizar el subcultivo de los explantes en los cuatro tratamientos de multiplicación (Figura 4).

**Figura 4**

Tratamientos de medios de multiplicación para *F. wislizeni* donde: T1) 6 BAP 2 mg L<sup>-1</sup> + Kin 1 mg L<sup>-1</sup>. T2) 6 BAP 1mg L<sup>-1</sup> + Kin 0.5 mg L<sup>-1</sup>. T3) Kin 0.3 mg L<sup>-1</sup> + ALA 0.2 mg L<sup>-1</sup>. T4) 6 BAP 1 mg L<sup>-1</sup> + ALA 0.2 mg L<sup>-1</sup>

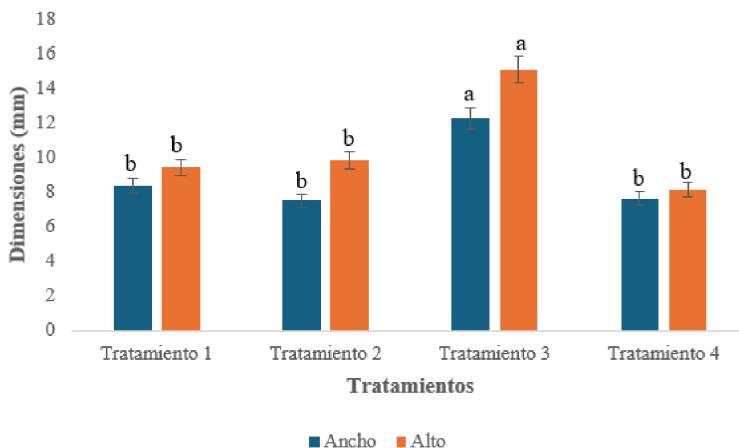


Nota. La figura muestra el desarrollo de los explantes de la biznaga (*F. wislizeni*) en los diferentes medios de multiplicación. Fotografía tomada por los autores.

En la figura anterior se observa el desarrollo de los explantes en los medios de multiplicación, siendo el mejor tratamiento el T3. De igual manera se puede percibir un ennegrecimiento de células dañadas (por la multiplicación), fenómeno que se debe a la oxidación de sustancias de naturaleza fenólica con un efecto tóxico y, además, las células muertas pueden disminuir o anular los intercambios entre los explantes y el medio (Azofeifa, 2009). En la Figura 5 se muestran las dimensiones de los explantes en cada tratamiento de multiplicación.

**Figura 5**

Dimensiones de *F. wislizeni* por tratamiento de multiplicación donde: T1) 6 BAP 2 mg L<sup>-1</sup> + Kin 1 mg L<sup>-1</sup>. T2) 6 BAP 1 mg L<sup>-1</sup> + Kin 0.5 mg L<sup>-1</sup>. T3) Kin 0.3 mg L<sup>-1</sup> + ALA 0.2 mg L<sup>-1</sup>. T4) 6 BAP 1 mg L<sup>-1</sup> + ALA 0.2 mg L<sup>-1</sup> a los 101 días de germinadas



Nota. La figura muestra el ancho y alto de los explantes de la biznaga (*F. wislizeni*) en los diferentes medios de multiplicación utilizados.

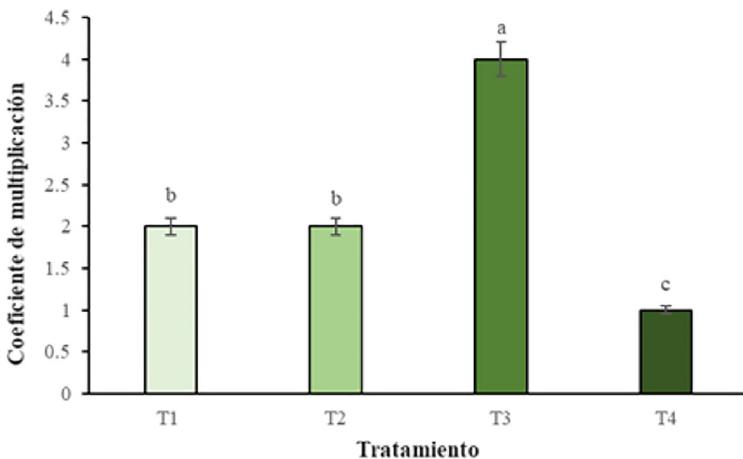
Observando la figura anterior, se muestra mejor la relación que existe entre el desarrollo de las plántulas y los tratamientos usados. No se observan diferencias significativas entre los tratamientos T1, T2 y T4 en cuanto al ancho y altura de los explantes siendo el mejor tratamiento el T3 donde el medio estaba suplementado con una citoquinina y una auxina.

Esta respuesta coincide con lo encontrado por Echenique et al. (2004) quienes afirman que la existencia de un balance favorable entre auxinas y citoquinas es particular para la inducción de brotes para cada especie.

El coeficiente de multiplicación se muestra en la Figura 6.

**Figura 6**

Coeficiente de multiplicación de *F. wislizeni* por cada tratamiento: T1) 6 BAP 2 mg L<sup>-1</sup> + Kin 1 mg L<sup>-1</sup>. T2) 6 BAP 1 mg L<sup>-1</sup> + Kin 0.5 mg L<sup>-1</sup>. T3) Kin 0.3 mg L<sup>-1</sup> + AIA 0.2 mg L<sup>-1</sup>. T4) 6 BAP 1 mg L<sup>-1</sup> + AIA 0.2 mg L<sup>-1</sup> a los 101 días de germinadas



Nota. La figura muestra el coeficiente de multiplicación de los explantes de la biznaga (*F. wislizeni*) en los diferentes medios de multiplicación utilizados.

En la Figura 6 se observa que en el T3 los explantes tuvieron un coeficiente de multiplicación de 4, mientras que, para los T1, T2 y T4 se registraron valores de coeficiente de multiplicación de 2, 2 y 1 respectivamente, siendo este último tratamiento conformado por 6 BAP 1mg L<sup>-1</sup> + AIA 0.2 mg L<sup>-1</sup>, no apto para multiplicación.

Ramírez-Malagón y Salazar- Solís (2016) encontraron que *F. latispinus* en presencia de AIA 4 mg L<sup>-1</sup> y kinetina 0 mg L<sup>-1</sup> (en ausencia de kinetina) indujo 4.8 brotes por explante, lo que muestra la variabilidad de respuesta a los reguladores de crecimiento en especies diferentes de la familia Cactaceae, ya que este resultado difiere con el obtenido en este estudio, donde la combinación de AIA con Kinetina arrojó los mejores resultados no solo en el coeficiente de multiplicación sino también en las dimensiones del material vegetal *in vitro*. Por otro lado, Orozco et al. (2014) lograron producir plántulas de calidad de *E. micromeris* con un diámetro de 1.4 cm y 2.35 cm de altura con un tratamiento conformado por Kin 1 mg L<sup>-1</sup> + AIA 1 mg L<sup>-1</sup>, a su vez, encontraron que esta combinación promueve el proceso de brotación, característica de vital importancia en un proceso de micropropagación. Este resultado es similar al encontrado en esta investigación donde con la combinación de Kin y AIA se logró el coeficiente de multiplicación más alto. Por

otra parte, Ruvalcaba-Ruiz *et al* (2010) observaron en *Coryphantha retusa* (Britton & Rose) que la menor producción de brotes se encontró en el control, así como en el tratamiento con mayor concentración de 6 BAP con 0.8 a 1.6 brotes para el explante apical y de 1.0 a 1.6 brotes para el explante lateral siendo una concentración de 2 mg L<sup>-1</sup> la ideal, dando como resultado hasta 9 brotes por explante. Aquí podemos apreciar de nuevo la variabilidad de respuesta según la especie, ya que en *F. wislizeni* no se obtuvieron buenos resultados con las diferentes concentraciones de 6 BAP utilizadas.

## Conclusiones

En esta investigación se logró establecer la metodología de establecimiento y multiplicación *in vitro* de la biznaga (*F. wislizeni*) donde el mejor tratamiento de escarificación para las semillas fue la inmersión durante 10 min en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> para su posterior corte obteniéndose un 95% de germinación, seguido esto de la desinfección utilizando hipoclorito de sodio al 2% con dos gotas de tween 80 durante 20 min. El medio de multiplicación recomendado para los explantes de *F. wislizeni* es el medio Murashige y Skoog (1962), suplementado con sacarosa 30 g L<sup>-1</sup>, phytogel 2.5 g L<sup>-1</sup>, Kin 0.3 mg L<sup>-1</sup>y AIA 0.2 mg L<sup>-1</sup>.

La siguiente etapa de esta investigación incluirá el enraizamiento de los explantes *in vitro* y la adaptación *ex vitro*.

## Referencias

- Alcantara-Cortes, J.S., Acero-Godoy, J., Alcántara-Cortés, J.D., Sánchez-Mora, R.M. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Nora*, 17(32), 109-129.
- Anderson, E.F. (2001). *The cactus family*. Timber Press (OR). United States of America.
- Arellano, A., López, G., Chablé, F. y Estrada, A. (2013). Effect of growth regulators on the organogenesis and multiplication of *Ortegocactus macdougallii* Alexander. *Propagation of Ornamental Plants*, 13(23), 160-167.
- Ault, J. R. y Blackmon, W. J. (1987). *In Vitro Propagation of Ferocactus acanthodes* (Cactaceae). *HortScience*, 22(1), 126-127.
- Avilés, A.H., Morales, M.E., Treviño, J.F. y Oranday, C.A. (2004). Estudios germinativos de *Stenocereus gummosus* mediante escarificación y estudio fitoquímico del fruto. Gastón Esparza, Santiago Méndez, David Valdés (Eds). En: El nopal, tópicos de actualidad. Universidad Autónoma de Chapino, pp. 151-154. México.
- Azofeifa, A. (2009). Problemas de oxidación y oscurecimiento de explantes cultivados *in vitro*. *Agronomía Mesoamericana*, 20(1), 153-175.
- Choreño-Tapia, J.M., González-Rosas, H., Terrazas-Salgado, T. y Hernández-Livera, A. (2002). Propagación *in vitro* de *Cephalocereus senilis* Haworth Pfeiffer a partir de aréolas. *Revista Chapino Serie Horticultura*, 8(2), 183-196.
- Espinosa, P.H., Huidobro, L., Flores Coto, C., Fuentes Mata, P., Funes Rodríguez, R. (2008). Capital natural de México, vol. I (CD1): Catálogo taxonómico de especies de México. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1097.6888>
- Cortés, L., Domínguez, I., Lebgue, T., Viramontes, O., Melgoza, A., Pinedo, C. y Camarillo, J. (2014). Variation in the distribution of four cacti species due to climate change in Chihuahua, Mexico. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(1):390-402. <https://doi.org/10.3390/ijerph110100390>
- Echenique, V., Rubinstein, C. y Mroginski, L. (2004). *Biotecnología y mejoramiento vegetal*. Ediciones INTA. Buenos Aires, Argentina, 448 pp.
- Faucon, M.P., Houben, D. y Lambers, H. (2017). Plant functional traits: soil and ecosystem services. *Trends in Plant Science*, 22(5):385-394. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.01.005>
- Flores, J. y Jurado, E. (2011). Germinación de especies de cactáceas en categoría de riesgo del desierto chihuahuense. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 8(2), 59-70.
- Garay-Arroyo, A., de la Paz Sánchez, M., García-Ponce, B., Álvarez-Buylla, E.R. y Gutiérrez, C. (2014). La homeostasis de las auxinas y su importancia en el desarrollo de *Arabidopsis thaliana*. *Revista de educación bioquímica*, 33(1), 13-22.

- García-Flórez, M., Portela-Ramírez, A. Y Flórez-Roncancio, V.J. (2009). Cytokinin-like substances activity promotes shoot sprouting in potato tubers. *Bragantia, Campinas*, 68(3), 555-562.
- Goettsch, B. y McClean, D. (2010). Taller para la evaluación del estado de conservación de las cactáceas de la región del desierto Sonorense para la Lista Roja de la UICN. Fortalecimiento del programa de especies en riesgo. Universidad de Sheffield. Informe final SNIB-CONABIO. Proyecto No. WP019-Desierto Sonorense. Ciudad de México.
- Hunt, D.R., Taylor, N.P. y Charles, G. (2006). *New cactus lexicon*. International Cactaceae Systematics Group dh books. Suiza. Volumes I
- Lozano, G.A. (2014). *Propagación in vitro de café (Coffea arabica)-variedad Lempira-a partir de meristemas* [tesis de licenciatura, Escuela Agrícola Panamericana]. Biblioteca Digital-Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/68892160-153f-42f9-a105-cc19896a1250/content>
- Martínez, M de L., Cabrera-Jiménez, M del C., Carmona, A. y Varela-Hernández, G.J. (2006). Promoción de la germinación de semillas de *Stenocereus griseus* (Haworth) Buxbaum y *Escontria chiotilla* (Weber) Rose. *Cactaceas y Suculentas Mexicanas*. 51(4), 111-121.
- McIntosh, M. (2002). Flowering phenology and reproductive output in two sister species of *Ferocactus* (Cactaceae). *Plant Ecology*, 159, 1-13. <https://doi.org/10.1023/A:1015589002987>
- Molphe-Balch, E. P., Perez-Reyes, M.E., Villalobos-Amador, E., Meza-Range, E., Morones-Ruiz, L.R., Lizalde-Viramontes, H.J. (1998). Micropropagation of 21 species of mexican cacti by axillary proliferation. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 34, 131-13.
- Monostori, T., Tanács, L. y Mile, L. (2012). Studies on *in vitro* propagation methods in cactus species of the Genera *Melocactus*, *Cereus* and *Lobivia*. *Acta Horticulturae*, 937, 255-261. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.937.31>
- Murashige, T. y Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15, 437-497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>
- Navarro, M.C. y González, E.M. (2007). Efecto de la escarificación de semillas en la germinación y crecimiento de *Ferocactus robustus* (Pfieff.) Britton & Rose (Cactaceae). *Zonas Áridas*, 11(1), 195-205.
- Orozco, M., Escobedo, L., Reyes, H., Torres, A. y Ochoa, A. (2014). Propagación *in vitro* de *Epithelantha micromeris* (Engelm.) A. Weber ex Britt & Rose (Cactaceae), especie con protección especial. *Agraria*, 11, 91-96.

- Padrón, R., Star, M., Cárdenas, A., Morales, C., Neávez, J., Garza, R. y Rubio, E. (2010). Cultivo *in vitro* de especies de zonas áridas con potencial de aprovechamiento. *Zonas Áridas*, 14(1), 206-213.
- Ramírez-Malagón, R. y Salazar-Solís, E. (2016). Propagación y conservación *in vitro* de siete especies de cactáceas del noreste del estado de Guanajuato. *Acta Universitaria*, 26(NE-2), 78-82. <https://doi.org/10.15174/au.2016.1540>
- Reyes-Herrera, P. (2019). *Injertos y reguladores de crecimiento en tres cactáceas endémicas de México* [tesis de maestría, Colegio de Posgraduados]. Montecillo, Texcoco, Estado de México, [http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/3899/Reyes\\_Herrera\\_P\\_MC\\_RGP\\_Fisiologia\\_Vegetal\\_2019.pdf;jsessionid=B7C871E-36F6707EC3CBE9FCFB207802A?sequence=1](http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/3899/Reyes_Herrera_P_MC_RGP_Fisiologia_Vegetal_2019.pdf;jsessionid=B7C871E-36F6707EC3CBE9FCFB207802A?sequence=1)
- Rodríguez, L., Daquinta, M., Hernández, E., Ardeból, R. y Vásquez, J. (2013). Propagación *in vitro* de *Escobaria cubensis* (britton & rose) Hunts. *Ciencia y sociedad*, 38(2), 345-375.
- Rodríguez-Ruiz, E.R., Poot-Poot, W.A., Rangel-Lucio, J.A., Vaquera-Huerta, H., González-Gaona, O.J. y Treviño-Carreón, J. (2018). Germinación *in vitro* de biznaga cabuchera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(3), 691-699. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i3.1226>
- Rojas, M. y Vázquez, C. (2000). Cactus seed germination: a review. *Journal of Arid Environments*, 44, 85-104.
- Rosas-Aguilar, S.A. y Solórzano-Lujano, S. (2024). Los cactus: patrimonio natural de México. *Revista Digital Universitaria*, 25(2), 1-12. <https://doi.org/10.22201/cuaied.16076079e.2024.25.2.7>
- Ruvalcaba-Ruiz, D., Rojas-Bravo, D. y Valencia-Botín, A.J. (2010). Propagación *in vitro* de *Coryphantha retusa* (Britton & Rose) un cactus endémico y amenazado. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 12(1), 139-143.
- Sánchez, J., Muro, G., Flores, J., Jurado, E. y Sáenz, M.J. (2015). Los bancos de semillas y su germinación en ambientes semiáridos. *Ciencia UANL*, 18(73), 69-76.
- Scheinvar, E., Eguiarte, L., Jiménez, C., Matias, M., Rocha, M., Arzate, K., Salazar, R., Pineda, J., Olson, M., Abreu, N., Trejo, L., González, A., Tamariz, N. y Chauvet, R. (2008). *Agaves y cactáceas de metztitlán: ecología, evolución y conservación*. Instituto Nacional de Ecología, México p. 78.
- Tombion, L., Coviella, M.A., Pannunzio, M.J., Soto, M.S. y Bologna, P. (2023). Germinación *in vitro* de *Calibrachoa thymifolia* y *Calibrachoa missionica* nativas de la Argentina. *Tecnología en Marcha*, 36(3), 127-133.
- Ubidia, A. (2019, 30 de marzo). *Cultivo “in vitro” de tejidos vegetales*. Bioingeniería e Ingeniería Química. UTEC. Uruguay. <https://utec.edu.pe/blog-de-carreras/bioingenieria/cultivo-vitro-de-tejidos-vegetales>.





Este libro reúne ocho capítulos con diferentes temáticas, los cuales tienen como hilo conductor el Desierto Chihuahuense (DCH). Este espacio de la República Mexicana se caracteriza por tener la zona árida y semiárida más extensa del norte del país, y por poseer una gran biodiversidad. En esta obra se han reunido investigaciones que contribuyen a una óptica integral de esta región, entre las que se cuentan la descripción de micromicetos en suelos predominantes en el norte del estado de Chihuahua; las plantas silvestres de uso medicinal de una localidad de Pinos, Zacatecas, desde la voz de su médica tradicional; el conocimiento ancestral de plantas medicinales de Santa Teresa Daboxtha, en el estado de Hidalgo; el uso potencial industrial de macromicetos y cinco plantas desérticas del norte de Chihuahua; descripción de fitoquímicos de tres especies desérticas; detección de características de plantas desérticas de agostadero con potencial tóxico para el ganado; determinación de la estructura poblacional del encino *Quercus chihuahuensis* en la Ciudad de Chihuahua, y una propuesta metodológica de escarificación y micropagación de la biznaga *Ferocactus wislizeni*, con el objeto de desarrollar programas de conservación de esta especie.

En la conformación de este libro participan investigadores de diferentes Instituciones de Educación Superior, entre las que se cuentan la Universidad Autónoma de Zacatecas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo, Universidad Autónoma de Nuevo León, Universidad Autónoma de Chihuahua y el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Por ello, la Universidad Autónoma de Zacatecas se congratula en reunir esta diversidad institucional y de perspectivas científicas y metodológicas, la cual enriquece la comprensión de esta región de México.

