Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica

Página principal: www.riiit.com.mx

Plantas del semidesierto de Coahuila: un panorama general

Semidesert plants of Coahuila: an overview

Salas-Valdez, R.[a], Chávez-González, M.L.[a]*, Martínez-Hernández, J.L.[a], Torres-León, C.[b], Aguilar-González, C.N.[a], Martínez-García, C.[c], Sepúlveda-Torre, L.[a]

[a] Departamento de Investigación en Alimentos; Universidad Autónoma de Coahuila; C.P. 25280, Saltillo, Coahuila.
[b] Jardín Etnobotánico del Semidesierto de Coahuila, Universidad Autónoma de Coahuila, Viesca, Coahuila.
[c] Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Autónoma de Coahuila; C.P. 25000, Saltillo, Coahuila.
rosa_valdez@uadec.edu.mx; monica_chavez@uadec.edu.mx*; jose-martinez@uadec.edu.mx; ctorresleon@uadec.edu.mx; cristobal.aguilar@uadec.edu.mx; cristina_martinez@uadec.edu.mx; leonardo_sepulveda@uadec.edu.mx

Innovación tecnológica: Aprovechamiento de plantas del semidesierto.

Área de aplicación industrial: Obtención de productos y alimentos.

Recibido: 07 marzo 2023
Aceptado: 20 septiembre 2023

Abstract

Desert areas represent about 25% of the earth's surface, of which Mexico accounts for 6%, they are characterized by low rainfall and by the animal and plant species they harbor. The State of Coahuila is one of the Mexican States that has an important extension of the semi-desert zone; this area is home of more than a thousand botanical species, including non-timber resources that are of environmental, social, economic and scientific importance. Plants located in semi-deserts are able to withstand extreme environmental conditions through their complex metabolism that produces compounds that favor their survival. That is why, in the world there are numerous researchers that have focused on finding natural solutions to help combat various diseases. Botanical species have proved to be an important source of beneficial compounds for health, which are called phytochemicals. Semi-desert vegetation is widely studied as it possesses phytochemicals with particular characteristics of importance for the health area to treat different conditions. The objective of this paper is to evaluate the state of the art and to identify and highlight the species of economic, scientific and social importance in the southern region of the state of Coahuila.

Keywords: *Bioactive extraction, Phytochemicals, Medicinal plants, Semidesert.*

Resumen

Las zonas desérticas representan alrededor del 25% de la superficie terrestre, de este porcentaje a México le corresponde un 6%. Estas zonas se caracterizan por su poca precipitación y por las especies animales y vegetales que alberga. El estado de Coahuila es uno de estados de México que posee una importante extensión de zona semidesértica; en esta área habitan más de mil especies botánicas entre ellas los recursos forestales no maderables que son de importancia medio ambiental, social, económica y científica. Las plantas ubicadas en semidesiertos son capaces de resistir condiciones medioambientales extremas a través de su complejo metabolismo que produce compuestos que favorecen su supervivencia. Es por ello que, en el mundo existen numerosas investigaciones que se han enfocado en buscar alternativas naturales para ayudar a combatir diversas enfermedades. Las especies botánicas han resultado ser una fuente importante de compuestos benéficos para la salud, a los cuales se les denomina fitoquímicos. La vegetación del semidesierto es ampliamente estudiada ya que posee fitoquímicos con características particulares que son de importancia para el área de la salud para tratar diferentes afecciones. El objetivo de este documento es evaluar el estado del arte e identificar y destacar las especies de importancia económica, científica y socialmente en la región sur del estado de Coahuila.

Palabras clave: *Extracción de bioactivos, Fitoquímicos, Plantas medicinales, Semidesierto.*

1. Introducción

Un desierto y un semidesierto son lugares que se caracterizan por albergar escasa vegetación debido a las extremas condiciones climáticas. De las diferencias entre desierto (hiperárido) y un semidesierto (árido) se puede destacar la pluviosidad la cual varía entre 0-100 mm para el desierto y de 100-400 mm para el semidesierto; lo que genera una deficiencia de humedad en la vegetación ya que pierden más humedad por evaporación que la que reciben de precipitaciones. En cuanto a la vegetación para el desierto es concentrada y para el semidesierto la vegetación es dispersa (1). En el mundo la extensión territorial de zonas áridas ocupa el 25% de la masa terrestre según la ONU 2018. En México, se sitúa el desierto con mayor extensión territorial de Norteamérica que se extiende a lo largo de 630,000 Km^2 el cual es llamado desierto Chihuahuense (2).

Coahuila, es el estado del norte de México que forma parte de la zona geográfica denominada “desierto Chihuahuense” (3), aunque su principal ecosistema es el semidesierto, el cual, se distingue por su clima, tipo de suelo y localización geográfica, características que crean las condiciones ideales para favorecer la existencia de diferentes especies vegetales (4). En el semidesierto de Coahuila habitan más de diez mil especies de plantas. Estas plantas tienen características necesarias para sobrevivir en condiciones climáticas extremas como las del semidesierto, produciendo metabolitos secundarios que les permiten mantener la humedad, desarrollarse en suelos secos y con presencia de sales y a la exposición prolongada de sol.

Las plantas de las zonas semidesérticas son valiosas ya que son utilizadas para diferentes fines entre ellos, su uso en la cocina tradicional ya sea como alimentos, sazonadores y/o condimentos, para construcción de cercas o material de limpieza, como decoración de espacios y como

remedios caseros los cuales preparan por medio de infusiones y otros métodos tradicionales (5).

Las plantas del semidesierto de Coahuila se caracterizan por desarrollar metabolitos secundarios como un método de defensa contra los depredadores naturales y para la supervivencia en los climas extremos de la región (6), estos metabolitos secundarios también llamados compuestos fitoquímicos otorgan diferentes propiedades biológicas a las plantas tales como las actividades antimicrobiana, antifúngica, antioxidante, antiinflamatoria y anticancerígena.

Existen diferentes metodologías para el aprovechamiento de los fitoquímicos presentes en las plantas, y el primer paso es la extracción de dichos compuestos de las matrices vegetales. Las técnicas de extracción de fitoquímicos pueden ser clasificadas en técnicas de extracción convencionales y no convencionales. En esta revisión se abordan las especies vegetales más importantes en el semidesierto Coahuilense, destacando sus características, usos tradicionales, compuestos bioactivos extraídos y bioactividades asociadas.

2. El Desierto Mexicano

El significado de desierto según la RAE (Real Academia Española) es “despoblado”, una definición acertada en cuando a población, ya que, biológicamente son los hábitats que poseen una amplia variedad de animales y plantas que se han adaptado a las condiciones climáticas de estos ecosistemas. En el caso de las plantas, la adaptación se ha logrado gracias al desarrollo de raíces largas para obtener agua de tierras profundas, sistemas de almacenamiento de agua en sus tallos, hojas o raíces, y sistemas de protección como espinas. Existen desiertos cálidos y fríos, los desiertos fríos como el Gobi en Asia y desiertos polares como la Antártida y el Ártico; y los desiertos cálidos como el Sahara en África, el desierto Atacama en Chile y el desierto Chihuahuense en México (1). Los desiertos están presentes en casi todos los continentes (Figura 1.) se sitúan en latitudes entre 50°N y 50°S, que son latitudes templadas y tropicales. Los desiertos y semidesiertos en México ocupan el 6% del continente americano, y destacan tres desiertos, el desierto de Vizcaino ubicado en Baja California, el desierto de Sonora y el desierto de Chihuahua siendo este último el de mayor extensión territorial en tierras mexicanas (Figura 2).

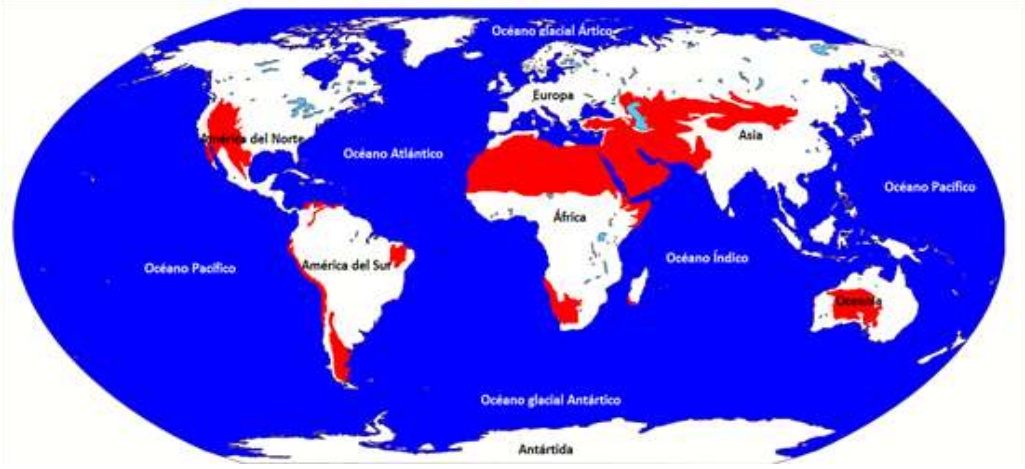


Figura 1. Zonas áridas en el mundo.
*Imagen modificada tomada de (1).



Figura 2. Zonas áridas en México.
*Imagen modificada tomada de (S6 INEGI, 2014).

México es uno de los países megadiversos por contar con una riqueza natural muy variada donde podemos encontrar desde climas cálidos, templados y secos, dependiendo del clima varía la vegetación que predomina en el lugar (7). El norte de México se caracteriza por ser una zona de matorrales, también llamado semidesierto, el cual ocupa 29.7% del país (4), que comprende desde parte del estado de Chihuahua, Tamaulipas, San Luis Potosí, Zacatecas, Durango, Coahuila, Nuevo León, Sonora y Baja California en México y los estados de Arizona, Nuevo México y Texas por Estados Unidos (8) con una superficie de 630 000 Km^2 y está delimitado por los sistemas montañosos más grandes: la sierra madre oriental y occidental; cuyos sistemas son los responsables del clima en esa zona de México.

Específicamente hablando del semidesierto en el estado de Coahuila, se caracteriza por el clima, donde la precipitación anual varía de 170 a 180 mm en los valles de Coahuila y hasta 400 mm en las montañas del norte, estas precipitaciones llegan durante la primavera y verano lo que significa que los periodos de otoño e invierno el área es muy seca, durante el día las temperaturas pueden ser muy altas y por la noche el frío es intenso; por lo tanto, la vegetación que ahí alberga tiene las características para soportar el clima extremo (6). El semidesierto de Coahuila se caracteriza por su gran riqueza de especies vegetales las cuales han desarrollado metabolitos secundarios para existir en estas condiciones extremas, como ejemplo, en algunas especies la generación de cera, resinas o aceites para crear una capa en sus tallos que permite que la humedad dentro de ella permanezca por un tiempo más prolongado evitando la deshidratación.

3. Las plantas del Semidesierto en el estado de Coahuila

Por la escasez de agua en la región semidesértica de Coahuila es difícil realizar prácticas convencionales de agricultura, ya que la tierra es seca por largas temporadas, por lo que los pobladores de estas regiones fomentan el uso de las especies vegetales que tienen la capacidad de crecer en estas condiciones como recurso para generar beneficios a sus familias, tanto económicos, alimenticios y de salud.

Los climas extremos han provocado la evolución de la biodiversidad para adaptarse según el ecosistema en el que se encuentre. La plasticidad fenotípica es la capacidad de un organismo de producir fenotipos diferentes en respuesta a cambios en el ambiente (9). Las plantas como otras especies vivas se adaptan al ambiente que las rodea ya sea para poder reproducirse con escasez de agua, a poca exposición del sol, a suelos salinos, temperaturas extremas. La manera en que las plantas expresan ese acoplamiento al ambiente puede presentarse en la coloración de las hojas, en el desarrollo del arbusto, reducción del área foliar, a consecuencia de estos cambios, a los que también se le conoce como "estrés", y en consecuencia la planta produce metabolitos para lograr desarrollarse.

La biodiversidad de especies del semidesierto de la región es denominada como recursos forestales no maderables, abarca especies de reinos como fungí, monera, animalia y plantae (10). La flora característica del semidesierto mexicano se compone en gran parte por matorral xerófilo (seco), cardonales, nopaleras, matorral espinoso, matorral inerme (sin espinas), magueyales, y lechuguillales (11) (12); cuyos principales productos son la obtención de resinas, fibras, ceras, gomas, semillas, frutos, como alimento para ganado, remedios caseros, de construcción, para la fabricación de artesanías, material de limpieza u ornamentales, entre otros los cuales dan ingresos a los pobladores de estas zonas.

En la Tabla 1 se enlistan las especies no maderables reportadas (13) las cuales constituyen fuentes importantes para la extracción de resinas, ceras, fibras, gomas, para México en la zona desértica.

Tabla 1. Principales especies de los productos forestales no maderables reportados en 2018 por SEMARNAT.

Nombre Científico	Nombre común	Referencia
Pinus spp.	Pino	(14)
Bursera spp.	Copal	(15)
Agave lechuguilla	Lechuguilla	(16)
Nolina cespitifera	Zacate cortadillo	(17)
Manilkara zapota	Chicozapote	(18)
Euphorbia antisyphilitica	Candelilla	(19)
Agave spp.	Maguey	(20)
Acacia farnesiana	Huizache	(21)
Amphipterygium adstringens	Cuachalalate	(22)
Arctostaphylos pungens	Pingüica o manzanita mexicana	(23)
Arnica montana	Árnica	(24)
Bambusa spp.	Bambú	(25)
Brahea dulcis	Palma dulce	(26)
Brosimum alicastrum	Ramón	(27)
Caesalpinia pulcherrima	Tabachín de la sierra	(28)
Chamaedorea elegans	Palma camedor	(29)
Cordia dodecandra	Siricote	(30)
Cowania mexicana	Romerito cimarrón	(31)
Croton spp.	Croton o ricino	(24)
Cuphea aequipetala	Hierba del cáncer	(32)
Dasylirion leiophyllum	Sotol	(33)
Enterolobium sp.	Guanacastle	(34)
Fluorensia cernua	Hojasén	(35)

Fouquieria splendens	Ocotillo	(36)
Guadua angustifolia	Guadua o tacuara	(37)
Haematoxylum brasiletto	Palo Brasil	(38)
Jatropha dioica	Sangre de drago	(39)
Larrea tridentata	Gobernadora	(40)
Leucaena leucocephala	Guaje	(41)
Lippia graveolens.	Orégano	(42)
Mentha spicata	Yerbabuena	(43)
Oenothera biennis	Onagra	(44)
Opuntia rastrera	Nopal	(45)
Otatea acuminata	Otate	(46)
Polytrichum spp.	Musgo de pelo	(47)
Rumfordia floribunda.	Flor de niño	(48)
Sabal mexicana	Palma real	(49)
Satureja laevigata	Polea	(50)
Simphoricarpus microphyllus	Vara de perlilla	(51)
Stenocereus quevedonis	Pitaya-tuna	(52)
Swietenia macrophylla	Caoba	(53)
Tabebuia donnell-smithii	Primavera	(54)
Tabebuia rosea	Apamate, maculís o guayacán rosado	(54)
Tecoma stans	Tronadora	(55)
Tillandsia usneoides	Heno	(56)
Turnera diffusa	Damiana	(57)
Yucca schidigera	Yucca	(58)
Yucca carnerosana	Yucca	(59)

4. Descripción de plantas

A continuación, se hará una breve descripción botánica de diez especies presentes en el estado de Coahuila, esta selección fue basada en su importancia biológica y económica. La producción y/o extracción de fibras, ceras, aceites entre otros materiales son algunas de los productos derivados de estas plantas que los pobladores utilizan para comercializar y obtener recursos para su vida diaria. Con respecto a su importancia biológica, estas especies son estudiadas por la extracción de fitoquímicos que son de gran valor científico por su aplicación en diferentes áreas como la de salud, alimentaria, control biológico, entre otros. La Tabla 2, muestra una síntesis de las especies que fueron seleccionadas en esta revisión, los productos derivados de estas especies y los compuestos bioactivos de interés.

4.1.Larrea tridentata

Conocida como gobernadora, se conoce así por su cualidad de ocupar el área donde se reproduce y bloquear el crecimiento de otras especies a su alrededor. Es un arbusto de no más de 2 metros de altura; según su raza de ploidía pueden ser clasificada como diploide, hexaploide, tetraploide (Figura 3), sus flores amarillas brotan al final del invierno o principios de primavera o aparecen después de las lluvias (60). Los frutos se presentan en forma de esferas con vellos blancos las cuales contienen semillas que se esparcen en primavera por el viento y la lluvia; y las hojas color verde y una espesa resina (Figura 4) (61). La resina que esta planta excreta en sus hojas funciona como antitranspirante para la planta, también tiene la función de bioprotector contra animales herbívoros, hongos y plagas, ya que no hay registros de plagas o enfermedades que ataquen esta especie (60). Esta resina contiene metabolitos

secundarios como fenoles, lignanos, flavonoides, aceites esenciales y su principal y más importante metabolito, el ácido nordihidroguaiarético (NDGA). Todos estos compuestos le dan propiedades con efecto antioxidante, antinflamatorios, antibacterial, y antifúngico (62). Las hojas de esta especie son utilizadas para preparar tés o infusiones en dosis bajas como remedio casero para algunas afecciones, como polvo incorporado al suelo para tratar hongos en cultivos agrícolas y/o a talcos para el control del pie de atleta. *Larrea tridentata* representa una buena opción como control biológico natural y de gran importancia económica.



Figura 3. Arbusto de *Larrea tridentata*.



Figura 4. Hojas de *Larrea tridentata*.

4.2.Euphorbia antisyphilitica

Conocida entre los pobladores como candelilla crece principalmente en el desierto chihuahuense siendo el estado de Coahuila el mayor productor de cera de candelilla (63). Es un arbusto perenne de forma cilíndrica color verde grisáceo (Figura 5) sus pequeñas flores rosas y esporádicas, las cuales aparecen por un corto periodo (Figura 6) (64). Para resistir los cambios extremos de clima esta planta produce una cera blanquecina que cubre los tallos, de manera que trabaja como barrera de humedad la cual bloquea la pérdida de agua en tiempos de sequía, lo que le permite protegerse del sol y los animales. La cantidad de cera producida es proporcional al nivel de estrés de la planta.

La candelilla produce en su interior un látex color blanco que brota al trocear el tallo el cual es utilizado como tratamiento casero para enfermedades de transmisión sexual (65), una vez que ha sido procesada la planta se ha encontrado en estudios que los residuos son ricos en ácido elágico (66); (67). Los residuos generados de la extracción de la cera pueden ser un posible biorecurso para producir biocombustible (68).

La candelilla representa un recurso natural de importancia económica para los candelilleros (personas que trabajan en la obtención de la cera de candelilla). Se ha empleado por los ancestros para tensar arcos, curtir pieles y en preparaciones medicinales contra el dolor de muelas y como purgante. También se utiliza para la fabricación de velas, de ahí el nombre de candelilla que significa “vela pequeña”, esta cera también es utilizada en industrias como la cosmética para fabricar labiales y cremas, en la industria farmacéutica para producir lubricantes y protectores para la piel, para la industria de los alimentos es utilizada como base en las gomas de mascar por su fácil digestión y nula toxicidad, y en la industria electrónica y mecánica es utilizada como aislante o para recubrir partes electrónicas, cubrir y prevenir el deterioro de partes de aeronaves (63).



Figura 5. *Euphorbia Antisyphilitica* en su hábitat natural.



Figura 6. Flor de *Euphorbia Antisyphilitica*.

4.3.Lippia graveolens

El orégano (Figura 7) es una planta con alrededor de 40 especies que se reproduce en México, siendo este el principal exportador a escala mundial produciendo 4,000 toneladas anuales. Es un arbusto de la familia *Lamiaceae* con hojas pequeñas se recolecta en territorio nacional principalmente en zonas áridas (69). Es una planta aromática y con gran importancia culinaria a nivel mundial por su aroma y sabor característico (70), también utilizado en la industria cosmética y farmacéutica (71) y uno de sus usos más importante es la extracción de aceite esencial el cual contiene importantes compuestos químicos que le contribuyen características como remedio casero, entre los que destacan los fenoles como el carvacrol y timol que atribuyen propiedades antisépticas, antibacterial, antiviral, entre otros (72). En el aceite esencial de orégano también destacan los terpenos que tienen propiedades antisépticas, anti-inflamatorias, anestésicas y antivirales (69). Una vez extraído el aceite esencial de esta especie, se ha buscado darle un uso al residuo, que, después de haber pasado por un proceso de extracción existen reportes de tener aún compuestos de interés y que ha sido utilizado como un aditivo en alimentos de engorda de pollos o como plaguicida verde (73).



Figura 7. *Lippia graveolens*

4.4.Opuntia spp

Opuntia spp ¨Nopal¨ (Figura 8) especie característica y representativa de México, durante siglos fue y sigue siendo un recurso natural para abastecer alimentos entre otros beneficios. Pertenece a la familia de las cactáceas y es clasificada como suculenta ya que almacena agua en sus pencas, cladodios y cutícula gruesa. Abarcan alrededor de 126 especies distribuidas a lo largo de la extensión mexicana *y* está presente en regiones áridas y semiáridas, pastizales y bosques tropicales, pero es en las zonas áridas y semiáridas donde existe mayor población de especies (74). El ser usado como nopal se comprende en general por flor, fruto (tuna) este es apto para consumo humano cuando cumple su etapa de maduración que ocurre alrededor de 90 días (75). Y por último están las pencas o

cladodios (denominados popularmente "nopalitos") cuando están tiernos se utilizan como parte de ensaladas y platillos típico mexicanos, son un sustento alimenticio para un número considerable de familias que habitan en estas zonas de México (76). Otros usos que se le dan a esta especie es el ser usado como aglutinante e impermeabilizante en adobe, el cual se prepara agregándolo una mezcla de cal y agua para lograr que sea una mezcla con más fuerza de adherencia. Es usada como planta huésped para el cultivo de insectos cochinilla para producir importantes pigmentos rojos y púrpuras (77). Se conocen beneficios biológicos y preventivos contra enfermedades y también es utilizado como analgésicos, con efectos antiviral, y es un excelente coadyuvante en el control de colesterol en sangre, diurético y anti-inflamatorio; todo esto por su composición en compuestos químicos entre los que están presentes ácido cítrico, ácido oxálico, acido tartárico, quercetina, kaempferol, saponinas y mucílagos (76).



Figura 8. *Penca o cladodios de nopal.*

4.5.Jatropha dioica

Jatropha dioica conocida como sangre de drago o sangre de grado es una planta oriunda de México (78) es un arbusto suculento muy poco leñoso de 50 cm a 1 m de altura, su floración se da entre los meses de abril y mayo. Presenta tallos flexibles, largos y rojizos (Figura 9) que poseen la particularidad que al ser cortados segregan una savia que al exponerse al aire cambia su color de traslúcido a rojizo similar a la sangre, de ahí sus nombres comunes (39). Sus raíces son muy largas y jugosas. Es una planta poco estudiada, se ha reportado que contiene compuestos químicos tales como diterpenos como jatrofona, citlalitriona y esterales como el r-sitosterol (39). De las raíces se puede obtener resina, saponinas, alcaloides y en menor proporción ácido elágico (79). *Jatropha dioica* representa una fuente de compuestos bioactivos. La planta ha sido utilizada para tratar enfermedades tales como hemorroides, gastritis, caída de cabello, manchas en la piel, acné, sangrado de encías, entre otras. Se utiliza mediante infusiones, los reportes existentes resaltan que se han realizado pruebas con raíz de sangre de drago para tratar el cáncer (80).



Figura 9. *Jatropha dioica* en época de sequía.

4.6.Agave lechuguilla

Los agaves pertenecen a la familia de las *Asparagaceae*, son plantas que por su abundancia y los recursos que otorgan son parte importante del ecosistema semidesértico, existen de diferentes tamaños y también colores. Los agaves son plantas que se distinguen por tener sus hojas agrupadas en una roseta, su morfología depende de la adaptación al clima, unas especies presentan dientes en los bordes de las hojas y en otras

puede tener una espina al terminar su hoja que utiliza como una defensa natural ante los depredadores y disminuye la pérdida de agua, cuenta también con raíces para capturar fácilmente el agua (81). Se distribuye principalmente en los estados de Coahuila, Chihuahua, Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas, Durango (82), en México existe la mayor diversidad de agaves reportada contabilizando 210 de las cuales 176 son endémicas de México (83).

La lechuguilla (Figura 10) pertenece a la familia de los agaves, es uno de muchos recursos no maderables que son importantes para los habitantes de la región sureste de Coahuila en especial para el municipio de Ramos Arizpe el cual se caracteriza por ser de los principales municipios en aprovechar la lechuguilla para obtener fibras y fabricación de cepillos, brochas, escobas, entre otros productos. A esta fibra obtenida se le conoce comúnmente como *ixtle* (84). El ixtle se obtiene al tallar o peinar las hojas que se encuentran en el cogollo de la planta constituido por 15 por ciento de ixtle y un 85 por ciento de guiche (85)(86). El guiche es rico en compuestos bioactivos entre los que destacan las saponinas (84) las cuales son utilizadas para fabricar jabones naturales.



Figura 10. *Agave lechuguilla utilizado como planta decorativa en jardines.*

4.7.Fluorensia cernua

Flourensia cernua (Figura 11) de la familia *Asteraceae*, a la cual se le conoce comúnmente como hojasén u ojasé es una especie endémica del estado de Coahuila (35), crece de forma silvestre como arbusto de no más de 2 metros de altura, sus hojas verdes y resinosas intermitentes en sus tallos, sus flores amarillas en forma de campanas pequeñas brotan en temporada de lluvia. Entre los usos más importantes de esta especie es como remedio casero en forma de té para el alivio del reumatismo, enfermedades venéreas, herpes, bronquitis, varicela y resfriado común, así como para enfermedades gastrointestinales como dolor de estómago, diarrea y es utilizado como purgante (87). Entre otros atributos destaca su uso como antifúngico para el control de hongos como *Rhizoctonia solani*, y otras especies fúngicas (88).



Figura 11. *Flourensia cernua.*

4.8.Fouquieria splendens

Fouquieria splendens es un arbusto originario de México es el miembro de las trece especies representativas de la familia *Fouquieriaceae* (89), se le conoce con el nombre común de “ocotillo”, “bastón de Jacob”o “albarda” (Figura 12). Es un arbusto erguido con tallos muy largos, leñosos, no ramificados y cubiertos de espinas con aspecto seco (Figura 13), las flores de forma tubular y con un color

de rojo a naranja se pueden ver durante las lluvias y sus hojas espaciadas y pequeñas caen al secarse, pero aparecen rápidamente después de la lluvia (36). El ocotillo se reproduce en llanuras arenosas con alto contenido de carbonato de calcio en zonas semi áridas de México como los desiertos de Sonora y Chihuahua y el suroeste de Estados Unidos (90). Los estudios realizados a esta especie se enfocan en su polinización y los metabolitos primarios y secundarios de esta especie; los cuales le permiten adaptarse a las condiciones ambientales extremas y factores como la temperatura, cantidad de luz, ataques de herbívoros, el CO_2, nutrientes del suelo, disponibilidad de agua (91). Los metabolitos secundarios son parte esencial para el crecimiento, reproducción y protección de las plantas, los cuales para el ocotillo han sido poco estudiados, entre los estudios realizados destacan la composición fenólica y terpénica de esta especie, donde ha sido posible identificar mediante cromatografía en papel compuestos fenólicos como rutina y ácido cafeico. El ocotillo es utilizado como medicina tradicional mexicana para tratar la circulación pélvica, hemorroides, también se asocia a la asimilación de grasas y regulación del metabolismo de la glucosa, controlar la tos, infecciones urinarias, varices, dolores menstruales (92), entre los usos que también se le da a esta especie es para la obtención de madera para carbón y como instrumento de construcción de vallas o cercas.



Figura 12. *"ocotillo".*



Figura 13. *Espinas de "ocotillo".*

4.9.Prosopis spp

Prosopis spp comúnmente conocido como mezquite en México, de la familia *Fabaceae* distribuido en el mundo principalmente en las zonas áridas y semiáridas asociadas a planicie capaz de reproducirse en suelos con alto nivel salino y estrés por falta de agua. De este árbol o arbusto se pueden contabilizar 44 diferentes especies distribuidas en América, Asia y África (93). Los mezquites representan un gran porcentaje del paisaje y vegetación, son árboles robustos y fuertes. Su fruto en forma de vaina (Figura 14) es utilizado para consumo humano en forma de harina o bebidas calientes, es una planta forrajera y ornamental, el principal producto de importancia económica es la obtención de madera que tiene usos como elaboraciones artesanales, muebles, mangos para herramientas, fabricación de duelas y vigas y como combustible a partir de leña y carbón vegetal (Figura 15). Fue utilizado en la medicina antigua como remedio casero el cual se sigue trasmitiendo de generación en generación, los extractos acuosos de las hojas y corteza de mezquite son utilizados para el alivio de infecciones bucales, así como la bronquitis y úlceras; las enfermedades urinarias y también los parásitos. El humo que se produce al quemar esta especie es utilizado para las infecciones oculares (94); todas las propiedades benéficas que se le atribuyen a esta planta pueden ser corroboradas por

estudios realizados con tecnologías avanzadas para identificar los compuestos que en ella están presentes los terpenos que tienen propiedades insecticidas, antibacterianas , antifúngicas entre otras; destacan también los compuestos fenólicos que presentan propiedades antitumorales, antiinflamatorias, analgésicas e inmunoestimulantes; otro compuesto presente en el mezquite son alcaloides con una alta actividad antioxidante y estimulante (95).



Figura 14. Fruto de *Prosopis spp.*



Figura 15. Tronco de *Prosopis spp.*

4.10. Yucca schidigera

Existen 49 especies y 24 subespecies del género *Yucca* se distribuyen en norte de Estados Unidos hasta Centro América que representa a malezas, plantas ornamentales y con valor medicinal. La especie *Yucca schidigera* (figura 16) se aprovecha en el estado de Baja California (96); Esta planta herbácea de la familia de las liliáceas crece de 4 a 5 metros de altura en sus primeros 30 o 50 años, sus hojas verdes amarillento con aspecto rígido y una pequeña espina al final, florece en los meses de abril y sus flores blancas en forma de globos ovalados que crecen en racimos. La *Yucca Schidigera* es utilizada para diferentes aplicaciones, como aditivo para pienso de ganado, para reducir el amoniaco y olores fecales, como agente de control de nemátodos y hongos, estimulante de crecimiento de cultivos, entre otros (97), la manera en la que se emplea esta planta es en polvo, el cual se obtiene del tronco seco y pulverizado para después realizar en extracto de *yucca*, que, es polvo obtenido de la planta sumergido en solvente y prensado de donde se obtiene el extracto líquido o concentrado por evaporación (98). Otra de las aplicaciones importantes que se les da a los extractos de *yucca* es en el área de la cosmética, en bebidas y en la medicina tradicional para tratar enfermedades como el reumatismo, inflamación, es utilizado como antioxidante, para la reducción de colesterol en sangre, entre otros beneficios. Todos estos beneficios son otorgados a la planta por su alto contenido en saponinas cuya concentración es 10% del peso seco de tallo las cuales también poseen la propiedad de ser detergentes naturales y formadoras de espuma estable (99). La *yucca* contiene una variedad más de saponinas, estas saponinas son de tipo esteroideas que poseen espirostanol, furostanol y agliconas (98).



Figura 16. *Yucca schidigera.*

Tabla 2. Productos de importancia económica obtenidos de especies presentes en el estado de Coahuila.

Nombre científico	Nombre común	Estado presencia	Producto obtenido	Referencia
Larrea Tridentata	Gobernadora	Coahuila, Nuevo León, Chihuahua, Durango, Zacatecas	Resinas	(60)
Euphorbia antisyphilitica	Candelilla	Coahuila	Cera	(63)
Lippia graveolens	Orégano	Zacatecas, Durango, Chihuahua	Aceites esenciales	(100)
Opuntia spp	Nopal		Jabones	(75)
Jatropha dioica	Sangre de Drago	Nuevo León	Tratamiento bucal	(101)
Agave lechuguilla	Lechuguilla	Coahuila, Nuevo León, Zacatecas	Fibra	(102)
Fluorensia cernua	Hojasén	Coahuila, Nuevo León, Zacatecas	Aceites esenciales	(35)
Fouquieria splendens	Ocotillo	Coahuila	Madera	(90)
Prosopis spp	Mezquite	Durango, Coahuila, Chihuahua	Carbón	(94)
Yucca	Yucca	Baja california, Puebla	Fibra	(58)

5. Extracción de compuestos activos

La extracción es fundamental para la recuperación de compuestos bioactivos de las plantas, existen técnicas que se aplicaban en siglos pasados como la maceración, percolación, infusión para obtener extractos, esas técnicas fueron la base para el desarrollo de nuevas y más avanzadas técnicas.

Existen diversos componentes bioactivos en recursos naturales y pueden ser identificados y caracterizados de diferentes partes de la planta como las hojas, tallo, flores, raíces y fruto; y la obtención de estos puede ser por diferentes métodos. Para la selección del método de extracción adecuado se deben tomar en cuenta factores como el compuesto que se desea extraer, el órgano de la planta óptimo para la extracción, el tamaño de partícula de la muestra, la temperatura, el tiempo de extracción, el disolvente, la presión (103). Se debe tomar en cuenta también la preparación de la muestra, como lo son el proceso de recolección, secado, molienda y tamizaje.

Los métodos para la extracción de compuestos bioactivos pueden ser cualitativos y/o cuantitativos y a su vez puede ser por técnicas convencionales o no convencionales. Entre las técnicas convencionales están la maceración, infusión, digestión o percolación y siguen siendo las usuales técnicas empleadas a lo largo de los años, posteriormente se agregó la extracción con Soxhlet. Estas técnicas convencionales tienen la característica de utilizar mayor volumen de solventes y materia prima, en

algunas de estas técnicas es necesario aplicar calor y son extracciones que requieren de un tiempo prolongado y solventes con pureza alta.

Por otra parte, para las técnicas no convencionales o tecnologías emergentes, también llamadas técnicas verdes, abarcan diferentes métodos como la extracción asistida por ultrasonido, por microondas, extracción con fluidos super críticos, entre otros (104). Son llamadas técnicas verdes por utilizar una cantidad menor de solventes, un tiempo menor de extracción y los rendimientos en cuanto a extracción son mejores y en mayor cantidad de compuestos bioactivos (105).

Las dos técnicas tienen fines en común, por ejemplo, extracción de compuestos, proporcionar un método sólido y reproducible, aumentar la selectividad, aumentar la sensibilidad, convertir los compuestos bioactivos en una forma más sencilla de detección y separación (106).

Para la extracción de compuestos bioactivos como polifenoles, flavonoides, antocianinas, alcaloides, polisacáridos, carotenoides o saponinas son necesarias condiciones óptimas, para una buena extracción de estos compuestos dependen de las propiedades fisicoquímicas, funciones del compuesto que se desee extraer, así como del órgano de la planta que es utilizado para la extracción y contenido de humedad (104).

Para las plantas del semidesierto anteriormente seleccionadas existen reportes de extracción de compuestos bioactivos por diferentes metodologías (Tabla 3) en donde se estudia el órgano de la planta para extracción y las condiciones del proceso y la identificación de compuestos detectados.

Tabla 3. Compuestos bioactivos recuperados por diferentes metodologías a partir de plantas del semidesierto Coahuilense.

Planta (especie)	Órgano utilizado	Método de extracción	Condiciones de extracción	Compuestos recuperados	Referencia
Larrea Tridentata	Hojas	Asistida por microondas (MAE)	La extracción se llevó a cabo con relación 1:10 (planta:metanol), a 70 °C, 800 W (MicrowaveDigestionUnit), por 4 min, para después filtrarlos por tela de muselina y papel de filtro para eliminar las macropartículas.	Ácido nordihidroguayarético (NDGA)	(107)
	Hojas	Reflujo de calor (HRE)	La extracción se llevó a cabo en matraces Erlenmeyer cubiertos de la luz, con relación 1:10 (planta:solvente) en un baño de agua a 70±2 °C durante 3 h, para después filtrarlos por tela de muselina y papel de filtro para eliminar las macropartículas.	Ácido nordihidroguayarético (NDGA)	
Euphorbia antisyphilitica	Tallos	Asistida por ultrasonido	100 g de materia vegetal en se disponen en un recipiente a calentar en 1L de solución acida	Cera	(108)
Lippia graveolens	Hojas	Maceración	Se realiza la extracción con 10 g de hojas secas y molidas en una relación de solventes 1:1 (hexano-acetona)	Carvacrol, Timol, Ácido rosmarínico, Quercetina.	(72)
Opuntia spp	Pencas	Prensado	Troceado y lavado, se retira la cubierta y se procede al prensado.	Mucílago	(109)
Jatropha dioica	Hojas/raíz	Maceración	18 g de planta en 200 ml de etanol por 24 h	Riolozatriona	(110)

Agave lechuguilla	Hojas	Extracción con solvente	La extracción se realizó con etanol a temperatura ambiente durante 7 días. El filtrado obtenido se evaporó hasta la sequedad utilizando un evaporador rotatorio.	Saponinas	(111)
Fluorensia cernua	hojas	Maceración	20 g de hojas (tamaño de partícula de 592 µm) se colocaron en 100 mL de agua destilada en botellas de color ámbar. Posteriormente, las botellas se incubaron en un baño de agua a 60 °C durante 30 min. Por último, el extracto obtenido se filtró a través de un papel de filtro Whatman nº 41 y se secó a 50 °C durante 24 h.	Cariofileno, óxido de cariofileno germacreno-D, 7-O-rutinósido luteolina 6-C-glucosil-8-C-arabinósido de apigenina.	(35)
Fouquieria splendens	raíz, tallo y hoja	Maceración	Para la maceración se utilizó metanol por separado para cada órgano de la planta durante 48 horas	Actividad fitotóxica	(112)
Prosopis spp	Bainas/ semillas	Maceración	En una proporción de 1:20 (p/v, endospermo:agua) a 25 °C durante 24 horas.	Galactomananos	(113)
Yucca	Tallo	Extracción con solvente (reflujo)	Los tallos secos de *Yucca schidigera* (5.0 kg) se sometieron a reflujo con etanol-agua al 70% tres veces.	Saponinas (espirostanol)	(114)

6. Perspectivas

Los humanos tenemos una estrecha convivencia con el medio ambiente y hemos buscado darle provecho en muchas y muy variadas áreas, es importante hacer difusión de los usos que se puede dar a la vegetación para poder aprovecharla, promover el buen uso y la manera correcta de emplear este recurso natural. Las plantas del semidesierto son una fuente natural de compuestos bioactivos con múltiples usos, son un amplio campo de investigación y una excelente materia prima para el desarrollo de nuevos productos. Este recurso natural tiene muy poca valorización teniendo en cuenta que en territorio nacional se cuenta con una vasta especie de las cuales solo alrededor del 15% están identificadas, reportadas y/o estudiadas. Existen muchas ventajas que las plantas del semidesierto proveen, entre ellas su uso como un material de construcción fuerte, duradero y económico, sin duda alguna una de las áreas en las que las plantas del semidesierto presentan una importancia cultural es la medicina tradicional (medicina natural) siendo una de las más importantes en la que recientemente se buscan opciones para coadyuvar a los fármacos o hasta sustituirlos para el alivio o prevención de algunas enfermedades, y por qué no, obtener un beneficio económico de estas prácticas. Sin dejar de lado el área microbiológica, y que estos compuestos biológicos pueden combatir microorganismos que atacan el cuerpo humano como parásitos, y también hongos y mohos en el campo agrícola. Existen muy pocos reportes científicos acerca de los beneficios que las plantas del semidesierto nos ofrece, por lo que son una fuente potencial de estudio, esta información nos permite ver que las plantas del semidesierto son una fuente importante para investigar la diversidad, variedad, abundancia y posibles usos.

7. Conclusiones

El campo para la recuperación de compuestos bioactivos y la producción de productos a

partir de plantas del semidesierto es de vital importancia para el desarrollo tanto social, económico y científico de las comunidades en donde se encuentran estas especies vegetales. El conocimiento de estas plantas permitirá desarrollar estrategias sustentables de aprovechamiento y valorización de las mismas, lo que contribuirá no solo al acervo de conocimiento sino a ser una puerta al desarrollo de estas comunidades que por lo general son zonas vulnerables y carentes de fuentes de empleo.

8. Bibliografía

1. Ariza Alcaraz JF. Desiertos y semidesiertos. Geobotánica. 2012;24:1–17.
2. Garza D. El llamado del desierto. Bellezas sin límite. 2013;
3. SEMARNAT. Ecosistemas Terrestres: Ecosistemas Terrestres. SEMARNAT. 2012; CAPITULO 2.
4. CONABIO. ¿Cuántas especies hay? | Biodiversidad Mexicana [Internet]. 2020 [cited 2022 Mar 16]. Available from: https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/cuantasesp
5. INECC. Plantas útiles e impacto humano en las zonas áridas y semiáridas de México. Las zonas áridas y semiáridas de México. 1994;145–56.
6. Cervantes M. Plantas de importancia económica en zonas áridas y semiáridas de México. X Encuentro de Geógrafos de América Latina. 2005;3388–407.
7. CONABIO. ¿Qué es un ecosistema? | Biodiversidad Mexicana [Internet]. 2021 [cited 2021 Nov 23]. Available from: https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/quees
8. Sosa PA, De CMA, Elena DS. Análisis de la vegetación del área de protección de flora y fauna Cañón de Santa Elena (desierto chihuahuense, México) utilizado Modelos Digitales de Elevación. 2003;2.
9. Gianoli E, Cabrera H. Plasticidad fenotípica adaptativa en plantas. Fisiología Ecológica en Plantas Editorial de la …. 2004;13–25.
10. Hernández Vélez S. la Biodiversidad en Coahuila – Salvador Hernández Vélez. 2018;
11. CONABIO. Matorrales | Biodiversidad Mexicana [Internet]. 2021 [cited 2022 Mar 31]. Available from: https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/Matorral
12. Encina-Domínguez JA, Arévalo-Sierra JR, Villarreal-Quintanilla JA, Castillón EE. Composition, structure and richness of vascular plants of the desert scrub in the north of Coahuila, Mexico. Bot Sci. 2020 Jan 1;98(1):1–15.
13. SEMARNAT. PRODUCCIÓN FORESTAL 2018 ANUARIO ESTADÍSTICO DE LA. 2018;298.
14. Moctezuma López G, Flores A. Importancia económica del pino (Pinus spp.) como recurso natural en México. Rev Mex Cienc For. 2020;11(60).
15. Marcotullio MC, Curini M, Becerra JX. An ethnopharmacological, phytochemical and pharmacological review on lignans from Mexican Bursera spp. Molecules. 2018;23(8).

16. Morreeuw ZP, Ríos-González LJ, Salinas-Salazar C, Melchor-Martínez EM, Ascacio-Valdés JA, Parra-Saldívar R, et al. Early optimization stages of agave lechuguilla bagasse processing toward biorefinement: Drying procedure and enzymatic hydrolysis for flavonoid extraction. Molecules. 2021;26(23).

17. Chunhakant S, Chaicharoenpong C. Antityrosinase, Antioxidant, and Cytotoxic Activities of Phytochemical Constituents from Manilkara zapota L. Bark. Molecules. 2019;24(15):1–18.

18. Castillo-Quiroz. Tratamientos químicos y biológicos para estimular la germinación en semillas de Nolina cespitifera trel. Polibotanica. 2018;0(45):147–56.

19. Vargas-Piedra G, Valdez-Cepeda RD, López-Santos A, Flores-Hernández A, Hernández-Quiroz NS, Martínez-Salvador M. Current and future potential distribution of the xerophytic shrub candelilla (euphorbia antisyphilitica) under two climate change scenarios. Forests. 2020;11(5).

20. Camacho-Campos C, Pérez-Hernández Y, Valdivia-Ávila A, Rubio-Fontanills Y, Fuentes-Alfonso L. Phytochemical, antibacterial and molluscicidal evaluation of leaf extracts of Agave spp. Revista Cubana de Química. 2020;32 (3)(3):390–405.

21. Alcántara-Martínez N, Figueroa-Martínez F, Rivera-Cabrera F, Gutiérrez-Sánchez G, Volke-Sepúlveda T. An endophytic strain of Methylobacterium sp. increases arsenate tolerance in Acacia farnesiana (L.) Willd: A proteomic approach. Science of the Total Environment. 2018;625:762–74.

22. Ramos-Ordoñez MF, Santamaría-Estrada LR, Gonzalez-Lopez TG, Isidra-Flores K, Contreras-González AM. Parámetros poblacionales de una especie medicinal en riesgo, el caso de Amphipterygium adstringens. Rev Mex Biodivers. 2022;93:e933908.

23. Aguayo Rojas J. Compuestos fenólicos, minerales, capacidad antioxidante y antihipertensiva de pingüica (Arctostaphylos pungens). Acta Univ. 2022;32:1–15.

24. Sugier D, Sugier P, Jakubowicz-Gil J, Winiarczyk K, Kowalski R. Essential oil from Arnica Montana L. Achenes: Chemical characteristics and anticancer activity. Molecules. 2019;24(22):1–13.

25. Castañeda A, Jesús M, Hernández V, Gómez A, Valdez JI, Humberto H, et al. Contribución de Bambusa spp. al sistema de producción campesina en la Sierra Nororiental de Puebla, México. 2005;39:107–16.

26. Pérez-Valladares CX, Moreno-Calles AI, Casas A, Rangel-Landa S, Blancas J, Caballero J, et al. Ecological, cultural, and geographical implications of Brahea dulcis (Kunth) Mart. insights for sustainable management in Mexico. Sustainability (Switzerland). 2020;12(1).

27. Domínguez-Zarate PA, García-Martínez I, Güemes-Vera N, Totosaus A. Texture, color and sensory acceptance of tortilla and bread elaborated with Maya nut (Brosimim alicastrum) flour to increase total dietary fiber, Textura, color y aceptación sensorial de tortillas y pan producidos con harina de ramón (Brosimum alicastrum). 2019;20(3):721–41.

28. De Melo CML, da Cruz Filho IJ, de Sousa GF, de Souza Silva GA, do Nascimento Santos DKD, da Silva RS, et al. Lignin isolated from Caesalpinia pulcherrima leaves has antioxidant, antifungal and immunostimulatory activities. Int J Biol Macromol. 2020;162:1725–33.

29. Teiri H, Hajizadeh Y, Samaei MR, Pourzamani H, Mohammadi F. Modelling the phytoremediation of formaldehyde from indoor air by Chamaedorea Elegans using artificial intelligence, genetic algorithm and response surface methodology. J Environ Chem Eng. 2020;8(4):103985.

30. Pacheco N, Méndez-Campos GK, Herrera-Pool IE, Alvarado-López CJ, Ramos-Díaz A, Ayora-Talavera T, et al. Physicochemical composition, phytochemical analysis and biological activity of ciricote (Cordia dodecandra A. D.C.) fruit from Yucatán. Nat Prod Res. 2021;36(1):440–4.

31. De León Medina J, Leonardo S, Jesús MC, Paola MR, Alejandro ZC, Juan AV, et al. Solid-state fermentation with aspergillus niger gh1 to enhance polyphenolic content and antioxidative activity of castilla rose (Purshia plicata). Plants. 2020;9(11):1–15.

32. Alonso-Castro AJ, Arana-Argáez V, Yáñez-Barrientos E, Ramírez-Camacho MA, Wrobel K, Torres-Romero JC, et al. Antinociceptive and anti-inflammatory effects of Cuphea aequipetala Cav (Lythraceae). Inflammopharmacology. 2021;29(1):295–306.

33. Melgoza Castillo A. Contribución al conocimiento y distribución de los. 2005;10(1):2005.

34. Hernández Epigmenio S, Rodríguez-Trejo DA, Granados Sánchez D, Cadena Meneses JA. Latencia física, morfoanatomía y análisis proximal de la semilla de Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb. Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento. 2021;9(23):1–15.

35. Aranda-Ledesma NE, González-Hernández MD, Rojas R, Paz-González AD, Rivera G, Luna-Sosa B, et al. Essential Oil and Polyphenolic Compounds of *Flourensia cernua* Leaves: Chemical Profiling and Functional Properties. Agronomy. 2022;12(10).

36. Killingbeck KT. Stem succulence controls flower and fruit production but not stem growth in the desert shrub ocotillo (Fouquieria splendens). Am J Bot. 2019;106(2):223–30.

37. Sapuyes E, Osorio J, Takeuchi C, Duarte M, Erazo W. Resistencia y elasticidad a la flexión de la guadua angustifolia Kunth de Pitalito, Huila. Rev Invest (Guadalajara). 2018;11(1):97–111.

38. Bello Martínez J, Vidal Gutiérrez M, Rosas Acevedo JL, Avila Caballero LP, Navarro Tito N, Torres Guzmán F, et al. Biological activities of organic fractions from Ficus obtusifolia and Haematoxylum brasiletto. Pharmacologyonline. 2021;1:306–12.

39. Ramírez-Moreno A, Dealmy DG, Verónica BR, Jolanta EM, Hady K, Ansoumane K, et al. Jatropha dioica, an Aztec plant with promising pharmacological properties: A systematic review. Afr J Pharm Pharmacol. 2020;14(6):169–78.

40. Morales-Ubaldo AL, Rivero-Perez N, Avila-Ramos F, Aquino-Torres E,

Prieto-Méndez J, Hetta HF, et al. Bactericidal activity of Larrea tridentata hydroalcoholic extract against phytopathogenic bacteria. Agronomy. 2021;11(5):1–11.

41. Md Salim R, Asik J, Sarjadi MS. Chemical functional groups of extractives, cellulose and lignin extracted from native Leucaena leucocephala bark. Wood Sci Technol. 2021;55(2):295–313.

42. Cortés-Chitala MDC, Flores-Martínez H, Orozco-Ávila I, León-Campos C, Suárez-Jacobo Á, Estarrón-Espinosa M, et al. Identification and quantification of phenolic compounds from mexican oregano (Lippia graveolens hbk) hydroethanolic extracts and evaluation of its antioxidant capacity. Molecules. 2021;26(3).

43. Mahendran G, Verma SK, Rahman LU. The traditional uses, phytochemistry and pharmacology of spearmint (Mentha spicata L.): A review. J Ethnopharmacol. 2021;278:114266.

44. Timoszuk M, Bielawska K, Skrzydlewska E. Evening primrose (Oenothera biennis) biological activity dependent on chemical composition. Antioxidants. 2018;7(8):1–11.

45. Gonzalez-Cortés A, Ramírez-Godina F. Morfología de semillas de siete especies del género Opuntia (Cactaceae) del sureste de Coahuila (México). 2001;(164):5–10.

46. Muñoz-Flores J, Sáenz-Reyes T, Barrera-Ramírez. EVALUATION OF TWO SPECIES OF BAMBOO UNDER PLANTATION IN ZIRACUARETIRO, MICHOACÁN, MEXICO. 2022;25.

47. Acatitla Pluma O, Villamil Carrera C, Martínez Y Pérez JL. Commercial importance of mosses in Tlaxcala State, Mexico. Madera y Bosques. 2020;26(3):1–11.

48. Martínez-López G, Guízar Nolazco E, Villanueva Morales A, Palacios-Rangel MI. Usos locales y tradición: estudio etnobotánico de plantas útiles en San Pablo Cuatro Venados (Valles Centrales, Oaxaca). Polibotánica. 2021;0(52):193–212.

49. Lewis Najev BS, Schofield A, Flores RI, Hutchins BT, Andrew McDonald J, Perez KE. TErrestrial snail communities of the lower rio grande valley are affected by human disturbance and correlate with vegetation community composition. Southwestern Naturalist. 2019;64(3–4):216–27.

50. Pariyar D, Miya MS, Adhikari A. Journal of Medicinal Herbs. 2021;12(2):85–92.

51. Orea YM, Castillo-Argüero S, Orozco-Segovia A, Alejandro Zavala-Hurtado J, Bonilla-Valencia L. Micrositios seguros para la germinación de Symphoricarpos microphyllus (Caprifoliaceae), una especie arbustiva con latencia. Acta Bot Mex. 2019;126:1–15.

52. Paz-Guerrero F, Casas A, Alvarado-Sizzo H. Habitat fragmentation and population genetics of Stenocereus quevedonis (Cactaceae) in Michoacán, México: bases for in situ conservation of silvicultural managed genetic resources. Genet Resour Crop Evol. 2019;66(3):633–43.

53. Telrandhe UB, Kosalge SB, Parihar S, Sharma D, Lade SN. Phytochemistry and Pharmacological Activities of

Swietenia macrophylla King (Meliaceae). Scholars Academic Journal of Pharmacy. 2022;11(1):6–12.

54. Peña Y, Meza B, Infante D, Tovilla C, Espinoza S, Wong A. Identificación y selección de árboles plus de Roseodendron donnell-smithii Miranda syn Tabebuia donnell-smithii Rose, y de Tabebeuia rosea Bertol. 2020;13:19–2.

55. Anand M, Basavaraju R. A review on phytochemistry and pharmacological uses of Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth. J Ethnopharmacol. 2021;265(July 2018).

56. Estrella-Parra E, Flores-Cruz M, Blancas-Flores G, Koch SD, Alarcón-Aguilar FJ. The Tillandsia genus: History, uses, chemistry, and biological activity. Bol Latinoam Caribe Plantas Med Aromat. 2019;18(3):239–64.

57. Delgado-Montemayor C, Cordero-Pérez P, Torres-González L, Salazar-Cavazos MDLL, Saucedo AL, Paniagua-Vega D, et al. Development of a Hepatoprotective Herbal Drug from Turnera diffusa. Evidence-based Complementary and Alternative Medicine. 2022;2022.

58. Alagawany M, Abd El-Hack ME, Farag MR, Elnesr SS, El-Kholy MS, Saadeldin IM, et al. Dietary supplementation of Yucca schidigera extract enhances productive and reproductive performances, blood profile, immune function, and antioxidant status in laying Japanese quails exposed to lead in the diet. Poult Sci. 2018;97(9):3126–37.

59. Pliego-Arreaga R, Regalado C, Amaro-Reyes A, García-Almendárez BE. Callus induction and phytochemical profiling of Yucca carnerosana (Trel.) McKelveyobtained fromin vitrocultures. Revista Mexicana de Ingeniería Química. 2013;12(3):505–11.

60. Saldívar L, Hugo R, Lira-saldívar RH, Biopolímeros G De, Investigación C De, Aplicada Q, et al. Estado Actual del Conocimiento Sobre las Propiedades Biocidas de la Gobernadora [Larrea tridentata (D. C.) Coville]. Revista Mexicana de Fitopatología. 2003;21(2):214–22.

61. Arteaga S, Andrade-Cetto A, Cárdenas R. Larrea tridentata (Creosote bush), an abundant plant of Mexican and US-American deserts and its metabolite nordihydroguaiaretic acid. J Ethnopharmacol. 2005;98(3):231–9.

62. Núñez-Mojica G, Vázquez-Ramírez AL, García A, Rivas-Galindo VM, Garza-González E, Cuevas González-Bravo GE, et al. New cyclolignans of Larrea tridentata and their antibacterial and cytotoxic activities. Phytochem Lett. 2021;43(February):212–8.

63. Canales E, Canales Martinez V, Zamarrón EM. La Candelilla. Biodiversitas. 2006;69:1–5.

64. Rojas R, César Tafolla-Arellano J, Martínez-Ávila GCG. plants Euphorbia antisyphilitica Zucc: A Source of Phytochemicals with Potential Applications in Industry. 2020;

65. Rojas Molina R, Saucedo Pompa S, De León Zapata MA, Jasso Cantú D, Aguilar N. ENSAYO PASAdO, PrESENtE Y futurO dE lA cANdElillA ESSAY PASt, PrESENt ANd futurE Of cANdElillA. SciELO. 2011;

66. Aguilera-Carbo AF, Augur C, Prado-Barragan LA, Aguilar CN, Favela-Torres E. Extraction and analysis of ellagic acid from novel complex sources. Chemical Papers. 2008;62(4):440–4.

67. Ascacio-Valdés JA, Aguilera-Carbó A, Martínez-Hernández JL, Rodríguez-Herrera R, Aguilar CN. Euphorbia antisyphilitica residues as a new source of ellagic acid. Chemical Papers. 2010;64(4):528–32.

68. Dagar JC, Yadav RK, Ahamad S. Euphorbia antisyphilitica : A potential petro-crop for degraded calcareous soils and saline water irrigation in dry regions of India. Journal of Soil Salinity and Water Quality. 2012;4(2):86–91.

69. Flores Hernández A, Hernández Herrera JA, López Medrano JI, Valenzuela Núñez LM, Martínez Salvador M, Madinaveitia Ríos H. PRODUCCIÓN Y EXTRACCION DE ACEITE DE ORÉGAN (Lippia graveolens Kunth) BAJO CULTIVO EN LA COMARCA LAGUNERA. Rev Mex Cienc For. 2019;2(3):113–20.

70. Ocampo-Velázquez R V, Malda-Barrera GX, Suárez-Ramos G. Reproductive biology of Mexican oregano (Lippia graveolens Kunth) in three exploitation conditions [Biología reproductiva del orégano Mexicano (Lippia graveolens Kunth) en tres condiciones de aprovechamiento]. Agrociencia. 2009;43(5):475–82.

71. Maqueda ML, Mendoza SO, Zavala J. DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS DE TRES POBLACIONES DE ORÉGANO (Lippia graveolens Kunt). Biometrics. 2004;(April):1–3.

72. Pilau MR, Alves SH, Weiblen R, Arenhart S, Cueto AP, Lovato LT. Antiviral activity of the Lippia graveolens (Mexican oregano) essential oil and its main compound carvacrol against human and animal viruses. Brazilian Journal of Microbiology. 2011;42(4):1616–24.

73. Bautista-Hernández Israel. Mexican oregano (Lippia graveolens kunth) as source of bioactive compounds: A review. Molecules. 2021;26(17):1–19.

74. Ávalos-Huerta I, Libertad Sánchez-López D, López-González C. NOMENCLATURA VERNÁCULA, USO Y MANEJO DE Opuntia spp. EN SANTIAGO BAYACORA, DURANGO, MÉXICO. Rev Chapingo Ser Hortic. 2013;19(3):367–80.

75. Prieto-García F, Filardo-Kerstup S, Pérez-Cruz E, Beltrán-Hernández R, Román-Gutiérrez A, Méndez-Marzo M. Caracterización física y química de semillas de opuntias (Opuntia spp.) cultivadas en el Estado de Hidalgo, México. Bioagro. 2006;18(3):163–9.

76. Stintzing FC, Carle R. Cactus stems (Opuntia spp.): A review on their chemistry, technology, and uses. Mol Nutr Food Res. 2005;49(2):175–94.

77. Chávez-Moreno CK, Tecante A, Casas A. The Opuntia (Cactaceae) and Dactylopius (Hemiptera: Dactylopiidae) in Mexico: A historical perspective of use, interaction and distribution. Biodivers Conserv. 2009;18(13):3337–55.

78. Wong-Paz JE, Lopez L, Contreras-Esquivel JC, Virginia Nevarez-Moorillon G. Biodegradation of hydrocarbons in the environment View project Food Product Optimization for

Quality and Safety Control: Process, Monitoring and Standards View project. 2010.

79. Aguilera-Carbo AF, Augur C, Prado-Barragan LA, Aguilar CN, Favela-Torres E. Extraction and analysis of ellagic acid from novel complex sources. Chemical Papers. 2008;62(4):440–4.

80. Martínez N, Almaguer G, Vázquez-Alvarado P, Figueroa A, Zuñiga C, Hernandéz-Ceruelos A. Análisis fitoquímico de Jatropha dioica y determinación de su efecto antioxidante y quimioprotector sobre el potencial genotóxico de ciclofosfamida, daunorrubicina y metilmetanosulfonato evaluado mediante el ensayo cometa. Bol Latinoam Caribe Plantas Med Aromat. 2014;13(5):437–57.

81. Rocha M, Good-Ávila S, Molina-Freaner F, Arita H, Castillo A, García-Mendoza A, et al. Pollination Biology and Adaptive Radiation of Agavaceae, with Special Emphasis on the Genus Agave. Aliso. 2006;22(1):329–44.

82. Castillo Quiroz D. Establecimiento y aprovechamiento de la lechuguilla (Agave lechuguilla Torr.). 2012.

83. Scheinvar E. Filogeografía de Agave lechuguilla y patrones de distribución de Agave en México. 2018;(March).

84. Hernández R, Lugo EC, Díaz L, Villanueva S. EXTRACCIÓN Y CUANTIFICACIÓN INDIRECTA DE LAS SAPONINAS DE AGAVE LECHUGUILLA TORREY EXTRACTION AND INDIRECT QUANTIFICATION OF SAPONINS FROM THE AGAVE LECHUGUILLA TORREY. 2005.

85. Narcia Velasco M, Castillo Quiroz D, Vázquez Ramos JA, Berlanga Reyes CA. TURNO TÉCNICO DE LA LECHUGUILLA (Agave lechuguilla Torr.) EN EL NORESTE DE MÉXICO. Rev Mex Cienc For. 2019;3(9):81–8.

86. Díaz-Jiménez L, Carlos-Hernandez S, Jasso de Rodríguez D, Rodríguez-García R. Conceptualization of a biorefinery for guishe revalorization. Ind Crops Prod. 2019;138(June):111441.

87. Zavala CD, Carrillo I ML, Alvarado S B, Sánchez Ch AO. Evaluación de la toxicidad aguda de un extracto alcohólico de hojas de hojasén (Flourensia cernua). Revista Mexicana de Ciencias Farmaceuticas. 2010;41(3):50–4.

88. De León-Zapata MA, Pastrana-Castro L, Rua-Rodríguez ML, Alvarez-Pérez OB, Rodríguez-Herrera R, Aguilar CN. Experimental protocol for the recovery and evaluation of bioactive compounds of tarbush against postharvest fruit fungi. Food Chem. 2016;198:62–7.

89. Gallina S, Feria LG, González-Trápaga R. Ocotillo flowers as food resource for the mule deer during the dry season. Therya. 2017;8(2):185–8.

90. Nevárez-Prado LO, Amaya-Olivas N, Sustaita-Rodriguez A, Rodríguez-Zapién J, Zúñiga-Rodríguez E, Cordova-Lozoya M, et al. Chemical composition and toxicity of extracts of *Fouquieria splendens* against *Artemia salina*. AIMS Agriculture and Food. 2022;7(2):357–69.

91. Manuel Monreal-García H, Almaraz-Abarca N, Antonio Ávila-Reyes J, Torres-Ricario R, Socorro González-

Elizondo M, Herrera-Arrieta Y, et al. Physiology/Fisiología Phytochemical variation among populations of Fouquieria splendens (Fouquieriaceae) Variación fitoquímica entre poblaciones de Fouquieria splendens (Fouquieriaceae). Bot Sci. 2019;97(3):398–412.

92. Pandey MK, Karelia D, Amin SG. Gambogic acid and its role in chronic diseases. Adv Exp Med Biol. 2016;928:375–95.

93. Passera CB. Fisiologia de prosopis spp. Multequina. 2000;9(2):53–80.

94. Henciya S, Seturaman P, James AR, Tsai YH, Nikam R, Wu YC, et al. Biopharmaceutical potentials of Prosopis spp. (Mimosaceae, Leguminosa). J Food Drug Anal. 2017;25(1):187–96.

95. Sivakumar T, Srinivasan K, Rajavel R, Vasudevan M, Ganesh M, Kamalakannan K, et al. Isolation of chemical constituents from Prosopis juliflora bark and anti-inflammatory activity of its methanolic extracts. J Pharm Res. 2009;2(3):551–6.

96. AGROIN. Yucca Schidigera.pdf. 2022.

97. Cheeke PR, Piacente S, Oleszek W. Anti-inflammatory and anti-arthritic effects of yucca schidigera: A review. J Inflamm. 2006;3:2–8.

98. Piacente S, Pizza C, Oleszek W. Saponins and phenolics of Yucca schidigera Roezl: Chemistry and bioactivity. Phytochemistry Reviews. 2005;4(2–3):177–90.

99. Oleszek W, Sitek M, Stochmal A, Piacente S, Pizza C, Cheeke P. Steroidal saponins of Yucca schidigera Roezl. J Agric Food Chem. 2001;49(9):4392–6.

100. Hernandéz IBMLCG. APROVECHAMIENTO INTEGRAL DEL RESIDUO AGROINDUSTRIAL DE ORÉGANO CULTIVADO EN LA REGIÓN NORESTE DE MÉXICO Y SU APLICACIÓN EN UN PRODUCTO ALIMENTARIO. 2020.

101. Silva-Belmares Y. Antimicrobial and cytotoxic activities from Jatropha dioica roots. 2014;748–50.

102. Castillo-Quiroz D, Ulises Martínez-Burciaga O, Ríos-González LJ, Antonio Rodríguez-De La Garza J, Morales-Martínez TK, Castillo-Reyes F, et al. Identification of Potential Areas for the Establishment of Plantation of Agave lechuguilla Torr. to Production of Ethanol. 2014;6(12).

103. Azmir J, Zaidul ISM, Rahman MM, Sharif KM, Mohamed A, Sahena F, et al. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. J Food Eng. 2013;117(4):426–36.

104. Belwal T, Ezzat SM, Rastrelli L, Bhatt ID, Daglia M, Baldi A, et al. A critical analysis of extraction techniques used for botanicals: Trends, priorities, industrial uses and optimization strategies. TrAC - Trends in Analytical Chemistry. 2018;100:82–102.

105. Sousa AD, Maia AIV, Rodrigues THS, Canuto KM, Ribeiro PRV, de Cassia Alves Pereira R, et al. Ultrasound-assisted and pressurized liquid extraction of phenolic compounds from Phyllanthus amarus and its composition evaluation by UPLC-QTOF. Ind Crops Prod. 2016;79:91–103.

106. Smith RM. Before the injection - Modern methods of sample preparation for separation techniques. J Chromatogr A. 2003;1000(1–2):3–27.

107. Martins S, Aguilar CN, De La Garza-Rodriguez I, Mussatto SI, Teixeira JA. Kinetic study of nordihydroguaiaretic acid recovery from Larrea tridentata by microwave-assisted extraction. Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 2010;85(8):1142–7.

108. Bautista-Hernández I, Aranda-Ledesma NE, Rojas R, Tafolla-Arellano JC, Martínez-Ávila GCG. Antioxidant activity of polyphenolic compounds obtained from Euphorbia antisyphilitica by-products. Heliyon. 2021;7(4).

109. El-Etre AY. Inhibition of aluminum corrosion using Opuntia extract. Corros Sci. 2003;45(11):2485–95.

110. Oliveira Simone G.D; Naciente PEJCRPELRG. Evaluation of anti-Candida activity and cytoxicity of Jatropha dioica Cerv. extracts. Afr J Microbiol Res. 2013;7(30):3903–7.

111. Florita Ramos Casillas. Cytotoxic activity of Agave lechuguilla Torr. Afr J Biotechnol. 2012;11(58):12229–31.

112. Perez-Leal R, Torres-Ramos M, Flores-Cordova MA, Gonzalez-Franco AC, Hernandez-Rodriguez A, Soto-Parra JM, et al. Phytotoxic and dissuasive activity of Chihuahua desert plants. Not Bot Horti Agrobot Cluj Napoca. 2020;48(1):426–35.

113. López-Franco YL, Cervantes-Montaño CI, Martínez-Robinson KG, Lizardi-Mendoza J, Robles-Ozuna LE. Physicochemical characterization and functional properties of galactomannans from mesquite seeds (Prosopis spp.). Food Hydrocoll. 2013;30(2):656–60.

114. Qu L, Wang J, Ruan J, Yao X, Huang P, Wang Y, et al. Spirostane-type saponins obtained from Yucca schidigera. Molecules. 2018;23(1):2–13.