

PRINCIPIOS ACTIVOS
DE PLANTAS USADAS
EN LA MEDICINA
TRADICIONAL
MEXICANA

MA. VICTORIA DOMÍNGUEZ GARCÍA
MIRIAM VERÓNICA FLORES MERINO
JAIME FLORES ESTRADA
LAURA PATRICIA MONTENEGRO MORALES
ENRIQUE MORALES ÁVILA
JONNATHAN GUADALUPE SANTILLÁN BENÍTEZ
Coordinadores



Universidad Autónoma
del Estado de México



Doctor en Ciencias e Ingeniería Ambientales

Carlos Eduardo Barrera Díaz

Rector

Doctor en Ciencias Computacionales

José Raymundo Marcial Romero

Secretario de Docencia

Doctora en Ciencias Sociales

Martha Patricia Zarza Delgado

Secretaria de Investigación y Estudios Avanzados

Doctor en Ciencias de la Educación

Marco Aurelio Cienfuegos Terrón

Secretario de Rectoría

Doctora en Humanidades

María de las Mercedes Portilla Lujá

Secretaria de Difusión Cultural

Doctor en Ciencias del Agua

Francisco Zepeda Mondragón

Secretario de Extensión y Vinculación

Doctor en Educación

Octavio Crisóforo Bernal Ramos

Secretario de Finanzas

Doctora en Ciencias Económico Administrativas

Eréndira Fierro Moreno

Secretaria de Administración

Doctora en Ciencias Administrativas

María Esther Aurora Contreras Lara Vega

Secretaria de Planeación y Desarrollo Institucional

Doctora en Derecho

Luz María Consuelo Jaimes Legorreta

Abogada General

Doctora en Ciencias de la Educación

Yolanda Eugenia Ballesteros Senties

Secretaria Técnica de la Rectoría

Licenciada en Comunicación

Ginarely Valencia Alcántara

Directora General de Comunicación Universitaria

Doctor en Ciencias Sociales

Luis Raúl Ortiz Ramírez

*Director General de Centros Universitarios y
Unidades Académicas Profesionales / A*

Doctora en Ciencias de la Educación

Sandra Chávez Marín

*Directora General de Centros Universitarios y
Unidades Académicas Profesionales / B*

PRINCIPIOS ACTIVOS DE PLANTAS USADAS
EN LA MEDICINA TRADICIONAL MEXICANA

DIRECCIÓN DE PUBLICACIONES UNIVERSITARIAS
Editorial de la Universidad Autónoma del Estado de México

Doctor en Ciencias e Ingeniería Ambientales

Carlos Eduardo Barrera Díaz

Rector

Doctora en Humanidades

María de las Mercedes Portilla Luja

Secretaria de Difusión Cultural

Doctor en Administración

Jorge Eduardo Robles Alvarez

Director de Publicaciones Universitarias

INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RURALES

Doctor en Ciencias Agrarias

Humberto Thomé Ortiz

Director

Doctor en Agricultura, Desarrollo Rural e Internacional

Carlos Galdino Martínez García

Encargado del Despacho de la Subdirección Académica

Técnica Laboratorista

Graciela Campuzano González

Encargada del Despacho de la Subdirección Administrativa

PRINCIPIOS ACTIVOS DE PLANTAS USADAS EN LA MEDICINA TRADICIONAL MEXICANA

MA. VICTORIA DOMÍNGUEZ GARCÍA
MIRIAM VERÓNICA FLORES MERINO
JAIME FLORES ESTRADA
LAURA PATRICIA MONTENEGRO MORALES
ENRIQUE MORALES ÁVILA
JONNATHAN GUADALUPE SANTILLÁN BENÍTEZ

Coordinadores



Universidad Autónoma del Estado de México

“2023, Conmemoración de los 195 Años de la Fundación del Instituto Literario del Estado de México”

Principios activos de plantas usadas en la medicina tradicional mexicana / coordinadores, Ma. Victoria Domínguez García [et al.].

1ª ed.

Toluca, Estado de México : Universidad Autónoma del Estado de México, 2023.

228 p. : il. ; 23 cm.

Incluye referencias bibliográficas (p. 219-228).

ISBN: 978-607-633-582-6

1. Plantas medicinales -- México.

2. Materia médica vegetal -- México.

3. Medicina tradicional -- México.

I. Domínguez García, Ma. Victoria, coord.

RS173.M6 P75 2022

Este libro fue positivamente dictaminado con el aval de dos revisores externos, conforme al Reglamento de la Función Editorial de la UAEM, y fue sometido a un proceso de identificación de duplicidad de la información mediante un *software* especializado.

Primera edición, abril 2023

Principios activos de plantas usadas en la medicina tradicional mexicana

Ma. Victoria Domínguez García | Miriam Verónica Flores Merino | Jaime Flores Estrada

Laura Patricia Montenegro Morales | Enrique Morales Ávila | Jonnathan Guadalupe Santillán Benítez

Coordinadores

Universidad Autónoma del Estado de México

Av. Instituto Literario 100 Ote., Col. Centro

Toluca, Estado de México

C.P. 50000

Tel: 722 481 18 00

<http://www.uaemex.mx>

Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (Reniecyt): 1800233



Esta obra está sujeta a una licencia *Creative Commons* Atribución-No Comercial-Sin Derivadas 4.0 Internacional. Los usuarios pueden descargar esta publicación y compartirla con otros, pero no están autorizados a modificar su contenido de ninguna manera ni a utilizarlo para fines comerciales. Disponible para su descarga en acceso abierto en: <http://ri.uaemex.mx>

ISBN: 978-607-633-582-6

Hecho en México

El contenido de esta publicación es responsabilidad de las personas autoras.

Director del equipo editorial: Jorge Eduardo Robles Alvarez

Coordinación editorial: Ixchel Edith Díaz Porras

Corrección de estilo: Ariana Cuadros Pedral

Gestión de diseño: Liliana Hernández Vilchis

Diseño y formación: Elizabeth Vargas Albarrán

Diseño de portada: Luis Alberto Maldonado Barraza



CONTENIDO

PRÓLOGO	9
CAPÍTULO I	
Plantas medicinales nativas de México con potencial antimicrobiano <i>in vitro</i>	11
<i>Euridice Ladisu Mejía-Argueta</i>	
<i>Rosalío Lehninger Estrada Urbina</i>	
<i>Jonnathan Guadalupe Santillán Benítez</i>	
<i>Miriam Verónica Flores Merino</i>	
<i>Claudia Cervantes-Rebolledo</i>	
CAPÍTULO II	
Propiedades nutricionales, antihiper glucemiantes y antioxidantes del nopal	49
<i>Helien Castro Garduño</i>	
<i>Miriam Verónica Flores Merino</i>	
<i>Martín Bedolla Barajas</i>	
<i>Ma. Victoria Domínguez García</i>	
CAPÍTULO III	
Bondades clínicas del romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	69
<i>Quetzali Salazar Mireles</i>	
<i>Miriam Verónica Flores Merino</i>	
<i>Halina Kean Galeno</i>	
<i>Ma. Victoria Domínguez García</i>	

CAPÍTULO IV

Plantas tradicionales mexicanas utilizadas como tratamiento
para diferentes tipos de cáncer 83

Ana Vianey Pineda Juárez

Ma. Victoria Domínguez García

Jaime Flores Estrada

Miriam Verónica Flores Merino

CAPÍTULO V

La magia ceremonial y medicinal del yauhtli o pericón (*Tagetes lucida* Cav.) 123

Ma. Victoria Domínguez García

Miriam Verónica Flores Merino

Laura Patricia Montenegro Morales

Martín Bedolla Barajas

CAPÍTULO VI

Usos etnobotánicos y etnofarmacológicos del guayabo (*Psidium guajava* L.) 143

Laura Patricia Montenegro Morales

Ma. Victoria Domínguez García

María del Socorro Camarillo Romero

CAPÍTULO VII

Plantas mexicanas con propiedades ansiolíticas 171

Halina Kean Galeno

Tania Kean Galeno

Miriam Verónica Flores-Merino

Jaime Flores Estrada

CAPÍTULO VIII

Plantas medicinales mexicanas para el tratamiento de la depresión 199

Tania Kean Galeno

Halina Kean Galeno

Euridice Ladisu Mejía-Argueta

Rosario M. Morales-Cerino

PRÓLOGO

Estimados lectores, me permito presentar el libro *Principios activos de plantas usadas en la medicina tradicional mexicana*, que surgió de la idea de trabajar en equipo con los integrantes de los cuerpos académicos de Investigación Biomédica y Ciencias Farmacéuticas, de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma del Estado de México, con el objetivo de investigar nuevas fórmulas farmacéuticas derivadas de plantas que se usan en la medicina tradicional mexicana. Algunas de estas plantas, actualmente, aún son preferidas sobre ciertos medicamentos alopáticos.

La convocatoria fue dirigida a los tutores y estudiantes de licenciatura y posgrado de los diferentes programas de la Facultad de Química, así como a invitados de otros espacios académicos u otras instituciones que desearan participar. Sin embargo, los tiempos de pandemia por la COVID-19 nos obligaron a trabajar en línea, por lo que tuvimos poca interacción con otros cuerpos académicos de nuestra facultad y de otros espacios académicos.

Esta edición se conforma por ocho capítulos, cuatro de los cuales exploran diferentes plantas usadas para entidades específicas y los otros cuatro son el resultado de la exploración de plantas únicas. El orden de los capítulos se decidió con base en su tiempo de entrega y, por lo tanto, están mezclados independientemente de si se trata de un resumen de varias plantas o del uso de una planta para diferentes propósitos clínicos.

Se llevó a cabo un proceso de revisión por pares, por el cual agradecemos a todos los revisores de las diferentes instituciones que aceptaron esta tarea, realizada, en colaboración con los autores, con un gran espíritu altruista. También agradecemos, de forma muy especial, a los autores por ceder su esfuerzo y su tiempo para poder tener esta obra que dedicamos a nuestros amables lectores, esperando que sea de su agrado.

Ma. Victoria Domínguez García

CAPÍTULO I

PLANTAS MEDICINALES NATIVAS DE MÉXICO CON POTENCIAL ANTIMICROBIANO *IN VITRO*

*Euridice Ladisu Mejía-Argueta**

*Rosalío Lehninger Estrada Urbina***

*Jonnathan Guadalupe Santillán Benítez****

*Miriam Verónica Flores Merino**

*Claudia Cervantes-Rebolledo****

INTRODUCCIÓN

Es de suma importancia analizar las posibilidades de uso de las plantas medicinales de nuestro país, ya que estas contienen metabolitos secundarios que podrían ocuparse como fármacos o adyuvantes terapéuticos. De hecho, es posible que la correlación *in vitro-in vivo* con modelos animales ayude a detectar estos problemas tempranos y mitigarlos antes de llegar a la fase clínica, mediante el desarrollo de estrategias de dosificación o combinaciones de medicamentos. Además, se sabe que los productos naturales, al igual que los antibióticos sintéticos, tienen desventajas como la producción de bacterias con mecanismos de resistencia. Cabe resaltar que solo alrededor del 15% de estas especies de plantas han sido fitoquímicamente investigadas y solo una pequeña fracción de ellas ha sido estudiada para determinar su potencial antiinfeccioso (Newman, Cragg y Snader, 2000; Sharma *et al.*, 2019).

Hasta ahora, la mayoría de los productos naturales que contienen aislados de plantas medicinales e inhiben el crecimiento de patógenos tienden a exhibir potencia y selectividad débiles, por esto investigar una cantidad tan grande de composiciones botánicas a través de su totalidad, fracciones o extractos representa muchos desafíos, ya que se debe minimizar la degradación y precipitación del compuesto y prestar

* Universidad Autónoma del Estado de México.

** Universidades para el Bienestar Benito Juárez García.

*** Universidad de Ixtlahuaca.

atención a la posibilidad de interferencia en el ensayo y a los efectos inespecíficos —por ejemplo, cuando los taninos se unen a proteínas pierden su capacidad antioxidante y las saponinas pueden causar lisis celular— (Barbehenn y Constabel, 2011; Hostettmann y Marston, 1995; Sharma *et al.*, 2019). Ante ello, se ha considerado la posibilidad de usar estos productos como agonistas potenciales de terapia con los antibióticos dentro del mercado; un ejemplo de ello es su uso en combinación con medicamentos estándares, cuyo impacto supera su rendimiento y mejora la actividad antimicrobiana (Gibbons *et al.*, 2003; Sharma *et al.*, 2009). Se ha encontrado que la acción sinérgica de aceites esenciales reduce la dosis mínima efectiva y los efectos adversos de antibióticos en el tratamiento de infecciones. Lo más importante es que una combinación de antibióticos con aceites esenciales, dirigida a bacterias resistentes, puede tener un mecanismo de acción distinto, lo que lleva a nuevas opciones de tratamiento (Duarte *et al.*, 2012; Guerra *et al.*, 2012; Mahboubi y Ghazian Bidgoli, 2010; Sharma *et al.*, 2019).

El objetivo del presente capítulo es recabar información de 12 plantas medicinales nativas de México con potencial antimicrobiano para tener monografías que sirvan para la investigación farmacológica con base en la herbolaria, ya que nuestro país tiene mucha diversidad y falta mucho por explorar.

CHICOZAPOTE (*MANILKARA ZAPOTA* L.)

Descripción de la especie

Es comúnmente conocida en México como chicozapote o chicle, términos que provienen del náhuatl *tzapotl* o *chictliltzictli* y que se atribuyen a los frutos esféricos con semillas grandes (Conabio, 2018). El fruto, que es una baya, tiene un diámetro de entre 5 cm y 10 cm y una cáscara café áspera con pulpa carnosa muy dulce; suele contener cinco semillas negras brillantes (Cordero y Boshier, 2003).

Imagen 1. Fruto de chicozapote



Fuente: fotografía de Ana Vianey Pineda Juárez.

El chicozapote *Manilkara zapota* es una planta nativa cuyo uso, en el conocimiento etnobotánico, está relacionado con el tratamiento de disentería y diarrea, para el cual se debe tomar la decocción de la corteza, que puede bajar la fiebre.

Distribución geográfica

Se encuentra distribuida en 20 de los 32 estados de la República: Campeche, Chiapas, Colima, Durango, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Sonora, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán (Pennington y Sarukhán, 2005).

Morfología

El chicozapote pertenece a la familia *Sapotaceae*, es un árbol perennifolio que mide entre 25 m y 35 m de altura y, aproximadamente, 1.25 m de diámetro. Tiene hojas simples, elípticas a oblongas y con margen entero, colocadas en espiral y agrupadas en las puntas de las ramas. Las flores de *M. zapota* son axilares solitarias, ocasionalmente se agrupan en las puntas de las ramas y, además, tienen sépalos pardos-verdosos con

corola tubular blanca. Los frutos inmaduros a veces contienen látex que se emplea para su venta en la industria del chicle (Cordero y Boshier, 2003).

Actividad biológica

Diversos estudios muestran que la capacidad antibacteriana de *M. zapota* se debe a la presencia de metabolitos secundarios localizados en la corteza del tallo, las hojas, el fruto y la semilla (Ekalina, Sugita y Suparto, 2017; Murnisyazwani y Rabeta, 2019; Mohanapriya *et al.*, 2019). De acuerdo con Murnisyazwani y Rabeta (2019), el extracto acuoso metanólico (70:30) de *M. zapota* exhibió efectos antidiarreicos (pretratamiento con protección del 80% a 300 mg/mL de dosis), antisecretores, antiespasmódicos, antimotilidad, antiúlcerativos y afinidades de unión con objetivos gastrointestinales en roedores que tenían diarrea provocada por aceite de castor (10 mL/kg vía oral).

Adicionalmente, Ekalina, Sugita y Suparto (2017) realizaron la evaluación *in vitro* de diferentes extracciones (metanólica, etanólica, acetónica y acuosa) de la corteza de tallo de *M. zapota* y, a partir de la fracción metanólica, se obtuvo el compuesto 3', 4', 5,7-tetrametilquercetina con potencial antimicrobiano; a dicho metabolito se le atribuyó la capacidad de inhibición del crecimiento de *Bacillus cereus* y *Staphylococcus aureus*, al tener una concentración mínima inhibitoria (MIC) de 0.05 mg/mL, y, por tanto, mejores resultados que los otros extractos analizados (20 mm). En contraste, el resto de los extractos generaron halos de inhibición de entre 8 mm y 13 mm de diámetro (40 mg/mL). Con respecto a la kanamicina, esta tuvo halos mayores a 20 mm (25 mg/mL) frente a *B. cereus* y *S. aureus* en los extractos acuosos, etanólicos y acetónicos.

En el caso de los estudios de las propiedades medicinales del fruto del chicozapote, Murnisyazwani y Rabeta (2019) determinaron la presencia de propiedades antibacterianas que varían de acuerdo con la presentación del fruto, ya sea fresco, en barra o en jugo, con extracción acuosa, acetónica al 70% o etanólica al 80%. En estos estudios, la extracción acetónica de barra tuvo mayor inhibición en el método de difusión con disco contra bacterias grampositivas como *Bacillus subtilis* (12.7 mm), seguida de la extracción etanólica de barra contra *S. aureus* (10 mm), al igual que de la extracción acetónica de jugo (10 mm).

De acuerdo con Mohanapriya *et al.* (2019), se presentaron compuestos antimicrobianos de acuerdo al solvente usado para su extracción. Así, mediante un solvente hexánico se determinó la presencia de alcaloides, esteroides, glucósidos y saponinas, mientras que el etanólico contuvo, además, fenoles; en contraste, la extracción acetónica logró la obtención de todos los compuestos anteriores junto con flavonoides y taninos. Consecutivamente, las pruebas del extracto acetónico, a una dosis de 500 lg/mL, demostraron su efecto inhibitor sobre *Micrococcus luteus* y *S. aureus* MRSA E-1122 con los métodos de vaciado en placa y de difusión.

EPAZOTE (*DYSPHANIA AMBROSIOIDES* L.)

Descripción de la especie

Epazote es el nombre común de *Dysphania ambrosioides*, proviene de dos vocablos náhuatl: *epatl*, que significa hierba fétida, y *tzotl*, que significa dulce (Hurrell, 2018).

Distribución geográfica

Se encuentra distribuida en 28 de los 32 estados de la República: Aguascalientes, Baja California Norte, Baja California Sur, Chiapas, Chihuahua, Ciudad de México, Coahuila, Colima, Durango, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Yucatán (Conabio, 2018).

Imagen 2. Hojas de epazote



Fuente: fotografía de Ma. Victoria Domínguez García.

Morfología

El epazote es una planta herbácea anual o perenne, aromática, de vida corta. Tiene ramas irregulares, su tallo es pubescente, simple o ramificado, y mide entre 40 cm y 1 m de altura. Sus hojas son oblongo-lanceoladas, cerradas, con una longitud de entre 3 cm y 10 cm y una anchura de entre 1 cm y 5 cm, subenteras o sinuado-dentadas. Presenta inflorescencias con muchas flores verdes, que se originan a partir de su panícula ramificada en el ápice del tallo. Su perianto mide 1 mm de largo, es glanduloso y envuelve el fruto, y su pericarpio es delgado y glanduloso; además, su semilla es horizontal o vertical, tiene 0.7 mm de diámetro y un margen obtuso, negro, brillante y liso (Conabio, 2018).

Actividad biológica

Las propiedades antimicrobianas de *D. ambrosioides* se localizan tanto en la flor como en la corteza y su actividad antibacteriana puede variar de débil a moderada. En este sentido, en un estudio realizado por Ajaib *et al.* (2016) se utilizaron extractos metanólicos, clorofórmicos, petrolados y acuosos para obtener un mejor efecto de inhibición contra *B. subtilis*, *S. aureus* (MIC = 0.7 mg/mL), *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli* (MIC = 0.8 mg/mL). Asimismo, en otro estudio de Mokni *et al.* (2019) se demostró que el aceite esencial tuvo un efecto inhibitorio (MIC = 0.019 mg/mL) sobre la proliferación de *P. aeruginosa* y *B. subtilis* y una actividad antibacteriana débil (MIC = 0.156 mg/mL) contra *Bacillus anthracis*, al estar compuesto por cisascaridol (60.33%), m-cimeno (22.17%), α -terpineno (1.79%) y timol (1.10%), que son monoterpenos y sesquiterpenos.

En su estudio, Bezerra *et al.* (2019) mostraron la presencia del monoterpeno α -terpineno en una proporción de 54.09% en el aceite esencial y 15.13% de ascaridol en relación directa con la actividad antibacteriana sobre *S. aureus* ATCC 25923 (MIC = 256 μ g/mL), lo que moduló la concentración de imipenem y antagonizó la gentamicina y la norfloxacin. Además, se observó una actividad antibacteriana moderada ante cepas multirresistentes, como *P. aeruginosa* que es resistente a la amikacina, imipenem, ciprofloxacino, levofloxacino, piperacilina-tazobactam, ceftazidima, meropenem y cefepime (MIC = 512 μ g/mL). Inclusive moduló las concentraciones de gentamicina e imipenem con disminución de sus concentraciones y posible simbiosis y antagonismos en ciertos casos.

Respecto a lo anterior, Sharma *et al.* (2019) mencionaron en su estudio el enorme beneficio de usar modelos con tejidos animales o líneas celulares para establecer las causantes de infecciones con patógenos humanos —los cuales suelen enmascarar las bacterias del sistema inmune (mucina, levadura) y prevenir o ralentizar el aclaramiento de las bacterias por el huésped (agar/perlas de agarosa)—, ya que proporcionan el potencial necesario para reducir el riesgo y mejorar la eficacia de la sustancia activa como blanco terapéutico.

Otro estudio de Zefzoufi *et al.* (2020) mostró la actividad antimicrobiana de *D. ambrosioides* que tuvo potencial para el control bioracional de fitopatógenos. En él, se comparó el aceite esencial de *D. ambrosioides* con el cloranfenicol y el ascaridol (1000 μ g/mL) por el método de difusión con disco; los resultados fueron los mismos

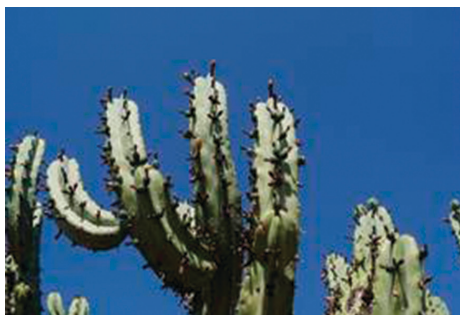
entre el aceite y el cloranfenicol (halos de inhibición de entre 14 mm y 17 mm contra *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci*, *P. syringae* pv. *syringae* y *Erwinia amylovora*), pero el efecto del aceite fue mayor respecto al del ascaradiol.

GARAMBULLO (*MYRTILLOCACTUS GEOMETRIZANS*)

Descripción de la especie

El término *Myrtillocactus* proviene del griego y se refiere a la forma del fruto, mientras que *geometrizzans* significa “építeto latino”.

Imagen 3. Cactus de garambullo



Fuente: fotografía obtenida de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Myrtillocactus_geometrizzans:%28Flower%29.jpg.

Distribución geográfica

M. geometrizzans se encuentra de forma abundante en planicies como la región de Zapotitlán. Su cultivo y crecimiento natural se pueden encontrar tanto en México como en Centroamérica. En México se distribuye en 19 estados: Aguascalientes, Durango, Estado de México, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas (Conabio, 2018).

Morfología

Es una cactácea arborescente, perenne, de postura erecta, mide hasta 7 m de alto y su forma ramificada asimila a un candelabro. Los tallos pueden medir entre 6 cm y 12 cm de diámetro, son verdes azulados con bolas de lana de color pardo-blanquecinas en las puntas. Además, tienen espinas radiales, cortas y gruesas, con flores axilares verde-amarillentas y blanco-amarillentas. Sus frutos tienen una coloración que va de roja a púrpura o azulada, son de forma globosa y con un diámetro de entre 8 mm y 15 mm. En el interior del fruto se encuentran semillas asimétricas, ovaladas, de aproximadamente 2 mm de diámetro.

Actividad biológica

Martins *et al.* (2017) destacaron la importancia de *M. geometrizzans* por la presencia de metabolitos secundarios, como las betalaínas, en ella. Estos metabolitos tienen propiedades antioxidantes y están distribuidos en diferentes partes de la planta, desde las semillas, hojas, flores, brotes, partes aéreas y raíces hasta los frutos. Las betalaínas presentes en el garambullo son principalmente de dos clases: betacianinas y betaxantinas, y pueden estar en la misma parte de la planta. La coloración de estos metabolitos secundarios es observable, puesto que las betacianinas poseen coloración roja y las betaxantinas, coloración amarillenta.

La actividad antioxidante y la propiedad de coloración en el garambullo están dadas por las betaxantinas (como la prolina-betaxantina), los compuestos glutamina-betaxantina (vulgaxantina I), el ácido glutámico-betaxantina (vulgaxantina II) y la presencia de fitosteroles (Martins *et al.*, 2017). Además de su propiedad antioxidante, las betalaínas tienen actividad antimicrobiana, antiviral y de eliminación de radicales libres, así como la propiedad de inhibición de la peroxidación lipídica (Jha y Gupta, 2016), que les dan potencial en el uso farmacéutico.

Sin embargo, aún no se conocen los mecanismos de estos procesos y siguen en estudio los compuestos que brindan esta propiedad antimicrobiana, solamente se tiene noción de las betaxantinas y betacianinas. Aunque existe poca información respecto al garambullo, es de suma importancia rescatar que se deben de aislar más de sus metabolitos secundarios (no solo las betalaínas y betaxantinas) con potencial antimicrobiano y seguir su estudio (Martins *et al.*, 2017).

CEMPASÚCHIL (*TAGETES ERECTA* L.)

Descripción de la especie

La presente especie es conocida en México como cempasúchil, cempoalxóchitl, cempaxóchitl, cempoal (zempoal) o flor de muertos.

Imagen 4. Flor de cempasúchil



Fuente: fotografía de Ma. Victoria Domínguez García.

Distribución geográfica

Se encuentra en 11 de los estados de la República Mexicana: Chiapas, Estado de México, Hidalgo, Jalisco, Morelos, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Sinaloa, Tlaxcala y Veracruz, así como en países de Centroamérica (Conabio, 2018).

Morfología

Es una planta herbácea anual o perenne que mide 1.1 m de altura. Su raíz es cilíndrica, pivotante, fibrosa y poco profunda. El tallo es estriado y, ocasionalmente, acostillado; tiene vellosidades, es cilíndrico, ovalado y aromático al apretar. Tiene inflorescencias solitarias sobre pedúnculos de 15 cm de largo, liguladas, con una coloración que va de amarilla a roja. Las flores están sistematizadas en forma de disco, en conjuntos de entre 150 y 250 y en lígulas, tienen corolas con tonalidad de amarilla a anaranjada y

entre 8 mm y 10 mm de largo. Los frutos y semillas se forman con aquenios lineares que miden entre 7 mm y 10 mm de largo, son lisos o ligeramente cubiertos con ornamentaciones rígidas en los ángulos (Rzedowski y Rzedowski, 2005).

Actividad biológica

El cempasúchil presenta propiedades antimicrobianas que han sido probadas a partir de extractos de metanol, acetato de etilo y hexano. Por ejemplo, en un estudio, Saani, Lawrence y Lawrence (2018) demostraron su actividad antibacteriana sobre *E. coli*, *Shigella dysenteriae*, *B. subtilis* y *S. aureus*, mediante el método de difusión en pozos de agar en concentraciones de entre 0.5 mg/mL y 2 mg/mL; así, el mayor efecto antibacteriano se observó en el extracto metanólico, seguido del acetato de etilo y, por último, en el hexánico.

Asimismo, los extractos polares metanólicos, hexánicos, clorofórmicos y diclorometanos contienen polifenoles, los cuales poseen la capacidad de bloquear la acción de la lipoxigenasa —enzima responsable de catalizar la oxidación del ácido linoleico— y se relacionan con la asimilación de hierro, por su capacidad quelante que puede estar ligada al metabolismo bacteriano. En consecuencia, dichos extractos presentan mejor actividad inhibitoria sobre *S. aureus* (MIC = 0.125 mg/mL) que sobre *E. coli* (MIC = 0.25-0.5 mg/mL) (Burlec *et al.*, 2019).

Otros estudios mencionan que los extractos etanólicos, además de polifenoles, contienen saponinas, flavonoides, alcaloides, taninos y fenoles que interfieren con la bicapa de fosfolípidos de la membrana celular y dañan las enzimas involucradas en la producción de energía celular de microorganismos patógenos en humanos (Amadioha y Chidi, 2019).

Un estudio de Ali, Jasim y Alani (2019), realizado mediante el método de difusión de pozos de agar en concentraciones de entre 31.25 mg/mL y 1 000 mg/mL, mostró que el extracto de cloroformo tuvo mayor efecto sobre *Serratia marcescens* que sobre *Acinetobacter* spp., *E. coli*, *Streptococcus* spp., *Morganella morganii*, *P. aeruginosa*, *Streptococcus pneumoniae* y *S. aureus*, al contener estigmaesterol y ácido oleico en su composición, los cuales se ha comprobado que poseen actividad antibacteriana.

Safar, Ghafoor y Dastan (2020) identificaron que en el aceite esencial de cempasúchil existen 60 nuevos compuestos que incluyen iso-bergapteno, bergapteno, acetato de

(3)-tujanol, silvestreno, α -vetivona, β -bisaboleno, acetato de tridecenol, acetato de (E)-titol, β -atlantol y p-cimeno, además probaron su actividad citotóxica en una línea celular de hígado (HepG2) mediante concentraciones de entre 5 $\mu\text{g/mL}$ y 122 $\mu\text{g/mL}$ del aceite esencial, donde la tasa máxima de apoptosis fue de hasta 90% en concentraciones que oscilaron entre los 82 $\mu\text{g/mL}$ y los 122 $\mu\text{g/mL}$, con un valor IC_{50} de entre 11.58 $\mu\text{g/mL}$ y 19.86 $\mu\text{g/mL}$, lo que mostró efectos contra este tipo de células nuevas, sin afectar a las células normales. Lo anterior podría analizarse con el uso del mismo aceite esencial o, incluso, de los metabolitos mayoritarios.

TEJOCOTE (*CRATAEGUS MEXICANA*)

Descripción de la especie

La palabra tejocote proviene del náhuatl *texocotl*, que a su vez se compone de los vocablos *tetl*, que significa piedra, y *xocotls*, que significa fruto de sabor agridulce; por lo que el nombre *texocotl* identifica un árbol cuyo fruto tiene sabor agridulce y es duro como piedra (Conabio, 2018).

Imagen 5. Frutos de tejocote



Fuente: fotografía obtenida de <https://pxhere.com/es/photo/171892/>

Distribución geográfica

Se encuentra en zonas montañosas del país, en el eje neovolcánico (desde el estado de Veracruz hasta el de Jalisco), la Sierra Madre Oriental (entre los estados de Hidalgo, Tamaulipas, San Luis Potosí, Coahuila y Nuevo León), la Sierra Madre del Sur (entre Oaxaca y Guerrero) y los Altos de Chiapas (Núñez-Colín *et al.*, 2012).

Morfología

El tejocote, *Crataegus mexicana*, es un árbol de tronco y ramas espinosas, de hasta 10 m de altura, con una corteza gris rojiza. Las hojas son semiperennes, ovales o en forma de diamante con un largo de entre 4 cm y 8 cm, son anchas, en la parte media, y angostas de borde dentado, en los extremos. Sus flores son hermafroditas y tienen forma de umbelas terminales con pétalos blancos. El fruto es un pomo amarillo-anaranjado, de entre 1 cm y 2 cm de diámetro; las semillas son lisas, cafés y están rodeadas por un hueso leñoso (Conabio, 2018).

Actividad biológica

Hay poca información sobre *Crataegus*, sin embargo, se ha demostrado una alta actividad antioxidante en algunas especies. García-Mateos *et al.* (2012) mostraron que los extractos etanólicos de flores de *Crataegus* spp. tienen una actividad antioxidante moderada debido a los flavonoides (0.72%), tales como la quercetina (54-56%) en *C. mexicana*, y, en menor grado, a las flavonas y procianidinas.

Por otro lado, Camacho-Corona *et al.* (2015) determinaron que el extracto metanólico de las hojas tuvo un efecto inhibitorio sobre *S. aureus* MRSA, *Enterococcus faecalis* (MIC = 100 µg/mL), *Stenotrophomonas maltophilia* (MIC = 50 µg/mL), *Acinetobacter baumannii* (MIC = 200 µg/mL), *Klebsiella pneumoniae* (MIC = 200 µg/mL) y *Mycobacterium tuberculosis* H37Rv (MIC = 100 µg/mL); el hexánico de las hojas, sobre *P. aeruginosa* (MIC = 200 µg/mL), *Listeria monocytogenes* (MIC = 200 µg/mL) y *M. tuberculosis* (MIC = 200 µg/mL), y el de diclorometano de fruto, sobre *E. coli* (MIC = 200 µg/mL), en comparación con el levofloxacino (< 6.25 µg/mL).

Los estudios aquí presentados demuestran que esta planta tiene compuestos con potencial antimicrobiano en diferentes tipos de extractos y en bacterias multirresistentes, por lo cual podría usarse como adyuvante terapéutico para combatir infecciones.

DALIA (*DAHLIA* SP. CAV.)

Descripción de la especie

La dalia es conocida por ser la flor nacional de nuestro país desde 1963. En náhuatl se le llama *acocoxochitl*, palabra que proviene de dos vocablos: *acoco*, que significa hueco, y *xochitl*, que significa flor, los cuales describen el tipo de tallo de esta especie. El género *Dahlia* consta de 35 especies silvestres nativas de México, y cuatro de ellas constituyen la base genética que ha desarrollado la dalia cultivada: *D. coccinea*, *D. merckii*, *D. imperialis* y *D. pinnata*. Esta última es la más común y proviene de un híbrido fértil entre *D. coccinea* y *D. sorensenii* producido en México, probablemente, hace más de 500 años (Conabio, 2018).

Imagen 6. Flor de *Dahlia* sp.



Fuente: fotografía de Ma. Victoria Domínguez García.

Distribución geográfica

En México se encuentra en 22 estados: Aguascalientes, Chiapas, Chihuahua, Ciudad de México, Coahuila, Durango, Estado de México, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Tamaulipas, Tlaxcala y Zacatecas (Rzedowski y Rzedowski, 1997).

Morfología

El género *Dahlia* se ubica taxonómicamente en la familia *Asteraceae* (compuestas), su hábito es, por lo regular, herbáceo o arbustivo y, a veces, epífita o trepador. Las herbáceas son anuales y tienen raíces tuberosas que persisten para dar origen a la siguiente estación de plantas; las arbustivas son perennes y tienen raíces tuberosas muy desarrolladas. Los tallos son compactos y las hojas son opuestas o verticiladas, simples, compuestas tres veces. Presentan flores compuestas liguladas (con forma de lengua) que, en conjunto, se denominan cabezuelas; son similares a un pétalo, de color blanco, morado, rojo o amarillo (Rzedowski y Rzedowski, 1997). Además, sus frutos son secos, con una sola semilla, indehiscentes y oblanceolados.

Actividad biológica

Las propiedades antimicrobianas presentes en algunos extractos de diversas especies de dalias les confieren potencial para su uso farmacéutico en el control bacteriano. Por ejemplo, el extracto metanólico de *Dahlia* sp. tuvo mayor inhibición contra *Lactobacillus acidophilus* (16 mm) que contra *S. aureus* (15 mm), *Streptococcus mutans* (13 mm) y *Streptococcus gordonii* (14 mm); el extracto etanólico, a una concentración de 25 µg/mL, presentó inhibición contra *L. acidophilus* (13 mm), *S. aureus* (12 mm) y *S. gordonii* (10 mm), y con el extracto acuoso no hubo ningún cambio aparente en estas cepas bacterianas en comparación con la kanamicina (100 µg/mL) (Kumar *et al.*, 2016).

Pires *et al.* (2018) analizaron el extracto hidrometanólico y la infusión de *Dahlia mignon* e identificaron compuestos que podrían estar asociados a su efecto

biológico (isoliquiritigenina-dihexosido, isoliquiritigenina-hexosido-acetilhexosido, kaempferol-ramnosilrutinosido, kaempferol-acetilhexosido) mediante la evaluación de cepas bacterianas aisladas de hospital: *E. coli* (MIC = 2.5 mg/mL), *E. coli* ESBL (MIC = 5 mg/mL), *K. pneumoniae* (MIC = 5 mg/mL), *K. pneumoniae* ESBL (MIC = 5 mg/mL), *M. morgani* (MIC = 2.5 mg/mL), *P. aeruginosa* (MIC > 20 mg/mL) y *A. baumannii* (MIC = 5 mg/mL) aisladas de tracto urinario y expectoraciones, así como de *S. aureus* (MIC = 2.5 mg/mL), *S. aureus* MRSA (MIC = 5 mg/mL), *S. aureus* MSSA (MIC = 5 mg/mL), *L. monocytogenes* (MIC = 5 mg/mL) y *E. faecalis* (MIC = 2.5 mg/mL).

En otros estudios que mencionan más actividades antimicrobianas de *Dahlia*, se encuentra el de Shinta *et al.* (2019), quienes evaluaron la actividad de un hongo endofítico que crece en los bulbos de *D. variabilis* (*Sporothrix* sp.), mediante el aislamiento del extracto de acetato etílico por cromatografía flash. El compuesto mayoritario, que era un terpenoide, se evaluó por el método de difusión con disco contra *E. coli* (100-500 µg/mL), con halos de inhibición de entre 29 mm y 39 mm, y contra *S. aureus* (100-500 µg/mL), con halos de inhibición de entre 29 mm y 31 mm, respecto al ciprofloxacino (300 µg/mL) con un halo de 47 mm.

Asimismo, un estudio de Sathoff y Samac (2019) contempló la importancia de analizar las defensinas aisladas de plantas, al ser un tipo de péptido antimicrobiano. En él, las defensinas de *D. merckii* (Dm-AMP1, Dm-AMP2) tuvieron actividad inhibitoria contra *B. subtilis* (150 µg/mL), pero no contra *E. coli*, *M. luteus*, *Proteus vulgaris*, *S. aureus* ni *Streptococcus faecalis*.

Los estudios citados son alentadores respecto al control de bacterias pues se realizaron en algunas cepas silvestres con multirresistencia y extractos de dalia, lo cual podría servir como posible adyuvante de tratamiento para enfermedades infecciosas al aislar los metabolitos secundarios mayoritarios y evaluar sus citotoxicidades (Pires *et al.*, 2018).

VAINILLA (*VANILLA PLANIFOLIA*)

Descripción de la especie

Es conocida también como flor negra y en náhuatl se le llama *ixtlilxochitl* o *tlixochitl*. *Vanilla planifolia* es una de las 15 especies mesoamericanas, de las cuales nueve se

encuentran en México: *V. cribbiana*, *V. hartii*, *V. helleri*, *V. inodora*, *V. insignis*, *V. odorata*, *V. phaeantha*, *V. pompona* y *V. planifolia* (Conabio, 2018).

Imagen 7. Flor de vainilla



Fuente: fotografía obtenida de <https://pxhere.com/es/photo/771045>

Distribución geográfica

Se desconoce la distribución original de *V. planifolia*, no obstante, se sabe que tiene su centro de origen en México y se localiza en climas cálidos-húmedos como la Sierra Madre de Oaxaca, la Selva Lacandona en Chiapas y el sur de Quintana Roo (Soto, 2009).

Morfología

La especie *V. planifolia* pertenece a la familia de las orquídeas, es de posición rastrera, herbácea y de base leñosa. Sus hojas son aovadas, opuestas y blanquecinas. Las flores son muy pequeñas, labiadas, blancas o rosáceas, tienen inflorescencias cimosas provistas de brácteas blancas y con apariencia globulosa. En su fruto tiene cuatro semillas que son núculas redondas, pequeñas y rojas (Conabio, 2018).

Actividad biológica

El conocimiento etnobotánico le sitúa como una especie empleada para aliviar fiebre, molestias gástricas, etcétera, y lo atribuye a la vainillina, componente que le brinda las propiedades aromáticas, antioxidantes y es responsable de su actividad antimicrobiana (Ahmad *et al.*, 2020).

Tales propiedades antimicrobianas se han estudiado por diversos autores para determinar su potencial farmacológico. Harini *et al.* (2012) observaron que la vainillina, junto con el ácido caprílico, puede dañar la membrana bacteriana y causar la extravasación del contenido celular y la posterior muerte del microorganismo; en este caso, se analizaron estos efectos sobre *Cronobacter sakazakii* y *Salmonella enterica*. Por otro lado, Sharma *et al.* (2016) demostraron que la vainillina tiene un efecto antimicrobiano sobre *Mycobacterium smegmatis* (MIC = 125 µg/mL) por la disminución en los niveles de hierro libre, que induce cambios en el ADN y desestabiliza la membrana bacteriana.

Asimismo, Bezerra *et al.* (2017) observaron que la vainillina (1 024 µg/mL), junto con la gentamicina (1 024 µg/mL) y el imipenem (512 µg/mL), tiene un efecto inhibitorio sinérgico sobre *S. aureus*. Por su parte, en el caso de *E. coli*, la vainillina presentó sinergia con gentamicina o imipenem, pero no moduló la actividad de la norfloxacin, tetraciclina y eritromicina (1 024 µg/mL). Finalmente, sobre *P. aeruginosa*, la combinación de vainillina con norfloxacin presentó un efecto sinérgico, mientras que con la tetraciclina y la eritromicina se observó un efecto antagonista. Lo anterior constata el potencial farmacológico antibacteriano de la especie *V. planifolia*.

CARDO (*ARGEMONE MEXICANA* L.)

Descripción de la especie

La especie *Argemone mexicana* L. tiene diversos nombres comunes, se le conoce como: cardo santo, amapola de monte, amapolilla o chicalote, que proviene del náhuatl *xicolotl*. Es una planta nativa de México, herbácea, considerada plaga debido a su rápido crecimiento e invasión en campos agrícolas (Monroy, Pitty y Muñoz, 1993; Rzedowski, 1991).

Imagen 8. Flor de cardo



Fuente: fotografía de Ma. Victoria Domínguez García.

Distribución geográfica

Se distribuye en 22 estados del territorio nacional: Aguascalientes, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Durango, Estado de México, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Yucatán (Villaseñor y Espinosa, 1998).

Morfología

A. mexicana es una planta erecta que mide 1 m de alto, su tallo es glabro verde azulado con numerosas espinas firmes y punzantes. Tiene hojas sésiles, alternas y moteadas, lanceoladas o elípticas y transversalmente lobuladas. Sus lóbulos están partidos por la mitad. Sus flores son de tipo solitarias, ubicadas sobre dos o tres brácteas, tienen tres sépalos con espinas en el ápice y seis pétalos amarillos. Su fruto es una cápsula dehiscente con espinas y, en su interior, contiene semillas redondas y negras, además de un látex amarillo (Villaseñor y Espinosa, 1998).

Actividad biológica

Diversos estudios confirman la actividad antibacteriana de *A. mexicana*, como el realizado por Sahu, Debata y Padhy (2012), en el que se analizaron 16 cepas silvestres de *P. aeruginosa* de hospitales —entre ellas una NCTC—, las cuales, en contacto con extractos acetónico, metanólico y etanólico (10 µg/mL), tuvieron halos con diámetro similar (entre 14 mm y 18 mm) a los del control gentamicina a 40 µg/mL. Asimismo, la actividad antibacteriana se localizó en diversas partes de la planta, de acuerdo con el trabajo de Chandrasekhar y Vinay (2017), quienes evaluaron la actividad inhibitoria de las nanopartículas de plata de los botones florales de *A. mexicana* sobre *P. aeruginosa*, *E. coli* y *S. aureus* y observaron halos de inhibición de entre 20 mm y 24 mm.

De manera similar, la capacidad antimicrobiana del cardo se encontró en sus hojas. En la investigación de More, Kharat y Kharat (2017) se probaron extractos metanólicos de hojas de *A. mexicana* contra *B. cereus*, *S. aureus*, *P. aeruginosa* y *E. coli* y se observó una inhibición de entre 20 mm y 22 mm en concentraciones de entre 800 µg/mL y 1 000 µg/mL; tal capacidad se atribuyó a la berberina, alcaloide isoquinólico con actividad antimicrobiana.

Además, es posible encontrar otros alcaloides de bencilisoquinolina en ella, como las benzofenantridinas, protoberberinas (berberina), protopinas, protomexicina, mexitindehidrocoridalmina, jatrorrizina, columbamina, dl-tetrahydrocoptisina y dihydrocoptisina (Gobato, Fedrigo y Gobato, 2015; Rubio-Pina y Vazquez-Flota, 2013; Singh, Pandey y Singh, 2012).

Andleeb *et al.* (2020), por su parte, analizaron que el extracto de etanol crudo era el más potente contra las bacterias, seguido del cloroformo y el extracto de planta crudo metanólico, lo que elucidó que existe una diferencia en el potencial antimicrobiano de acuerdo con el uso del solvente. Se observó que *B. subtilis* era menos resistente a los extractos crudos, en comparación con la doxiciclina (100 uL), que *S. aureus*, *Vibrio cholera*, *Enterobacter aerogenes*, *K. pneumoniae* y *E. coli*.

PALO DE BRASIL (*HAEMATOXYLUM BRASILETTO*)

Descripción de la especie

Haematoxylum deriva del griego *hemato*, que significa sangre, y *xylum*, que significa madera, ya que esta especie contiene resina; *brasiletto* es un adjetivo geográfico que alude a su localización en Brasil. También se conoce como azulillo, Brasil, Campeche, corteza de Brasil, palo Brasil, palo de tinta y palo tinto.

Imagen 9. Palo de Brasil



Fuente: fotografía de Ma. Victoria Domínguez García.

Distribución geográfica

Haematoxylum brasiletto es originario de las regiones tropicales, subtropicales húmedas y subhúmedas de América (Maldonado, 2000; Niembro-Rocas, Vázquez-Torres y Sánchez-Sánchez, 2015). En México se distribuye en los bosques subtropicales, por lo que está presente en 20 estados del país: Campeche, Chiapas, Colima, Durango, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca,

Puebla, Quintana Roo, Sonora, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán (Pennington y Sarukhán, 2005).

Morfología

H. brasiletto es un árbol de 12 m de alto, su tronco es intensamente estriado, por lo general, sus ramas son espiraladas, armadas y espinadas, de 2 cm de largo. Presenta hojas paripinnadas, de entre 5 cm y 8 cm de largo, compuestas por tres pares de folíolos abovados a suborbiculares, con frecuencia muy cuneados. Sus inflorescencias se encuentran dispuestas en racimos axilares, de entre 1.5 cm y 3 cm de largo, con pocas flores; sus pedicelos miden entre 10 mm y 20 mm de largo y son glabros; su cáliz es levemente campanulado y los lobos tienen 5 mm de largo. Las flores están constituidas por cinco pétalos de forma oblonga, de entre 7 mm y 8 mm de largo con coloración amarilla. El fruto tiene forma lanceolada a oblonga, es plano, membranoso, mide entre 3 cm y 8 cm de largo y entre 8 mm y 15 mm de ancho y tiene dos o tres semillas de forma oblonga.

Actividad biológica

El conocimiento etnobotánico lo sitúa como una planta de utilidad en el tratamiento de afecciones y también se usa como leña y forraje para ganado bovino. De igual forma, del palo de Brasil se extrae un tinte amarillo-naranja que la etnia huichol wixárika de Jalisco emplea para teñir prendas de algodón (Maldonado, 2000; Niembro-Rocas, Vázquez-Torres y Sánchez-Sánchez, 2015).

Hasta el momento no existe información de los últimos cinco años relacionada con el estudio de sus propiedades antibacterianas, solo referente a su capacidad antiproliferativa en líneas celulares, por lo que aquí se colocan algunos antecedentes previos al 2015. Al respecto, Rivero-Cruz (2008) estudió la actividad antimicrobiana *in vitro* del extracto metanólico y los compuestos aislados (hematoxilina, brasilina, ácido cafeico, galato de metilo, ácido gálico, floroglucinol, ácido 4-hidroxicinámico y 5-metoxipsoraleno) de *H. brasiletto* y obtuvo resultados inhibitorios en concentraciones de entre 60 µg/mL y 28 µg/mL sobre bacterias como *S. aureus* MSRA, *S. aureus*, *E.*

faecium, *B. subtilis*, *S. mutans*, *Porphyromonas gingivalis*, *E. coli* y *P. aeruginosa*, en comparación con la clorhexidina. Del mismo modo, Rosas-Piñón *et al.* (2012) demostraron que el extracto etanólico (12-5-65 µg/mL) y el acuoso (10.5–78.0 µg/mL) tuvieron inhibición sobre *S. mutans* y *P. gingivalis* con una CMB de 125 µg/mL en comparación con la clorhexidina.

GUAZUMA (*GUAZUMA ULMIFOLIA* LAM.)

Descripción de la especie

G. ulmifolia comúnmente se conoce como guácima, palote negro, yaco de venado, cuaulote (palabra que proviene del náhuatl *cuauolotl*), entre otros.

Imagen 10. Árbol de guácima



Fuente: fotografía de J. M. Garg, disponible en <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7194237>

Distribución geográfica

La planta es originaria de América tropical, región que va desde México hasta Sudamérica (noroeste de Argentina, Ecuador, Perú, Paraguay, Bolivia, Brasil), y el Caribe. En México se encuentra en Campeche, Colima, Chiapas, Chihuahua, Estado de México, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán (Conabio, 2018).

Morfología

Es un árbol de hasta 30 m de altura con un diámetro de hasta 80 cm; común en áreas secas y húmedas y propio de zonas bajas cálidas. Su copa es abierta, redondeada y extendida. Presenta hojas alternas, simples, con forma ovada a lanceolada, con el margen aserrado, de un característico color verde oscuro. El tallo es más o menos recto, con frecuencia ramificado desde la base y con pliegues característicos. Sus flores son pequeñas y actinomorfas, están colocadas en panículas con un largo de entre 2 cm y 5 cm, sus sépalos son verdosos y sus pétalos, color crema. Sus frutos dehiscentes presentan forma capsular de entre 3 cm y 4 cm de largo, distribuidos en infrutescencias ovoides de 10 cm. El fruto tiene entre 40 y 80 semillas de menos de 1 mm, son duras, redondeadas y pardas (Conabio, 2018).

Actividad biológica

En una recopilación descrita por Kumar y Gurunani (2019) se menciona que la *G. ulmifolia* contiene octacosanol, taraxeroloaco, ácido 3-friedelina, α -sitosterol, acetato de 3-friedelinol, ácido tartárico o taninos como catequinas; colataninos y cafeína en las hojas; kaempferol en el duramen; friedelina, betulina y α -sitosterol en la corteza, y también es una rica fuente de taninos. El aceite esencial contiene eugenol, β -cariofileno, espatulenol, sabinona, globulol, γ -terpineno y α -copaeno. Además, los extractos etanólicos tienen efecto inhibitorio sobre *S. aureus*, *B. cereus*, *B. subtilis*, *M. luteus*, *Neisseria gonorrhoea*, *E. coli*, *P. aeruginosa*, *S. dysenteriae*, *Salmonella typhosa*, *S. pneumoniae* y *S. pyogenes* (10-50 mg/L) (Barros *et al.*, 1970; Kumar y Gurunani, 2019; Sharma, Yashwant y Prasad, 2014).

Boligon *et al.* (2013) analizaron los componentes presentes en el aceite esencial, donde encontraron: timol (20.97%), carvacrol (13.76%), eugenol (10.13%), espatulenol (7.09%), β -cariofileno (6.74%), sabineno (5.18%), globulol (5.56%), γ -terpino (3.27%) y α -copaneno (3.17%), por lo que tiene actividad contra *P. aeruginosa* (MIC = 62.50 μ g/mL) y *S. aureus* (MIC = 125 μ g/mL) y actividad moderada contra *E. coli* (MIC = 500 μ g/mL) y *Staphylococcus epidermidis* (MIC = 750 μ g/mL).

BROMELIA (*BROMELIA* SP. BROM.)

Descripción de la especie

Su nombre proviene del botánico Olof Bromelius, quien estudió este género. Pertenecer a la familia de las *Bromeliaceae* y tiene variedades diferentes.

Imagen 11. Flor de bromelia



Fuente: fotografía de Ma. Victoria Domínguez García.

Distribución geográfica

La familia *Bromeliaceae* consta de aproximadamente 3 172 especies con 58 géneros repartidos en tres subfamilias: *Pitcairnioideae*, *Bromelioideae* y *Tillandsioideae*, las cuales se localizan en México, Belice, Guatemala, Panamá, las Antillas, el norte de Sudamérica y una especie al oeste de África. El género *Bromelia* habita en clima cálido, en altitudes de hasta 200 m s. n. m. y se asocia a las dunas costeras y al bosque tropical caducifolio (Meza-Espinoza *et al.*, 2017). Las bromelias están ampliamente distribuidas en México y se encuentran en encinares, selvas caducifolias, bosques

mesófilos y matorrales xerófilos. Nuestro país cuenta con un 70% de endemismos y se constituye como centro de diversificación de la subfamilia *Bromelioideae*, que tiene 18 géneros y 342 especies. Sus usos incluyen preparados para bebidas, alimento humano, forraje para ganado, cercos, ceremonias religiosas, obtención de fibras, fines medicinales y de ornato.

Morfología

Las bromelias son plantas arbustivas con hojas de margen foliar aserrado en forma de roseta, erguidas, con coloración de verde brillante a rojo y miden entre 1 m y 3 m de largo y entre 2 cm y 4 cm de ancho. Son de hábito tanto epífita como terrestre, presentan un ovario ínfero, un fruto y semillas desnudas. Sus flores tienen pétalos carnosos que crecen en grupo en un eje corto y los pétalos miden 3 cm aproximadamente. Los frutos son amarillos o rosados, carnosos y con semillas aplanadas. Las diferencias entre especies del género *Bromelia* son el color, la forma y el tamaño de los frutos (Espejo-Serna *et al.*, 2004).

Actividad biológica

Aguilera-Aguirre *et al.* (2018) extrajeron proteasas a partir de un extracto crudo enzimático de *Bromelia karatas* con solución amortiguadora de fosfato-cisteína y de uno de *Bromelia pinguin* con sulfato de sodio, mediante los hidrolizados y fracciones peptídicas (≤ 1 kDa-30 kDa). Estas últimas tuvieron efecto antimicrobiano sobre *E. coli*, *S. aureus*, *Listeria innocua*, *Salmonella typhimurium* y *Salmonella choleraesuis*. *L. innocua*, ante las fracciones peptídicas de leche y soya, tuvo la inhibición más alta (18.43%). Esta se midió con la fracción peptídica de ≤ 1 kDa obtenida del hidrolizado de soya y, posteriormente, la misma fracción separada del hidrolizado de ovalbúmina inhibió a *S. aureus* (11.46%).

Las proteasas son péptidos antimicrobianos que ayudan a percibir un patógeno para activar vías de señalización y ejecución de respuesta inmune. Ruiz-Ruiz *et al.* (2017) analizaron proteasas aisladas de *B. pinguin*, las cuales tuvieron actividad contra *E. coli* (MIC = 0.3492 mg/mL) y *S. aureus* (MIC = 0.6845 mg/mL).

ÁRNICA (*HETEROTHECA INULOIDES* CASS.)

Descripción de la especie

Proviene de una planta similar europea llamada *Arnica montana*. *Heterotheca inuloides* es la especie más conocida en México, donde comúnmente se le llama árnica, árnica morada, árnica de peluche y hornilla.

Imagen 12. Flor de árnica



Fuente: fotografía de Ma. Victoria Domínguez García.

Distribución geográfica

El género *Heterotheca* Cass. (*Asteraceae: Astereae*) incluye 24 especies de plantas herbáceas tanto anuales como perennes, distribuidas en México, Estados Unidos y Canadá. La especie *H. inuloides* es nativa de México y se encuentra en 15 estados de la República: Ciudad de México, Colima, Durango, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tlaxcala, Veracruz (Conabio, 2018).

Morfología

Es una planta herbácea perenne de aproximadamente 1 m de altura, posee hojas alternas, por lo general, ensanchadas en la base, de limbo ovado a lanceolado, ápice agudo a obtuso y margen entero a profundo aserrado, con pubescencia e inflorescencias constituidas por varios discos en el centro, los cuales, a su vez, se encuentran rodeados por flores ligulares (Villaseñor y Espinosa, 1998).

Actividad biológica

García-Pérez *et al.* (2016) analizaron el perfil de ácidos grasos de cuatro extractos con la técnica de CO₂ supercrítico, mediante el uso de etanol como cosolvente de la árnica mexicana (*H. inuloides*). Los componentes principales fueron los ácidos palmítico, linoleico, α -linolénico y esteárico, ácidos grasos que potencian la penetración en la piel y, por lo tanto, mejoran la absorción de compuestos antiinflamatorios bioactivos. Los cuatro extractos tuvieron potencial antimicrobiano contra *S. aureus* ATCC 25923 (0.7 cm, 0.8 cm, 0.95 cm y 0.95 cm de halos de inhibición respectivamente); en el caso de *E. coli* ATCC 25922, solo T1, T2 y T3 (0.85 cm para los dos primeros y 0.65 cm para el tercero), y ninguno de los cuatro tuvo halos considerables contra *P. aeruginosa* ATCC 27853 (0.2 cm). Hernández-Gómora *et al.* (2017) evaluaron la actividad de nanopartículas de plata (AgNP) de las hojas del extracto acuoso de *H. inuloides* (2.5 mL) para analizar su actividad antimicrobiana sobre las ligaduras elastoméricas de ortodoncia, que inhibe (1-2 mm de halos de inhibición) el crecimiento de tres microorganismos comúnmente encontrados en las cavidades orales: *S. mutans*, *Lactobacillus casei*, *S. aureus* y *E. coli*, y demostraron que el compuesto presenta actividad antibacteriana con un amplio espectro, lo cual sugiere su potencial para combatir la placa dental y, por lo tanto, disminuir la incidencia de la desmineralización del esmalte dental, así como también asegura su rendimiento en pacientes con tratamiento de ortodoncia.

Egas *et al.* (2018) aislaron por medio de cromatografía en columna (fase móvil hexano: acetato de etilo) más de 16 compuestos presentes en el extracto acetónico de la árnica mexicana (MIC = 31.25 μ g/mL), tales como: cadaleno, 4-metoxiscadaleno, ácido (4R,10S)-2,3,4,7,8,10-hexahidrocadalen-15-oico, 7-hidroxi-3,4-dihidrocadaleno

(MIC = 1.95 µg/mL), 7-hidroxi-cadalenol (MIC = 3.91 µg/mL), 3β-friedelinol (MIC > 31.95 µg/mL), mezcla de α-amirina, β-amirina (MIC > 31.95 µg/mL), 1-hidroxi-1(4H)-isocadalen-4-ona, α-espínasterol (MIC > 31.95 µg/mL), 3,7-dihidroxi-3(4H)-isocadalen-4-ona (MIC > 31.95 µg/mL), 7,3'-di-O-metileriodictiol (MIC = 3.91 µg/mL), 7-hidroxi-14-cadalenol, 5-hidroxi-3,6,7,4'-tetrametoxiflavona, ácido 1-hidroxi-1,2,3,4-tetrahidrocadalen-15-oico (MIC > 31.95 µg/mL), quercetina (MIC = 15.63 µg/mL), 3,7,3'-tri-O-metilquercetina (MIC > 31.95 µg/mL), 3,7,3',4'-tetra-O-metilquercetina (MIC > 31.95 µg/mL), α-espínasteril β-D-glucopiranosido (MIC > 31.95 µg/mL), ácido (15-nor-1,9-seco-)6,9-dihidroxi-calamen-1-ona, ácido (1,9-seco)-1-dehidro-9-hidroxi-calamen-15-oico. Estos compuestos se evaluaron contra *Helicobacter pylori* en contraste con metronizadol (MIC = 250 µg/mL).

Yalgi y Bhat (2019) realizaron una tintura de *A. montana* para analizar sus efectos inhibitorios contra *S. mutans* (MIC = 62.5 mg/mL) y *E. faecalis* (MIC = 4 mg/mL). De manera similar, Guadarrama-Reyes *et al.* (2019) demostraron que la árnica mexicana resulta un agente reductor apropiado para recubrir hilos de sutura naturales con nanopartículas de plata, ya que tuvo un efecto inhibitorio contra *S. aureus* (3.46 mm) y *E. coli* (2.8 mm). En tanto, Sharma *et al.* (2017) estudiaron el extracto metanólico y acuoso de *H. inuloides* Cass. con una MIC de entre 31.2 µg/mL y 500 µg/mL.

CONCLUSIONES

En este capítulo se realizó una breve revisión de plantas nativas de México, así como de sus principales usos, distribución geográfica, descripción y estudios que comprueban su potencial antimicrobiano. En su mayoría, los compuestos activos de las plantas aquí analizadas actúan mejor sobre bacterias gramnegativas (enterobacterias) que sobre grampositivas (*S. aureus*), probablemente debido a que, por su composición fenólica, tienen su mecanismo de acción sobre la membrana lipídica. En tanto, el chicozapote, la dalia y el palo de Brasil tienen acción sobre bacterias con multirresistencia como *S. aureus* MRSA y las enterobacterias ESBL, mientras que los sinergismos del epazote y la vainilla se han comprobado con determinados antibióticos que están en el mercado.

Cabe resaltar que los datos recopilados en la revisión bibliográfica se pueden escalar de extractos o aceites esenciales a probióticos, a través de la adición de

inductores bacterianos al medio de crecimiento para acelerar la producción con técnicas moleculares o de encapsulamientos que permitan la obtención de posibles productos comerciales de microbiología: a) composición del extracto y aclaración estructural de compuestos aislantes, b) como protección de fitopatógenos, c) adyuvante antimicrobiano potencial, d) estimulación de la tasa de crecimiento bacteriano de los extractos crudos y sus fracciones en bacterias de interés industrial.

REFERENCIAS

- Aguilera-Aguirre, S. *et al.* (2018). Evaluación de la capacidad de inhibición de hemólisis oxidativa y actividad antimicrobiana de fracciones peptídicas obtenidas de la hidrólisis de proteínas de huevo, leche y soya usando proteasas extraídas de *Bromelia pinguin* y *Bromelia karatas*. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 21, 13-21. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2019.1.142>
- Ahmad, H. *et al.* (2020). Vanilla. En Muhammad Hanif *et al.* (eds.), *Medicinal Plants of South Asia*. Elsevier, 657-669.
- Ajaib, M. *et al.* (2016). Analysis of Antimicrobial and Antioxidant Activities of *Chenopodium ambrosioides*: An Ethnomedicinal Plant. *Journal of Chemistry*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/4827157>
- Ali, Z. A., Jasim, T. M. y Alani, W. M. (2019). Antibacterial Activity of Chloroform Extract from *Tagetes Erecta* L. Flowers. *Al-Mustansiriyah Journal of Pharmaceutical Sciences*, 19 (4), 7-15.
- Amadioha, A. C. y Chidi, K. P. (2019). Phytochemical Composition of Aqueous and Ethanolic Leaf Extracts of *Piper guineense*, *Cassia alata*, *Tagetes erecta* and *Ocimum gratissimum*. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 26 (3). <https://doi.org/10.9734/jpri/2019/v26i330136>
- Andleeb, S. *et al.* (2020). *In-vitro* antibacterial and antifungal properties of the organic solvent extract of *Argemone mexicana* L. *Journal of King Saud University-Science*, 32 (3), 2053-2058. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2020.01.044>
- Barbehenn, R. V. y Peter Constabel, C. (2011). Tannins in plant-herbivore interactions. *Phytochemistry*, 72 (13), 1551-1565. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2011.01.040>
- Barros, G. S. G. *et al.* (1970). Pharmacological screening of some Brazilian plants. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 22 (2), 116-122. <https://doi.org/10.1111/j.2042-7158.1970.tb08403.x>
- Bezerra, C. F. *et al.* (2017). Vanillin selectively modulates the action of antibiotics against resistant bacteria. *Microbial Pathogenesis*, 113, 265-268. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.10.052>
- Bezerra, J. *et al.* (2019). Chemical composition, antimicrobial, modulator and antioxidant activity of essential oil of *Dysphania ambrosioides* (L.) Mosyakin y Clemants. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, 65, 58-64. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147957119300797>

- Boligon, A. A. *et al.* (2013). Determination of chemical composition, antioxidant and antimicrobial properties of *Guzuma ulmifolia* essential oil. *American Journal of Essential Oils and Natural Products*, 1 (1), 23-27. <https://www.essencejournal.com/vol1/issue1/pdf/7.1.pdf>
- Broekaert, W. F. *et al.* (1995). Plant defensins: Novel antimicrobial peptides as components of the host defense system. *Plant Physiology*, 108 (4), 1353-1358. <https://doi.org/10.1104/pp.108.4.1353>
- Burlec, A. F. *et al.* (2019). Antioxidant and antimicrobial properties of chrysanthemum and tagetes selective extracts. *Farmacía*, 67 (3), 405-410. <https://doi.org/10.31925/farmacía.2019.3.4>
- Camacho-Corona, M. D. R. *et al.* (2015). Screening for antibacterial and antiprotozoal activities of crude extracts derived from Mexican medicinal plants. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 12 (3), 104-112. <https://doi.org/10.4314/ajtcam.v12i3.13>
- Castillo-Juárez, I. *et al.* (2007). Anti-*Helicobacter pylori* activity of anacardic acids from *Amphipterygium adstringens*. *Journal of Ethnopharmacology*, 114 (1), 72-77. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.07.022>
- Chandrasekhar, N. y Vinay, S. P. (2017). Yellow colored blooms of *Argemone mexicana* and *Turnera ulmifolia* mediated synthesis of silver nanoparticles and study of their antibacterial and antioxidant activity. *Applied Nanoscience*, 7, 851-861. <https://doi.org/10.1007/s13204-017-0624-5>
- Conabio (2018). Portal de geoinformación 2020. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Cordero, J. y Boshier, D. H. (eds.) (2003). *Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas*. Biblioteca Orton IICA/CATIE.
- Duarte, A. *et al.* (2012). Synergistic activity of coriander oil and conventional antibiotics against *Acinetobacter baumannii*. *Phytomedicine*, 19 (3-4), 236-238. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2011.11.010>
- Egas, V. *et al.* (2018). Anti-*Helicobacter pylori* metabolites from *Heterotheca inuloides* (Mexican arnica). *Fitoterapia*, 127, 314-321. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2018.03.001>
- Ekalina, S., Sugita, P. y Suparto, I. H. (2017). Antimicrobial activity of quercetin rich methanol fraction of *Manilkara zapota* bark. *International Journal of Agriculture and Biosciences*, 6 (2), 114-119. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20173265920>

- Espejo-Serna, A. *et al.* (2004). Checklist of Mexican Bromeliaceae with notes on species distribution and levels of endemism. *Selbyana*, 25 (1), 33-86.
- García-Mateos, R. *et al.* (2012). Total phenolic compounds, flavonoids and antioxidant activity in the flowers of *Crataegus spp.* from México. *Agrociencia*, 46 (7).
- García-Pérez, J. *et al.* (2016). Identification of bioactivity, volatile and fatty acid profile in supercritical fluid extracts of Mexican arnica. *International Journal of Molecular Sciences*, 17 (9). <https://doi.org/10.3390/ijms17091528>
- Gibbons, S. *et al.* (2003). Bacterial resistance modifying agents from *Lycopus europaeus*. *Phytochemistry*, 62 (1), 83-87. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(02\)00446-6](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(02)00446-6)
- Gobato, R., Fedrigo, D. F. G. y Gobato, A. (2015). Molecular geometry of alkaloids present in seeds of Mexican prickly poppy. *arXiv*. <http://arxiv.org/abs/1507.05042>
- Guadarrama-Reyes, S. *et al.* (2019). Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using *Heterotheca inuloides* and its Antimicrobial Activity in Catgut Suture Threads. En Sorin Marius Avramescu *et al.* (eds.), *Engineered Nanomaterials-Health and Safety*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.89344>
- Guerra, F. Q. S. *et al.* (2012). Increasing antibiotic activity against a multidrug-resistant *Acinetobacter spp* by essential oils of *Citrus limon* and *Cinnamomum zeylanicum*. *Natural Product Research*, 26 (23), 2235-2238. <https://doi.org/10.1080/14786419.2011.647019>
- Harini, S. T. *et al.* (2012). Synthesis, antioxidant and antimicrobial activity of novel vanillin derived piperidin-4-one oxime esters: Preponderant role of the phenyl ester substituents on the piperidin-4-one oxime core. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*, 22 (24), 7588-7592. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2012.10.019>
- Hernández-Gómora, A. E. *et al.* (2017). Biosynthesis of silver nanoparticles on orthodontic elastomeric modules: Evaluation of mechanical and antibacterial properties. *Molecules*, 22 (9). <https://doi.org/10.3390/molecules22091407>
- Hostettmann, K. y Marston, A. (1995). *Saponins*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511565113>
- Hurrell, J. A. (2018). *Dysphania ambrosioides* (L.) Mosyakin y Clemants. En Ulysses Paulino Albuquerque, Umesh Patil y Ákos Máthé (eds.), *Medicinal and Aromatic Plants of the World*. Vol. 5, 197-209. https://doi.org/10.1007/978-94-024-1552-0_17
- Jha, R. y Gupta, R. K. (2016). Development of energy drink containing *Aegle marmelos*, *Rubia cordifolia*, *Phyllanthus emblica* and *Beta vulgaris* and its phytochemical, nutritive and antimicrobial analysis. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 5 (1), 186-193.

- Kumar, A. *et al.* (2016). Antimicrobial activity of ethno-medicinal plants against cariogenic pathogens. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 4 (3), 283-290. <http://www.plantsjournal.com/archives/2016/vol4issue3/PartD/4-4-37-333.pdf>
- Kumar, N. S. y Gurunani, S. G. (2019). *Guazuma ulmifolia* LAM: A review for future view Neha S Kumar and Shailju G Gurunani. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 7 (2), 205–210. <http://www.plantsjournal.com/archives/2019/vol7issue2/PartC/7-2-29-548.pdf>
- Mahboubi, M. y Ghazian Bidgoli, F. (2010). Antistaphylococcal activity of *Zataria multiflora* essential oil and its synergy with vancomycin. *Phytomedicine*, 17 (7), 548-550. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2009.11.004>
- Maldonado, M. C. (2000). *Revisión de la familia Cochlospermaceae para México*. Tesis de maestría. Universidad de Guadalajara, México.
- Martins, N. *et al.* (2017). Coloring attributes of betalains: A key emphasis on stability and future applications. *Food and Function*, 8 (4), 1357-1372. <https://doi.org/10.1039/c7fo00144d>
- Meza-Espinoza, L. *et al.* (2017). Ethnobotanical and nutritional aspects, and biological activity of fruit extracts of the genus *Bromelia*. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 40 (4), 425-437. <https://doi.org/10.35196/rfm.2017.4.425-437>
- Mohanapriya, C. *et al.* (2019). *In Vitro* Evaluation of Secondary Metabolites: Characterization and Antimicrobial Activity of *Manilkara zapota* L. Seed Extract. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 89, 729-738. <https://doi.org/10.1007/s40011-018-0989-6>
- Mokni, R. *et al.* (2019). The Essential Oil of Tunisian *Dysphania ambrosioides* and its Antimicrobial and Antiviral Properties. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 22 (1). <https://doi.org/10.1080/0972060X.2019.1588171>
- Monroy, J. A., Pitty, A. y Muñoz, R. (1993). El sistema de labranza cambia la flora de malezas en maíz y frijol en relevo. *Ceiba*, 34 (1), 67-80. <http://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/3714>
- More, N. V., Kharat, K. R. y Kharat, A. S. (2017). Berberine from *Argemone mexicana* L exhibits a broadspectrum antibacterial activity. *Acta Biochimica Polonica*, 64 (4), 653-660. https://doi.org/10.18388/abp.2017_1621
- Murnisyazwani, J. y Rabeta, M. S. (2019). Antioxidant and antimicrobial activity of sapodilla (*Manilkara zapota* L.) fresh, juice and bar. *Food Research*, 3 (5), 400-406.
- Newman, D. J., Cragg, G. M. y Snader, K. M. (2000). The influence of natural products upon drug discovery. *Natural Product Reports*, 17 (3), 215-234. <https://doi.org/10.1039/a902202c>

- Niembro-Rocas, A., Vázquez-Torres, M. y Sánchez-Sánchez, O. (2015). *Árboles de Veracruz. 100 especies para la reforestación estratégica*. Xalapa: Gobierno del Estado de Veracruz.
- Núñez-Colín, C. A. *et al.* (2012). Modelos de las zonas adecuadas de adaptación del tejocote (*Crataegus mexicana* DC.) por efecto del cambio climático. *Agronomía Mesoamericana*, 23 (2), 241-246. <https://doi.org/10.15517/am.v23i2.6483>
- Pennington, T. D. y Sarukhán, J. (2005). *Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies*. México: UNAM/FCE.
- Pires, T. C. S. P. *et al.* (2018). Edible flowers as sources of phenolic compounds with bioactive potential. *Food Research International*, 105, 580-588. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.014>
- Rivero-Cruz, J. F. (2008). Antimicrobial compounds isolated from *Haematoxylon brasiletto*. *Journal of Ethnopharmacology*, 119 (1), 99-103. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.06.005>
- Rosas-Piñón, Y. *et al.* (2012). Ethnobotanical survey and antibacterial activity of plants used in the Altiplane region of Mexico for the treatment of oral cavity infections. *Journal of Ethnopharmacology*, 141 (3), 860-865. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2012.03.020>
- Rubio-Pina, J. y Vazquez-Flota, F. (2013). Pharmaceutical Applications of the Benzylisoquinoline Alkaloids from *Argemone mexicana* L. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, 13 (17), 2200-2207. <https://doi.org/10.2174/15680266113139990152>
- Ruiz-Ruiz, J. *et al.* (2017). Antibacterial activity of proteins extracted from the pulp of wild edible fruit of *Bromelia pinguin* L. *International Journal of Food Properties*, 20 (1), 220-230. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1154572>
- Rzedowski, G. (1991). Papaveraceae. *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*. Fascículo 1. Pátzcuaro: Instituto de Ecología/Centro Regional del Bajío.
- Rzedowski, J. y Rzedowski, G. C. (1997). Familia Compositae. Tribu Anthemideae. *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*. Fascículo 60. Pátzcuaro: Instituto de Ecología/Centro Regional del Bajío.
- Rzedowski, G. C. y Rzedowski, J. (2005). *Flora fanerogámica del Valle de México*. Michoacán: Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Saani, M., Lawrence, R. y Lawrence, K. (2018). Evaluation of natural pigments as antioxidant and antibacterial agents from *Tagetes erecta* flowers extracts. *Oriental Journal of Chemistry*, 34 (5). <https://doi.org/10.13005/ojc/340551>
- Safar, A., Ghafoor, A. y Dastan, D. (2020). Screening of Chemical Characterization, Antifungal and Cytotoxic Activities of Essential Oil Constituents of *Tagetes erecta* L. from

- Erbil, Kurdistan Region-Iraq. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29 (3), 2317-2326. <https://doi.org/10.15244/pjoes/110612>
- Sahu, M. C., Debata, N. K. y Padhy, R. N. (2012). Antibacterial activity of *Argemone mexicana* L. against multidrug resistant *Pseudomonas aeruginosa*, isolated from clinical samples. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2 (2), 800-807. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(12\)60316-5](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(12)60316-5)
- Sathoff, A. E. y Samac, D. A. (2019). Antibacterial activity of plant defensins. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 32 (5), 507-514. <https://doi.org/10.1094/MPMI-08-18-0229-CR>
- Sharma, M., Yashwant y Prasad, S. B. (2014). Hepatoprotective activity of *guazoma tomentosa* leaf extracts against CCl₄ induced liver damage in rats. *International Journal of Current Pharmaceutical Review and Research*, 4 (4), 128-138.
- Sharma, S. *et al.* (2016). Antimycobacterial mechanism of vanillin involves disruption of cell-surface integrity, virulence attributes, and iron homeostasis. *International Journal of Mycobacteriology*, 5 (4), 460-468. <https://doi.org/10.1016/j.ijmyco.2016.06.010>
- Sharma, A. *et al.* (2017). Antibacterial activities of medicinal plants used in Mexican traditional medicine. *Journal of Ethnopharmacology*, 208, 264-329. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.04.045>
- Sharma, S. *et al.* (2019). Pre- and Probiotics: Using Functional Foods in the Fight Against Microbial Resistance to Antibiotics. En Iqbal Ahmad, Shamim Ahmad y Kendra P. Rumbaugh (eds.), *Antibacterial Drug Discovery to Combat MDR. Natural Compounds, Nanotechnology and Novel Synthetic Sources*. Springer, 397-425. https://doi.org/10.1007/978-981-13-9871-1_18
- Shinta, D. *et al.* (2019). Bioactivity of Pure Antibacterial Compounds From Endophytic Fungus of *Sporothrix sp* Against Bacteria *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *ICOMHER 2018*. <https://doi.org/10.4108/eai.13-11-2018.2283533>
- Singh, S., Pandey, V. B. y Singh, T. D. (2012). Alkaloids and flavonoids of *Argemone mexicana*. *Natural Product Research*, 26 (1). <https://doi.org/10.1080/14786419.2010.529809>
- Soto, M. (2009). *Recopilación y análisis de la información existente sobre las especies mexicanas del género Vanilla*. Reporte intermedio, junio 2009.
- Villaseñor, J. L. y Espinosa, E.J. (1998). *Catálogo de malezas de México*. México: UNAM/FCE/ Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario.
- Yalgi, V. S. y Bhat, K. G. (2019). Antibacterial Activity of Homoeopathic Tinctures on Bacterial Strains of *Streptococcus Mutans* and *Enterococcus Faecalis*: An *In vitro*

Study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 13 (11). <https://doi.org/10.7860/jcdr/2019/42190.13288>

Zefzoufi, M. *et al.* (2020). Composition of essential oil of Moroccan *Dysphania ambrosioides* and its antimicrobial activity against bacterial and fungal phytopathogens. *Journal of Plant Pathology*, 47-58. <https://doi.org/10.1007/s42161-019-00371-x>

CAPÍTULO II

PROPIEDADES NUTRICIONALES, ANTIHIPERGLUCEMIANTES Y ANTIOXIDANTES DEL NOPAL

*Helien Castro Garduño**

*Miriam Verónica Flores Merino**

*Martín Bedolla Barajas***

*Ma. Victoria Domínguez García**

INTRODUCCIÓN

El nopal pertenece a la familia de las cactáceas, plantas autóctonas del continente americano que pueden encontrarse desde Canadá hasta Argentina. Debido a sus características adaptativas, el nopal está distribuido en regiones áridas y semiáridas. México tiene la diversidad genética del nopal más amplia, gracias a sus diferentes condiciones de latitud, topografía y clima (Bravo-Hollis, 1978; Inglese *et al.*, 2018).

En el encuentro de los dos mundos, los españoles llevaron el nopal a España y posteriormente al norte de África; después fue introducido en numerosas regiones áridas del mundo como Australia y la cuenca del Mediterráneo (Bravo-Hollis, 1978).

En nuestro país se pueden encontrar nopales silvestres en los estados de San Luis Potosí, Zacatecas y Aguascalientes, mientras que el cultivo de nopal verdura se puede encontrar en los estados de San Luis Potosí, Oaxaca, Jalisco, Puebla, Michoacán, Aguascalientes, Baja California, Estado de México, Zacatecas, Ciudad de México y Morelos (FND, 2020; Inglese *et al.*, 2018).

* Universidad Autónoma del Estado de México.

** Nuevo Hospital Civil de Guadalajara “Dr. Juan I. Menchaca”.

TAXONOMÍA

Debido a la diversidad de especies y ecotipos de las plantas catáceas, es difícil su taxonomía. Son producto de hibridación natural por su proceso de reproducción sexual o asexual, que ha permitido que exista una gran cantidad de variantes, y por su plasticidad fenotípica, resultado de su constitución genética y su interacción con el ambiente. Por lo tanto, existen diversas clasificaciones taxonómicas que varían de acuerdo a los criterios que considere cada autor (Flores Hernández *et al.*, 2016).

Los cactus son un grupo de plantas conformado por aproximadamente 1 600 especies que se agrupan en tres familias: *Opuntioideae*, *Cereoideae* y *Pereskioideae*. La familia *Opuntioideae* incluye los géneros *Pterocactus*, *Opuntia* y *Nopalea*; estos dos últimos comprenden 12 especies (Ventura-Aguilar *et al.*, 2017).

En la tabla 1 se muestra el sistema de clasificación de Buxbaum, determinado por la especie, agrupado en taxones y dividido en subgéneros, géneros, subfamilias y tribus (Bravo-Hollis, 1978).

Tabla 1. Clasificación taxonómica del nopal

<i>Reino</i>	<i>Vegetal</i>
<i>Subreino</i>	Embryophyta
<i>División</i>	Angioserma
<i>Clase</i>	Dicotiledoneae
<i>Subclase</i>	Dialipetalas
<i>Orden</i>	Opuntiales
<i>Familia</i>	Cactaceae
<i>Tribu</i>	Opuntiae
<i>Subfamilia</i>	Opuntioideae
<i>Género</i>	Opuntia
<i>Subgénero</i>	Platyopuntia
<i>Especie</i>	Varios nombres

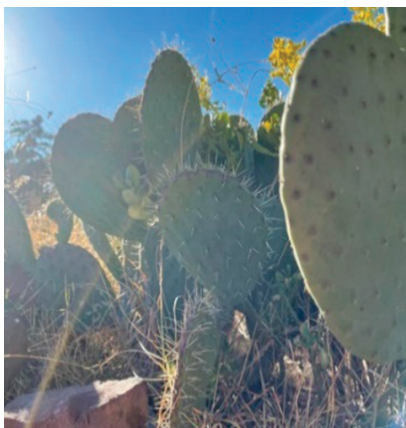
Fuente: Bravo-Hollis (1978).

De todas las especies de nopal en México, las más utilizadas para el consumo humano como verdura son: *O. ficus indica*, *O. durangensis* y *O. robusta*; mientras que para la producción de tuna se usan: *Opuntia ficus indica*, *O. amyclaea*, *O. xocnostle*, *O. megacantha* y *O. streptacantha* (Torres *et al.*, 2015).

MORFOLOGÍA Y ANATOMÍA

El nopal puede ser rastrero, frutescente cuando es ramificado (imagen 1) o arborescente si tiene forma cilíndrica (imagen 2). Presenta hojas en forma de espinas u hojas verdaderas. Las espinas pueden ser de dos tipos: gloquídeos, también llamadas ahuates, que son una gran cantidad de espinas o pelos pequeños agrupados (muy irritantes al contacto con la piel), o espinas grandes (imagen 3) (Feugang *et al.*, 2006).

Imagen 1. Nopal rastrero o frutescente



Fuente: fotografía de Helien Castro Garduño.

Imagen 2. Nopal arborescente



Fuente: fotografía de Helien Castro Garduño.

Imagen 3. Cladodio con espinas

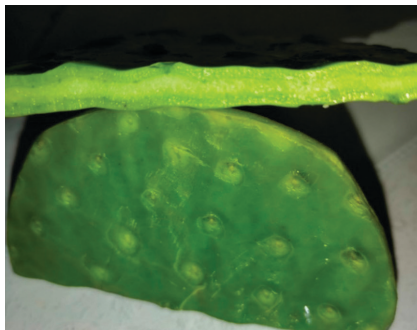


Fuente: fotografía de Helien Castro Garduño.

Tiene un tronco leñoso y ramas con cladodios, llamados nopales o nopalitos cuando son frescos y pencas cuando ya están viejos. La epidermis o cutícula del nopal está compuesta por dos capas: el clorénquima, formado por células verdes, y el parénquima, que se encuentra al interior de la primera capa y está formado por células blancas cilíndricas; dentro de estas capas hay células mucilaginosas que, como su nombre lo indica, almacenan mucílago (Granados-Sánchez y Castañeda-Pérez, 2003).

Los frutos del nopal son las tunas; estas son carnosas, generalmente, de forma oval o periforme, miden entre 5 cm y 10 cm de longitud y entre 4 cm y 8 cm de diámetro y tienen espinas pequeñas en la epidermis. Su pulpa es jugosa y puede tener distintos colores según la especie: blancas, amarillas, rojas o púrpuras; además, contienen muchas semillas que hacen un poco difícil su paso por la boca (Torres *et al.*, 2015).

Imagen 4. Corte transversal de un nopal



Fuente: fotografía de Helien Castro Garduño.

Imagen 5. Tunas



Fuente: fotografía de Helien Castro Garduño.

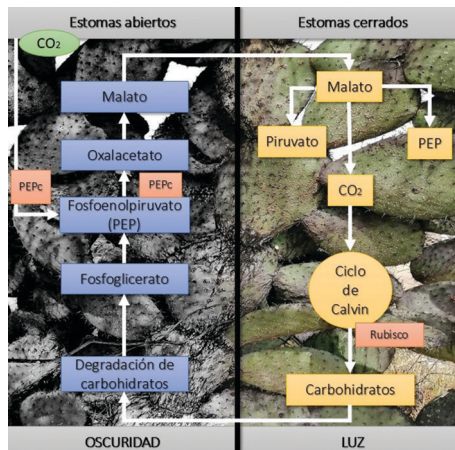
METABOLISMO

A diferencia de otras plantas que realizan su metabolismo durante el día debido a una adaptación al estrés ambiental, las especies del género *Opuntia* lo realizan durante las noches. Para ello, abren sus estomas, que en el día permanecen cerrados, con el objetivo de fijar CO_2 y, en consecuencia, existe una disminución de transpiración y un uso eficiente del agua; así, la planta adquiere ventajas para sobrevivir en ambientes con altas temperaturas y disponibilidad restringida de agua, tales como terrenos áridos

y semiáridos (Torres *et al.*, 2015; Ventura-Aguilar *et al.*, 2017). Este metabolismo, denominado CAM (metabolismo ácido de las crasuláceas, por su sigla en inglés), se realiza en las siguientes fases, de acuerdo con Andrade *et al.* (2007), Geydan y Melgarejo (2005) e Inglese *et al.* (2018):

1. Durante la noche, los estomas se abren para permitir la entrada de CO_2 atmosférico, este se difunde al espacio intracelular y hacia el citosol donde, por la actividad de la enzima fosfoenolpiruvato carboxilasa (PEPC), se une con fosfoenolpiruvato (PEP); la PEPC también cataliza la formación de oxalacetato, el cual es transformado en malato por la enzima NAD^+ malato deshidrogenasa y se transporta activamente del citosol a las vacuolas, donde es convertido y almacenado en forma de ácido málico.
2. Durante el día, la PEPC se defosforila para inhibir su inactividad e inicia la actividad de la ribulosa-1.5-bifosfato carboxilasa/oxigenasa (Rubisco).
3. A lo largo del día, la planta cierra sus estomas. El pH de la vacuola incrementa, el malato se libera de las vacuolas hacia el citosol (donde es descarboxilado), libera el CO_2 y forma compuestos de carbono como PEP y piruvato. El CO_2 , entonces, se fija en el ciclo de Calvin, que es realizado en el cloroplasto por la actividad enzimática de la ribulosa-1,5-bifosfato carboxilasa/oxigenasa (Rubisco), lo que lleva a la síntesis de almidón y otros carbohidratos.
4. Al final de la tarde, la PEPC se reactiva.

Figura 1. Metabolismo del ácido crasuláceo



Fuente: elaborada por Helien Castro Garduño.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

La composición química de los cladodios del nopal varía de acuerdo a diversos factores como la especie, el sitio de cultivo y el estado de maduración. El cladodio fresco se compone de agua (88%-95%), proteínas (0.5%-1%), grasas (0.11%-2%), carbohidratos (3%-7%), celulosa (1%-2%) y cenizas (1%-2%) (Stintzing y Carle, 2005; Torres *et al.*, 2015).

Puesto que el nopal fresco recién cortado tiene una vida corta, se ha desarrollado una alternativa para preservar óptimamente sus componentes: se deshidrata y se distribuye en forma de polvo color verde claro (Hernández-Urbiola, Pérez-Torrero y Rodríguez-García, 2011). Se han realizado análisis sobre la composición química de estas preparaciones, con base en su etapa de maduración, de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 2. Composición química (g) por cada 100 g de nopal (*Opuntia spp.*)

	<i>Tiempo en días</i>			
	<i>22</i>	<i>60</i>	<i>100</i>	<i>135</i>
Carbohidratos	Sin datos	53.01	56.73	60.77
Cenizas	18.41	20.64	22.80	24.30
Fibra	15.87	16.14	20.11	23.33
Proteínas	14.22	8.39	8.29	7.07
Lípidos	3.00	2.38	1.42	1.87

Fuente: elaboración propia con base en Hernández-Urbiola, Pérez-Torrero y Rodríguez-García (2011) y Rodríguez-García *et al.* (2007).

Contenido mineral

El principal mineral que se encuentra en el nopal es el potasio; su contenido aumenta durante las primeras etapas del crecimiento y, posteriormente, tiende a disminuir. Además, la concentración de calcio incrementa en función de la maduración; el magnesio y el sodio muestran una disminución conforme crece el nopal, y, por último, el fósforo no muestra un patrón según la edad de la planta (Hernández-Urbiola, Pérez-Torrero y Rodríguez-García, 2011; Rodríguez-García *et al.*, 2007).

Tabla 3. Contenido mineral del nopal (mg/g) (*Opuntia* spp.)

	<i>Tiempo en días</i>			
	<i>22</i>	<i>60</i>	<i>100</i>	<i>135</i>
Potasio	55.2	61.7	69.9	63.3
Calcio	13.5	24.0-31	29.2	34.4
Sodio	2.1	1.2	2.0	3.0
Magnesio	Sin datos	11.2	11.0	9.5
Fósforo	3.8	3.1-4.4	3.7	3.9

Fuente: elaboración propia con base en Hernández-Urbiola, Pérez-Torrero y Rodríguez-García (2011) y Rodríguez-García *et al.* (2007).

Contenido de fibra

La *Opuntia* spp. contiene dos tipos de fibra: la insoluble y la soluble. La primera forma parte de la pared estructural e incluye polisacáridos —como la celulosa— y hemicelulosa, además de polímeros de lignina que aportan rigidez a la planta. Los tallos del nopal contienen 18.5% de hemicelulosa, un heteropolisacárido compuesto principalmente por pentosas (xilosa, arabinosa), hexosas (manosa, glucosa, galactosa) y ácidos de azúcar (Ventura-Aguilar *et al.*, 2017). El contenido de fibra insoluble en los cladodios aumenta en relación con la edad de la planta (tabla 4).

Por otra parte, la fibra soluble está constituida por pectina y mucílago. La pectina (peso molecular: 58.6 kDa) tiene la capacidad de producir geles, en conjunto con el agua y en presencia de iones de calcio (Bayar, Kriaa y Kammoun, 2016), que evitan la deshidratación de la planta. El mucílago (peso molecular: 52.8 kDa) es una mezcla compleja de polisacáridos, arabinosa, ramnosa, galactosa, xilosa y ácidos urónicos, que forma redes capaces de retener grandes cantidades de agua (Matsushiro *et al.*, 2006). El contenido de mucílago difiere en cada cultivo, es mayor donde hay más disponibilidad de agua como en las plantaciones utilizadas para producción intensiva; su viscosidad aumenta con la edad de los cladodios, lo que puede deberse a que los niveles de calcio incrementan de igual manera y favorece así la gelificación de la pectina (Rodríguez-García *et al.*, 2007). El contenido de fibra soluble en los cladodios disminuye conforme incrementa la edad de la planta, al contrario de lo que sucede con la fibra insoluble (tabla 4).

Tabla 4. Contenido de fibra (g) por cada 100 g de nopal (*Opuntia* spp.)

	Tiempo en días			
	22	40	52	64
Fibra soluble	25.22	18.21	15.87	14.91
Fibra insoluble	29.87	33.12	37.15	41.65

Fuente: elaboración propia con base en Rodríguez-García *et al.* (2007).

Contenido de aminoácidos

Al analizar el contenido de proteína del nopal (*Opuntia* spp.) se ha observado que este alcanza los 11 g/100 g en peso fresco y 0.5 g/100 g en peso seco. En cuanto a aminoácidos, contiene 17 de los cuales nueve se consideran esenciales y, al igual que otros componentes, sus concentraciones varían en relación con la edad. Los aminoácidos que están más presentes en todos los estados de madurez del nopal son la fenilalanina, treonina y glutamina (El-Mostafa *et al.*, 2014; Stintzing y Carle, 2005). Hernández-Urbiola *et al.* (2010) observaron que la treonina y la isoleucina disminuyen conforme aumenta la edad del cladodio, mientras que la valina, metionina, triptófano, histidina, leucina y lisina incrementan (tabla 5).

Tabla 5. Contenido de aminoácidos (g) por cada 100 g de proteína de nopal (*Opuntia* spp.)

	Tiempo en días			
	40	60	80	100
Aspartato	0.51	0.66	0.62	0.66
Glutamina	1.29	1.81	1.93	1.87
Serina	0.32	0.42	0.46	0.56
Glicina	0.27	0.31	0.36	0.43
Histidina	0.13	0.11	0.16	0.16
Arginina	0.15	0.14	0.16	0.18
Treonina	1.53	1.31	1.39	1.25
Alanina	0.49	0.42	0.53	0.45
Prolina	0.42	0.64	0.46	0.31
Tirosina	0.39	0.19	0.21	0.16

continúa...

Valina	0.50	0.73	0.54	0.58
Metionina	0.19	0.15	0.19	0.12
Isoleucina	0.70	0.61	0.64	0.64
Leucina	0.85	0.75	0.61	0.81
Fenilalanina	1.69	1.39	1.36	1.21
Lisina	0.52	0.48	0.56	0.52
Triptófano	0.15	0.17	0.14	0.15

Fuente: elaboración propia con base en Hernández-Urbiola *et al.* (2010).

Contenido de fenoles y flavonoides

Los fenoles o polifenoles son un grupo de compuestos orgánicos encontrados en las plantas, producto de su metabolismo; en su estructura se encuentran varios grupos fenólicos asociados a otros grupos químicos (El-Mostafa *et al.*, 2014). El contenido de fenoles y flavonoides en el nopal varía según los diferentes métodos de cocción que se usen, por ejemplo: hervidos, en microondas, a la plancha o fritos con aceite de soya y de oliva (De Santiago *et al.*, 2018). Al analizar el contenido de fenoles y flavonoides en nopales domésticos y silvestres, se han identificado ácido gálico, ácido salicílico, 3,4-DHBA (ácido 3,4-dihidroxybenzoico), 4-HBA (ácido 4-hidroxybenzoico), ácido cumárico y ácido fenólico (Guevara-Figueroa *et al.*, 2010).

En el género *Opuntia*, se han identificado 45 compuestos polifenólicos, de los cuales los flavonoides son los más abundantes, al ser entre el 60% y el 68% del contenido total fenólico, mientras que los ácidos fenólicos representan entre el 32% y el 40%. Dentro de los ácidos fenólicos, se identificaron seis estereoisómeros de ácido ferúlico, tres de ácido eucómico (entre el 50% y el 60% del total, los más abundantes) y tres del ácido piscídico, que solamente fueron encontrados en organismos que tienen metabolismo del ácido crustaláceo (CAM) como el nopal (De Santiago *et al.*, 2018). En otro estudio en el que se analizaron cladodios cultivados y silvestres, cinco flavonoides fueron los principales: isoquercetina, isorhamnetina-3-0-glucósido, nicotiflorina, rutina y narcisina, de los cuales el más predominante fue la nicotiflorina (Guevara-Figueroa *et al.*, 2010).

Hallazgos similares se han presentado en otros estudios, como el realizado por De Santiago *et al.* (2018), quienes, al analizar el contenido de flavonoides del nopal, encontraron 13 derivados de la isorhamnetina (más del 50% del contenido total),

cinco de la quercetina y 14 del kaempferol (menos del 10% del contenido total). De estos derivados, el rutinósido de isoharmentina II fue el más abundante, el resto aparecieron en menor cantidad (De Santiago *et al.*, 2018).

Contenido de vitaminas, carotenoides y clorofila

El contenido de vitaminas de los cladodios está constituido aproximadamente por entre 7 mg y 22 mg de vitamina C, 0.14 mg de vitamina B1 (tiamina), 0.6 mg de vitamina B2 (riboflavina) y 0.46 mg de vitamina B3 (niacina) por cada 100 g de nopal en peso fresco (El-Mostafa *et al.*, 2014; Stintzing y Carle, 2005).

La pulpa de la tuna es rica en vitaminas; cada 100 g contienen 53.2 mg de vitamina K, entre 34 mg y 40 mg de vitamina C, 527.4 mg de vitamina E (α -tocoferol 84.9 mg, β -tocoferol 12.6 mg, γ -tocoferol 7.9 mg y σ -tocoferol 422 mg). Su contenido de carotenoides es aproximadamente de 229 μ g/g en peso seco, de los cuales el 20% corresponde a acriptoxantina, el 36% a β -caroteno y el 44% a luteína (El-Mostafa *et al.*, 2014).

El contenido de clorofila total en 100 g de nopal es de entre 8.52 mg y 12.5 mg y se conforma por entre 5.81 mg y 9.5 mg de clorofila A y entre 2.71 mg y 3 mg de clorofila B (Maki-Díaz *et al.*, 2015; Stintzing y Carle, 2005).

**Tabla 6. Contenido de vitaminas (mg)
por cada 100 g del cladodio y de la fruta (pulpa)**

	<i>Cladodio</i>	<i>Tuna</i>
Vitamina K	-	53.2
Vitamina C	7-22	34-40
Vitamina B1	0.14	-
Vitamina B2	0.60	-
Vitamina B3	0.46	-
Vitamina E total	-	527.4
α -tocoferol	-	84.9
β -tocoferol	-	12.6
γ -tocoferol	-	7.9
σ - tocoferol	-	422.0

Fuente: elaboración propia con base en El-Mostafa *et al.* (2014).

PROPIEDADES DEL NOPAL

Alimento funcional

Para que un alimento pueda ser considerado funcional, además de tomar en cuenta su valor nutritivo, sus componentes deben afectar positivamente una o varias funciones del organismo. En general, debe contribuir a mantener la salud y disminuir el riesgo de padecer enfermedades (Pérez Conesa, López Martínez y Ros Berruezo, 2004).

El nopal es considerado un alimento funcional por su gran contenido de nutrimentos, como minerales, aminoácidos, ácidos orgánicos, fenoles, fibra dietética, mucilago y pectina. Estos componentes le confieren propiedades biológicamente importantes, entre las que destacan su actividad antiinflamatoria, antioxidante e hipoglucemiante, que contribuyen a la prevención de obesidad, diabetes, cáncer, hipercolesterolemia, hipertrigliceridemia, aterosclerosis y otras enfermedades cardiovasculares (El-Mostafa *et al.*, 2014; Stintzing y Carle, 2005; Ventura-Aguilar *et al.*, 2017).

Mejora la salud intestinal y control de la obesidad

Se ha reportado que el consumo de nopal tiene efectos positivos en el funcionamiento intestinal por su alto contenido de fibra insoluble, el cual, por una parte, tiene la capacidad de capturar agua e incrementar el volumen del contenido intestinal, lo que se traduce en una estimulación mecánica sobre el tránsito intestinal que favorece la evacuación, y, por otra parte, previene la inflamación producida por una dieta alta en grasas, reduce el desarrollo de células adiposas, aumenta la fermentación colónica e induce cambios en la microbiota, lo que sugiere que puede mejorar la función gastrointestinal, reducir las consecuencias metabólicas de una dieta grasa y prevenir enfermedades crónicas. Además, al ser de digestión lenta, ocasiona un efecto sobre la saciedad que, aunado a su bajo aporte calórico, ayuda al control del peso (Moran-Ramos *et al.*, 2017).

Antihiperlipemiente

La fibra soluble del nopal tiene la capacidad de formar geles —lo que contribuye a lentificar el proceso digestivo— y de absorber carbohidratos —como la glucosa— y lípidos. Se ha demostrado que el consumo de nopal aporta beneficios a la salud como la reducción del colesterol y los triglicéridos y la mejora del control glucémico, efectos correlacionados con la viscosidad de las fibras solubles y con la capacidad de retención de agua, por lo que contribuye a la prevención de enfermedades cardiovasculares (Sepúlveda *et al.*, 2007).

Antihiperglucemiente

La glucosa posprandial se controla mediante la liberación de insulina que produce el páncreas al estimularse directamente por el consumo de alimentos, mediante la secreción de incretinas, como el GLP-1 (péptido similar al glucagón-1) y el GIP (péptido insulínotropo dependiente de glucosa), que son liberadas por las células enteroendócrinas y son responsables de la secreción de, al menos, el 50% de la insulina total (López-Romero *et al.*, 2014).

El nopal es un alimento de bajo índice glucémico, es decir que tarda en digerirse y, por lo tanto, el nivel de glucosa en la sangre incrementa lentamente. Se ha demostrado que su inclusión en la dieta tiene efecto antihiperglucémico al regular las concentraciones de glucosa en sangre, por su unión a la fibra soluble, y efecto antihiperinsulinémico al modular los niveles de GIP tanto en personas sanas como con diabetes tipo II; por lo que se recomienda incluir en la dieta de pacientes con diabetes 250 g de nopal cocido (entre dos y tres nopales medianos) y, en la de personas sanas, entre un nopal y medio y dos nopales (López-Romero *et al.*, 2014).

Actividad antioxidante

Debido a su alto contenido de fenoles y flavonoides, los cladodios de nopal tienen un alto potencial antioxidante, incluso más eficiente que el de las vitaminas, lo cual se debe principalmente a la eliminación de radicales hacia los aniones superóxido e

hidroxilo, que, entre otras cosas, ayuda a retrasar los efectos oxidativos sobre proteínas, ADN y lípidos, así como a prevenir la inflamación, la desregulación cardiovascular y las enfermedades neurodegenerativas. Asimismo, se les atribuyen propiedades anticancerígenas (El-Mostafa *et al.*, 2014; Feugang *et al.*, 2006; Stintzing y Carle, 2005).

Se ha observado que, al suplementar bacterias productoras de ácido láctico con pulpa de cladodios de *Opuntia* spp., la planta es capaz de sintetizar biomoléculas funcionales tales como flavonoides (kaempferol e isoharmnetina). Estos metabolitos pueden actuar en la disminución de la producción de radicales libres, suprimir la actividad de la ciclooxigenasa 2 (COX-2) e inhibir la síntesis de prostaglandina E 2 (PGE-2), además tienen función inmunomoduladora al inhibir la actividad de citocinas proinflamatorias como el factor de necrosis tumoral-alfa (TNF) y la interleucina 8 (IL-8) (Filannino *et al.*, 2016).

Fuente de minerales, vitaminas y aminoácidos

La inclusión de este vegetal en la dieta es una alternativa económica como fuente de calcio para personas que padecen intolerancia a la lactosa y podría implementarse en la prevención y tratamiento de enfermedades como la osteoporosis, al tomar en cuenta que el contenido de calcio aumenta en función de la edad del nopal (Rodríguez-García *et al.*, 2007).

El consumo del cladodio y del fruto del nopal ayuda a obtener vitaminas que actúan como antioxidantes para evitar el daño causado por el incremento de lípidos en el organismo, tales como los tocoferoles α , β , γ y σ , la vitamina K, vitamina C y β -carotenos (Feugang *et al.*, 2006). En este sentido, se propone el uso de los polvos de nopal, ya que, por su contenido de aminoácidos esenciales, pueden ser un buen complemento para otras verduras, carnes y productos lácteos incluidos en las dietas diarias (Hernández-Urbiola, Pérez-Torrero y Rodríguez-García, 2011).

DISCUSIÓN

Entre otras aplicaciones del nopal se encuentra su uso como forraje de ganado, debido a su facilidad de crecimiento y adaptación a casi cualquier clima; en México las especies utilizadas para este fin son las *O. robusta*, *O. cantabrigiensis*, *O. rastrera*, *O. lindheimeri* y *O. phaeacantha*. Otros países que han utilizado el nopal como forraje son Brasil, Sudáfrica, Algeria, Túnez y Marruecos (Torres *et al.*, 2015).

También puede ser fuente de recursos para la industria cosmética en la fabricación de champú, cremas hidratantes, geles, aceites de semillas y colorantes naturales. Estos últimos pueden obtenerse por las cáscaras de las tunas rojas o, indirectamente, por la reproducción de la cochinilla (*Dactylopius coccus*), un insecto que habita en el nopal y se alimenta de él y del cual se obtiene el colorante carmín. Mientras tanto, en la industria alimentaria se ha empleado como agente espesante y se ha difundido su uso en jugos, cápsulas, harinas, entre otros (Sáenz *et al.*, 2006a; Sáenz *et al.*, 2006b).

Como se mencionó, México está entre los países con mayor producción y consumo de *Opuntia* spp., lo que representa una oportunidad de crecimiento económico y, a menor escala, una opción de alimento saludable y económica que puede introducirse en la dieta de toda la población. A continuación se presentan algunos ejemplos de recetas con nopales cocidos, populares en El Oro, Estado de México:

Sopa de frijoles con nopales

Ingredientes: 5 nopales limpios, 2 jitomates, ½ pieza de cebolla, 3 dientes de ajo pelados, 2 chiles guajillos (o algún otro de su preferencia) desvenados y pasados por agua hirviendo, 4 cucharadas de aceite vegetal, 2 ½ tazas de frijoles de olla, 2 tazas de agua de cocción de los frijoles de olla, 3 hojas de epazote, orégano, sal y pimienta al gusto.

Procedimiento: Cortar los nopales, las cebolla y los ajos en trozos pequeños y freírlos en un sartén, con una pizca de orégano, hasta que esté cocido el nopal. Hervir los chiles y jitomates en agua suficiente para después desvenar los chiles. Una vez que esté fría esta mezcla, se licúa junto con la cebolla y el ajo fritos, así como con el agua de cocción de los frijoles. Posteriormente, en una olla o cacerola poner un poco de aceite a fuego medio y colocar los frijoles junto con la mezcla de jitomates, chiles,

cebolla y ajo licuada; usar sal y pimienta al gusto. Cuando esté a punto de hervir, colocar el epazote y los nopales hasta que hierva.

Huaraches de nopal

Ingredientes: 2 hojas o pencas de nopal limpias, 1 pizca de orégano, 1 taza de frijoles refritos o molidos, ½ taza de queso fresco o Oaxaca, aceite de oliva (el necesario para freír), salsa roja o verde, lechuga, jitomate, crema, aguacate (para servir), sal y pimienta al gusto.

Procedimiento: Freír los nopales sin partir con una pizca de orégano y colocarlos en un comal o sartén a fuego lento. Calentar los frijoles refritos y ponerlos sobre el nopal junto con el queso hasta que se funda un poco. Para servir, colocar jitomate picado, lechuga previamente desinfectada, crema, aguacate, sal, pimienta y salsa al gusto.

Opcional: Para que los frijoles queden más ricos se pueden freír con manteca y agregarles tocino, chorizo o longaniza.

Nopales rellenos

Ingredientes: 8 piezas de nopales, 4 rebanadas de queso panela, 1 ramo de flores de calabaza (opcional), 2 rebanadas de cebolla finamente picada, 1 ½ cucharadas de aceite de oliva, orégano, sal y pimienta al gusto.

Procedimiento: Asar los nopales y las rebanadas de queso por ambos lados con orégano, sal y pimienta al gusto, hasta que estén dorados. Freír la cebolla en el aceite y agregarles las flores de calabaza, sin tallo y sin pabito, hasta que estén blandas. Servir dos nopales con queso, flor de calabaza y cebolla en el centro y sujetarlos con palillos.

Opcional: Se pueden capear los nopalitos, colocarles tocino alrededor o hacerse en salsa roja, verde o entomatado.

Jugo verde

Ingredientes: 1 nopal grande sin espinas, 1 ramita de apio, el jugo de 1 limón y $\frac{3}{4}$ de taza de piña.

Procedimiento: limpiar y desinfectar todos los ingredientes. Partir en trozos el nopal, la piña y el apio y licuarlos junto con el jugo de limón. Se recomienda tomar inmediatamente.

REFERENCIAS

- Andrade, J. *et al.* (2007). El metabolismo ácido de las crasuláceas: diversidad, fisiología ambiental y productividad. *Boletín de La Sociedad Botánica de México*, 81, 37-50. <http://www.redalyc.org/pdf/577/57708102.pdf>
- Bayar, N., Kriaa, M. y Kammoun, R. (2016). Extraction and characterization of three polysaccharides extracted from *Opuntia ficus indica* cladodes. *International Journal of Biological Macromolecules*, 92, 441-450. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.07.042>
- Bravo-Hollis, H. (1978). *Las cactáceas de México*. Vol. 1. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- De Santiago, E. *et al.* (2018). Digestibility of (Poly)phenols and Antioxidant Activity in Raw and Cooked Cactus Cladodes (*Opuntia ficus-indica*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66 (23), 5832-5844. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b01167>
- El-Mostafa, K. *et al.* (2014). Nopal cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a source of bioactive compounds for nutrition, health and disease. *Molecules*, 19 (9), 14879-14901. <https://doi.org/10.3390/molecules190914879>
- Feugang, J. M. *et al.* (2006). Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruits. *Frontiers in Bioscience-Landmark*, 11 (3), 2574-2589. <https://doi.org/10.2741/1992>
- Filannino, P. *et al.* (2016). Lactic acid Fermentation of Cactus cladodes (*Opuntia ficus-indica* L.) generates flavonoid derivatives with antioxidant and anti-inflammatory properties. *PLOS ONE*, 11 (5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152575>
- Flores Hernández, A. *et al.* (2016). Caracterización isoenzimática de cultivares de nopal (*Opuntia* spp.). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 3 (7), 75-89.
- FND. Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Financiero y Pesquero (2020). *El nopal, un alimento muy mexicano*. <https://www.gob.mx/fnd/articulos/el-nopal-un-alimento-muy-mexicano?idiom=es>
- Geydan, T. D. y Melgarejo, L. M. (2005). Metabolismo ácido de las crasuláceas. *Acta Biológica Colombiana*, 10 (2), 3-15.
- Granados Sánchez, D. y Castañeda-Pérez, A. D. (2003). *El nopal. Historia, fisiología, genética e importancia fructícola*. México: Trillas, 227.
- Guevara-Figueroa, T. *et al.* (2010). Proximate composition, phenolic acids, and flavonoids characterization of commercial and wild nopal (*Opuntia* spp.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 23 (6), 525-532. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.12.003>

- Hernández-Urbiola, M. I. *et al.* (2010). Study of Nutritional Composition of Nopal (*Opuntia ficus indica* cv. Redonda) at Different Maturity Stages. *The Open Nutrition Journal*, 4, 11-16.
- Hernández-Urbiola, M. I., Pérez-Torrero, E. y Rodríguez-García, M. E. (2011). Chemical analysis of nutritional content of prickly pads (*Opuntia ficus indica*) at varied ages in an organic harvest. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8 (5), 1287-1295. <https://doi.org/10.3390/ijerph8051287>
- Inglese, P. *et al.* (eds.) (2018). *Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura/Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas en Zonas Áridas.
- López-Romero, P. *et al.* (2014). The Effect of Nopal (*Opuntia Ficus Indica*) on Postprandial Blood Glucose, Incretins, and Antioxidant Activity in Mexican Patients with Type 2 Diabetes after Consumption of Two Different Composition Breakfasts. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 114 (11), 1811-1818. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2014.06.352>
- Maki-Díaz, G. *et al.* (2015). Características físicas y químicas de nopal verdura (*Opuntia ficus-indica*) para exportación y consumo nacional. *Agrociencia*, 49 (1), 31-51.
- Matsuhira, B. *et al.* (2006). Chemical characterization of the mucilage from fruits of *Opuntia ficus indica*. *Carbohydrate Polymers*, 63 (2), 263-267. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2005.08.062>
- Moran-Ramos, S. *et al.* (2017). Nopal feeding reduces adiposity, intestinal inflammation and shifts the cecal microbiota and metabolism in high-fat fed rats. *PLOS ONE*, 12 (2), 1-23. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171672>
- Pérez Conesa, D., López Martínez, G. y Ros Berruezo, G. (2004). Principales prebióticos y sus efectos en la alimentación humana. *Anales de Veterinaria de Murcia*, 20 (20), 5-20.
- Rodríguez-García, M. E. *et al.* (2007). Physicochemical characterization of nopal pads (*Opuntia ficus indica*) and dry vacuum nopal powders as a function of the maturation. *Plant Foods for Human Nutrition*, 62 (3), 107-112. <https://doi.org/10.1007/s11130-007-0049-5>
- Sáenz, C. *et al.* (2006a). *Utilización agroindustrial del nopal*. *Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO*, 162. <http://www.fao.org/docrep/009/a0534s/a0534s00.HTM>
- Sáenz, C. *et al.* (2006b). Producción industrial de productos no alimentarios. En Sáenz, C. *et al.* *Utilización Agroindustrial del Nopal*. *Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO*, 162, 99-112. <http://www.fao.org/docrep/009/a0534s/a0534s00.HTM>

- Sepúlveda, E. *et al.* (2007). Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia* spp. *Journal of Arid Environments*, 68 (4), 534-545. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.08.001>
- Stintzing, F. C. y Carle, R. (2005). Cactus stems (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, technology, and uses. *Molecular Nutrition and Food Research*, 49 (2), 175-194. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200400071>
- Torres, R. *et al.* (2015). El nopal: planta del semidesierto con aplicaciones en farmacia, alimentos y nutrición animal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6 (5), 1129-1142. <http://www.redalyc.org/pdf/2631/263139893015.pdf>
- Ventura-Aguilar, R. I. *et al.* (2017). Cactus stem (*Opuntia ficus-indica* Mill): anatomy, physiology and chemical composition with emphasis on its biofunctional properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97 (15), 5065-5073. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8493>

CAPÍTULO III

BONDADES CLÍNICAS DEL ROMERO (*ROSMARINUS OFFICINALIS*)

*Quetzali Salazar Mireles**

*Miriam Verónica Flores Merino**

*Halina Kean Galeno**

*Ma. Victoria Domínguez García**

INTRODUCCIÓN

El romero es una planta muy usada en la cocina mexicana, la cual recibe diferentes nombres de acuerdo al lugar donde se cultiva. Además, también es usada en la medicina tradicional mexicana, puesto que al tacto produce un agradable olor con propiedades relajantes. En este capítulo se describirá su anatomía y sus propiedades culinarias y medicinales, así como los compuestos químicos involucrados en estas actividades.

GENERALIDADES

- Romero: *Rosmarinus officinalis* (The Plant List, 2019a).
- Sinónimo: *Salvia rosmarinus* (The Plant List, 2019b).

De acuerdo con los Descriptores en Ciencias de la Salud (DeCS) (BVS, 2020):

- Descriptor inglés: *Rosmarinus*.
- Descriptor español: *Rosmarinus*.
- Descriptor portugués: *Rosmarinus*.
- Sinónimos en español: romero (planta), *Rosmarinus latifolius*, *Rosmarinus officinalis*.

* Universidad Autónoma del Estado de México.

Definición

Es un género de plantas de la familia *Lamiaceae* (labiadas), de las que es posible extraer compuestos en aceites esenciales, al tener cualidades aromáticas. Es conocido al usarse como especia para la preparación de platillos y como planta medicinal. Su tallo tiene forma cuadrangular y las hojas se presentan de manera opuesta: son tubulares bilabiadas con pétalos unidos y sus cálices forman sépalos de cinco lóbulos (sépalos unidos) (BVS, 2020).

Nombres comunes

De acuerdo al lugar de cultivo y uso adquiere diferentes nombres, entre los cuales se consideran: bendito, romero (blanco, fino, común, coronario, de huerta), romerón y rosmarino (Muñoz, 2002).

Descripción general

El romero se presenta como un arbusto perfumado, perenne, frondoso y ramificado, que puede medir entre 50 cm y 150 cm de altura. Las hojas del romero tienen dimensiones de aproximadamente 3 cm de largo y 4 mm de ancho, además de una orientación opuesta; son coriáceas y verticiladas.

Un detalle particular de esta planta es que la cara superior de las hojas jóvenes presenta un tacto ligeramente peloso y de color verde intenso. Además, exhibe una visible hendidura por el nervio medio, el cual sobresale con claridad en la cara posterior de la hoja, que está cubierta por un denso tomento blanco. En contraste, las hojas adultas son lisas (imagen 1).

Imagen 1. Arbusto de romero y detalle de las hojas



Fuente: fotografías de Quetzali Salazar.

La planta florece durante todo el año y engendra flores labiadas, que se agrupan en retoños densos y se encuentran en las concavidades de las hojas. Sus pétalos pueden adquirir tres tonalidades diferentes, azuladas, rosas o blancas, y muestran algunas manchas violetas en el interior. Respecto a la forma de los labios de las flores, el superior tiene dos lóbulos y el inferior tres, con un cuerpo cóncavo y alargado; poseen dos estambres que surgen de los pétalos y un pequeño diente (imagen 2). Provee un fruto típico de las plantas labiadas, constituido por cuatro aquenios o núculas.

Imagen 2. Detalle de la flor de romero



Fuente: fotografía de Quetzali Salazar.

La planta, en su totalidad, segrega un intenso y aromático olor, especiado y algo alcanforado; además, su sabor es también aromático, amargo y ligeramente picante (López Luengo, 2008). Es de origen mediterráneo, proveniente de zonas secas y áridas. Su cultivo requiere un clima de templado a templado-cálido y se desarrolla en cualquier tipo de suelo, aunque se distingue un mejor florecimiento en suelos calcáreos. Su cultivo se ha extendido a lugares de América Central, sin embargo, los principales países productores son España, Marruecos y Túnez (ANIPAM, 2011; CTFC, 2020).

PRESENTACIONES DEL ROMERO EN LA MEDICINA TRADICIONAL

El romero, como alternativa en la medicina tradicional, suele aplicarse por vía tópica en presentación de aceites dérmicos o pomadas. Asimismo, como remedio herbolario, suele usarse por vía tópica en macerado frío a base de alcohol con fricciones en la zona a tratar. Se utiliza también hervido o en infusión para preparar baños de acción estimulante, gracias a sus propiedades emenagogas (López Luengo, 2008).

La forma más usada en la medicina tradicional es como tónico general y se le atribuyen efectos tonificantes del sistema nervioso al usarse en vaporizaciones, además se piensa que ayuda a la circulación sanguínea (Avila-Sosa *et al.*, 2011). El tónico que resulta de la cocción de la planta se emplea vía externa en compresas aplicadas sobre la superficie a tratar, generalmente para la cicatrización de heridas y como sustancia antiparasitaria. Una aplicación similar se realiza en la formulación de tónicos capilares. Finalmente, en la industria fármaco-cosmética se usa como esencia en la fabricación de jabones, desodorantes, cosméticos, perfumes, etcétera (Mendoza *et al.*, 2019; Neves, Neves y Oliveira, 2018).

PROPIEDADES NUTRICIONALES DEL *ROSMARINUS*

En la cocina tradicional, el *Rosmarinus* se utiliza como condimento en diferentes tipos de platillos y licores. En la industria alimentaria, se usa como conservador al ser un buen antioxidante natural por los compuestos químicos que contiene, entre los que se encuentran el rosmanol, el carnosol y otros diterpenos (López Luengo, 2008). Debido a que el romero tiene aplicaciones culinarias como especia, en la tabla 1 se

presentan sus datos nutricionales, de acuerdo con el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por su sigla en inglés) (2019). Los valores de referencia corresponden a cada 100 g de romero desecado:

Tabla 1. Datos nutricionales del romero por 100 g de romero seco

<i>Nombre del componente</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>
Agua	9.310	g
Energía	331.000	kcal
Energía	1 387.000	kJ
Proteínas	4.880	g
Lípidos totales (grasa)	15.220	g
Carbohidratos por diferencia	64.060	g
Fibra dietética total	42.600	g
Calcio	1 280.000	mg
Hierro	29.250	mg
Magnesio	220.000	mg
Fósforo	70.000	mg
Potasio	955.000	mg
Sodio	50.000	mg
Zinc	3.230	mg
Cobre	0.550	mg
Manganeso	1.867	mg
Selenio	4.600	µg
Vitamina C (ácido ascórbico)	61.200	mg
Tiamina	0.514	mg
Riboflavina (vitamina B-2)	0.428	mg
Niacina	1.000	mg
Vitamina B-6	1.740	mg
Folato total	307.000	µg
Vitamina B-12	0.000	µg
Vitamina A, RAE	156.000	µg
Retinol	0.000	µg
Vitamina A, IU	3 128.000	IU
Ácidos grasos, total saturados	7.371	g
Ácidos grasos, total mono-insaturados	3.014	g
Ácidos grasos, total poli-insaturados	2.339	g

Fuente: USDA (2019).

PRINCIPIOS ACTIVOS

Un principio activo es aquella sustancia o mezcla de sustancias que se encuentra en distintos órganos de las especies vegetales y que, al ser utilizada en medios para consumo humano, puede ejercer efectos farmacológicos o desencadenar respuestas inmunológicas o metabólicas y producir algún cambio, corrección o restitución de las funciones fisiológicas del organismo (Lluís Berdonces, 1995). De acuerdo con su estructura química, se clasifican en dos grupos:

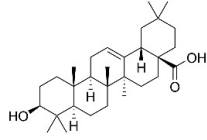
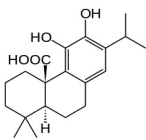
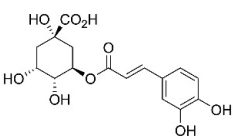
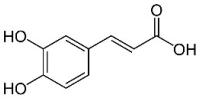
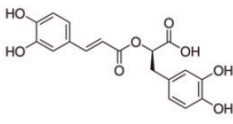
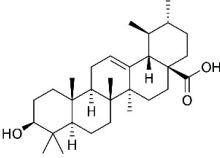
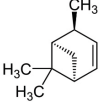

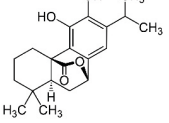
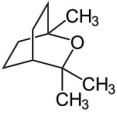
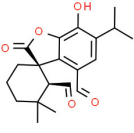
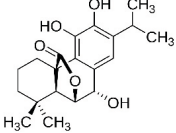
1. Productos resultantes del metabolismo primario de los organismos, como los aminoácidos, lípidos, glúcidos y heterósidos.
2. Productos derivados del metabolismo secundario, entre los que destacan los polifenoles, terpenoides, alcaloides, aceites esenciales, enzimas vitaminas, minerales, resinas, entre otros (Lluís Berdonces, 1995).

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ROMERO

Los principios activos del romero se concentran principalmente en las hojas y, en menor grado, en las flores. Las hojas contienen entre un 0.5% y un 2.5% de aceite esencial (Flores *et al.*, 2020), cuya composición y cantidad varían de acuerdo a las condiciones atmosféricas y al suelo en donde se cultiva la planta, debido al grado de desarrollo que alcance. De esta forma, algunos fitocompuestos que pueden aislarse de aceites esenciales y extractos de *R. officinalis* L. son los siguientes:

- Monoterpenos: 1.8-cineol o aceite de eucalipto, alcanfor, alfa-pineno, alfa-terpineol, canfeno, borneol, acetato de bornilo, limoneno y linalool.
- Sesquiterpenos: beta cariofileno.
- Diterpenos: picrosalvina, carnosol, rosmadial, isorosmanol, rosmaridifenol y rosmariquinona (Nakagawa, Hillebrand y Nunez, 2020).
- Triterpenos: ácido oleanólico y ácido ursólico.
- Polifenoles: ácido rosmarínico, ácido cafeico, ácido clorogénico y ácidos fenólicos derivados del ácido cinámico (Villareal *et al.*, 2017).
- Flavonoides: cirsimarina, hesperidina, diosmina, homoplantiginina, fegopolina, nepitrina y nepetina.

Tabla 2. Fitocomponentes presentes en *Rosmarinus officinalis* L.

 Ácido oleanólico	 Ácido carnósico	 Ácido clorogénico	 Ácido cafeico
 Ácido rosmarínico	 Ácido ursólico	 α -Pinoeno (Terpeno)	 Alcanfor
 Carnosol	 Aceite de eucalipto	 Rosmadiol	 Rosmanol

Fuente: elaboración propia con base en Oliveira, Esteves y Dias (2019).

Otro aspecto relevante que influye en la calidad de los principios activos extraídos del romero es el pH del terreno en donde se desarrolla, ya que afecta de manera cualitativa la composición del aceite esencial. Con un pH básico, el aceite contiene una elevada cantidad de alcanfor, mientras que, con un pH ácido, conserva una mayor cantidad de eucaliptol y terpineol (Muñoz, 2002).

Por otra parte, la cantidad de luz disponible en la etapa de desarrollo influye en el crecimiento de las hojas jóvenes y los cotiledones, lo que repercute en el metabolismo secundario de la planta. Esto se puede apreciar cuando el romero se cultiva en condiciones de poca luz y tiene un perfil de aceite esencial diferente al de las plantas crecidas con luz normal (Böszörményi *et al.*, 2020).

EFFECTOS FARMACOLÓGICOS DE *ROSMARINUS OFFICINALIS* L.

Desde la década de los cincuenta se han registrado diversos estudios que evalúan las propiedades y efectos farmacológicos del romero y de sus principios activos.

Hasta ahora se le han adjudicado actividades antimicrobianas, antiparasitarias y antinociceptivas. Además, es un fuerte candidato como agente antiinflamatorio y cicatrizante (Lorenzo-Leal *et al.*, 2019). A continuación, se describen algunos estudios, alcances y aportaciones que se han obtenido a partir de investigaciones científicas:

Uso como agente antimicrobiano y antiinflamatorio

En un estudio reciente de De Oliveira *et al.* (2017) se evaluó el efecto antimicrobiano que ejerce el romero sobre biopelículas mono y polimicrobianas y se determinó su citotoxicidad, su capacidad antiinflamatoria y su genotoxicidad. Se utilizaron biopelículas monomicrobianas de *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Streptococcus mutans* y *Pseudomonas aeruginosa* y biopelículas polimicrobianas compuestas de *C. albicans*.

Los resultados indicaron una inhibición del crecimiento de *C. albicans*, *S. aureus*, *E. faecalis*, *S. mutans* y *P. aeruginosa*, así como la eliminación de *C. albicans* y *P. aeruginosa*. En cuanto a la actividad antiinflamatoria, las concentraciones de extracto de *R. officinalis* L. permitieron una inhibición significativa de la producción de citocinas (De Oliveira *et al.*, 2017). Es importante subrayar que *R. officinalis* L. tiene grandes posibilidades de ser un agente antibacterial y antiinflamatorio aplicado a algunas formulaciones como pastas dentales, enjuagues bucales, irrigación de conductos radiculares, ungüentos, jabones, entre otros (De Oliveira *et al.*, 2017).

De forma similar, Lorenzo-Leal *et al.* (2019) evaluaron la actividad antimicrobiana contra agentes patógenos en aceites esenciales (EO, *essential oils*), los cuales son productos naturales formados por una mezcla de compuestos volátiles y aromáticos extraídos de diferentes partes de las plantas. El EO de romero cuenta con actividad antimicrobiana que se evaluó en un estudio que tomó los aceites esenciales extraídos de *Pimenta dioica* (*Myrtaceae*) y *R. officinalis* (*Lamiaceae*), mediante el uso de un panel de cepas patógenas grampositivas, gramnegativas y fúngicas y se midió por la concentración inhibitoria mínima requerida para la inhibición del crecimiento de los microorganismos. Además, se evaluó una respuesta inflamatoria con el uso de la citocina antiinflamatoria IL-10 y las citocinas proinflamatorias IL-6 y TNF- α .

Los resultados mostraron que el EO tiene actividad antimicrobiana en concentraciones que oscilan entre los 600 g/ml y los 2 000 g/ml. Además, se registró una potente actividad antiinflamatoria cuando el aceite de *R. officinalis* se expuso a macrófagos. En conclusión, en este estudio se demostró que el uso de EO es una alternativa efectiva para el control de bacterias y hongos patógenos. Asimismo, el aceite extraído de *R. officinalis* podría utilizarse como potente agente antiinflamatorio (Lorenzo-Leal *et al.*, 2019).

Uso como antioxidante

Los compuestos fenólicos que en el romero tienen efectos antioxidantes naturalmente fuertes son el ácido carnósico y el carnosol, los cuales representan el 90% de la actividad antioxidante de *R. officinalis* L. (Mohamed, Abd-Elhakim y Farouk, 2016). Estos podrían desempeñar un papel importante en la prevención del estrés oxidativo y una gran cantidad de patologías asociadas (Amaral *et al.*, 2018).

En otro estudio en ratas, realizado por Amaral *et al.* (2018), se probó si el extracto de *R. officinalis* L. y sus fracciones (eeRo) podrían tener una acción antioxidante mejor o similar a los estándares *in vitro* o *in vivo* en cerebro, estómago e hígado. Fue posible identificar los ácidos carnósico, rosmarínico y clorogénico y la quercetina como los componentes principales de las fracciones del romero y del DCM (diclorometano, extraído del romero), con lo que se observó que el eeRo y el DCM protegieron el hígado y el cerebro de la peroxidación lipídica, además, tuvieron efecto inhibitorio en las bacterias grampositivas y gramnegativas. En general, el DCM y el eeRo tuvieron los mejores efectos antioxidantes y antibacterianos de todas las fracciones probadas.

Uso como ansiolítico y antidepresivo

Se ha mencionado que los principales polifenoles contenidos en *R. officinalis* L. son el ácido rosmarínico, el ácido carnósico y la luteolina, así como otros fitoquímicos solubles en agua, y se ha determinado que ejercen efectos sobre enfermedades psiquiátricas o la función neurológica, debido a sus propiedades neuroprotectoras, cognitivas, antidepresivas y contra la ansiedad. Los resultados de estudios recientes

sugieren que la inhalación de aceite esencial de *R. officinalis* L. (ROEO, *Rosmarinus Officinalis Essential Oil*) tiene potencial terapéutico en los trastornos psiquiátricos relacionados con el estrés (Villareal *et al.*, 2017).

Otro estudio realizado por Köteles *et al.* (2018), para determinar las propiedades terapéuticas de *R. officinalis* L., se llevó a cabo con la implementación de vaporizaciones. En el estudio, los voluntarios sanos inhalaron vaporizaciones de menta, romero o aceite de eucalipto. Sin embargo, la espirometría no mostró mejoría en las variables respiratorias. Las expectativas de los participantes afectaron los cambios percibidos, pero no afectaron los objetivos.

Un aspecto poco estudiado sobre la actividad de *R. officinalis* L. es su efecto ante la actividad neuronal, sin embargo, se publicó un artículo del estudio de Choukairi *et al.* (2019) en el que se evaluaron los efectos de los extractos de hojas de *Salvia officinalis* L. (SO) y *R. officinalis* L. (RO) en la ansiedad y la actividad neuronal. En él se observaron los efectos moduladores en la ansiedad, mediante la aplicación de diferentes pruebas de comportamiento en ratas (campo abierto, prueba de enterramiento de mármol y prueba de luz/oscuridad), y, en la actividad neuronal, mediante la técnica de matriz de electrodos múltiples en cultivo cortical primario. Si bien este estudio fue realizado en una etapa inicial con un sujeto de prueba y el objetivo fue evaluar los sistemas serotoninérgicos y GABAérgicos, en sus resultados se observó una disminución de la actividad neural por un decrecimiento del número de espigas presentadas en la lectura de los electrodos 24, 48 y 72 horas posteriores a la adición de 12.5 µg/ml de extractos de hojas de plantas al cultivo neural. Sin embargo, no hubo picos después de la administración de 25 µg/ml de los extractos de plantas (Choukairi *et al.*, 2019).

En conclusión, tanto la *Salvia* como el *Rosmarinus* ejercen un efecto ansiolítico. Se observó una disminución en la actividad neural después de la administración de los extractos de RO y SO al medio de cultivo neural primario, de manera dependiente a la dosis, mediante la técnica de matriz de electrodos múltiples. Lo anterior gracias a la capacidad de ciertos compuestos contenidos en los extractos de plantas para modular los receptores de estos neurotransmisores.

En el mismo campo de estudio se encuentra una investigación realizada por Villareal *et al.* (2017) que evaluó los efectos antiestrés y de inducción de la diferenciación celular neuronal del aceite esencial de *R. officinalis* L. En ella se evaluó el efecto de la inhalación de este aceite y el mecanismo molecular por el cual alivia el estrés, de forma *in vitro* usando células PC12 e *in vivo* usando ratones del ICR (Institute

of Cancer Research) de Filadelfia, Estados Unidos. Se evaluó el efecto del ROEO en el sistema de respuesta al estrés, incluido el eje HPA (hipotálamo-hipófisis-adrenal) y los neurotransmisores cerebrales, y se obtuvo que el *R. officinalis* L. activa la acción colinérgica, así como los efectos neuroprotectores y antidepresivos, y el ROEO suprimió la actividad del eje HPA aumentada por el estrés inducido. Lo anterior sugiere que la inhalación de ROEO tiene potencial terapéutico para tratar los trastornos psiquiátricos relacionados con el estrés.

DISCUSIÓN

De acuerdo con la revisión realizada, se puede concluir que los estudios recientes sobre *R. officinalis* L. buscan caracterizar, principalmente, la actividad antiparasitaria, antiinflamatoria, antioxidante y contra trastornos de la ansiedad y el estrés que ofrecen el aceite esencial y los compuestos fraccionarios del romero.

La actividad farmacológica del romero se orienta a conocer los efectos de los principios activos de la planta. Asimismo, se han diseñado modelos animales e *in vitro* que evalúan la respuesta ante procesos específicos de actividad antiinflamatoria, antimicrobiana y antioxidante.

En la actualidad, la actividad antioxidante del romero es una de las cualidades más estudiadas. Sus compuestos antioxidantes más conocidos son el ácido carnósico, carnosol, rosmanol y epirosmanol, los cuales inhiben la formación de los radicales libres en procesos de oxidación.

Finalmente, la última tendencia de investigación sobre el aceite esencial de romero se centra en sus aplicaciones terapéuticas en el tratamiento de trastornos provocados por el estrés y la ansiedad, en el que ha logrado resultados positivos como agente relajante de las funciones del sistema nervioso central relacionadas con el comportamiento.

CONCLUSIONES

El romero es una de las plantas de uso común más conocidas, debido a que, desde tiempos remotos, se le atribuyen diversas cualidades con potencial de acción medicinal

y funcional. Actualmente, gracias al desarrollo de la química y la farmacología se sabe que posee un alto contenido de sustancias o principios activos y que tiene la cualidad de promover funciones químicas, bioquímicas o sensoriales muy específicas, que permiten su aplicación en diversos objetivos. De tal manera, puede ser usado con fines terapéuticos, al consumirse como planta medicinal; con fines aromáticos, si se usa como planta de ornamento o esencia, y con fines gastronómicos, si se usa como condimento en la cocina tradicional.

El valor de su uso depende también de las investigaciones científicas que se han realizado con el fin de caracterizar los efectos de los principios activos derivados del romero, los cuales tienen su origen en comprobar los postulados que afirman sus cualidades terapéuticas en la medicina tradicional. Cabe mencionar que, hoy en día, aunque existen diversas investigaciones acerca de sus extractos, no todas las cualidades que se le atribuyen en el conocimiento popular como planta medicinal se encuentran reportadas, a pesar de que sus beneficios son usados cotidianamente por la población. Lo anterior es motivo para ampliar el conocimiento y desarrollar posibles investigaciones que sustenten las aplicaciones del romero y fundamentos que justifiquen su uso para tratar diversas enfermedades o padecimientos que presenta la población.

REFERENCIAS

- Amaral, G. P. *et al.* (2018). Antibacterial and antioxidant effects of *Rosmarinus officinalis* L. extract and its fractions. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 9 (4), 383-392. <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2017.10.006>
- ANIPAM. Asociación Nacional Interprofesional de Plantas Aromáticas y Medicinales (2011). *Documentos PAM*. <https://www.anipam.es/menu/documentos-pam.html>
- Avila-Sosa, R. *et al.* (2011). Romero (*Rosmarinus officinalis* L.): una revisión de sus usos no culinarios. *Ciencia y Mar*, 15 (43), 23-36.
- Böszörményi, A. *et al.* (2020). The Effect of Light on Plastid Differentiation, Chlorophyll Biosynthesis, and Essential Oil Composition in Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) Leaves and Cotyledons. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00196>
- BVS. Biblioteca Virtual en Salud (2020). *DeCS Server-List Exact Term*. http://decs2020.bvsalud.org/cgi-bin/wxis1660.exe/decsserver/?IsisScript=../cgi-bin/decsserver/decsserver.xisytask=exact_termyprevious_page=homepageyinterface_language=eysearch_language=eysearch_exp=Rosmarinus
- Choukairi, Z. *et al.* (2019). Effect of salvia *Officinalis* L. and *Rosmarinus Officinalis* L. leaves extracts on anxiety and neural activity. *Bioinformation*, 15 (3), 172-178. <https://doi.org/10.6026/97320630015172>
- CTFC (2020). Centro de Ciencia y Tecnología Forestal de Cataluña. <http://www.ctfc.cat/es/institucion.php>
- De Oliveira, J. R. *et al.* (2017). Biological activities of *Rosmarinus officinalis* L. (rosemary) extract as analyzed in microorganisms and cells. *Experimental Biology and Medicine*, 242 (6), 625-634. <https://doi.org/10.1177/1535370216688571>
- Flores, E. *et al.* (2020). Romero (*Rosmarinus officinalis* L.): su origen, importancia y generalidades de sus metabolitos secundarios. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 23 (1), 1-17. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=97430>
- Köteles, F. *et al.* (2018). Inhaled peppermint, rosemary and eucalyptus essential oils do not change spirometry in healthy individuals. *Physiology and Behavior*, 194, 319-323. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.06.022>
- Lluís Berdonces, J. (1995). Principios activos y preparaciones farmacéuticas de las plantas medicinales. *Natura Medicatrix: Revista médica para el estudio y difusión de las medicinas alternativas*, 42-48.

- López Luengo, M. T. (2008). El romero. Planta aromática con efectos antioxidantes. *Offarm*, 27 (7), 60-63. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-el-romero-planta-aromatica-con-13124840>
- Lorenzo-Leal, A. C. *et al.* (2019). Antimicrobial, Cytotoxic, and Anti-Inflammatory Activities of *Pimenta dioica* and *Rosmarinus officinalis* Essential Oils. *BioMed Research International*. <https://doi.org/10.1155/2019/1639726>
- Mendoza, B. S. V. *et al.* (2019). Obtención de aceite esencial de romero con fines cosméticos. *Prisma Tecnológico*, 10 (1), 28-32. <https://doi.org/10.33412/PRI.V10.1.2170>
- Mohamed, W. A. M., Abd-Elhakim, Y. M. y Farouk, S. M. (2016). Protective effects of ethanolic extract of rosemary against lead-induced hepato-renal damage in rabbits. *Experimental and Toxicologic Pathology*, 68 (8), 451-461. <https://doi.org/10.1016/j.etp.2016.07.003>
- Muñoz, L. (2002). Plantas medicinales españolas. *Rosmarinus officinalis* L. (*Lamiaceae*) (Romero). *Studia Botanica*, 21, 105-118. http://gredos.usal.es/jspui/bitstream/10366/56360/1/SB2002_V21_P105.pdf
- Nakagawa, S., Hillebrand, G. G. y Nunez, G. (2020). *Rosmarinus officinalis* L. (Rosemary) extracts containing carnosic acid and carnosol are potent quorum sensing inhibitors of *Staphylococcus aureus* virulence. *Antibiotics*, 9 (4). <https://doi.org/10.3390/antibiotics9040149>
- Neves, J. A., Neves, J. A. y Oliveira, R. de C. M. (2018). Pharmacological and biotechnological advances with *Rosmarinus officinalis* L. *Expert Opinion on Therapeutic Patents*, 28 (5), 399-413. <https://doi.org/10.1080/13543776.2018.1459570>
- Oliveira, J. R., Esteves, S. y Dias de Oliveira, L. (2019). *Rosmarinus officinalis* L. (rosemary) as therapeutic and prophylactic agent. *Journal of Biomedical Science*, 8, 1-22.
- The Plant List (2019a). *Rosmarinus officinalis* L. *The Plant List*. <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/kew-179873>
- The Plant List (2019b). *Salvia rosmarinus* Schleid. *The Plant List*. <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/kew-183733>
- USDA. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (2019). Spices, rosemary, dried. *FoodData Central*. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/171333/nutrients>
- Villareal, M. O. *et al.* (2017). Anti-stress and neuronal cell differentiation induction effects of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 17. <https://doi.org/10.1186/s12906-017-2060-1>

CAPÍTULO IV

PLANTAS TRADICIONALES MEXICANAS UTILIZADAS COMO TRATAMIENTO PARA DIFERENTES TIPOS DE CÁNCER

*Ana Vianey Pineda Juárez**

*Ma. Victoria Domínguez García**

*Jaime Flores Estrada**

*Miriam Verónica Flores Merino**

INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) reportó que el cáncer se encuentra en el segundo lugar de las principales causas de mortalidad en el mundo, ya que en el 2015 se registraron 8.8 millones de defunciones. Los cinco tipos de cáncer que provocaron un mayor número de fallecimientos fueron: en primer lugar, el pulmonar con 1.69 millones; en segundo, el cáncer hepático con 788 000; en tercero, el cáncer colorrectal con 774 000; en cuarto, el cáncer gástrico con 754 000, y, en quinto, el cáncer de mama con 571 000 (WHO, 2018a). De forma similar, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2018) reportó que los cánceres que provocan más fallecimientos son los tumores en órganos hematopoyéticos, entre ellos la leucemia, los cánceres en órganos digestivos y el cáncer de mama. El Gobierno de México (2018) reportó que el cáncer es la tercera causa de muerte en el país e indicó que el más común en hombres es el de próstata y, en mujeres, el mamario. Por su parte, el Instituto de Salud del Estado de México (ISEM, 2018) informó que, anualmente, en la entidad se detectan 5 600 nuevos casos y señaló que el cáncer más común en mujeres es el de mama y, en hombres, el de testículo, mientras que, en el caso de los niños, los más habituales son las leucemias, el cáncer de huesos, de riñón y los tumores cerebrales.

* Universidad Autónoma del Estado de México.

GENERALIDADES

Cáncer

Los tumores o neoplasias son una masa anormal de tejido, cuyo crecimiento es excesivo y está descoordinado con el de los tejidos normales. En conjunto, los tumores malignos se denominan cáncer, palabra que deriva del latín y significa “cangrejo”, porque se adhieren a cualquier parte del organismo y toman una forma similar a la de este animal (Robbins y Cotran, 2010). El cáncer es un término comúnmente utilizado para un grupo de más de 100 enfermedades que pueden afectar a cualquier parte del organismo (Bustamante, Marín y Cardona, 2012). Una de las características más significativas del cáncer es la metástasis: la multiplicación rápida de células anormales que se extiende más allá de sus límites habituales y puede invadir o propagarse a otras partes del cuerpo, lo que daña a otros órganos. La metástasis es la principal causa de muerte por cáncer (WHO, 2018a).

Los tratamientos actuales para el cáncer son la cirugía, la radioterapia y la quimioterapia (Barley, 2007). La cirugía se refiere a la extracción del tumor de la zona afectada, respetando el margen del tejido normal (Simon *et al.*, 2008). La radioterapia es un tratamiento de aplicación local y dirigida, que tiene como objetivo administrar una dosis de irradiación por medio de ondas de alta energía, como los rayos X o los rayos gamma, sobre al área afectada para eliminar o dañar las células cancerosas; este tratamiento permite que los tejidos que no tienen cáncer se recuperen, sin embargo tiene distintos efectos secundarios como las quemaduras por radiación (Simon *et al.*, 2008; American Cancer Society, 2019c).

La quimioterapia consiste en el uso de agentes químicos y se considera un tratamiento sistémico porque los medicamentos que se administran pasan por todo el cuerpo, lo que puede beneficiarlo, pero, a la vez, perjudicarlo. La American Cancer Society reconoce que hay diversas clases de medicamentos que combaten el cáncer, ya sea por sí solos o en combinación con otros fármacos o tratamientos. Los medicamentos quimioterapéuticos se dividen en agentes alquilantes, como la bendamustina, bursafán, ciclofosfamida; en antimetabolitos, como la azacitidina, clofarabina, metotrexato; en antibióticos antitumorales, como la daunorubicina, epirubicina; en inhibidores de la topoisomerasa o alcaloides de origen vegetal, como el irinotecán, topotecán, etopósido, tenipósido; en corticoesteroides, como la prednisona, dexametasona; en

inhibidores de la mitosis, como los taxanos docetaxel, paclitaxel, y en alcaloides de la vinca, como la vinblastina, vincristina, vinorelbina.

Varios medicamentos aprobados por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, por su sigla en inglés), y otros que se encuentran en ensayos clínicos, son productos naturales, semisintéticos o imitadores biológicos (Agarwal *et al.*, 2020). Por ejemplo: la planta *Catharanthus roseus*, llamada de forma común vinca rosea o vincapervinca de Madagascar —al ser una especie única que se encuentra en este país—, pertenece a la familia *Apocynaceae* y tiene propiedades medicinales en sus raíces, tallos, hojas y flores (Killiny, 2016; Moon *et al.*, 2018). De su corteza y hojas se han aislado los alcaloides vincristina, comercialmente llamados Oncovin, y la vinblastina, conocida de forma comercial como Velban, y se han utilizado para tratar el cáncer de mama, pulmón, linfomas y leucemias (Iqbal *et al.*, 2017; Kuruppu, Paranagama y Goonasekara, 2019; Zhang *et al.*, 2014). Otro ejemplo es *Taxus brevifolia*, conocida como tejo del Pacífico, que pertenece a la familia *Taxaceae* y se ubica en el noroeste del Pacífico norteamericano (Suresh *et al.*, 2020); de su corteza se han aislado los taxanos paclitaxel, comercialmente llamados Taxol, que se administran en personas con cáncer de mama, ovario, pulmón, cabeza, cuello, esófago y próstata. Sin embargo, este medicamento ha reportado reacciones adversas como alopecia, bradicardia, neurotoxicidad, síntomas neurológicos y hepatotoxicidad (Agarwal *et al.*, 2020; Kuruppu, Paranagama y Goonasekara, 2019; Tewari, Rawat y Singh, 2019).

Cabe mencionar que la mayoría de los agentes que se utilizan en la quimioterapia son citotóxicos (American Cancer Society, 2019a, 2019b; Simon *et al.*, 2008), sin embargo, aunque la respuesta inicial es exitosa, algunos pacientes recaen debido a que las células cancerosas se vuelven resistentes a los agentes quimioterapéuticos, lo que limita su efectividad y, en muchos casos, provoca la muerte del paciente (Rodríguez Chávez *et al.*, 2019). Por ello, el uso de plantas para descubrir nuevos quimiofármacos que curen y prevengan el cáncer es un potencial tratamiento (Abdullaev, 2002). Como se mencionó antes, ya existen fármacos aprobados por la FDA que son elaborados con plantas medicinales, como la vinca rosea. En este caso, al conocer el uso y los efectos adversos de plantas extranjeras y, además, endémicas, se corre el riesgo de que caigan en peligro extinción y se afecten sus propiedades curativas si se cambia de ecosistema para preservar la especie. Por lo que es importante investigar los alcances de las plantas autóctonas de México que se puedan utilizar en la formación de nuevos fármacos

que se desarrollen en nuestro país. Esto también podría ayudar a la conservación de la fauna, ya que se preservarían las plantas medicinales al conocer su aporte a la salud; algunas de las que se mencionarán a continuación ya se encuentran en peligro de extinción, como el cirian. Asimismo, esto evitaría la pérdida definitiva del conocimiento tradicional del uso de plantas medicinales, ayudaría a salvar una herencia cultural y registraría información relevante de las plantas que son útiles para tratar el cáncer (Bermúdez, Oliveira Miranda y Velázquez, 2005).

Herbolaria mexicana

En la República Mexicana existen 3 000 especies de plantas que son utilizadas por el hombre y se comercializan frescas y secas. De estas, 350 son plantas medicinales, de las cuales el 85% son recolectadas de la propia naturaleza y únicamente el 15% se obtienen a partir de un proceso de cultivo (Conabio, 2020; Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de México, 2004).

La OMS define la medicina tradicional como el conjunto de conocimientos, aptitudes y prácticas basados en culturas, teorías, creencias y experiencias indígenas de diferentes épocas, sean lógicas o no, usadas para la prevención, diagnóstico o mejora de la salud, así como en el tratamiento de padecimientos (Firenzuoli y Gori, 2007; WHO, 2018b). En tanto, define los medicamentos herbarios como aquellos que abarcan hierbas, material, preparaciones y productos herbarios que contienen como principio activo partes de plantas, vegetales o la combinación de estos (WHO, 2018b). Por lo tanto, la medicina herbaria se relaciona con la botánica o fitoterapia y se refiere al uso y estudio de semillas, bayas, raíces, hojas, corteza o flores de una planta con fines medicinales; su alcance puede incluir hongos, minerales y conchas (Garg, Abdel Aziz y Aeron, 2016).

Para aplicar la medicina herbolaria es necesario identificar las características naturales que provienen de la parte verde y frondosa de las plantas, ya que las especias vienen de la raíz, el tallo, el bulbo, la corteza o las semillas (Garg, Abdel Aziz y Aeron, 2016). Con fines medicinales, se utilizan diferentes estructuras como las flores, las hojas, las ramas, las raíces y los tallos (Rodríguez Chávez *et al.*, 2017). Las plantas medicinales normalmente son utilizadas como analgésicos, estimulantes, sedantes, antibióticos, afrodisiacos, para tratar afecciones como el asma, el síndrome

premenstrual, cáncer o como opciones de autocuidado para dormir, el estrés y trastornos de ánimo (Garg, Abdel Aziz y Aeron, 2016; Vanderjagt *et al.*, 2002). A lo largo de la historia, las plantas han sido utilizadas en diversos padecimientos y para aliviar los síntomas relacionados a enfermedades o afecciones en humanos. Existen diversos factores que son determinantes en la eficacia y la composición química final de una hierba, como la especie, la parte anatómica a utilizar, el clima, los insectos o plaga, el almacenamiento, la calidad y tipo de suelo donde crece, cómo y cuándo se cosechó y cómo fue procesada (Firenzuoli y Gori, 2007; Garg, Abdel Aziz y Aeron, 2016). Por ejemplo, la buena humedad de los suelos ayuda a que estén nutridos de nitrógeno y carbono, lo que ayuda al crecimiento de las raíces y a la actividad enzimática del suelo (Azouzi *et al.*, 2016); por otro lado, los suelos arenosos no retienen la suficiente agua para nutrir las plantas (Chevallier, 1996).

Las hierbas aplicadas al área de la salud tienen como objetivo mejorar el bienestar del cuerpo humano, para lo cual necesitan de características únicas y componentes bioactivos que posean una función como, por ejemplo, actividad antiinflamatoria. Se considera que los medicamentos herbales, por el hecho de ser de origen natural, tienen menos efectos secundarios que los medicamentos artificiales o sintéticos (Garg, Abdel Aziz y Aeron, 2016; Vanderjagt *et al.*, 2002).

Los métodos de preparación de estas plantas varían de acuerdo al fin con el que se van a utilizar y pueden ser la decocción, la maceración o el remojo. Asimismo, tienen distintos métodos de administración: la tópica —como la colocación de las hojas suavizadas dentro de una gasa o de la planta intacta en la zona afectada, como si fueran una crema o un ungüento—, en baños medicinales y vía oral —como las infusiones de plantas, flores, hojas o partes de los tallos— (Giovannini y Heinrich, 2009; Rodríguez Chávez *et al.*, 2017). Los productos a base de hierbas se venden en forma de tabletas, cápsulas, polvos, tés, extractos y plantas secas o frescas (Garg, Abdel Aziz y Aeron, 2016).

La validación científica de las medicinas herbolarias todavía se cuestiona por la falta de control de calidad del producto, la identificación, estandarización y formulación de los medicamentos (Karbwang *et al.*, 2019). Esto se debe a que, a diferencia de los fármacos, los productos herbales no están regulados en su pureza y su potencia (Garg, Abdel Aziz y Aeron, 2016).

PLANTAS MEDICINALES MEXICANAS CONTRA EL CÁNCER

A lo largo del tiempo se han identificado plantas que tienen propiedades anticancerígenas, las cuales se espera que sean la base para nuevos fármacos. Se ha documentado que sus antioxidantes y vitaminas tienen acción citotóxica contra las células del cáncer, que es una de las características principales que se buscó en las plantas que se mencionarán a continuación (Graham *et al.*, 2000). De las especies que se van a describir a lo largo de este capítulo se han registrado estudios científicos *in vivo* e *in vitro* para el tratamiento del cáncer (Alonso Castro *et al.*, 2011), además, de algunas de ellas ya se conoce su uso para distintos padecimientos, porque se ha transmitido por generaciones entre las familias, como es el caso del árnica y el cuachalalate.

Muicle (Justicia spicigera Schltl)

Imagen 1. Muicle



Flor (izquierda), planta (centro), hojas secas (derecha).

Fuente: fotografías de Ana Vianey Pineda Juárez y Ma. Victoria Domínguez García.

Justicia spicigera Schltl pertenece a la familia *Acanthaceae* y, de forma común, se le llama muicle; es originaria de México y se extiende hasta Sudamérica, crece en climas cálidos y templados, es un arbusto densamente ramificado, de entre 1 m y 1.5 m de altura, con flores tubulares de color anaranjado (Alonso Castro *et al.*, 2012; Baqueiro Peña y Guerrero Beltrán, 2014). Su forma de administración es por vía oral, mediante el uso de la infusión de sus hojas (Alonso Castro *et al.*, 2017). Su principal componente bioactivo es el flavonoide kaempferitrina y también posee sustancias químicas como

carbohidratos, pectinas, aceites esenciales y minerales (Baqueiro Peña y Guerrero Beltrán, 2014; Cassani *et al.*, 2014). En estudios previos se ha aislado el compuesto kaempferitrina del muicle por su actividad antioxidante, antineoplásica y antitumoral en contra de las células HeLa; además es menos tóxico para las células normales en comparación con los medicamentos de quimioterapia estándar (Chen y Chen, 2013; Kim y Choi, 2013; Wang *et al.*, 2013). Se ha utilizado como inmunoestimulante y como tratamiento para el cáncer del cuello uterino y la leucemia; también ha tenido efectos tóxicos contra las células cancerosas humanas TF-1, Calo e InBI, T47D (Alonso Castro *et al.*, 2012; González Trujano *et al.*, 2017). Como ejemplo de su actividad antitumoral, en un estudio de Alonso Castro *et al.* (2012) se demostró que *Justicia Spicigera* exhibe efectos inhibitorios *in vitro* e *in vivo* contra células de cáncer cervical, específicamente la línea celular HeLa, y que en concentraciones de 10 mg/kg, 50 mg/kg y 100 mg/kg logró inhibir el crecimiento, hasta en un 53%, en un modelo murino.

Maguey (Agave salmiana Otto ex Salm-Dyck)

Imagen 2. Maguey



Fuente: fotografía de Ana Vianey Pineda Juárez.

Agave salmiana Otto ex Salm-Dyck, conocida como maguey o agave, pertenece a la familia *Agavaceae* (Alonso Castro *et al.*, 2011), es una planta endémica de México que

se distribuye en zonas áridas y se utiliza para producir aguamiel o pulque (Campos *et al.*, 2020). Para obtener los beneficios del agave, se necesita que madure y se obtenga su savia, la cual contiene minerales, vitaminas, aminoácidos esenciales, saponinas, carbohidratos y fenoles. También se ha reportado que el agave contiene flavonoles como el kaempferol y la quercetina (Puente Garza, Espinosa Leal y García Lara, 2018). Estudios realizados en el agave han identificado que las saponinas son sus moléculas más importantes, por sus beneficios a la salud; estas se encuentran en el aguamiel, se usan como agente anticancerígeno, antiinflamatorio y analgésico, asimismo, las saponinas aisladas de la planta han demostrado que inhiben el crecimiento de células cancerígenas *in vitro* (Puente Garza, García Lara y Gutiérrez Uribe, 2017; Francis *et al.*, 2002). Además, el agave se ha utilizado para tratar los tumores en la piel (Alonso Castro *et al.*, 2011). Para ejemplificar su efecto terapéutico anticancerígeno, en un estudio *in vitro* realizado por Santos Zea *et al.* (2012) se utilizó la savia de agave después de ser concentrada durante ocho semanas y se observó la inhibición del crecimiento del cáncer de colon de la línea celular Caco-2 en un 84.8% y del cáncer de hígado de la línea celular HepG2 en un 67.9% a 15 mg/ml.

Cuachalalate (Amphipterygium adstringens)

Imagen 3. Ramas de cuachalalate



Fuente: fotografía de Ana Vianey Pineda Juárez.

Amphipterygium adstringens, conocida como cuachalalate, pertenece a la familia *Anacardiaceae*. Es una especie endémica de México ubicada usualmente en la costa de Pacífico, en el Estado de México, Puebla y Morelos, es un árbol dioico que tiene

una altura de entre 5 m y 10 m y un diámetro de 40 cm, su corteza es gris con escamas grandes y sus hojas son oblongas de entre 6 cm y 15 cm (Rodríguez García *et al.*, 2015). Su forma de administración es por vía oral mediante la infusión de la corteza (Alonso Castro *et al.*, 2017), en donde se encuentran ácidos fenólicos de cadena larga, que se conocen como ácidos anacárdicos; uno de los más característicos es el ácido 6-pentadecil salicílico (6SA). Estudios recientes han demostrado que el ácido anacárdico es el componente activo del cuachalalate, el cual ejerce un efecto antioxidante, antiinflamatorio, antitumoral e inmunoestimulador, ayuda a la inhibición del crecimiento del tumor de próstata, ejerce efectos citotóxicos en el cáncer de mama, de pulmón, de cuello uterino, glioblastoma, leucemia, carcinoma gástrico y líneas celulares del melanoma, sin afectar la viabilidad de las células normales (Gnanaprakasam, Estrada Muñiz y Vega, 2015, 2019; Alonso Castro *et al.*, 2011; Knauth *et al.*, 2018). En un estudio realizado por Rodríguez García *et al.* (2015) se determinó la citotoxicidad *in vitro* del extracto crudo del cuachalalate y se demostró una inhibición total del crecimiento de células tumorales en concentraciones de entre 7.30 µg/ml y 27.50 µg/ml, además se reportó una actividad potente contra el adenocarcinoma de ovario a 4 µg/ml.

Ilama, anona o chirimoya (Annona diversifolia)

Imagen 4. Ilama



Árbol (izquierda), hojas (centro), fruto fresco (derecha).

Fuente: fotografías de Ana Vianey Pineda Juárez.

Annona diversifolia, llamada ilama o annona o chirimoya, pertenece a la familia *Annonaceae*, es un árbol autóctono de México que, por lo general, se encuentra en

los estados de Colima, Guerrero y Estado de México. Los frutos que se obtienen de esta planta se utilizan como alimento por su alto valor nutricional, su alta cantidad de pulpa rica en glucosa y sus propiedades antioxidantes (González Trujano *et al.*, 1998; López Rubalcava y Estrada Camarena, 2016). Las hojas tienen uso medicinal por sus propiedades anticancerígenas, antiinflamatorias, antidiabéticas, analgésicas, antilinfomas y antiproliferativas (Valdés *et al.*, 2020; López Rubalcava y Estrada Camarena, 2016; González Trujano *et al.*, 1998; González Trujano, Navarrete y Reyes, 2000). Sus propiedades terapéuticas están asociadas principalmente al compuesto activo, la palmitona, y posee otros compuestos bioactivos como acetogeninas, flavonoides y alcaloides (Angeles López *et al.*, 2013). La ilama se ha utilizado en el tratamiento para el cáncer colorrectal de la línea celular SW-480 y tumores en la piel (Jacobo Herrera *et al.*, 2016; Alonso Castro *et al.*, 2011). Un ejemplo del efecto que produce la ilama es el estudio de Jang *et al.* (2008) donde se realizaron pruebas *in vivo* e *in vitro* y la inhibición del crecimiento de células HeLa del carcinoma cervical fue del 85%, 49% y 32% en concentraciones de 20 µg/ml, 0.01 µg/ml y 0.0001 µg/ml respectivamente, además se realizaron pruebas en células SW-480 del adenocarcinoma colorrectal con las mismas concentraciones, pero la inhibición de crecimiento fue del 80.5%, 48% y 27.1%.

Angélica (Dendropanax arboreus)

Imagen 5. Angélica seca



Fuente: fotografía de Ana Vianey Pineda Juárez.

Dendropanax arboreus pertenece a la familia *Araliaceae*; este árbol, comúnmente conocido como Angélica o mano de león, llega a medir entre 14 m y 25 m de altura y se distribuye desde México hasta América del Sur (Ramos Garza *et al.*, 2016). Las partes que se utilizan con fines medicinales son las hojas y el tallo y su forma de administración es por vía oral mediante infusiones (Cruz Gálvez *et al.*, 2013). Se emplea para el tratamiento de la fiebre, enfermedades inflamatorias y el cáncer de mama (Ramos Garza *et al.*, 2016; Alonso Castro *et al.*, 2011). Uno de los compuestos activos principales que se obtienen de este árbol es el faltarindiol, que tiene efectos protectores contra el cáncer, actúa como antineoplásico y antiproliferativo y, además, se considera que tiene actividad citotóxica contra las células del cáncer de colon y de mama (Ramos Garza *et al.*, 2016; Kim *et al.*, 2018). En un estudio de Werka, Boehme y Setzer (2007) se extrajeron los aceites esenciales de la hoja de la planta Angélica para demostrar la actividad citotóxica, a 100 µg/ml, de las líneas celulares MDA-MB-231 y MCF-7 del cáncer de mama, la PC-3 del cáncer de próstata y la SK-Mel-28 del melanoma y se registró un 10.7%, 7.1%, 23.8% y 83.7% de muerte celular, respectivamente, además, el melanoma fue la línea celular contra la cual el aceite esencial presentó mayor citotoxicidad.

Arnica (Heterotheca inuloides Cass.)

Imagen 6. Árnica



Fuente: fotografía de Ma. Victoria Domínguez García.

Heterotheca inuloides Cass., conocida como árnica, pertenece a la familia *Asteraceae*, es endémica de México y crece en las regiones frías y templadas (Gene, Segura y Marin, 1998; Rodríguez Chávez *et al.*, 2019). Es una planta herbácea perenne que llega a medir entre 50 cm y 1 m de altura, su flor suele ser de color amarillo (Rodríguez Chávez *et al.*, 2017). Su forma de administración es por vía oral, mediante la infusión de sus flores secas y tallos, o de forma tópica con las hojas (Rodríguez Chávez *et al.*, 2015; Alonso Castro *et al.*, 2017). Se ha utilizado como tratamiento para el cáncer, tumores en la piel, dolores musculares y fiebre; además tiene propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, analgésicas y citotóxicas contra líneas de células tumorales (Coballase Urrutia *et al.*, 2010; Gene *et al.*, 1998; Rodríguez Chávez *et al.*, 2015; Rodríguez Chávez *et al.*, 2019; Egas *et al.*, 2018; Alonso Castro *et al.*, 2011). Esta planta tiene varios compuestos químicos en sus flores, tallos y raíces, entre ellos los sesquiterpenos de tipo cadinano —el compuesto bioactivo más significativo—, compuestos fenólicos, fitoesteroles, flavonoides y triterpenoides (Rodríguez Chávez *et al.*, 2015; Rodríguez Chávez *et al.*, 2016; Rodríguez Chávez *et al.*, 2019; Coballase Urrutia *et al.*, 2010; Gene *et al.*, 1998; Carmona Aparicio *et al.*, 2019). Entre los estudios *in vitro* que han sido reportados para demostrar la utilidad del árnica contra el cáncer se encuentra el de Rodríguez Chávez *et al.* (2015), donde se observó que el extracto de la *Heterotheca inuloides* inhibió el crecimiento de líneas celulares de cáncer. Brevemente, se evaluó la citotoxicidad de la línea celular K652 de la leucemia, la HC-15 del cáncer de colon y la MFC7 del cáncer de mama, con concentraciones variables que fueron desde 1.45 μM a 79.65 μM , de forma que la línea celular K652 fue la que más inhibición presentó ante el concentrado de árnica.

Cirian (*Crescentia alata* Kunth)

Imagen 7. Cirian



Árbol (superior izquierda), hojas (superior derecha), fruto fresco (inferior izquierda), fruto seco (inferior derecha).

Fuente: fotografías de Ana Vianey Pineda Juárez.

Crescentia alata Kunth, conocida como cirian o tecomate, pertenece a la familia *Bignoniaceae*, es una planta herbácea que crece en Centroamérica, especialmente en el estado de Morelos, México, y en climas secos, cálidos o templados; se clasifica como especie en peligro de extinción y llega a medir entre 6 m y 8 m de altura (Valladares y Rios, 2007; Flores Vallejo *et al.*, 2020). Su pulpa es comestible y de color negro (Cuevas Juárez *et al.*, 2014), tiene propiedades terapéuticas para aliviar síntomas relacionados con el cáncer, como la fiebre, procesos inflamatorios, hinchazón de tejidos, tumores internos, enfermedades respiratorias, dolores en las mamas y enfermedades renales y hepáticas (Autore *et al.*, 2001; Alonso Castro *et al.*, 2011). El componente bioactivo de los extractos de esta planta es el flavonoide kaempferol (Valladares y Rios, 2007). El estudio de Cates *et al.* (2013) analizó la inhibición del cirian contra la línea celular HeLa del cáncer cervical mediante dos muestras: la primera fue el extracto de acetona de cirian y la segunda el extracto de metanol de cirian en 200 $\mu\text{g/ml}$, y se obtuvo un porcentaje de inhibición de 13 y 9, respectivamente, en relación con la media.

Achiote (Bixa orellana)

Imagen 8. Achiote



Flor (izquierda), polvo de achiote (derecha).

Fuente: fotografía del *Catálogo florístico de plantas medicinales peruanas* (Santiváñez Acosta y Cabrera Meléndez, 2013) (izquierda); fotografía de Ana Vianey Pineda Juárez (derecha).

Bixa orellana, conocida comúnmente como achiote, pertenece a la familia *Bixaceae*, es originaria de América del Sur y Central; es un árbol pequeño de entre 2 m y 8 m de altura, tiene un tronco con un diámetro de hasta 10 cm, la planta es roja en el exterior y pseudo rosa en el interior (Riyanto *et al.*, 2020). Sus semillas poseen un alto contenido de carotenoides, que son pigmentos solubles en grasa que inhiben la proliferación celular y modelan la expresión de ciertos genes (Rivera Madrid *et al.*, 2016). Los principales carotenoides son la bixina, un pigmento soluble en grasa y agente quimiopreventivo que inhibe el oxígeno molecular, y la norbixina, un pigmento soluble en agua (Kumar, Phaniendra y Periyasamy, 2018; Anantharaman *et al.*, 2016).

Esta planta es utilizada como colorante en productos alimenticios y se ha reportado su uso en la medicina para tratar la diabetes, al tener efectos antiinflamatorios, antioxidantes, citotóxicos y antibacterianos contra las bacterias grampositivas y gramnegativas (Alonso Castro *et al.*, 2011; Alonso Castro, Juárez Vázquez y Campos Xolalpa, 2016; Gonçalves *et al.*, 2020; De Oliveira Júnior *et al.*, 2019; Agner *et al.*, 2005). En estudios *in vitro*, la bixina mostró actividad anticancerígena en las líneas celulares KL60 de la leucemia, B16 del melanoma, U20S del osteosarcoma, PC3 del cáncer de próstata, HCT116 del cáncer de colon, MCF-7 del cáncer de mama, DRO del cáncer de tiroides y los tumores en la piel (De Oliveira Júnior *et al.*, 2019;

Alonso Castro *et al.*, 2011). Un estudio reciente elaborado por Kumar, Phaniendra y Periyasamy (2018) verificó la inhibición celular mediante la bixina del achiote en las células Hep3B del hepatocarcinoma y las HeLa del cáncer del cuello uterino en 24 y 48 horas de incubación. La concentración de la bixina fue de 22.85 mg/ml y 18.82 mg/ml y, de las células Hep3B y HeLa, de 50.85 mg/ml y 38.78 mg/ml. Se encontró una mayor inhibición de crecimiento para las células Hep3B de hasta un 50%.

Copal (Bursera copallifera)

Imagen 9. Copal



Árbol (izquierda), tronco con resina (centro), resina (derecha).

Fuente: fotografías de Ma. Victoria Domínguez García y Ana Vianey Pineda Juárez.

Bursera copallifera, conocida como copal, pertenece a la familia *Burseraceae*; estas plantas se localizan en los bosques secos de México, liberan una resina que es utilizada como incienso para distintas ceremonias y, en la medicina, para tratar tumores, fiebre, afecciones inflamatorias y cáncer. Se considera que tiene propiedades antioxidantes y citotóxicas (Domínguez *et al.*, 2018; Romero Estrada *et al.*, 2016; Alonso Castro *et al.*, 2011; Alonso Castro *et al.*, 2016). Su forma de administración es mediante vía oral por la infusión de la resina (Columba Palomares *et al.*, 2018) y el consumo de los frutos se ha utilizado para deshacer abscesos o bultos en las mamas (Domínguez *et al.*, 2018).

En estudios previos se encontró que el uso de los tallos del copal ha mostrado actividad en contra de distintas líneas celulares como la KB del cáncer nasofaríngeo y las MCF-7 y MDA-MB-231 del cáncer de mama (Columba Palomares *et al.*, 2018).

El copal tiene presencia de lignanos, bilignanos, flavonoides, glucósidos, esteroides, alcanos alifáticos, acetatos, alcoholes, cetonas y terpenoides (Domínguez *et al.*, 2018). Sus flavonoides tienen propiedades antioxidantes y quimiopreventivas (Columba Palomares *et al.*, 2018).

Un estudio realizado por Domínguez *et al.* (2018) analizó los efectos de dos extractos de la *Bursera copallifera* en las líneas celulares MCF7 y MDA-MB-231 del cáncer de mama, con una concentración de 20 µg/ml, y se encontró una muerte celular de 50.88% y 82.14% respectivamente.

Cancerina (Hippocratea excelsa)

Imagen 10. Cancerina seca



Fuente: fotografía de Ana Vianey Pineda Juárez.

Hippocratea excelsa proviene de la familia *Celastraceae*, la corteza de su raíz es conocida como cancerina, tiene un color rosa-naranja con franjas amarillas, es endémica de México y crece en la península de Yucatán (Reyes Chilpa *et al.*, 2003; Mena Rejón *et al.*, 2007; Navarrete, Trejo Miranda y Reyes Trejo, 2002). Es utilizada en el tratamiento del cáncer y enfermedades renales, como antiinflamatorio y cicatrizante (Alonso Castro *et al.*, 2011; Déciga Campos *et al.*, 2007; Herrera Santoyo, López Delgado y Mora Herrera, 2007; Cáceres Castillo *et al.*, 2008).

Se han reportado estudios en los que la cancerina tiene una alta citotoxicidad contra las líneas celulares del carcinoma KB, UIISO-SQC-1 y HCT (Reyes Chilpa *et al.*, 2003). Su método de administración es por vía oral mediante la infusión de la raíz de la planta; al hervirla se convierte en un líquido amarillento claro (Perez

et al., 1995). En la raíz se encuentran friedelanos, triterpenoides quinonemetidas como la pristimerina, alcaloides de evoninoato, de sesquiterpeno, emarginatina A, tingenona y celastrol (Déciga Campos *et al.*, 2007; Mena Rejón *et al.*, 2007; Perez *et al.*, 1995). Su principal componente bioactivo es la pristimerina, la cual tiene actividades antioxidantes, anticancerígenas, citotóxicas y antiinflamatorias (Li *et al.*, 2019). En un estudio *in vitro*, Li *et al.* (2019) realizaron pruebas con la pristimerina de la *Hippocratea excelsa* en distintas células cancerosas; uno de los resultados más significativos fue en la línea celular LNCaP del cáncer de próstata, donde hubo una inhibición celular del 55% con una concentración de 1.25 μ M.

Cazahuate (*Ipomoea murucoides*)

Imagen 11. Cazahuate



Árbol (izquierda), tronco (centro), hojas secas (derecha).
Fuente: fotografías de Ana Vianey Pineda Juárez.

Ipomoea murucoides, comúnmente llamada cazahuate, pertenece a la familia *Convolvulaceae* y es originaria de México. Es una planta leñosa con corteza blanca, hojas en forma de corazón, flores blancas y corolas en forma de embudo (León *et al.*, 2005). La decocción de sus flores, hojas y corteza se aplica sobre la piel para tratar distintas condiciones dermatológicas, infecciones y tumores en la piel (León *et al.*, 2005; Chérigo *et al.*, 2008; Alonso Castro *et al.*, 2011). Los glucósidos que se obtienen de la resina del cazahuate han mostrado actividad citotóxica en distintas líneas celulares cancerosas como las C6 y RG-2 del glioma y las HCT-15, UISO-SQCX-1 y OVCAR-5 de varios tipos de carcinomas; estas glicoresinas son un importante

marcador quimiotaxonómico (León Rivera *et al.*, 2017; León *et al.*, 2005; Meira *et al.*, 2012). La glicoresina murucina es su principal componente bioactivo, se obtiene de la resina y es citotóxica contra el carcinoma de ovario (Meira *et al.*, 2012). En un estudio realizado por León Rivera *et al.* (2017) se analizó la citotoxicidad del extracto de corteza de la *Ipomoea murucoides*, específicamente el compuesto murucina, en las líneas celulares HCT-15 del cáncer de colon y OVCAR-5 del carcinoma de ovario, en una concentración de 24 $\mu\text{g/ml}$ y 25 $\mu\text{g/ml}$ respectivamente; ambas tuvieron una inhibición del 50%.

Nochebuena (Euphorbia pulcherrima)

Imagen 12. Nochebuena



Fuente: fotografía de Ana Vianey Pineda Juárez.

Euphorbia pulcherrima, conocida como nochebuena, pertenece a la familia *Euphorbiaceae*, es una especie endémica de México que se distingue por su particular follaje rojo y verde y su distribución es usual en épocas decembrinas (Alonso Castro *et al.*, 2011; González *et al.*, 2020; Singh, Rauniar y Sangraula, 2012; Sackey *et al.*, 2020). Su método de administración es por vía oral mediante una infusión de toda la planta (Alonso Castro *et al.*, 2017). Las flores y hojas se han utilizado como fármacos para tratar cáncer, tumores, condiciones dermatológicas, disminuir la fiebre, como antiinflamatorio y tiene actividad inhibitoria contra las células tumorales de ascitis de Ehrlich (Smith Kielland *et al.*, 1996; Alonso Castro *et al.*, 2011; Alonso Castro *et al.*, 2016). Esta planta contiene nutrientes como proteínas, lípidos, carbohidratos,

vitaminas y pigmentos (González *et al.*, 2020); sus compuestos bioactivos reportados son alcaloides, esteroides, terpenoides, saponinas, glucósidos, flavonoides y aminoácidos (Sackey *et al.*, 2020). Un estudio realizado por Smith Kielland *et al.* (1996) analizó la citotoxicidad de los triterpenos extraídos de las hojas de la nochebuena contra las células tumorales de ascitis de Ehrlich en una concentración de 13.5 $\mu\text{M}/\text{ml}$ con un 90% de inhibición celular.

Algarrobo (Acacia pennatula)

Imagen 13. Algarrobo seco



Fuente: fotografía de Ana Vianey Pineda Juárez.

Acacia pennatula, conocida como algarrobo, pertenece a la familia *Fabaceae*, es un árbol de entre 2 m y 6 m de altura, con un exterior color verde oscuro, flores amarillas o anaranjadas y su fruto es una vaina aplanada de color marrón rojizo de entre 8 cm y 10 cm de largo; se encuentra en México, específicamente, en Yucatán (Peraza Sánchez, Chan Che y Ruiz Sánchez, 2005; Alonso Castro *et al.*, 2011). Se utiliza para el tratamiento de cáncer, infecciones respiratorias, dolor de cabeza y tumores en la piel (Popoca *et al.*, 1998; Rios, 2005; Alonso Castro *et al.*, 2011). En esta planta se encuentran compuestos como triacontanol, escualeno, nonaprenol, dafnetina, catequina, epigalocatequina, eriodictiol, esteroides, triterpenos de lupano y flavonoides; estos últimos son su principal componente bioactivo (Rios, 2005). En estudios

anteriores se ha reportado que los extractos de *Acacia pennatula* tienen actividad citotóxica contra las células KB del carcinoma nasofaríngeo, HCT-15 COLADCAR del cáncer de colon y UISOSQC-1 del carcinoma de cuello uterino (Dara Hama Amin y Mousa, 2007); en el estudio realizado por Popoca *et al.* (1998) se comprobó esta citotoxicidad y se identificó que el algarrobo tiene mayor impacto contra las células KB, en una concentración de 20.9 µg/ml, y UISOSQC-1, en una concentración de 16.6 µg/ml.

Salvia (Salvia pachyphylla)

Imagen 14. Salvia azul seca



Fuente: fotografía de Ana Vianey Pineda Juárez.

Salvia pachyphylla, conocida como salvia azul, pertenece a la familia *Lamiaceae* y se ubica en Baja California. En esta planta se encuentran compuestos de tipo diterpenoides como abietano, ictexano, labdano, neoclerodano y fenalenona, además de triterpenos, esteroides, antocianinas, cumarinas, polisacáridos, flavonoides y ácidos fenólicos (Almada Taylor *et al.*, 2018). Se utiliza como antioxidante, antidiabético y para tratar el cáncer gástrico, asimismo, tiene actividad citotóxica contra las líneas celulares A2780 del cáncer de ovario, SW1573 del cáncer de pulmón, WiDr del adenocarcinoma colorrectal, T-47D y HBL-100 del cáncer de mama y HeLa del adenocarcinoma de cuello uterino (Almada Taylor *et al.*, 2018; Guerrero *et al.*, 2006; Jassbi *et al.*, 2016; Alonso Castro *et al.*, 2011). Para demostrar la actividad citotóxica de la savia azul contra estas líneas celulares, Almada Taylor *et al.* (2018) realizaron un estudio en donde utilizaron extracto de *Salvia pachyphylla* con

diclorometano en distintas concentraciones: 6 $\mu\text{g/ml}$ para A2780, 5.9 $\mu\text{g/ml}$ para HBL-100, 6.1 $\mu\text{g/ml}$ para HeLa, 6.6 $\mu\text{g/ml}$ para SW1573, 11 $\mu\text{g/ml}$ para T-47D y 8.6 $\mu\text{g/ml}$ para WiDr, y se tuvo una inhibición del 50%.

Aguacate (Persea americana)

Imagen 15. Aguacate y hojas secas de aguacate



Fuente: fotografía de Ana Vianey Pineda Juárez.

Persea americana, también conocida como aguacate, corresponde a la familia *Lauraceae*, es una fruta o baya, originaria de México, que contiene una semilla grande en su interior; la variedad más comercializada es la Hass (Bhuyan *et al.*, 2019; Dabas *et al.*, 2019). La pulpa del aguacate es un alimento rico en nutrientes, vitaminas, minerales, potasio, proteínas, fósforo, sodio, magnesio, hierro, zinc y ácidos grasos de cadena larga (Alkhalaf *et al.*, 2019); la semilla contiene fitoesteroles, triterpenos, ácidos faraónicos, proantocianidinas, polifenoles, alcaloides, taninos, flavonoides, saponinas, esteroides y carotenoides (Widiyastuti *et al.*, 2018; Abubakar, Achmadi y Suparto, 2017; Wu *et al.*, 2019); sus hojas son un agente reductor y tienen un efecto antiinflamatorio sobre los glóbulos rojos, mientras que la cáscara tiene un contenido polifenólico y antioxidante (Dabas *et al.*, 2019). Exhibe un efecto quimioprotector sobre las células humanas (Widiyastuti *et al.*, 2018) y sus compuestos fitoquímicos pueden activar la apoptosis en algunas líneas celulares cancerosas (Alkhalaf *et al.*, 2019).

El aguacate tiene efectos antioxidantes, antiinflamatorios y antivirales (Wu *et al.*, 2019; Bhuyan *et al.*, 2019), por lo que se utiliza como tratamiento de tumores y cáncer. La decocción de la semilla se ha usado para tratar la diabetes, la inflamación y la estimulación de apoptosis de las células de leucemia linfoblástica de Jurkat, además tiene actividad citotóxica contra las líneas celulares T47D y MCF-7 del cáncer de mama, HepG2 del cáncer de hígado, HeLa del cáncer cervical, PC3 y LNCaP del cáncer de próstata, 83-001-82CA del cáncer oral y HCT116 del cáncer de colon (Abubakar, Achmadi y Suparto, 2017; Mvondo, Messongue Mbollo y Njamen, 2020; Dabas *et al.*, 2019; Salazar *et al.* 2008; Widiyastuti *et al.*, 2018; Bhuyan *et al.*, 2019). En un estudio reciente de Alkhalaf *et al.* (2019) se analizó la actividad anticancerígena del extracto lípido de la semilla del aguacate contra las líneas celulares HepG2 del carcinoma hepatocelular y HCT116 del cáncer de colon; la HepG2, con una concentración de 100 µg/ml, tuvo una inhibición celular del 59% y la HCT116, con la misma concentración, tuvo una inhibición del 66%.

Hierba del cáncer (Cuphea aequipetala)

Imagen 16. Hierba del cáncer



Hierba del cáncer (izquierda), hierba del cáncer seca (derecha).

Fuente: imagen tomada de la *Guía ilustrada de plantas medicinales en el Valle de México* (izquierda); fotografía de Ana Vianey Pineda Juárez (derecha).

Cuphea aequipetala pertenece a la familia *Lythraceae*, es originaria de México y se conoce como hierba del cáncer; es una planta perenne de color rojo oscuro o morado que llega a medir hasta un metro de altura y crece en campos abiertos y húmedos de bosques de pino y encino (Aguilar Rodríguez *et al.*, 2012; Uscanga Palomeque *et al.*, 2019). Se utiliza para tratar afecciones dermatológicas, inflamación, síntomas del cáncer como la fiebre y tumores (Alonso Castro *et al.*, 2020; Martínez Bonfil *et al.*, 2013; Martínez Bonfil *et al.*, 2014). Tiene actividad antioxidante, citotóxica, antiprotozoaria, antiinflamatoria y antitumoral (Alonso Castro *et al.*, 2011; Cardenas Sandoval *et al.* 2012). Sus compuestos bioactivos son flavonoides, taninos, alcaloides, glucósidos y lactonas sesquiterpénicas, que muestran actividad citotóxica contra la línea celular UISO-SQC1 del carcinoma de cuello uterino y la HCT-1 del cáncer de colon (Uscanga Palomeque *et al.*, 2019; Martínez Bonfil *et al.*, 2013; Martínez Bonfil *et al.*, 2014). La decocción de flores, hojas y tallos mostró actividad citotóxica contra la línea celular HEP-2 del carcinoma de laringe y la DU-14 del carcinoma de próstata (Martínez Bonfil *et al.*, 2013). En un estudio reciente, realizado por Alonso Castro *et al.* (2020), se llevaron a cabo pruebas *in vivo* con ratones durante 14 días y se demostró que la hierba del cáncer tiene efecto antitumoral en la línea celular B16F10 de tumores de melanoma, además, se mostró una reducción de casi el 80% de la masa tumoral con el extracto acuoso de *Cuphea aequipetala* y alrededor del 31% con el extracto metanólico.

Maíz (*Zea mays*)

Imagen 17. Mazorca de maíz seca, hojas de maíz secas y granos de maíz



Fuente: fotografía de Ana Vianey Pineda Juárez.

El *Zea mays*, comúnmente conocido como maíz, pertenece a la familia *Poaceae* y es originario de México; es una hierba que alcanza los 4 m de altura y el fruto que se obtiene de él es el maíz (Duru, 2020; Alonso Castro *et al.*, 2011). Su grano contiene flavonoides, fenólicos, carotenoides, glucósidos, antocianinas, proteínas, vitaminas, minerales, carbohidratos, calcio, potasio, magnesio, sodio, aceites fijos y volátiles, esteroideos, alcaloides, saponinas, taninos (Uarrota *et al.*, 2014; Nile y Park, 2014). El maíz tiene alta actividad antioxidante, antimutagénica, anticarcinogénica y antitumoral, por lo que se utiliza para tratar el cáncer gástrico, además, posee actividad antiproliferativa contra la línea celular LoVo del cáncer de colon y, en estudios previos, se demostró que inhibe la apoptosis del glioma en ratas (Al Oqail *et al.*, 2019; Nile y Park, 2014; Alonso Castro *et al.*, 2011). Los extractos de seda de maíz contienen una alta cantidad de flavonoides, en especial maysin, el cual actúa como agente antioxidante y es un potencial anticancerígeno (Al Oqail *et al.*, 2019). Un estudio realizado por Balasubramanian y Padma (2013) evaluó la citotoxicidad de tres extractos de *Zea mays* a razón de 20 mg/ml en contra de las células Hep2 del carcinoma de laringe. En el extracto acuoso se obtuvo el 40% de viabilidad celular Hep2; en el extracto metanol, el 35%, y en el extracto de cloroformo, un 50%.

Chicozapote (Manilkara zapota)

Imagen 18. Chicozapote
y hojas de chicozapote secas



Fuente: fotografía de Ana Vianey Pineda Juárez.

Manilkara zapota, comúnmente conocida como chicozapote o zapote, pertenece a la familia *Solanaceae*, es un árbol tropical de hoja perenne originario del sur de México. Sus tallos, raíces, hojas, semillas, corteza y fruta se utilizan en la medicina para tratar el cáncer gástrico (Tan, Norhaizan y Chan, 2018a, 2018b; Alonso Castro *et al.*, 2011). El zapote tiene actividad antioxidante, antitumoral, antidiabética y antiinflamatoria (Chunhakant y Chaicharoenpong, 2019). Asimismo, en estudios previos se ha reportado su actividad citotóxica en la línea celular HepG2 del carcinoma hepatocelular y en la HT-29 del adenocarcinoma colorrectal (Tan, Norhaizan y Chan, 2018a, 2018b). Esta planta contiene terpenoides, flavonoides, glucósidos cimógenos, fenólicos, taninos, esteroides, saponinas, proantocianidinas, quercitrina y ácido gálico, que tienen actividad antioxidante. Además, el zapote posee componentes bioactivos como el acetato de lupeol, el ácido oleanólico, la apigenina, la miricetina y el ácido cafeico (Liu *et al.*, 2019; Chunhakant y Chaicharoenpong, 2019). En un estudio elaborado por Tan, Norhaizan y Chan (2018a) se analizó la actividad inductora de apoptosis del extracto de agua de la hoja de *Manilkara zapota* en células HepG2 del carcinoma hepatocelular, con una concentración de 100 µg/ml, de la cual se obtuvo cerca del 40% de viabilidad celular HepG2.

Tabla 1. Plantas medicinales mexicanas utilizadas contra el cáncer

<i>Nombre científico</i>	<i>Nombre común</i>	<i>Componente bioactivo</i>	<i>Uso</i>
<i>Acacia pennatula</i>	Algarrobo	Flavonoles	Carcinoma nasofaríngeo Carcinoma de cuello uterino
<i>Agave salmiana</i> Otto ex Salm-Dyck	Agave	Saponinas	Tumores de piel Cáncer hepático
<i>Amphipterygium adstringens</i>	Cuachalalate	Ácido anacárdico	Cáncer de mama Cáncer del cuello uterino
<i>Annona diversifolia</i>	Ilama	Palmitona	Cáncer colorrectal Tumores de piel
<i>Bixa orellana</i>	Achiote	Bixina	Osteosarcoma Cáncer de tiroides
<i>Bursera copallifera</i>	Copal	Flavonoides	Cáncer nasofaríngeo Cáncer de mama
<i>Crescentia alata</i> Kunth	Cirian	Kaempferol	Tumores internos Cáncer cervical
<i>Cuphea aequipetala</i>	Hierba del cáncer	Flavonoides	Carcinoma de cuello uterino Cáncer de colon
<i>Dendropanax arboreus</i>	Angélica	Falcarindiol	Cáncer de colon Cáncer de mama
<i>Euphorbia pulcherrima</i>	Nochebuena	Terpenoides	Cáncer Tumores
<i>Heterotheca inuloides</i> Cass.	Árnica	Cadinano	Tumores de piel Leucemia
<i>Hippocratea excelsa</i>	Cancerina	Pristimerina	Carcinoma Cáncer de próstata
<i>Ipomoea murucoides</i>	Cazahuate	Murucina	Tumores de piel Carcinoma
<i>Justicia Spicigera</i> Schltld	Muicle	Kaempferitrina	Cáncer cervical Leucemia
<i>Manilkara zapota</i>	Chicozapote	Miricetina	Carcinoma hepatocelular Cáncer gástrico
<i>Persea americana</i>	Aguacate	Triterpenos	Cáncer de mama Cáncer de hígado Cáncer oral
<i>Salvia pachyphylla</i>	Salvia azul	Terpenoides	Cáncer de ovario Cáncer de pulmón

continúa...

<i>Zea mays</i>	Maíz	Maysin	Cáncer gástrico Cáncer de colon
-----------------	------	--------	------------------------------------

Fuente: elaboración propia con base en Dara Hama Amin y Mousa (2007), Alonso Castro *et al.* (2011), Santos Zea *et al.* (2012), Gnanaprakasam, Estrada Muñiz y Vega (2019), Jacobo Herrera *et al.* (2016), De Oliveira Júnior *et al.* (2019), Columba Palomares *et al.* (2018), Cates *et al.* (2013), Uscanga Palomeque *et al.* (2019), Kim *et al.* (2018), Smith Kielland *et al.* (1996), Rodríguez Chávez *et al.* (2019), Li *et al.* (2019), Reyes Chilpa *et al.* (2003), León *et al.* (2005), González Trujano *et al.* (2017), Tan, Norhaizan y Chan (2018a, 2018b), Bhuyan *et al.* (2019), Jassbi *et al.* (2016) y Al Oqail *et al.* (2019).

CONCLUSIONES

Hoy en día las plantas medicinales representan una fuente vital de nuevos compuestos bioactivos que podrían utilizarse como agentes quimioterapéuticos contra el cáncer. Existe un gran interés por su uso, ya que el número de defunciones por esta enfermedad aumenta día con día y la mayoría de las terapias disponibles en la actualidad no son lo suficientemente efectivas, por lo que las plantas medicinales pueden ser una opción para futuros tratamientos o como complemento de los ya existentes. A nivel mundial, instituciones como la OMS han trabajado en directrices para el uso de remedios herbarios en el tratamiento de diferentes enfermedades, con el propósito de verificar que los productos sean seguros, eficaces, de alta potencia, confiables y estén disponibles para todas las personas, así como para que sean una alternativa a considerar por los profesionales de la salud al tratar a sus pacientes. Si bien el uso de la medicina herbolaria contra el cáncer no puede sustituir la quimioterapia u otro tipo de tratamiento, esta representa una herramienta útil para combatir los efectos secundarios.

Las plantas medicinales son fuente de antioxidantes naturales y una alternativa potencialmente libre de efectos secundarios a los compuestos sintéticos que se utilizan en la quimioterapia. Por esa razón, la quimioprevención con el uso de compuestos naturales que sustituyan o eviten las sustancias sintéticas para inhibir, bloquear, revertir o retardar el proceso de carcinogénesis es una prometedora opción. A lo largo del capítulo se mencionó la importancia del uso de las plantas como tratamiento y se demostró con diferentes estudios su efectividad contra ciertos tipos de cáncer. Una de las plantas que mostró su citotoxicidad de forma más significativa es el cuachalalate, que tiene una inhibición total *in vitro* contra células tumorales; asimismo, plantas

que se ven de forma cotidiana también demostraron ese efecto, por ejemplo: la nochebuena tiene un efecto inhibitor *in vitro* del 90% en las células tumorales de ascistir de Ehrlich y la ilama una inhibición *in vitro* e *in vivo* del 85% en células HeLa. Otro punto importante que cabe destacar es que las plantas descritas han comprobado tener un efecto inhibitor en los cánceres de mama y cervicouterino, los cuales provocan más fallecimientos en mujeres, por lo que son una nueva herramienta para erradicar el alto número de muertes.

METODOLOGÍA

Fuentes de datos y selección de estudios

Para la realización de este capítulo se recopiló información acerca de plantas medicinales tanto en español como en inglés, por medio de diversas bases de datos como Scopus, ScienceDirect, Royal Society of Chemistry, SAGE Publishing, Hindawi, Redalyc y Google Scholar, y se restringieron los años de publicación entre 2006 y 2020; además, se consultaron páginas de distintas instituciones gubernamentales, como el Inegi y el Gobierno de México, y de organizaciones a nivel mundial como American Cancer Society y World Health Organization. Algunas fotografías utilizadas en el documento se tomaron en el lugar de origen de las plantas, otras se consiguieron en puestos de hierbas de mercados locales y, unas más, en catálogos de plantas ilustrados de instituciones gubernamentales de libre acceso.

Para la búsqueda de información en las bases de datos se utilizaron las siguientes palabras clave: cáncer, cáncer en México, plantas medicinales, plantas medicinales mexicanas, fármacos fabricados con plantas medicinales. Por último se buscó el nombre, efectos, lugar de origen, características, componentes bioactivos y estudios *in vivo* e *in vitro* de todas las plantas.

REFERENCIAS

- Abdullaev, F. I. (2002). Cancer chemopreventive and tumoricidal properties of saffron (*Crocus sativus* L.) *Exp. Biol. Med.*, 227(1), 20-25. doi: 10.1177/1153537020222700104.
- Abubakar, A. N. F., Achmadi, S. S. y Suparto, I. H. (2017). Triterpenoid of avocado (*Persea americana*) seed and its cytotoxic activity toward breast MCF-7 and liver HepG2 cancer cells. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 7 (5), 397-400. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2017.01.010>
- Agarwal, G. *et al.* (2020). Current status and contemporary approaches to the discovery of antitumor agents from higher plants. *Biotechnology Advances*, 38. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2019.01.004>
- Agner, A. R. *et al.* (2005). DNA damage and aberrant crypt foci as putative biomarkers to evaluate the chemopreventive effect of annatto (*Bixa orellana* L.) in rat colon carcinogenesis. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 582 (1-2), 146-154. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2005.01.009>
- Aguilar Rodríguez, S. *et al.* (2012). Etnobotánica, micrografía analítica de hojas y tallos y fitoquímica de *Cuphea aequipetala* Cav. (Lythraceae): Una contribución a la Farmacopea Herbolaria de los Estados Unidos Mexicanos (FHEUM). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 11 (4), 316-330.
- Al Oqail, M. M. *et al.* (2019). Corn Silk (*Zea mays* L.) Induced Apoptosis in Human Breast Cancer (MCF-7) Cells via the ROS-Mediated Mitochondrial Pathway. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/9789241>
- Alkhalaf, M. I. *et al.* (2019). Anti-oxidant, anti-inflammatory and anti-cancer activities of avocado (*Persea americana*) fruit and seed extract. *Journal of King Saud University-Science*, 31 (4), 1358-1362. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2018.10.010>
- Almada Taylor, G. *et al.* (2018). Biological activities of extracts from aerial parts of *Salvia pachyphylla* epling ex munz. *Plants*, 7 (4). <https://doi.org/10.3390/plants7040105>
- Alonso Castro, A. J. *et al.* (2011). Mexican medicinal plants used for cancer treatment: Pharmacological, phytochemical and ethnobotanical studies. *Journal of Ethnopharmacology*, 133 (3), 945-972. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.11.055>
- Alonso Castro, A. J. *et al.* (2012). Antitumor and immunomodulatory effects of *Justicia spicigera* Schltldl (Acanthaceae). *Journal of Ethnopharmacology*, 141 (3), 888-894. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2012.03.036>

- Alonso Castro, A. J. *et al.* (2017). Use of medicinal plants by health professionals in Mexico. *Journal of Ethnopharmacology*, 198, 81-86. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.12.038>
- Alonso Castro, A. J. *et al.* (2020). Antinociceptive and anti-inflammatory effects of *Cuphea aequipetala* Cav (Lythraceae). *Inflammopharmacology*, 29, 295-306. <https://doi.org/10.1007/s10787-020-00709-3>
- Alonso Castro, A. J., Juárez Vázquez, M. D. C. y Campos Xolalpa, N. (2016). Medicinal plants from Mexico, Central America, and the Caribbean used as immunostimulants. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/4017676>
- American Cancer Society (2019a). Cómo funcionan los medicamentos de quimioterapia. *Quimioterapia*. <https://www.cancer.org/es/tratamiento/tratamientos-y-efectos-secundarios/tipos-de-tratamiento/quimioterapia/como-funcionan-los-medicamentos-de-quimioterapia.html> [consultado el 3 de julio de 2021].
- American Cancer Society (2019b). Cómo se usa la quimioterapia para tratar el cáncer. *Quimioterapia*. <https://www.cancer.org/es/tratamiento/tratamientos-y-efectos-secundarios/tipos-de-tratamiento/quimioterapia/como-la-quimioterapia-es-usada-para-tratar-el-cancer.html> [consultado el 29 de noviembre de 2020].
- American Cancer Society (2019c). *Radioterapia*. <https://www.cancer.org/es/tratamiento/tratamientos-y-efectos-secundarios/tipos-de-tratamiento/radioterapia/conceptos-basicos.html> [consultado el 29 de noviembre de 2020].
- Anantharaman, A. *et al.* (2016). Induction of apoptosis by apocarotenoids in B16 melanoma cells through ROS-mediated mitochondrial-dependent pathway. *Journal of Functional Foods*, 20, 346-357. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.11.019>
- Angeles López, G. E. *et al.* (2013). Neuroprotective evaluation of *Tilia americana* and *Annona diversifolia* in the neuronal damage induced by intestinal ischemia. *Neurochemical Research*, 38, 1632-1640. <https://doi.org/10.1007/s11064-013-1065-5>
- Autore, G. *et al.* (2001). Inhibition of nitric oxide synthase expression by a methanolic extract of *Crescentia alata* and its derived flavonols. *Life Sciences*, 70 (5), 523-534. [https://doi.org/10.1016/S0024-3205\(01\)01425-4](https://doi.org/10.1016/S0024-3205(01)01425-4)
- Azouzi, R. *et al.* (2016). Effect of long-term irrigation with treated wastewater of three soil types on their bulk densities, chemical properties and PAHs content in semi-arid climate. *Arabian Journal of Geosciences*, 9. <https://doi.org/10.1007/s12517-015-2085-z>
- Balasubramanian, K. y Padma, P. R. (2013). Anticancer activity of *Zea mays* leaf extracts on oxidative stress-induced Hep2 cells. *JAMS. Journal of Acupuncture and Meridian Studies*, 6 (3), 149-158. <https://doi.org/10.1016/j.jams.2013.01.015>

- Baqueiro Peña, I. y Guerrero Beltrán, J. A. (2014). Uses of *Justicia spicigera* in medicine and as a source of pigments. *Functional Foods in Health and Disease*, 4 (9), 401. <https://doi.org/10.31989/ffhd.v4i9.150>
- Barley, V. (2007). Cancer treatment and causation. *Clinical Risk*, 13 (4), 151-153. <https://doi.org/10.1258/135626207781251068>
- Bermúdez, A., Oliveira Miranda, M. A. y Velázquez, D. (2005). La investigación etnobotánica sobre plantas medicinales: una revisión de sus objetivos y enfoques actuales. *Interciencia*, 30 (8), 453-459.
- Bhuyan, D. J. *et al.* (2019). The odyssey of bioactive compounds in Avocado (*Persea Americana*) and their health benefits. *Antioxidants*, 8 (10). <https://doi.org/10.3390/antiox8100426>
- Bustamante, L., Marín, S. y Cardona, D. (2012). Mortalidad por cáncer: segunda causa de muerte del adulto mayor en Medellín, 2002-2006. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 30 (1), 17-25.
- Cáceres Castillo, D. *et al.* (2008). 21 β -Hydroxy-oleanane-type triterpenes from *Hippocratea excelsa*. *Phytochemistry*, 69 (4), 1057-1064. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2007.10.016>
- Campos, H. *et al.* (2020). Water availability effects on germination, membrane stability and initial root growth of *Agave lechuguilla* and *A. salmiana*. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 268. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151606>
- Cardenas Sandoval, B. A. *et al.* (2012). Advances in the phytochemistry of *Cuphea aequipetala*, *C. aequipetala* var. *hispida* and *C. lanceolata*: Extraction and quantification of phenolic compounds and antioxidant activity. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 11 (3), 401-413.
- Carmona Aparicio, L. *et al.* (2019). Dose-Dependent Behavioral and Antioxidant Effects of Quercetin and Methanolic and Acetonic Extracts from *Heterotheca inuloides* on Several Rat Tissues following Kainic Acid-Induced Status Epilepticus. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2019.
- Cassani, J. *et al.* (2014). Anti-depressant-like effect of kaempferitrin isolated from *Justicia spicigera* Schltld (Acanthaceae) in two behavior models in mice: Evidence for the involvement of the serotonergic system. *Molecules*, 19 (12), 21442-21461. <https://doi.org/10.3390/molecules191221442>
- Cates, R. G. *et al.* (2013). Evaluation of the activity of Guatemalan medicinal plants against cancer cell lines and microbes. *Journal of Medicinal Plants Research*, 7 (35), 2616-2627. <https://doi.org/10.5897/JMPR2013.4478>

- Chen, A. Y. y Chen, Y. C. (2013). A review of the dietary flavonoid, kaempferol on human health and cancer chemoprevention. *Food Chemistry*, 138 (4), 2099-2107. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.139>
- Chérigo, L. *et al.* (2008). Inhibitors of bacterial multidrug efflux pumps from the resin glycosides of *Ipomoea murucoides*. *Journal of Natural Products*, 71 (6), 1037-1045. <https://doi.org/10.1021/np800148w>
- Chevallier, A. (1996). Hierbas medicinales para su uso doméstico. En A. Chevallier, *Enciclopedia de plantas medicinales*. España: Acento, 284.
- Chunhakant, S. y Chaicharoenpong, C. (2019). Antityrosinase, Antioxidant, and Cytotoxic Activities of Phytochemical Constituents from *Manilkara zapota* L. Bark. *Molecules*, 24 (15). <https://doi.org/10.3390/molecules24152798>
- Coballase Urrutia, E. *et al.* (2010). Antioxidant activity of *Heterotheca inuloides* extracts and of some of its metabolites. *Toxicology*, 276 (1), 41-48. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2010.06.013>
- Columba Palomares, M. C. *et al.* (2018). Antiproliferative and anti-inflammatory acyl glucosyl flavones from the leaves of *Bursera copallifera*. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 62 (4), 214-224. <https://doi.org/10.29356/jmcs.v62i4.624>
- Conabio (2020). *Plantas medicinales*. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/medicinal/plantas> [consultado el 13 de enero de 2021].
- Cruz Gálvez, A. M. *et al.* (2013). Antibacterial effect against foodborne bacteria of plants used in traditional medicine in central Mexico: Studies in vitro and in raw beef. *Food Control*, 32 (1), 289-295. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.12.018>
- Cuevas Juárez, E. *et al.* (2014). Antioxidant and α -glucosidase inhibitory properties of soluble melanins from the fruits of *Vitex mollis* Kunth, *Randia echinocarpa* Sessé et Mociño and *Crescentia alata* Kunth. *Journal of Functional Foods*, 9 (1), 78-88. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.04.016>
- Dabas, D. *et al.* (2019). In Vitro Antioxidant and Cancer Inhibitory Activity of a Colored Avocado Seed Extract. *International Journal of Food Science*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/6509421>
- Dara Hama Amin, A. y Mousa, M. (2007). Merits of anti-cancer plants from the Arabian Gulf region. *Cancer Ther*, 5, 55-66.
- De Oliveira Júnior, R. G. *et al.* (2019). Bixin, an apocarotenoid isolated from *Bixa orellana* L., sensitizes human melanoma cells to dacarbazine-induced apoptosis through ROS-mediated cytotoxicity. *Food and Chemical Toxicology*, 125, 549-561. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.02.013>

- Déciga Campos, M. *et al.* (2007). Acute toxicity and mutagenic activity of Mexican plants used in traditional medicine. *Journal of Ethnopharmacology*, 110 (2), 334-342. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2006.10.001>
- Domínguez, F. *et al.* (2018). Bursera copallifera Extracts Have Cytotoxic and Migration-Inhibitory Effects in Breast Cancer Cell Lines. *Integrative Cancer Therapies*, 17 (3), 654-664. <https://doi.org/10.1177/1534735418766416>
- Duru, C. E. (2020). Mineral and phytochemical evaluation of *Zea mays* husk. *Scientific African*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00224>
- Egas, V. *et al.* (2018). Anti-*Helicobacter pylori* metabolites from *Heterotheca inuloides* (Mexican arnica). *Fitoterapia*, 127, 314–321. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2018.03.001>
- Firenzuoli, F. y Gori, L. (2007). Herbal Medicine Today: Clinical and Research Issues, *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 4, 37-40. <https://doi.org/10.1093/ecam/nem096>
- Flores Vallejo, R. del C. *et al.* (2020). ITS2 ribotyping, *in vitro* anti-inflammatory screening, and metabolic profiling of fungal endophytes from the Mexican species *Crescentia alata* Kunth. *South African Journal of Botany*, 134, 213-224. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.12.030>
- Francis, G. *et al.* (2002). The biological action of saponins in animal systems: a review. *British Journal of Nutrition*, 88 (6), 587-605. <https://doi.org/10.1079/bjn2002725>
- Garg, N., Abdel Aziz, S. M. y Aeron, A. (eds.) (2016). *Microbes in Food and Health*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-25277-3>
- Gene, R. M., Segura, L. y Marin, E. (1998). *Heterotheca inuloides*: anti-inflammatory and analgesic effect, 60 (2), 157-162.
- Giovannini, P. y Heinrich, M. (2009). Xki yoma' (our medicine) and xki tienda (patent medicine)—Interface between traditional and modern medicine among the Mazatecs of Oaxaca, Mexico. *Journal of Ethnopharmacology*, 121 (3), 383-399. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.11.003>
- Gnanaprakasam, J. N. R., Estrada Muñiz, E. y Vega, L. (2015). The anacardic 6-pentadecyl salicylic acid induces macrophage activation via the phosphorylation of ERK1/2, JNK, P38 kinases and NF- κ B. *International Immunopharmacology*, 29 (2), 808-817. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2015.08.038>
- Gnanaprakasam, J. N. R., Estrada Muñiz, E. y Vega, L. (2019). The antineoplastic agent anacardic 6-pentadecyl salicylic acid produces immunomodulation *in vivo* via the activation of MAPKs. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 376, 82-92. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2019.05.017>

- Gobierno de México (2018). El cáncer en el mundo y México. *México Infocáncer*. <https://www.infocancer.org.mx/?c=conocer-el-cancerya=estadisticas-mundiales-y-locales> [consultado el 10 de julio de 2020].
- Gonçalves, M. L. L. *et al.* (2020). Antimicrobial photodynamic therapy with *Bixa orellana* extract and blue LED in the reduction of halitosis—A randomized, controlled clinical trial. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 30, 101751. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2020.101751>
- González, K. E. *et al.* (2020). Antioxidant properties in bracts of sun poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*) from Mexico. *Acta Horticulturae*, 1288, 89-93. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1288.13>
- González Trujano, M. E. *et al.* (1998). Some pharmacological effects of the ethanol extract of leaves of *Annona diversifolia* on the central nervous system in mice. *Phytotherapy Research*, 12 (8), 600-602. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1573\(199812\)12:8<600::AID-PTR363>3.0.CO;2-N](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1573(199812)12:8<600::AID-PTR363>3.0.CO;2-N)
- González Trujano, M. E. *et al.* (2017). *Justicia spicigera* Schltdl. and kaempferitrin as potential anticonvulsant natural products. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 92, 240-248. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.05.075>
- González Trujano, M. E., Navarrete, A. y Reyes, B. (2000). Anticonvulsant Properties and Bio-Guided Isolation of Palmitone from Leaves of *Annona diversifolia*. *Planta Med.*, 67 (2), 136–141.
- Graham, J. G. *et al.* (2000). Plants used against cancer—An extension of the work of Jonathan Hartwell. *Journal of Ethnopharmacology*, 73 (3), 347–377. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(00\)00341-X](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(00)00341-X)
- Guerrero, I. C. *et al.* (2006). Abietane diterpenoids from *Salvia pachyphylla* and *S. clevelandii* with cytotoxic activity against human cancer cell lines. *Journal of Natural Products*, 69 (12), 1803-1805. <https://doi.org/10.1021/np060279i>
- Herrera Santoyo, J., López Delgado, H. y Mora Herrera, M. E. (2007). Stress in callus of *Hippocratea excelsa*: Catalase activity, hydrogen peroxide content and canophyllol accumulation. *Interciencia*, 32 (4), 253-256.
- INEGI (2018). *Comunicado de Prensa: Estadísticas a propósito del... Día Mundial Contra el Cáncer (4 de febrero) Datos Nacionales*.
- Iqbal, J. *et al.* (2017). Plant-derived anticancer agents: A green anticancer approach. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 7 (12), 1129-1150. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2017.10.016>

- ISEM (2018). *Cáncer*. http://salud.edomex.gob.mx/isem/tp_cancer
- Jacobo Herrera, N. J. *et al.* (2016). Medicinal plants used in Mexican traditional medicine for the treatment of colorectal cancer. *Journal of Ethnopharmacology*, 179, 391-402. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.12.042>
- Jang, M. H. *et al.* (2008). Inhibition of cholinesterase and amyloid-beta aggregation by resveratrol oligomers from *Vitis amurensis*. *Phytotherapy Research*, 22 (4), 544-549. <https://doi.org/10.1002/ptr>
- Jassbi, A. R. *et al.* (2016). Bioactive phytochemicals from shoots and roots of *Salvia* species. *Phytochemistry Reviews*, 15, 829-867. <https://doi.org/10.1007/s11101-015-9427-z>
- Karbwang, J. *et al.* (2019). Herbal Medicine Development: Methodologies, Challenges, and Issues. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2019.
- Killiny, N. (2016). Generous hosts: What makes Madagascar periwinkle (*Catharanthus roseus*) the perfect experimental host plant for fastidious bacteria? *Plant Physiology and Biochemistry*, 109, 28-35. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.09.002>
- Kim, S. H. y Choi, K. C. (2013). Anti-cancer effect and underlying mechanism(s) of Kaempferol, a phytoestrogen, on the regulation of apoptosis in diverse cancer cell models. *Toxicological Research*, 29 (4), 229-234. <https://doi.org/10.5487/TR.2013.29.4.229>
- Kim, T. J. *et al.* (2018). The antitumor natural compound faltarindiol disrupts neural stem cell homeostasis by suppressing notch pathway. *International Journal of Molecular Sciences*, 19 (11). <https://doi.org/10.3390/ijms19113432>
- Knauth, P. *et al.* (2018). *In Vitro* Bioactivity of Methanolic Extracts from *Amphipterygium adstringens* (Schltdl.) Schiede ex Standl., *Chenopodium ambrosioides* L., *Cirsium mexicanum* DC., *Eryngium carlinae* F. Delaroché, and *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. Used in Traditional Medicine in Mexico. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/3610364>
- Kumar, Y., Phaniendra, A. y Periyasamy, L. (2018). Bixin Triggers Apoptosis of Human Hep3B Hepatocellular Carcinoma Cells: An Insight to Molecular and IN SILICO Approach. *Nutrition and Cancer*, 70 (6), 971-983. <https://doi.org/10.1080/01635581.2018.1490445>
- Kuruppu, A. I., Paranagama, P. y Goonasekara, C. L. (2019). Medicinal plants commonly used against cancer in traditional medicine formulae in Sri Lanka. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 27 (4), 565-573. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2019.02.004>
- León, I. *et al.* (2005). Pentasaccharide glycosides from the roots of *Ipomea murucoides*. *J. Nat. Prod.*, 68 (8), 1141-1146. doi: 10.1021/mp050075in.

- León Rivera, I. *et al.* (2017). Hepta-, hexa-, penta-, tetra-, and trisaccharide resin glycosides from three species of *Ipomoea* and their antiproliferative activity on two glioma cell lines. *Magnetic Resonance in Chemistry*, 55 (3), 214-223. <https://doi.org/10.1002/mrc.4476>
- Li, J. J. *et al.* (2019). Anti-Cancer Effects of Pristimerin and the Mechanisms: A Critical Review. *Frontiers in Pharmacology*. <https://doi.org/10.3389/fphar.2019.00746>
- Liu, Y. P. *et al.* (2019). Prenylated Coumarins from the Fruits of Manilkara zapota with Potential Anti-inflammatory Effects and Anti-HIV Activities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67 (43) 11942-11947. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b04326>
- López Rubalcava, C. y Estrada Camarena, E. (2016). Mexican medicinal plants with anxiolytic or antidepressant activity: Focus on preclinical research. *Journal of Ethnopharmacology*, 186, 377-391. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.03.053>
- Martínez Bonfil, B. P. *et al.* (2013). A propagation procedure for *Cuphea aequipetala* cav. (Lythraceae) and antioxidant properties of wild and greenhouse-grown plants. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 12 (1), 1-14.
- Martínez Bonfil, B. P. *et al.* (2014). Effects of culture medium and auxins on growth of adventitious root cultures of *Cuphea aequipetala* Cav. and their ability to produce antioxidant compounds. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 118, 401-408. <https://doi.org/10.1007/s11240-014-0492-6>
- Meira, M. *et al.* (2012). Review of the genus *Ipomoea*: Traditional uses, chemistry and biological activities. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 22 (3), 682-713. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2012005000025>
- Mena Rejón, G. J. *et al.* (2007). Antigiardial activity of triterpenoids from root bark of *Hippocratea excelsa*. *Journal of Natural Products*, 70 (5), 863-865. <https://doi.org/10.1021/np060559y>
- Moon, S. H. *et al.* (2018). A rich source of potential bioactive compounds with anticancer activities by *Catharanthus roseus* cambium meristematic stem cell cultures. *Journal of Ethnopharmacology*, 217, 107-117. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.02.021>
- Mvondo, M. A., Messongue Mbollo, N. S. y Njamen, D. (2020). The ethanol extract of avocado [*Persea americana* Mill. (Lauraceae)] seeds reduced the hyperplastic effect of tamoxifen on uterine endometrium without changing its effect on the mammary gland. *Advances in Traditional Medicine*, 21, 305-316. <https://doi.org/10.1007/s13596-020-00443-9>
- Navarrete, A., Trejo Miranda, J. L. y Reyes Trejo, L. (2002). Principles of root bark of *Hippocratea excelsa* (Hippocrataceae) with gastroprotective activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 79 (3), 383-388. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(01\)00414-7](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(01)00414-7)

- Nile, S. H. y Park, S. W. (2014). Antioxidant, α -glucosidase and xanthine oxidase inhibitory activity of bioactive compounds from maize (*Zea mays* L.). *Chemical Biology & Drug Design*, 83 (1), 119-125. <https://doi.org/10.1111/cbdd.12205>
- Peraza Sánchez, S. R., Chan Che, E. O. y Ruiz Sánchez, E. (2005). Screening of Yucatecan plant extracts to control *Colletotrichum gloeosporioides* and isolation of a new pimarene from *Acacia pennatula*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (7), 2429-2432. <https://doi.org/10.1021/jf040422i>
- Perez, R. M. *et al.* (1995). Anti-inflammatory activity of the bark of *Hippocratea excelsa*. *Journal of Ethnopharmacology*, 47 (2), 85-90. [https://doi.org/10.1016/0378-8741\(95\)01257-E](https://doi.org/10.1016/0378-8741(95)01257-E)
- Popoca, J. *et al.* (1998). Cytotoxic activity of selected plants used as antitumorals in Mexican traditional medicine. *Journal of Ethnopharmacology*, 59 (3), 173-177. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(97\)00110-4](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(97)00110-4)
- Puente Garza, C. A., García Lara, S. y Gutiérrez Uribe, J. A. (2017). Enhancement of saponins and flavonols by micropropagation of *Agave salmiana*. *Industrial Crops and Products*, 105, 225-230. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.05.014>
- Puente Garza, C. A., Espinosa Leal, C. A. y García Lara, S. (2018). Steroidal Saponin and Flavonol Content and Antioxidant Activity during Sporophyte Development of Maguey (*Agave salmiana*). *Plant Foods for Human Nutrition*, 73, 287-294. <https://doi.org/10.1007/s11130-018-0684-z>
- Ramos Garza, J. *et al.* (2016). Diversity of fungal endophytes from the medicinal plant *Dendropanax arboreus* in a protected area of Mexico. *Annals of Microbiology*, 66, 991-1002. <https://doi.org/10.1007/s13213-015-1184-0>
- Reyes Chilpa, R. *et al.* (2003). Natural insecticides from *Hippocratea excelsa* and *hippocratea celastroides*. *Economic Botany*, 57 (1), 54-64.
- Rios, M. Y. (2005). Terpenes, coumarins, and flavones from *Acacia pennatula*. *Chemistry of Natural Compounds*, 41, 297-298. <https://doi.org/10.1007/s10600-005-0133-8>
- Rivera Madrid, R. *et al.* (2016). Carotenoid derivatives in achiote (*Bixa orellana*) seeds: Synthesis and health promoting properties. *Frontiers in Plant Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01406>
- Riyanto, C. A. *et al.* (2020). Adsorption of cibacet yellow and cibacet red from aqueous solution onto activated carbon from annatto peels (*Bixa orellana* L.). *AIP Conference Proceedings*, 2237. <https://doi.org/10.1063/5.0005372>
- Robbins y Cotran (2010). Neoplasias. En Kumar *et al.*, *Patología estructural y funcional*. 8ª ed. Barcelona: Elsevier, 260.

- Rodríguez Chávez, J. L. *et al.* (2015). Antioxidant Capacity of “Mexican Arnica” *Heterotheca inuloides* Cass Natural Products and Some Derivatives: Their Anti-Inflammatory Evaluation and Effect on *C. elegans* Life Span. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2015.
- Rodríguez Chávez, J. L. *et al.* (2015). Toxicological evaluation of the natural products and some semisynthetic derivatives of *Heterotheca inuloides* Cass (Asteraceae). *Journal of Ethnopharmacology*, 175, 256-265. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.08.055>
- Rodríguez Chávez, J. L. *et al.* (2016). Heterotheca inuloides (Mexican arnica) metabolites protect *Caenorhabditis elegans* from oxidative damage and inhibit nitric oxide production. *RSC Advances*, 6, 12032-12041. <https://doi.org/10.1039/C5RA21646J>
- Rodríguez Chávez, J. L. *et al.* (2017). Mexican Arnica (*Heterotheca inuloides* Cass. Asteraceae: Astereae): Ethnomedical uses, chemical constituents and biological properties. *Journal of Ethnopharmacology*, 2017, 39-63.
- Rodríguez Chávez, J. L. *et al.* (2019). Chemo-sensitizing activity of natural cadinanes from *Heterotheca inuloides* in human uterine sarcoma cells and their *in silico* interaction with ABC transporters. *Bioorganic Chemistry*, 91. <https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2019.103091>
- Rodríguez García, A. *et al.* (2015). *In Vitro* Antimicrobial and Antiproliferative Activity of *Amphipterygium adstringens*. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/175497>
- Rodríguez López, V., Salazar, L. y Estrada, S. (2003). Spasmolytic activity of several extracts obtained from some Mexican medicinal plants. *Fitoterapia*, 74 (7-8), 725-728. [https://doi.org/10.1016/S0367-326X\(03\)00187-4](https://doi.org/10.1016/S0367-326X(03)00187-4)
- Romero Estrada, A. *et al.* (2016). Anti-inflammatory and antioxidative effects of six pentacyclic triterpenes isolated from the Mexican copal resin of *Bursera copallifera*. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 16. <https://doi.org/10.1186/s12906-016-1397-1>
- Sackey, J. *et al.* (2020). Electrochemical properties of *Euphorbia pulcherrima* mediated copper oxide nanoparticles. *Materials Chemistry and Physics*, 244. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2020.122714>
- Salazar, L. *et al.* (2018). Biological Effect of Organically Coated *Grias neuberthii* and *Persea americana* Silver Nanoparticles on HeLa and MCF-7 Cancer Cell Lines. *Journal of Nanotechnology*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/9689131>
- Santiváñez Acosta, R. y Cabrera Meléndez, J. (2013). *Catálogo florístico de plantas medicinales peruanas*. Lima: Ministerio de Salud/Instituto Nacional de Salud/Centro Nacional de

- Salud Intercultural, disponible en: https://bvainst.gob.pelinsprint/CEUSI/catálogo_florístico_plantas_medicinales.pdf.
- Santos Zea, L. *et al.* (2012). Agave (Agave spp.) and its Traditional Products as a Source of Bioactive Compounds. *Current Bioactive Compounds*, 8 (3), 218-231. <https://doi.org/10.2174/157340712802762410>
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de México (2004). Plantas aromáticas y medicinales. http://icamex.edomex.gob.mx/aromaticas_medicinales [consultado el 10 de julio de 2020].
- Simon, C. *et al.* (2008). Principles of cancer treatment. *InnovAiT: Education and inspiration for general practice*, 1 (2), 107-118. <https://doi.org/10.1093/innovait/inn005>
- Singh, K.K., Rauniar, G. P. y Sangraula, H. (2012). Experimental study of neuropharmacological profile of Euphorbia pulcherrima in mice and rats. *Journal of Neurosciences in Rural Practice*, 3 (3), 311-319. <https://doi.org/10.4103/0976-3147.102612>
- Smith Kielland, I. *et al.* (1996). Cytotoxic triterpenoids from the leaves of *Euphorbia pulcherrima*. *Planta Medica*, 62 (4), 322-325. <https://doi.org/10.1055/s-2006-957893>
- Suresh, G. *et al.* (2020). Mycosynthesis of anticancer drug taxol by *Aspergillus oryzae*, an endophyte of *Tarenna asiatica*, characterization, and its activity against a human lung cancer cell line. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 24. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101525>
- Tan, B. L., Norhaizan, M. E. y Chan, L. C. (2018a). *Manilkara zapota* (L.) P. Royen leaf water extract induces apoptosis in human hepatocellular carcinoma (HepG2) Cells via ERK1/2/Akt1/JNK1 Signaling Pathways. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/7826576>
- Tan, B. L., Norhaizan, M. E. y Chan, L. C. (2018b). ROS-Mediated Mitochondrial Pathway is Required for *Manilkara Zapota* (L.) P. Royen Leaf Methanol Extract Inducing Apoptosis in the Modulation of Caspase Activation and EGFR/NF- B Activities of HeLa Human Cervical Cancer Cells. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/6578648>
- Tewari, D., Rawat, P. y Singh, P. K. (2019). Adverse drug reactions of anticancer drugs derived from natural sources. *Food and Chemical Toxicology*, 123, 522-535. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.11.041>
- Uarrotta, V. G. *et al.* (2014). Biochemical profile of leaf, silk and grain samples of eight maize landraces (*Zea Mays* L.) cultivated in two low-input agricultural systems. *Journal of Food Biochemistry*, 38 (6), 551-562. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12087>

- Uscanga Palomeque, A. C. *et al.* (2019). Inhibitory effect of *Cuphea aequipetala* extracts on murine B16F10 melanoma *in vitro* and *in vivo*. *BioMed Research International*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/8560527>
- Valdés, M. *et al.* (2020). *Antihyperglycemic Effects of Annona diversifolia Safford* and Its Acyclic Terpenoids: α -Glucosidase and Selective SGLT1 Inhibitors. *Molecules*, 25 (15).
- Valladares, M. G. y Rios, M. Y. (2007). Iridoids from *Crescentia alata*. *Journal of Natural Products*, 70 (1), 100-102. <https://doi.org/10.1021/np060499w>
- Vanderjagt, T. J. *et al.* (2002). Comparison of the total antioxidant content of 30 widely used medicinal plants of New Mexico. *Life Sciences*, 70 (9), 1035-1040.
- Wang, S. J. *et al.* (2013). Plants and cervical cancer: an overview. *Expert Opinion on Investigational Drugs*, 22 (9), 1133-1156. <https://doi.org/10.1517/13543784.2013.811486>
- Werka, J.S., Boehme, A. y Setzer, W. (2007). Biological Activities of Essential Oils from Monteverde, Costa Rica. *Natural Product Communications*, 2 (12), 1215-1219.
- WHO (2018a). *Cáncer*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cancer> [consultado el 10 de julio de 2020].
- WHO (2018b). Medicina tradicional: definiciones. https://www.who.int/topics/traditional_medicine/definitions/es/ [consultado el 10 de julio de 2020].
- Widiyastuti, Y. *et al.* (2018). Cytotoxic activity and apoptosis induction of avocado *Persea americana* Mill. Seed extract on MCF-7 cancer cell line. *Indonesian Journal of Biotechnology*, 23 (2), 61-67. <https://doi.org/10.22146/ijbiotech.32141>
- Wu, Y. H. *et al.* (2019). Avocado (*Persea americana*) fruit extract (2R,4R)-1,2,4-trihydroxyheptadec-16-yne inhibits dengue virus replication via upregulation of NF- κ B-dependent induction of antiviral interferon responses. *Scientific Reports*, 9. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36714-4>
- Zhang, L. *et al.* (2014). Simultaneous quantitative determination of five alkaloids in *Catharanthus roseus* by HPLC-ESI-MS/MS. *Chinese Journal of Natural Medicines*, 12 (10), 786-793. [https://doi.org/10.1016/S1875-5364\(14\)60120-5](https://doi.org/10.1016/S1875-5364(14)60120-5)

CAPÍTULO V

LA MAGIA CEREMONIAL Y MEDICINAL DEL YAUHTLI O PERICÓN (*TAGETES LUCIDA* CAV.)

*Ma. Victoria Domínguez García**

*Miriam Verónica Flores Merino**

*Laura Patricia Montenegro Morales**

*Martín Bedolla Barajas***

INTRODUCCIÓN

Descripción

El pericón pertenece a la familia *Asteraceae* y al género *Tagetes*; es una planta herbácea, aromática, perenne y erecta. Mide entre 80 cm y 100 cm de alto, su tallo puede tener ramificaciones, sus hojas son alargadas en forma elíptica, ligeramente aserradas en la base, con una longitud que varía entre 2 cm y 10 cm (imagen 1). Las flores están dispuestas en cabezuelas acomodadas en corimbos. Cuando maduran, son liguladas con corolas de color amarillo-anaranjado, con una longitud de entre 4 mm y 6 mm y un olor a anís (imagen 1) (Rzedowski y Rzedowsky, 2001; Vibrans, 2009).

* Universidad Autónoma del Estado de México.

** Nuevo Hospital Civil de Guadalajara “Dr. Juan I. Menchaca”.

Imagen 1. Tallos y hojas del pericón



Fuente: fotografías de Ma. Victoria Domínguez García.

Imagen 2. Inflorescencia del pericón



Detalle de la inflorescencia sin madurar (izquierda) y madura (derecha).

Fuente: fotografías de Ma. Victoria Domínguez García.

Al madurar, con el cambio de clima en el otoño, las inflorescencias se secan y liberan sus frutos y semillas, que se tornan de color negrusco, pero conservan su olor, y se quedan en el suelo durante un año en espera de su próxima germinación, la cual ocurre en época de lluvias (Rzedowski y Rzedowsky, 2001; Vibrans, 2009).

Imagen 3. Flores secas y semillas del pericón



Fuente: fotografías de Ma. Victoria Domínguez García.

El pericón es originario de México y Guatemala, sin embargo, en la actualidad se cultiva en diversas partes del mundo, por ejemplo en Cuba y Costa Rica (Rzedowski y Rzedowsky, 2001); además, su cultivo se ha propagado a otros continentes como Asia, África y Europa, donde existen diferentes especies del género *Tagetes* (Babu y Kaul, 2007; Salehi *et al.*, 2018).

Nombres más utilizados del pericón

La especie fue descrita, por primera vez, por Antonio José de Cavanilles y publicada en *Icones et Descriptiones Plantarum* (Biblioteca Digital del Real Jardín Botánico, 2019). El nombre que se utiliza más en la zona central de México es el de pericón, su nombre científico es *Tagetes lucida* Cavanilles y también tiene como sinónimo *Tagetes florida* Sweet. Existen diversos nombres comunes en español y en inglés como se puede ver en la tabla 1. Su clasificación taxonómica se encuentra en la tabla 2, donde se incluye la clasificación del anís (*Tagetes micrantha* Cav.), debido a que comparten el aroma y pertenecen al mismo grupo taxonómico (Vibrans, 2009).

Tabla 1. Nombres más utilizados del pericón

<i>Nombres prehispánicos</i>	<i>Nombres actuales</i>	<i>Nombres en inglés</i>
<i>Cuabuyauhtli</i> o <i>yauhtli</i> (del náhuatl, que significa hierba de las nubes).	Hierbanís, jericón, pericón vomol y santa María (zona central de México).	<i>Sweetscented marigold, sweetmace, sweet marigold.</i>
<i>Naná uarhi</i> (lengua purépecha).	Cuchrucumín, falso hipericón, flor de santa María, hierba añil, pericón, periquillo y yerbanís (Bajío de México). Tzitziqui y yiauhitli (otras zonas).	

Fuente: elaboración propia con base en Márquez *et al.* (1999) y Villarreal (2003).

Tabla 2. Clasificación taxonómica del pericón y del anís

	<i>Pericón (Tagetes lucida Cav.)</i>	<i>Anís (Tagetes micrantha Cav.)</i>
<i>Reino</i>	Plantae	Plantae
<i>Subreino</i>	Traqueobionta (plantas vasculares)	Traqueobionta (plantas vasculares)
<i>Superdivisión</i>	Spermatophyta (plantas con semillas)	Spermatophyta (plantas con semillas)
<i>División</i>	Magnoliophyta (plantas con flor)	Magnoliophyta (plantas con flor)
<i>Clase</i>	Magnoliopsida (dicotiledóneas)	Magnoliopsida (dicotiledóneas)
<i>Subclase</i>	Asteridae	Asteridae
<i>Orden</i>	Asterales	Asterales

Fuente: elaboración propia con base en Vibrans (2009, 2011).

USOS CEREMONIALES DEL PERICÓN

El yautli, también denominado “el oscuro”, era usado por la población nahua de diversas formas, por ejemplo, se quemaba como incienso para establecer comunicación con lo sagrado a través del fuerte aroma y humo que desprendía, solía extenderse a los pies de sus deidades en forma de polvo y era colocado en los rostros de las personas consagradas a los dioses a través del sacrificio (Velasco y Nagao, 2006).

Las celebraciones en las que se hace uso del pericón son frecuentes en el Estado de México, Morelos y Guerrero (en el municipio de Pilcaya), donde la planta crece abundantemente. En la comunidad de Xoxocotla, Morelos, se acostumbra colgar cruces de esta flor en puertas y ventanas como protección tres días antes de la celebración de san Miguel. Su crecimiento coincide con los ciclos de siembra de

temporal, entre los meses de junio y septiembre. A san Miguel se le pide protección para que el maíz llegue a su buena cosecha durante noviembre y este es ayudado por otros santos y su aliado más cercano, el yauhtli o pericón, el cual protege al maíz de entidades malignas o “malos aires” (Serafino, 2015).

En algunos pueblos de Morelos, como Xoxocotla, Coatetelco y Alpuyeca, se acostumbra llevar flores de pericón a las tumbas; también se usa en baños después del parto (Monroy y Castillo, 2007), y pobladores de la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla en Morelos usan el tallo y la flor en té, así como las hojas en cataplasma contra parásitos, reumas y limpias (Maldonado, Ortiz y Dorado, 2004). Otras formas de uso ceremonial son limpias con las plantas frescas y, en el temascal, se usan las plantas en seco para ahuyentar a los malos espíritus. Asimismo, las plantas secas se queman para producir humo y ahuyentar a los mosquitos (Márquez *et al.*, 1999; Sierra, 2008; Figueroa, 2009).

En el poblado de San Buenaventura del municipio de Toluca, Estado de México, el pericón se usa para proteger contra “malos aires” a las mujeres puérperas. Se les baña con un agua que contiene una infusión de esta planta durante toda la cuarentena o, por lo menos, durante una semana (de acuerdo con información del dominio popular). En este sentido, la investigadora Dora Sierra Carrillo relaciona la flor del yauhtli con el calor, la luz, el fuego y la vida, propiedades calientes que son utilizadas para salvaguardar a los seres de las fuerzas frías nocivas, como los aires (Velasco y Nagao, 2006; Sierra, 2008).

En Pilcaya, Guerrero, se celebra el Día de San Miguel Arcángel el 29 de septiembre y, entre las actividades que se realizan en esta festividad, se encuentran las ceremonias conocidas como “la enflorada” o “periconeada”, donde los pobladores realizan una procesión y portan ramos de la planta. Otros usos ceremoniales en esta población incluyen la protección de cultivos, huertos, puertas y ventanas de las casas. Asimismo, los autos se adornan con cruces de pericón, que justo florece para esta época.

Se piensa que esta costumbre empezó en la época prehispánica para festejar el final de las lluvias con cruces de flores de yauhtli que se ponían en los sembradíos de maíz para proteger el elote hasta que se convirtiera en mazorca. La conexión entre el pericón y Tláloc (dios de la lluvia) fue muy cercana, ya que había una gran coincidencia entre el inicio de la lluvia y el surgimiento de los brotes de yauhtli. A finales de septiembre, al término de la temporada de lluvias, la planta empezaba a florecer. El dios Tláloc había logrado su objetivo de hacer la tierra fértil para tener

cosecha de elotes y aprovechar el florecimiento del yauhtli; así, esta planta se agregaba a las preparaciones con elote durante su cocimiento, lo que les daba un color y aroma característicos que las hacían más apetecibles y digeribles. Después, se esperaba a que los elotes maduraran para realizar la cosecha de maíz en noviembre (Velasco y Nagao, 2006; Sierra, 2008).

Imagen 4. Cruces de pericón en huertos y casas



Fuente: fotografías de Ma. Victoria Domínguez García.

Los evangelizadores españoles aprovecharon las ceremonias que realizaban los nativos mexicanos para incorporarlas a las festividades de san Miguel Arcángel y eligieron el 29 de septiembre para festejarlo. Desde la noche anterior se adornaban las huertas de maíz, pero su uso se extendió al adorno de otros tipos de huertas (Velasco y Nagao, 2006; Sierra, 2008).

USOS MEDICINALES TRADICIONALES DEL PERICÓN

Existe información de que, en la medicina tradicional, las especies de *Tagetes* son fuente de aceites esenciales e infusiones usados para tratar diversas afecciones o problemas relacionados con la salud humana. Por ejemplo, se ha informado del uso del pericón en infusión como tónico para dar fortaleza corporal. También es recomendado para tratar enfermedades gastrointestinales, como diarrea, disentería y vómito, y enfermedades sistémicas, como reumatismo, anemia, várices y resfriado común (Márquez *et al.*, 1999; Figueroa, 2009; Piastri, Orfila y Pardías, 2009).

En algunas publicaciones se respalda el uso de *T. lucida* como abortivo, inductor del parto y contra dolores menstruales, además de su uso típico en problemas gastrointestinales (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009; Piastri, Orfila y Pardías, 2009). Otros estudios han reportado el uso de especies de *Tagetes* contra resfriados, infecciones del pecho, inflamaciones respiratorias, tos y catarro (Karimian, Kavooosi y Amirghofran, 2014).

En un estudio realizado por Pérez-Ortega *et al.* (2016), se entrevistó a ocho curanderos (cinco mujeres y tres hombres) y a 25 comerciantes de hierbas medicinales de los siguientes lugares del estado de Morelos: Alpuyeca, Amatlán de Quetzalcóatl, Cuernavaca, Cuautla, Temixco, Tepoztlán, Tetela del Volcán, Tlayapacan, Yautepec y Yecapixtla. Se les preguntó en relación a las recomendaciones del pericón para el tratamiento de los nervios, así como a las plantas que se utilizan con más frecuencia para tratar la ansiedad; en caso de que no mencionaran esta planta, se les preguntó qué tan frecuente es. La respuesta fue que las formas de uso más recomendadas son en infusión o en tintura y las principales enfermedades que trata son nervios, frialdad, dolor, susto y puerperio. En menor grado lo recomiendan para tristeza, reumatismo, catarro, úlceras, fluidos vaginales, sistema digestivo y riñones.

En general, a *T. lucida* se le atribuyen diferentes propiedades, entre las que destaca su actividad antiespasmódica, sedante, antimicótica, antibacteriana y antioxidante (Barajas *et al.*, 2011). Sin embargo, el conocimiento de su uso en la salud humana está basado principalmente en la medicina tradicional y son pocos los estudios dedicados a investigar y reportar la evidencia de sus aplicaciones terapéuticas.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

En la enciclopedia digital *Tesouro de plantas medicinales* (Piastri, Orfila y Pardías, 2009), se reportó que el aceite esencial de las flores y hojas de *T. lucida* está compuesto por 28% de B-cariofileno, 16.5% de limoneno, 14% de B-ocimeno, entre 4% y 5% de mirceno y, el resto, por tagetona, dihidrotagerona, esdragol, éter metílico de eugenol, linalool, ailannisol y aneto; además, los compuestos polares incluyen alcaloides cuaternarios, flavonoides, saponinas, taninos, leuco-antocianinas, ácido gálico, poliacetilenos, glucósidos cianogenénicos, cumarinas (dimetilalileter de 7-hidroxycumarina, 7-metoxicumarina y 6,7,8-trimetoxicumarina), derivados de

tiofeno, A^o-tertienilo, poli-acetileno (5-(3-buten-I-inil)- 2,2'-bitienol), dextrina, goma, grasas, pectina, tres resinas ácidas, taninos y sales minerales.

Los aceites esenciales de las especies de *Tagetes* comparten compuestos como los hidrocarburos de monoterpenos (ocimenos, limoneno, terpineno y mirceno, entre otros), cetonas monoterpénicas acíclicas que son aromatizantes (tagetona, dihidrotagetona y tagetenona) e hidrocarburos sesquiterpénicos, además de compuestos oxigenados. *T. lucida* se diferencia por la gran cantidad de fenilpropanoides (metileugenol, metilchavicol y anetol) con ligeras variaciones en sus cantidades, que dependen de si los aceites son preparados con hojas o con flores (Salehi *et al.*, 2018).

Compuestos químicos del pericón

Tanto a nivel ceremonial como a nivel terapéutico las partes de la planta que se utilizan son las aéreas: flores y hojas, por lo que los estudios de su composición química se enfocan en ellas. De acuerdo con el método de extracción y las técnicas de identificación, se han reportado diferentes compuestos químicos. Los métodos de extracción pueden realizarse con agua, etanol, metanol, hexano o preparación de aceites esenciales; los métodos de identificación incluyen cromatografía, cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC por su sigla en inglés), entre otros.

En el Estado de México, Zárate-Escobedo *et al.* (2018) hicieron un estudio comparativo de las plantas de *T. lucida* de la región norte y la región sur. En él se observó mayor rendimiento de aceites esenciales, de entre 0.005% y 0.02%, en la planta de clima frío de la zona norte (mL por 100 gramos de tejido seco), en comparación con la de clima caliente de la zona sur, en la que fue de entre 0.0001% y 0.0005%. El rendimiento obtenido fue mejor en la planta fresca que en la seca, con entre 0.01% y 0.07% en las del norte y entre 0.005% y 0.02% en las del sur. Esto sugiere que el proceso de obtención de aceites esenciales de *T. lucida* para uso medicinal es más eficiente si se extrae de la planta fresca y de las que se cultivan a temperaturas bajas. Esta eficiencia es relativa, ya que es diferente si se trata del aceite esencial total, pero no para los compuestos de interés (por ejemplo: el acetato de geranilo, que tiene propiedades analgésicas y es producido en mayor cantidad en climas calientes), ya que se extraen distintos tipos de aceites a partir de material seco o fresco y del clima frío o caliente.

Además, en ese mismo estudio se identificó un total de 44 compuestos; según la región, se presentaron variaciones en cuanto al contenido y la cantidad. En las zonas del norte los principales compuestos encontrados fueron fenilpropanos: anetol, estragol (35% y 46%) y metil eugenol (56% y 64%). En contraparte, en las zonas del sur los monoterpenos se encontraron en mayor cantidad, a saber: acetato de geranilo (19% a 40%) y β -ocimeno (14% a 24%). Los análisis del perfil metabolómico son muy importantes como alternativa para la cuantificación de tipos de aceites presentes de acuerdo con diferentes variables como clima, altitud, material seco o fresco, etcétera (Zárate-Escobedo *et al.*, 2018). Los compuestos β -mirceno, β -ocimeno y linalool fueron frecuentes en todas las poblaciones de plantas de las diferentes regiones y la presencia de acetato de geranilo se reportó por vez primera para el género *Tagetes* (Zárate-Escobedo *et al.*, 2018). Un estudio reciente en *T. lucida* realizado por Omer *et al.* (2017) reportó que el principal componente del aceite esencial es metil chavicol.

Propiedades analgésicas

Como se mencionó antes, una de las propiedades del pericón que se ha informado es su actividad analgésica. En un estudio realizado por Gutiérrez *et al.* (2018) con plantas de pericón en Cuba, se observó que el extracto hidroetanólico de sus partes aéreas contenía sustancias reductoras, lactonas, cumarinas, triterpenos, esteroides, aminoácidos, quinonas, flavonoides, taninos y fenoles. Este extracto fue administrado vía oral a ratas Wistar y se encontró en él actividad analgésica similar a la aspirina, atribuida a los compuestos fenólicos.

Un estudio realizado por González-Trujano *et al.* (2019) en ratones y ratas, con la prueba de dolor de formalina, mostró efectos analgésicos (nociceptivos) de extractos etanólicos crudos y fracciones de estos, así como de los compuestos purificados (quercetagetina 7-O- β -d-glucósido y 6,7-dimethoxycumarina), los cuales tuvieron una respuesta similar a la observada con las siguientes dosis de medicamentos: 10 mg/kg de tramadol, 50 mg/kg de diclofenaco y 1 mg/kg de ketorolaco, administradas de forma intraperitoneal sin reacciones adversas de daño gástrico, sino, por el contrario, con efectos protectores cuando se combinó con ketorolaco.

En un estudio de Hernández-León *et al.* (2020) publicado recientemente se reportó que el aceite esencial de *T. lucida* tiene un alto contenido de acetato de geranilo (49.89%), geraniol (7.92%) y β -cariofileno (6.27%); así como que el β -cariofileno purificado tenía buena actividad analgésica cuando se experimentó en ratones. El estudio usó metamizol e indometacina como analgésicos de control en las pruebas de dolor de la formalina.

Propiedades sedantes, ansiolíticas y antidepresivas

Un extracto acuoso de *T. lucida* mostró actividad antidepresiva en la prueba de nado forzado en ratas, al actuar, de manera similar a la fluoxetina, como inhibidor selectivo de la recaptación de serotonina (Guadarrama-Cruz *et al.*, 2008). Los extractos con solventes orgánicos como el metanol, hexano y diclorometano no mostraron estos efectos (Guadarrama-Cruz *et al.*, 2012). En la prueba de nado forzado en ratas se demostró que la actividad antidepresiva de extractos acuosos, especialmente el compuesto quercetina, está mediada por receptores de serotonina 5-HT_{1A} (Bonilla-Jaime *et al.*, 2015).

En un estudio realizado en ratones por Pérez-Ortega *et al.* (2016), se reportó que los extractos polares de alcohol y agua de *T. lucida* tienen efectos ansiolíticos y sedantes, al bloquear las señales serotoninérgicas y GABAérgicas de la neurotransmisión a través de constituyentes cumarínicos. Se propone que el compuesto dimetilfraxetina es el responsable de estos efectos.

Propiedades antiinflamatorias y antioxidantes

Las propiedades antiinflamatorias y antioxidantes han sido de especial interés en los extractos y aceites obtenidos de las especies de *Tagetes*. Varios estudios han reportado estas propiedades en modelos experimentales. Por ejemplo, en un estudio de Monterrosas-Brisson *et al.* (2019) un extracto de *T. lucida* con hexano mostró propiedades antiinflamatorias y se identificaron en él cinco compuestos cumarínicos: 7-isopreniloxicumarina, herniarina, 6-metoxi-7-isoprenyloxicumarina, 6,7,8-trimetoxicumarina y escoparona, de los cuales, el que mostró mayor actividad

antiinflamatoria fue el 7-isoprenyloxy coumarin. Esta investigadora también demostró que la 7-isopreniloxycumarina aislada de extractos con hexano y acetona inhibió el edema auricular hasta en un 81.1% y el compuesto herniarina tuvo una eficacia del 54.4%, mientras que otros compuestos solo tuvieron menor actividad antiinflamatoria (Monterrosas-Brisson *et al.*, 2020).

En otro estudio de Muñoz, Kouznetsov y Stashenk (2009), los aceites esenciales de las flores y las hojas de *T. lucida*, cuyos principales componentes fueron los compuestos estragol y β -mirceno, presentaron actividad antioxidante de ácidos grasos y fue mayor la inhibición de la oxidación del ácido linoleico, comparado con el ensayo de decoloración del catión radical ABTS+. En tanto, un aceite preparado por hidrodestilación, únicamente con las hojas de *T. lucida*, demostró tener propiedades antioxidantes en un estudio de Regalado *et al.* (2011), realizado mediante dos diferentes métodos: uno por la capacidad de remover radicales libres y otro al medir la producción de malonaldehído. Los compuestos involucrados en esta actividad fueron el estragol, el mirceno y el linalool, de los cuales el estragol fue el de mayor cantidad.

Asimismo, Muñoz *et al.* (2007) prepararon aceites esenciales de diferentes plantas aromáticas ricas en transanetol y estragol; para *T. lucida* hicieron el aceite de las hojas y de las flores por separado y ambos mostraron la misma actividad antioxidante, en menor grado que el aceite del anís estrella, pero suficiente. Aquino *et al.* (2002) demostraron que los extractos metanólicos que contienen flavonoides, ácidos aromáticos y 7-metoxycumarina tuvieron un efecto removedor de radicales libres, al usar como referencia el alfa-tocoferol y flavonoides estandar.

Propiedades antibacterianas y antimicóticas

Una de las propiedades de mayor interés en los aceites esenciales y extractos de plantas es la antimicótica y la actividad antibacteriana. Con el objetivo de demostrar si el pericón tiene estas propiedades, Céspedes *et al.* (2006) produjeron extractos de las partes aéreas de la planta con diclorometano (CH_2Cl_2) y metanol (CH_3OH), de los cuales se aislaron siete compuestos cumarínicos: 7,8-dihidroxycumarina, umbelliferona (7-hidroxycumarina), escoparona (6,7-dimetoxycumarina), esculetina (6,7-dihidroxycumarina), 6-hidroxi-7-metoxycumarina, herniarina (7-metoxycumarina) y escopoletina (6-metoxi-7-hidroxycumarina), y tres flavonoides: patuletina, quercetina y quercetagetina. Los

compuestos con mayor poder antibacteriano fueron las dihidroxicumarinas, mientras que las cumarinas actuaron en contra de *V. cholera* y los compuestos dimetoxilados tuvieron gran poder antifúngico.

En otro estudio, se probaron en cultivos bacterianos varios extractos de la planta seca previamente macerada en etanol con diferentes solventes, entre los que se encuentran hexano, cloroformo, acetato de etilo, acetona y metanol. Los extractos de acetona y acetato de etilo inhibieron el crecimiento de *S. aureus*, *S. epidermidis*, *B. subtilis*, *S. lutea*, *Vibrio*, *S. boydii* y *P. aeruginosa*; el de metanol inhibió *S. boydii*, *S. epidermidis* y *Vibrio cholerae*; el de hexano inhibió a *S. aureus*, *S. epidermidis* y *B. subtilis*, y el hongo *C. albicans* solo fue inhibido por el extracto de cloroformo. Como el extracto con acetato de etilo mostró mayor poder bactericida, se aisló y se caracterizó al 5,7,4'-trimetoxiflavona como el compuesto responsable de inhibir el crecimiento bacteriano, al actuar en bacterias grampositivas y gramnegativas (Hernández *et al.*, 2006).

El aceite de las hojas de *T. lucida*, del cual se sabe que tiene propiedades antioxidantes, también demostró tener propiedades antibacterianas moderadas, en específico contra una cepa de *E. coli*. Este efecto no fue atribuido a la toxicidad, ya que no se reportó actividad citotóxica en células Vero (Regalado *et al.*, 2011). Asimismo, como es conocido que *T. lucida* Cav. se usa para tratar infecciones estomacales, Villa-Silva *et al.* (2020) probaron un extracto de la planta con etanol contra cepas de bacterias como *S. aureus*, *E. coli*, *P. aeruginosa* y *S. choleraesuis*, pero solo inhibió el crecimiento de *S. aureus* (MIC de 4.000 mg/ml), cuya acción se dirigió contra la membrana y el ADN de la bacteria.

Propiedades antiparasitarias

Tagetes contiene compuestos que ayudan a combatir las infecciones causadas por parásitos. Por ejemplo, en un estudio realizado en Colombia por Escobar *et al.* (2009) se reportó que el estragol es el principal compuesto del aceite obtenido por hidrodestilación de *T. lucida*, seguido del mirceno y el trans- β -Ocimeno. Sin embargo, al estudiar su efectividad, el aceite esencial de *T. lucida* no mostró actividad antiparasitaria contra *Trypanosoma cruzi*. Por otra parte, aunque los aceites esenciales de *T. caracasana* mostraron la mayor actividad en contra de epimastigotes del parásito, demostraron una actividad cinco veces menor al nifurtimox, el cual es el fármaco de

tratamiento de elección. En este estudio los aceites esenciales de *Tagetes heterocarpha* presentaron 90 veces menos actividad en contra de amastigotes que el nifurtimox y los aceites de *T. caracasana*, mientras que los de *T. zipaquirensis* y *T. lucida* mostraron una actividad parcial. El aceite de las hojas de *T. lucida*, reportado previamente en este texto como antioxidante y antibacteriano, también demostró tener propiedades antiparasitarias moderadas, en específico contra *Plasmodium falciparum* (Regalado *et al.*, 2011).

Propiedades anticonceptivas

En modelo murino, se ha reportado el efecto de los extractos de la planta en la calidad espermática. Por ejemplo, Téllez-López *et al.* (2013) estudiaron un extracto metanólico de *T. lucida* en ratas Wistar machos, en el que se encontraron saponinas, flavonoides, esteroides, alcaloides y antocianinas, además del aceite esencial cuyo contenido es principalmente el metilchavicol (compuesto por siete cumarinas y tres flavonoides). Con el uso del extracto metanólico, no se encontraron diferencias entre los pesos de los animales, ni en los testículos y epidídimo, del grupo control positivo (ratas tratadas con testosterona) y del grupo control negativo (ratas sin ningún tratamiento), pero se observó una menor concentración de testosterona, disminución de la calidad espermática y daños en la estructura de los tubos seminíferos.

Propiedades antihipertensivas

En un estudio de Estrada-Soto (2021), se investigó si un extracto con etanol probado en ratas pudiera tener propiedades antihipertensivas y se encontró que fue capaz de disminuir la presión arterial tanto sistólica como diastólica. Este efecto pudo deberse a las propiedades relajantes que el endotelio vascular demostró poseer; los principales compuestos involucrados fueron 6,7,8-trimetoxicumarina, 6,7-dimetoxicumarina y 7-metoxicumarina.

DISCUSIÓN

El género *Tagetes* tiene alrededor de 58 especies, de las cuales 35 se cultivan en México (Soule, 1994; Serrato-Cruz, 2014). En este capítulo se analizó la especie *lucida*. Estas plantas son originarias del continente americano, especialmente de México y Guatemala, pero, ahora, el género *Tagetes* se cultiva en otras partes del mundo, por ejemplo, en Cuba (Acosta, Hecheverría y Rodríguez, 2010), Colombia (Escobar *et al.*, 2009; Castro y Bedoya, 2011), Costa Rica (Ciccio, 2004), África, Asia y Europa (Babu y Kaul, 2007; Salehi *et al.*, 2018). El cultivo puede tener diversos usos, ya sea ornamentales, medicinales o para la investigación.

A pesar de su uso en la medicina tradicional, todavía no hay suficiente divulgación de las propiedades del pericón, ni en México ni en otros países. Por ejemplo, en una investigación realizada entre el 2007 y el 2009, en el parque temático de Takilhsukut, Veracruz, se trabajó con los médicos tradicionales totonacos y no mencionaron su uso (De los Santos y Ruiz, 2009). Tampoco es mencionada en el libro *Plantas medicinales de La Matamba, El Piñonal, El Yagual y La Zapilla, en el municipio de Jamapa, Veracruz* (Escamilla y Moreno, 2015).

Como se ha observado, los estudios reportados en este capítulo solo son el resultado de investigación básica o en modelos animales. Hace falta estudios en humanos, pero pueden ser complejos ya que implican dosis terapéuticas, toxicidad, ensayos clínicos controlados, etcétera. Su aplicación es limitada ya que es necesaria más evidencia de sus propiedades terapéuticas, así como la extracción e identificación de los compuestos que tienen el potencial de ser utilizados en la medicina.

CONCLUSIONES

Cada día se observa mayor interés en el conocimiento de los componentes y principios activos que se involucran en el tratamiento de las diferentes condiciones clínicas con medicina tradicional, sin embargo, esto está muy lejos de ser evidencia clara para su uso en humanos, debido a la falta de estudios fitoquímicos y de ensayos clínicos. En particular, *T. lucida* ha sido ampliamente reconocida por sus usos en la medicina tradicional y no hay duda de que sus componentes tienen relevancia clínica y sus extractos y aceites esenciales tienen potencial para el tratamiento de varias afecciones.

REFERENCIAS

- Acosta, L., Hecheverría, I. y Rodríguez, C. (2010). Estudios preliminares para el establecimiento del cultivo de *Tagetes lucida* Cav. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 15 (1), 38-45.
- Aquino, R. *et al.* (2002). An extract of *Tagetes lucida* and its phenolic constituents as antioxidants. *Journal of Natural Products*, 65 (12), 1773-1776. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12502312/>
- Babu, K. G. y Kaul, V. (2007). Variations in quantitative and qualitative characteristics of wild marigold (*Tagetes minuta* L.) oils distilled under vacuum and at NPT. *Industrial Crops and Products*, 26, 241-251; https://www.academia.edu/8345799/Variations_in_quantitative_and_qualitative_characteristics_of_wild_marigold_Tagetes_minuta_L_oils_distilled_under_vacuum_and_at_NTP
- Barajas, J. S. *et al.* (2011). Propiedades antifúngicas en especies del género *Tagetes*. *Revista Mexicana de Micología*, 34, 83-91. https://www.researchgate.net/publication/237041736_Propiedades_antifungicas_en_especies_del_genero_Tagetes
- Biblioteca Digital de la medicina tradicional mexicana (2009). *Biblioteca Digital de la medicina tradicional mexicana/Universidad Nacional Autónoma de México*. <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx>
- Biblioteca Digital del Real Jardín Botánico (2019). *Biblioteca Digital*. <https://bibdigital.rjb.csic.es/records/item/9679-icomes-et-descripciones-plantarum-volumen-i?offset=4>
- Bonilla-Jaime, H. *et al.* (2015). Antidepressant-like activity of *Tagetes lucida* Cav. is mediated by 5-HT(1A) and 5-HT(2A) receptors. *Journal of Natural Medicines*, 69, 463-470. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11418-015-0909-5>
- Castro, J. y Bedoya, I. J. (2011). Aislamiento y epoxidación con dimetildioxirano de los constituyentes mayoritarios de los aceites esenciales de *Tagetes lucida*, *Cymbopogon citratus*, *Lippia alba* y *Eucalyptus citriodora*. Tesis técnica. Universidad Tecnológica de Pereira, 32-36.
- Céspedes, C. L. *et al.* (2006). Antifungal and antibacterial activities of mexican tarragon (*Tagetes Lucida*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54 (10), 3521-3527. <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf053071w>
- Ciccio, J. F. (2004). A source of almost pure methyl chavicol: volatile oil from the aerial parts of *Tagetes lucida* (Asteraceae) cultivated in Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 52 (4), 853-857. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442004000400004

- De los Santos, S. E. Z. y Ruiz, T. D. A. (2009). *Catálogo de plantas usadas por los médicos tradicionales de la Casa de la Sanación. Casa de Sanación pukuchin*. Veracruz: Universidad Veracruzana Intercultural. <https://www.uv.mx/bbuvi/Catalogo%20plantas-Pukuchim.pdf>
- Escamilla, P. B. E. y Moreno, C. P. (recop.) (2015). *Plantas medicinales de La Matamba y El Piñonal, municipio de Jamapa, Veracruz*. Xalapa: Instituto de Ecología A. C. http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/3000/Technical/Manual%20plantas%20medicinales.pdf
- Escobar, P. *et al.* (2009). Composición química y actividad anti-tripanosomal de aceites esenciales obtenidos de *Tagetes* (Fam. Asteraceae), recolectados en Colombia. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, 41 (3), 280-286. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=343835696011>
- Estrada-Soto, S. *et al.* (2021). Antihypertensive and vasorelaxant mode of action of the ethanol-soluble extract from *Tagetes lucida* Cav. aerial parts and its main bioactive metabolites. *Journal of Ethnopharmacology*, 266. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32961278/>
- Figueroa, H. J. L. (2009). Reflexiones respecto a plantas medicinales y su enseñanza en medicina. *Revista Digital Universitaria*. <http://www.revista.unam.mx/vol.10/num9/art55/int55.htm>
- González-Trujano, M. E. *et al.* (2019). Identification of some bioactive metabolites and inhibitory receptors in the antinociceptive activity of *Tagetes lucida* Cav. *Life Sciences*, 231. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31152811/>
- Guadarrama-Cruz, G. *et al.* (2008). Antidepressant-like effects of *Tagetes lucida* Cav. in the forced swimming test. *Journal of Ethnopharmacology*, 120 (2), 277-281. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378874108004510>
- Guadarrama-Cruz, G. *et al.* (2012). Antidepressant-like effect of *Tagetes lucida* Cav. Extract in rats: involvement of the serotonergic system. *The American Journal of Chinese Medicine*, 40 (4), 753-768. https://www.researchgate.net/publication/229324490_Antidepressant-Like_Effect_of_Tagetes_lucida_Cav_Extract_in_Rats_Involvement_of_the_Serotonergic_System
- Gutiérrez, G. Y. *et al.* (2018). Evaluación farmacognóstica, fitoquímica y biológica de un extracto hidroalcohólico de *Tagetes lucida* Cavanilles. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 23 (2). <http://www.revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/669/308>

- Hernández, T. *et al.* (2006). Antimicrobial activity of *Tagetes lucida*. *Pharmaceutical Biology*, 44 (1), 19-22. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13880200500509157>
- Hernández-León, A. *et al.* (2020). Role of β -caryophyllene in the antinociceptive and anti-inflammatory effects of *Tagetes lucida* Cav. Essential oil. *Molecules*, 25 (3). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32033302/>
- Karimian, P., Kavooosi, G. y Amirghofran, Z. (2014). Anti-oxidative and anti-inflammatory effects of *Tagetes minuta* essential oil in activated macrophages. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4 (3), 219-227. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3868793/>
- Maldonado, B., Ortiz, A. y Dorado, O. (2004). *Preparados galénicos e imágenes de plantas medicinales*. Morelos: Universidad Autónoma de Morelos. <http://libros.uaem.mx/producto/preparados-galenicos-e-imagenes-de-plantas-medicinales/>
- Márquez, A. C. *et al.* (1999). *Plantas medicinales de México II. Composición, usos y actividad biológica*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. <https://www.worldcat.org/title/plantas-medicinales-de-mexico-ii-composicion-usos-y-actividad-biologica/oclc/45504867>
- Monroy, C. y Castillo, P. (2007). *Plantas medicinales utilizadas en el estado de Morelos*. 2ª ed. Morelos: Universidad Autónoma de Morelos/Conabio. <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/FichapubEP009.pdf>
- Monterrosas-Brisson, N. *et al.* (2020). Anti-inflammatory activity of coumarins isolated from *Tagetes lucida* Cav. *Natural Product Research*, 34 (22), 3244-3248. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30618303/>
- Muñoz, A. *et al.* (2007). Estudio comparativo sobre la capacidad de atrapamiento del catión radical ABTS+. por los aceites esenciales de especies aromáticas con alto contenido de TRANS-anetol y estragol. *Scientia et Technica*, 1 (33), 117-120. <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/6137>
- Muñoz-Acevedo, A., Kouznetsov, V. V. y Stashenk, E. E. (2009). Composición y capacidad antioxidante in-vitro de aceites esenciales ricos en Timol, Carvacrol, trans-Anetol o Estragol. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, 41 (3), 287-294. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=343835696012>
- Omer, E. A. *et al.* (2017). Acclimatization study of *Tagetes lucida* L. in Egypt and the chemical characterization of its essential oils. *Natural Product Research*, 31 (13), 1509-1517. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28152613/>

- Pérez-Ortega, G. *et al.* (2016). *Tagetes lucida* Cav.: Ethnobotany, phytochemistry and pharmacology of its tranquilizing properties. *Journal of Ethnopharmacology*, 181, 221-228. <https://conacyt.demon.elsevierpure.com/es/publications/tagetes-lucida-cav-ethnobotany-phytochemistry-and-pharmacology-of>
- Piastrri, M., Orfila, L. y Pardías, P. (2007). *Tesaurus de plantas medicinales*. <http://webserv.fq.edu.uy/tematres>
- Politi, F. A. S. *et al.* (2017). Chemical composition and in vitro anthelmintic activity of extracts of *Tagetes patula* against a multidrug-resistant isolate of *Haemonchus contortus*. *Chemistry and Biodiversity*, 15 (2). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29178537/>
- Regalado, E. L. *et al.* (2011). Chemical composition and biological properties of the leaf essential oil of *Tagetes lucida* Cav. from Cuba. *Journal of Essential Oil Research*, 23 (5), 63-67. https://www.researchgate.net/publication/241714317_Chemical_Composition_and_Biological_Properties_of_the_Leaf_Essential_Oil_of_Tagetes_lucida_Cav_from_Cuba
- Rzedowski, G. C. y Rzedowski, J. (2001). *Flora fanerogámica del Valle de México*. Michoacán: Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/Flora_del_Valle_de_Mx1.pdf
- Salehi, B. *et al.* (2018). *Tagetes* spp. essential oils and other extracts: chemical characterization and biological activity. *Molecules*, 23 (11). <https://www.mdpi.com/1420-3049/23/11/2847>
- Serafino, G. (2015). La fiesta de San Miguel en la montaña nahua de Guerrero. *Cuicuilco*, 63, 207-227. <http://www.scielo.org.mx/pdf/cuicui/v22n63/v22n63a8.pdf>
- Serrato-Cruz, M. A. (2014). *El recurso genético cempoalxóchitl (Tagetes spp.) de México (Diagnóstico)*. Chapingo: Universidad Autónoma Chapingo. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/225091/El_recurso_gen_tico_del_cempoalxochitl__tagetes_spp__de_mexico__diagnostico_.pdf
- Sierra, C. D. (2008). *El demonio anda suelto: el poder de la Cruz de Pericón*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia. <https://www.goodreads.com/book/show/6618083-el-demonio-anda-suelto>
- Soule, J. (1994). Infrageneric systematics of *tagetes*. *Proceedings of the International Compositae Conference, Compositae: Systematics*, 24, 435-443.
- Téllez-López M. A. *et al.* (2013). Evaluación del efecto del extracto metanólico de *Tagetes lucida* sobre la función testicular y calidad espermática en ratas macho Wistar. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 44 (4), 43-52. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-01952013000400006&script=sci_abstract

- Vega-Avila, E. *et al.* (2009). Cytotoxic activity of four Mexican medicinal plants. *Proceedings of the Western Pharmacology Society*, 52, 78-82. https://www.researchgate.net/publication/51841133_Cytotoxic_Activity_of_Four_Mexican_Medicinal_Plants
- Velasco, A. M. L. y Nagao, D. (2006). Mitología y simbolismo de las flores. *Arqueología Mexicana*, 13 (78), 28-35. <http://raices.com.mx/tienda/revistas-las-flores-AM078>
- Vibrans, H. (ed.) (2009). *Tagetes lucida* Cav. *Malezas de México*. Conabio. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/tagetes-lucida/fichas/ficha.htm>
- Vibrans, H. (2011). *Tagetes micrantha* Cav. *Malezas de México*. Conabio. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/tagetes-micrantha/fichas/ficha.htm>
- Villarreal, J. A. (2003). Familia Compositae (Tribu Tageteae). En Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski (eds.). *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*. Fascículo 113. Michoacán: Instituto de Ecología-Centro Regional del Bajío. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología/Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <http://inecolbajio.inacol.mx/floradelbajio/documentos/fasciculos/ordinarios/Compositae-Tageteae%20113.pdf>
- Villa-Silva, P. Y. *et al.* (2020). Compuestos fenólicos de *Tagetes lucida* Cav. con efecto antibacteriano por daños a la membrana. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 19 (6), 580-590. <https://blacpma.ms-editions.cl/index.php/blacpma/article/view/75>
- Zárate-Escobedo, J. *et al.* (2018). Aceite esencial de algunas poblaciones de *Tagetes lucida* CAV. de las regiones norte y sur del Estado de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41 (2), 199-209. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73802018000200199&script=sci_abstract

CAPÍTULO VI

USOS ETNOBOTÁNICOS Y ETNOFARMACOLÓGICOS DEL GUAYABO (*PSIDIUM GUAJAVA* L.)

*Laura Patricia Montenegro Morales**

*Ma. Victoria Domínguez García**

*María del Socorro Camarillo Romero**

INTRODUCCIÓN

Psidium guajava L., cuyo nombre común es guayabo o guayaba, es una especie de suma importancia en México. Se ubica entre los 12 frutales más destacados tanto por su producción y comercialización como por la variedad de usos etnobotánicos y etnofarmacológicos que tiene el fruto y las propiedades medicinales de sus diferentes partes (hojas, frutos y cortezas), en las que radican sus compuestos bioactivos (Padilla *et al.* 2013; Padilla, González y Perales, 2016; SIAP-Sagarpa, 2013). A continuación se mencionan diversos estudios sobre estos usos, sus partes, su descripción botánica y distribución, sus usos ceremoniales y medicinales tradicionales, sus usos y efectos medicinales actuales y su aplicación para tratar diversos problemas de salud según las propiedades de la planta.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA Y DISTRIBUCIÓN

Se considera que *Psidium guajava* L. se originó en el territorio comprendido entre el sur de México y el norte de Centroamérica, de donde se ha distribuido y adaptado a otras partes del mundo, desde hace más de 2 000 años (Fajardo-Ortiz *et al.*, 2019). Actualmente se pueden describir más de 150 especies del género *Psidium*, situadas en

* Universidad Autónoma del Estado de México.

las regiones tropicales y subtropicales de América, en especial entre los 150 m s. n. m. y los 450 m s. n. m., aunque se les puede encontrar desde el nivel del mar y hasta los 2 000 m s. n. m. (Insuasty *et al.*, 2014). Crecen en suelos con abundante materia orgánica, arenosos o arcillosos, con un pH de entre 4.5 y 8.2, en clima variado soleado con temperaturas de entre 20°C y 30°C, toleran incluso hasta 40°C (Yam Tzec *et al.*, 2010), pero son muy sensibles a las heladas. Requieren humedad en el periodo de crecimiento vegetativo, floración y desarrollo del fruto, con una precipitación adecuada de entre 1 000 mm y 2 000 mm. De acuerdo con las circunstancias del medio ambiente pueden presentar, durante su ciclo de crecimiento anual, hasta 16 distintas etapas, desde el brote de la yema hasta la madurez de la fruta (Lim, Lim y Lee, 2007; Paul y Duarte, 2012; Salazar *et al.*, 2006).

Se ha denominado como un arbusto o árbol de poco tamaño, con una altura aproximada de entre 3 m y 10 m, es perennifolio o caducifolio, de copa irregular, con ramas cercanas al suelo (imagen 1). Ostenta un tronco ramificado, torcido al igual que sus ramas (imagen 2). Tiene una corteza externa e interna, la primera es pardo rojizo con escamas grisáceas y la segunda es fibrosa, ligeramente amarga, y puede presentar una variedad de colores que va desde el crema y pardo rosado hasta el pardo oscuro, con un diámetro de entre 5 mm y 8 mm (Conabio, 2021; Morales, 2015).

Imagen 1. Árbol del guayabo



Fuente: fotografía de MMLP.

Imagen 2. Tronco ramificado que muestra la corteza externa del guayabo



Fuente: fotografía de MMLP.

Posee hojas ovaladas, oblongas o elípticas de entre 3 cm y 13.5 cm (o entre 7 cm y 15 cm) de largo y entre 1.5 cm y 6 cm (o entre 4 cm y 6 cm) de ancho, en disposición decusada simple; tienen un color verde brillante a pardusco, con puntos granulosos transparentes y nervaduras sobresalientes al reverso (imagen 3). Despiden un aroma fragante al estrujarse o comprimirse. Las flores son de 2.5 cm de diámetro, solitarias o dispuestas en grupos hasta de ocho, encumbradas, axilares, de aroma suave dulzón (dulcemente perfumadas), sus sépalos externos tienen tonos verdes y los internos, como sus pétalos, son de color blanco; ambos de entre 4 cm y 5 cm (Conabio, 2021).

Los frutos pueden presentar formas variadas, de esféricas a ovoides o piriformes, tienen un tamaño promedio de 8 cm de diámetro, con cáliz persistente en el ápice (imagen 4). Su pulpa es suave, carnosa, con un sabor agrisado muy agradable, es de color amarillo, rosado o rojizo; tiene un aroma fragante, es jugosa con cáscara delgada amarilla y con una gran cantidad de semillas duras, pequeñas y redondas de entre 3 mm y 5 mm (imagen 5). Cuenta con raíz de sistema radical superficial (Conabio, 2021).

Imagen 3. Hojas y flores del guayabo



Fuente: fotografía de MMLP.

Imagen 4. Frutos inmaduros del guayabo y hojas del árbol



Fuente: fotografía de MMLP.

Imagen 5. Pulpa de frutos maduros del guayabo



Fuente: fotografía de MMLP.

NOMBRES MÁS USADOS DE LA GUAYABA

Desde el periodo prehispánico, principalmente en la Cuenca de México, la guayaba ha sido muy importante como sustento de los pobladores, al formar parte esencial en la subsistencia de los seres humanos desde sus orígenes y cubrir una fracción sustancial de sus necesidades básicas tanto en la alimentación como en la cura de diversas enfermedades (Conabio, 2021; McClung *et al.*, 2013). En esta época era conocida como *xalxócotl*, nombre de origen náhuatl, proveniente de *xalli* y *xóxotl*, que hacía referencia a las semillas pequeñas y abundantes, contenidas en los frutos redondos, pequeños y macizos, según Bautista (2010) en el blog *Orígenes cultivos antiguos*. En la actualidad, a *Psidium guajava* se le conoce como guayaba en las zonas de habla hispana de América tropical (Conabio, 2021; Figueroa y Galeote, 2009). Asimismo, en la *Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana* (UNAM, 2009) se puede observar que esta planta recibe diversos nombres de acuerdo a la localidad que la produce o la consume (tabla 1).

La guayaba, junto con otras plantas, también se ha utilizado desde la época prehispánica para tratar problemas gastrointestinales. Evidencia de ello son los murales del convento de Malinalco, Estado de México, en donde se puede apreciar que el nombre que más sobresale para referirse al guayabo es *xalxócotl* (Zepeda y White,

2008). Al respecto, Fray Bernardino de Sahagún (1989) señalaba que los guayabos eran árboles pequeños con hojas y ramas ralas, llamados *xalxócotl* o *xalxococuáhuítl*, con frutos denominados *xalxócotl*.

Adicionalmente, la guayaba adquiere el nombre de goyave en Francia, de guajava en Alemania y de araca guacu en Brasil (Segleau, 2008). En México se le reconoce en la mayor parte del territorio como guayaba, pero la sinonimia popular es muy variada y extensa, de acuerdo a los estados que la producen y al dialecto que predomina en ellos, como se observa en la tabla 1.

Tabla 1. Nombres comunes del guayabo

<i>Estado</i>	<i>Dialecto</i>	<i>Nombre</i>
Chiapas	Soque	<i>pata, pocs-cuy, potoj, potos, pox, sumbadam</i>
Guerrero	Náhuatl	<i>xaxokotl, xolxocatl</i>
Hidalgo	Náhuatl	<i>xalxócotl</i>
Michoacán	Purépecha	<i>enendi</i>
Morelos		<i>coloc, jaljocote pichi, xalxócotl</i>
Nayarit	Cora	<i>ca-arú ó ca-rú</i>
	Tepehuano	<i>ushca-arú</i>
Oaxaca	Huave	<i>Lacow, tzon t kichi kichi, tzon t kichi nehjon, tzon t kichi</i>
	Amuzgo	<i>jukoin papoxtikis, pox</i>
Puebla	Totonaco	<i>asiwit, asiwit</i>
	Náhuatl	<i>xaxokotl, xaxucotl, aci'huit, xalxocotl, xapeni, xocoyot</i>
Quintana Roo	Maya	<i>pichi, kolok, julú, pachi', sakpichi</i>
Veracruz	Totonaca	<i>asiwit, cuypatan, patán, pitchcuy</i>
Yucatán	Maya	<i>piichi' – pichi'</i>
San Luis Potosí	Tenek	<i>bek</i>

Fuente: elaboración propia con base en Conabio (2021), Figueroa y Galeote (2009) y UNAM (2009).

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

La guayaba, *Psidium guajava* L., tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Subclase: *Rosidae*

Clase: *Dicotyledonae*

Orden: *Myrtrales*

Familia: *Myrtaceae*

Subfamilia: *Myrtoidea*

Tribu: *Myrteae*

Género: *Psidium*

Especie: *guajava* L.

La familia del guayabo está integrada, aproximadamente, por 133 géneros y 3 800 especies de árboles y arbustos. En el género *Psidium* se encuentran cerca de 150 especies (Bandera y Pérez, 2015; Chase y Reveal, 2009).

USOS CEREMONIALES

Al guayabo se le asocia con tradiciones y leyendas de la cultura prehispánica, ya que los mixes, totonacos y zapotecos lo utilizaban de diferentes maneras, por ejemplo, para el tratamiento de la caída de mollera a consecuencia de golpes en el cráneo, para el empacho, la disentería de frío o de calor, problemas de cólicos o dolor de estómago, corajes, tos, insomnio, diabetes y venteados (gases intestinales). Se utiliza en baños o en té de las ramas junto con toronjil, mastranzo y hierba del burro para el tratamiento de los nervios (López, 2016) y se administra vía oral como agua de tiempo para tratar el susto en niños o adultos, con la finalidad de evitar la pérdida del alma o entidad anímica (Remorini *et al.*, 2009).

Su fuerte aroma es una de las propiedades esotéricas que usan los santeros para practicar rituales que ahuyentan alimañas y espíritus negativos. Asimismo, sus frutos y hojas son usados en ritos de amor y prosperidad. Los abuelos de algunas comunidades indígenas han sugerido cargar una ramita de guabayabo o darse un baño de sus hojas con miel para atraer las buenas vibras o prender incienso de guayaba para captar la energía positiva (Sol, 2016).

USOS MEDICINALES TRADICIONALES

En algunas comunidades, los herbolarios utilizan flores, frutos, raíces, tallos, hojas y cortezas, o la combinación de ellas, en infusiones, decocciones, extractos o aceites. El uso de plantas medicinales en México, de manera tradicional, se remonta al tratamiento de diversas enfermedades por parte de los médicos indígenas, quienes, debido a su amplio conocimiento de las propiedades curativas de plantas y animales, las utilizaban para curar problemas de salud. El herbolario indígena era el encargado de estudiar, diagnosticar y tratar al enfermo con las hierbas medicinales, así como de aplicarle otras técnicas curativas, como lo menciona María del Carmen Reyna (1996).

Como ya se ha comentado, la guayaba se ha utilizado desde tiempos prehispánicos para tratar algunos problemas de salud del aparato digestivo (Torres, Tapia y Guilar, 2005), relacionados con lesiones como quemaduras o heridas, para combatir parasitosis intestinales y como remedio contra las diarreas (Pérez, Mitchell y Vargas, 2008). Se tiene la certeza de la importancia de este recurso natural en el Códice Florentino, según se puede apreciar en el documento de Zepeda y White (2008) y en el de McClung *et al.* (2014).

Fray Bernardino de Sahagún (1989), en sus reportes a España, señaló que los frutos de los guayabos eran de color amarillo o verdinegros por fuera y colorados por dentro, encarnados o blancos con granitos, buenos de comer; indicó, además que “estancan las cámaras”, el cual es el nombre que se le daba a la diarrea en el siglo XVI. Por su parte, Nicolás de Monardes y Alfaro, en 1574, según Delfín G. (2011), aludió a que la guayaba era una fruta que, cuando estaba de color verde, se daba en cámaras porque restriñía y apretaba mucho y, por el contrario, cuando eran muy maduras, laxaban el vientre y asadas tenían mejor sabor; asimismo indicó que eran buenas para sanos y enfermos con calentura. Relató que un cocimiento de las hojas para lavar las piernas hinchadas de los enfermos daba buenos resultados.

Tradicionalmente, las preparaciones de las hojas se han utilizado en la medicina popular en varios países, no solo en México, en especial como remedio antidiarreico. En India, China, Pakistán y Bangladesh se utiliza, de forma frecuente, en infusión y decocción para tratar varias enfermedades como reumatismo, diarrea, diabetes mellitus y tos (Pérez, Mitchell y Vargas, 2008). En México, Brasil, Nigeria y Filipinas se aplican cataplasmas de las hojas machacadas para aliviar afecciones y heridas en la piel, mientras que en el sudeste asiático se hacen gárgaras con la decocción para curar

las úlceras bucales y, en Nigeria, se usa como bactericida y para el cuidado bucal en barra de mascar (Bezerra Morais-Braga *et al.*, 2016). En tanto que, en el *Manual de uso de hierbas medicinales del Paraguay* (Cáceres y Machaín, 2000), se menciona que el fruto y las hojas del guayabo tienen diversos usos como auxiliar para atacar problemas digestivos e intestinales contra diarreas, disenterías y algunas afecciones en genitales por sus propiedades digestivas, emenagogas, antisépticas y astringentes.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

La importancia del cultivo de la guayaba (*Psidium guajava* L.) en México radica primordialmente en lo atractivo del fruto por sus características nutritivas debido a su alto contenido de minerales como calcio, hierro y fósforo, así como vitamina A, tiamina, riboflavina y ácido ascórbico, precursor de vitamina C, y también por su amplio contenido de carotenoides, polifenoles, que son antioxidantes naturales, y otras sustancias de gran importancia nutricional (Silva y Sirasa, 2018). De manera adicional, el fruto tiene la virtud de comerse fresco, en preparaciones caseras y en productos resultantes de un proceso industrial.

La guayaba posee una gran cantidad y diversidad de compuestos (tabla 2). Por cada 100 g, el fruto contiene 80.2 g de agua, 14.4 g de hidratos de carbono, 5.4 g de fibra, 2.55 g de proteínas, 0.4 g de ácidos grasos que incluyen palmítico, oleico y linoleico. Además de 417 mg de potasio, 228 mg de ácido ascórbico (y hasta 400 mg en pulpa), 40 mg de fósforo, 18 mg de calcio, 2 mg de sodio, 1.1 mg de niacina, 0.26 mg de hierro, 0.067 mg de tiamina y 0.04 mg de riboflavina. Sin dejar de lado el contenido de taninos en la corteza, que es entre un 12% y un 30% (Portillo, 2001; Hidalgo *et al.*, 2015).

Tabla 2. Composición química de la guayaba

<i>Componentes</i>	<i>Fruto</i>
Humedad-agua	80.20 g
Proteínas	2.55 g
Grasas-lípidos	0.95 g
Pectinas	1.10 g

continúa...

	Carbohidratos	14.40 g
	-Fibra	5.40 g
	-Azúcares	8.80 g
<i>Azúcares</i>	<i>Azúcares</i>	%
	Fructuosa	5.10 g
	Glucosa	3.20 g
	Sucrosa	0.36 g
	Inositol	0.08 g
<i>Minerales</i>	Calcio	18.00 mg
	Hierro	0.26 mg
	Magnesio	22.00 mg
	Fósforo	40.00 mg
	Potasio	417.00 mg
	Sodio	2.00 mg
	Zinc	0.23 mg
	Cobre	0.23 mg
	Manganeso	0.15 mg
	Selenio	0.0006 mg
<i>Vitaminas</i>	Vitamina C	228.300 mg
	Vitamina B1	0.067 mg
	Vitamina B2	0.040 mg
	Vitamina B6	0.110 mg
	Vitamina E	0.730 mg
	Vitamina K	0.0026 mg

Fuente: elaboración propia con base en Hidalgo *et al.* (2015), Martínez-Navarrete, Camacho-Vidal y Martínez-Lahuerta (2008), Portillo (2001) y Vargas *et al.* (2006).

El consumo de frutas tiene beneficios para la salud, por una parte, desde el punto de vista de los micro y macronutrientes, carbohidratos, vitaminas, minerales, ácidos orgánicos y fibra que aportan y, por otra, debido a las sustancias bioactivas, metabolitos secundarios o fitoquímicos indispensables para la protección de la salud. Para obtener los efectos protectores de los fitoquímicos se requiere que se establezcan hábitos alimentarios a largo plazo.

Los metabolitos secundarios, presentes en el reino vegetal, se organizan en cuatro grupos de compuestos bioactivos de naturaleza química variada, incluidas las sustancias nitrogenadas, las azufradas, las terpénicas y las fenólicas. Las frutas,

como las guayabas, contienen gran cantidad de sustancias de los dos últimos grupos (tabla 3). Para que tengan mejor efecto protector, se requiere de la interacción de fitoquímicos con micronutrientes, la cual conforma los denominados alimentos funcionales, indispensables para proporcionar efectos benéficos en alguna función del organismo, mejorar el estado de salud y reducir el riesgo de desarrollo de enfermedades (Martínez-Navarrete, Camacho-Vidal y Martínez-Lahuerta, 2008).

Tabla 3. Sustancias bioactivas de la guayaba

		<i>Fruto</i>	<i>Corteza</i>	<i>Hoja madura</i>	<i>Botón floral</i>
<i>Antioxidantes</i>	Betacaroteno	374.00 µg			
	Licopeno	5204.00 µg			
<i>Ácidos grasos</i>	Saturado-palmitico	0000.272 g			
	Mono ins-oleico	0000.128 g			
	Poli ins-linoleico				
<i>Flavonoides</i>	Miricetina	10.00 mg	25.2 mg	15.00 mg	10.50 mg
	Quercetina	12.60 mg	15.6 mg	123.60 mg	203.60 mg
	Luteolina	2.00 mg	No detectado	4.70 mg	11.20 mg
	Kaempferol	4.00 mg	No detectado	0.60 mg	18.00 mg
	Apigenina	16.00 mg	No detectado	0.20 mg	15.30 mg

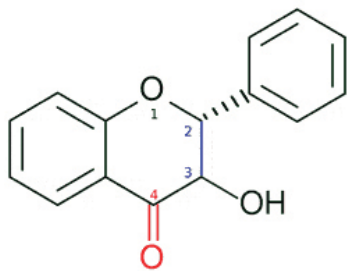
Fuente: elaboración propia con base en Martínez-Navarrete, Camacho-Vidal y Martínez-Lahuerta (2008).

La variedad de sus compuestos le da al guayabo la virtud de funcionar como antiinflamatorio, analgésico e hipoglucemiante, además ayuda a la pérdida del apetito al proporcionar una sensación de saciedad y soluciona problemas estomacales y respiratorios. Como antiséptico, esta especie se aplica en la piel con acné, heridas o infecciones. Con respecto al aceite esencial de guayaba, este se compone básicamente de cariofileno, óxido de cariofileno, *B*-bisaboleno, aromadendreno, *B*-selineno, *-pineno, 1,8-cineol y selin-11 en -4*-ol. Sus valores de pH oscilan entre 4.1 y 5.4 y actúa como defensa natural antimicrobiana, lo que permite que tenga una vida más larga en anaquel, de acuerdo con lo descrito por José Antonio Yam Tzec *et al.* (2010).

Los componentes principales de las hojas de guayabo son flavonoides y terpenos (figura 1); entre ellos resaltan los primeros, cuyo nombre proviene del latín *flavus* que significa amarillo y refiere a los pigmentos responsables del color de diversas flores y hojas. En este grupo se incluyen los compuestos fenólicos, que tienen una

estructura conformada por tres anillos: uno heterocíclico central y dos bencénicos de seis carbonos a los lados, como la quercetina y la guayaverina o 3-O-arabinosil-quercetina, los cuales han mostrado, en estudios *in vivo*, que inhiben la liberación de acetilcolina, mientras que los taninos presentan acción antidiarreica (Marquina *et al.*, 2008).

Figura 1. Principales flavonoides encontrados en la guayaba

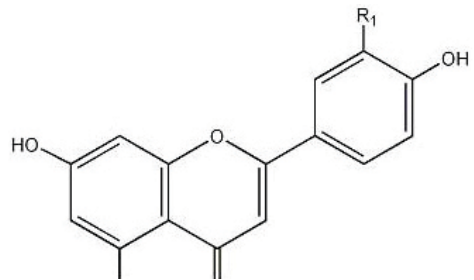


Flavonoles

R1 = H; R2 = H Kaempferol

R1 = OH; R2 = H Quercetina

R1 = OH; R2 = OH Miricetina



Flavonas

R1 = H: Apigenina

R1 = OH: Luteolina

Fuente: elaboración propia con base en González (2017).

Las hojas de guayabo contienen alrededor de 10% de taninos hidrolizables y, en menor cantidad, triptertenoides: ácidos oleánico, ursólico, crataególico, guayavólico y *B*-sitosterol. Por su parte, los terpenos, principales componentes de la resina y el aguarrás, son sustancias naturales producidas por una gran variedad de plantas, derivadas del 2-metil-1,3butadieno o isopropeno, lo cual permite establecer la división de su estructura. Los terpenos se integran por la unión de cinco unidades de isopropeno de cinco carbonos. Sin embargo, su precursor es el ácido mevalónico, del que se puede obtener la acetil coenzima A. Estos actúan como antioxidantes y protegen de los radicales libres, principalmente, los lípidos, la sangre y fluidos corporales. El sesquiterpeno actúa como antibiótico natural vegetal (Bermudez, Granados y Molina, 2019).

USOS Y EFECTOS MEDICINALES ACTUALES, APLICACIÓN EN DIVERSOS PROBLEMAS DE SALUD SEGÚN LAS PROPIEDADES DE LA PLANTA

De acuerdo a las partes de la planta que se empleen, el guayabo muestra diferentes efectos en el organismo. Las hojas se utilizan en cocimiento para tratar gastroenteritis, enfermedades pulmonares, tos, resfriados y dolores de muelas. Su extracto acuoso también es utilizado para disminuir la tos, lo que se asocia al efecto antitusivo observado en ratas y cobayos tratados con aerosoles de capsaicina; tiene actividad antibacteriana, antidiarreica, disminuye la motilidad de los intestinos al actuar sobre su músculo liso, atenúa la secreción gastrointestinal, disminuye los cólicos e indigestiones y baja la hipertensión y el colesterol.

La decocción de las hojas y la corteza, aplicada por vía tópica, es útil para el alivio de enfermedades cutáneas o úlceras varicosas (Cáceres y Machaín, 2000). Cuenta con diferentes acciones antimicrobianas: *in vitro*, el extracto acuoso actúa contra *Escherichia coli*, *Shigella dysenteriae*, *Salmonella typhi*, *Staphylococcus aureus* y *Proteus mirabilis* (Martínez, Molina y Boucourt, 1997), y el extracto etanólico presenta actividad antimicótica contra las especies de *Cándida albicans*, *C. parapsilopsis* y *C. stellatoidea* (Huamani y Ruiz, 2005; Torres-Chatí, León-Quispe y Tomas-Chota, 2017).

Los frutos se consumen crudos para tratar la diarrea; tienen efectos hipoglucemiantes en ratones y humanos, pero son leves en comparación con los de los extractos acuoso, etanólico y butanólico de las hojas de guayabo que disminuyen los niveles de glucosa en plasma y mejoran la tolerancia a la glucosa en ratas diabéticas (Pazmiño-Vinueza, 2015). Debido al uso común de la guayaba, se han hecho varios estudios científicos para indagar a qué principios activos corresponden las diversas funciones que, tanto en el fruto como en las hojas, proporcionan el cuidado de la salud. Se resaltan algunos de ellos a continuación:

Efectos en el metabolismo de la glucosa

Soman *et al.* (2010) realizaron ensayos *in vitro* con extracto de hojas de guayaba que inhibieron la formación de productos finales de la glicación avanzada. Esto concuerda con lo encontrado por Wu *et al.* (2009), quienes se basaron en un sistema modelo

de albúmina/glucosa que mostró el mismo efecto y, particularmente, inhibió los productos Amadori. Además, el ácido gálico, la catequina y la quercetina mostraron más del 80% de los efectos inhibidores de la glicación.

En otro estudio, elaborado por Wang, Du y Song (2010), se realizaron pruebas para conocer las actividades inhibitoras de α -glucosidasa y α -amilasa de las hojas de guayaba, en las que se encontraron siete compuestos flavonoides puros: quercetina, kaempferol, guaijaverina, avicularina, miricetina, hiperina y apigenina. En pruebas adicionales, se revelaron fuertes actividades inhibitoras de las enzimas sacarasa, maltasa y α -amilasa, además de un efecto sinérgico muy marcado contra α -glucosidasa. En un estudio similar, Deguchi y Miyazaki (2010) describieron que el componente que inhibió las enzimas α -glucosidasa en el extracto de guayaba fue un polifenol polimerizado y que los polisacáridos de las hojas de guayaba también exhibieron inhibición de la α -glucosidasa.

En tanto, Basha y Kumari (2012) propusieron que la quercetina es un compuesto activo encargado de contribuir al alivio de la hipoglucemia en la diabetes y suscitar la captación de glucosa en las células hepáticas. Otro estudio de extracto acuoso de la hoja de guayaba, realizado por Lee, Lim y Kwon (2015), confirmó que la catequina y la quercetina contribuyeron a la inhibición de los transportadores de glucosa. Adicionalmente, Basha y Kumari (2012) evaluaron la absorción de glucosa con diferentes extractos de hojas de guayaba y detectaron que la mayor eficacia para reducir los niveles de glucosa fue con el extracto metanólico.

Wang *et al.* (2016) analizaron la función de los triterpenoides totales de las hojas de guayaba en el tratamiento de ratas con neuropatía periférica diabética, inducida por estreptozina con alto contenido de grasas, y encontraron que se producía una protección de las neuronas mediada por una disminución de citocinas proinflamatorias y la mejora de las funciones físicas, por lo que la formularon como posible enfoque terapéutico en ese problema degenerativo.

Asimismo, Ogueri *et al.* (2014) encontraron que el extracto acuoso de las hojas de guayabo producía una disminución de la glucemia y de la enzima alanina amino transferasa (ALT) en ratas con diabetes inducida por aloxano. Se observó una disminución en la concentración de glucosa y de la ALT, sin efectos secundarios en las enzimas hepáticas fosfatasa alcalina (ALP) y aspartato aminotransferasa (AST). En tanto, Shakeera *et al.* (2013) utilizaron el extracto etanólico de las hojas por 21 días, a manera de tratamiento en el mismo tipo de ratas, y observaron un descenso en los niveles de

glucosa en sangre, colesterol total, triglicéridos, lipoproteínas de baja densidad (LDL) y lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL), así como un incremento importante de lipoproteínas de alta densidad (HDL), lo que hizo notar la presencia de compuestos antihiper glucémicos y antihiperlipidémicos en *Psidium guajava*.

En un tratamiento con extracto acuoso de hojas de guayaba, realizado por Akinloye, Akinmoladun y Farombi (2010), se observó una reducción del nivel de colesterol en plasma en conejos alimentados con una dieta alta de colesterol. También se observó que bajaron los niveles de LDL, redujo la hiperglucemia de manera significativa y se elevaron los niveles de las HDL. Asimismo, el extracto de hojas de guayaba tuvo un efecto positivo al reducir el estrés oxidativo en ratas con concentraciones elevadas de colesterol (Mesquita *et al.*, 2014).

Otro estudio realizado en China por Cheng y Yang (1983) para evaluar el efecto hipoglucemiante del jugo de la guayaba, administrado vía oral en dosis de 1 g de jugo por kg de peso a ratones normales y diabéticos inducidos con aloxano, mostró la reducción del nivel de glucosa en ambos grupos, aunque la duración del efecto fue más breve que con la aplicación de clorpropamida y metformina. Sin embargo, en el estudio se opina que la ingesta de guayaba en individuos sanos y diabéticos puede contribuir a la disminución de los niveles de glucosa, lo cual previene o mejora las manifestaciones clínicas de la diabetes mellitus.

Enfermedades del sistema circulatorio

Diversos estudios con las hojas de guayaba han mostrado efectos prometedores en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares y diversas complicaciones vasculares. En un estudio *in vitro*, realizado por Owen *et al.* (2007) en células endoteliales aórticas bovinas tratadas con extractos de hojas de guayaba, se observó un retraso de la oxidación de las LDL, lo que evitó su citotoxicidad y, por lo tanto, representa un beneficio en la prevención de enfermedades cardiovasculares.

En una investigación de Hsieh *et al.* (2007), llevada a cabo con extracto de hojas de guayaba en gemación y sus compuestos fenólicos activos (ácido gálico, ácido ferúlico y quercetina), se mostró el efecto protector contra la pérdida de actividad de la antitrombina III inducida por metilglioxal. Se concluyó que el extracto actúa como un potente agente antiglicativo y anticoagulante, con acción prometedora en

el tratamiento de las enfermedades vasculares preventivas que se asocia a la glicación en la diabetes.

Otro estudio, realizado por Anyachukwu *et al.* (2016) en homogeneizados de tejidos de rata, mostró que los flavonoides y ácidos fenólicos de las hojas del guayabo inhibieron la actividad de xantina oxidasa y angiotensina 1, enzimas relacionadas con el desarrollo de la gota y la hipertensión, por lo que podrían beneficiar la prevención y mejora de ambas enfermedades.

Ademiluyi *et al.* (2015) realizaron ensayos con hojas de guayabas rojas y blancas en ratas para demostrar el efecto antihipertensivo *in vitro* y, posteriormente, evaluar la peroxidación lipídica. Asumieron que la acción demostrada correspondía a los diversos componentes de sus extractos, entre los cuales los principales son el ácido rosmarínico, eugenol, carvacrol, catequina y ácido cafeico. En tanto que Takahashi *et al.* (2015) identificaron la acción reductiva de la aterosclerosis en ratones *knockout* para apo E y adjudicaron esa propiedad a los extractos de hojas de guayaba que contenían galato de etilo y quercetina.

Enfermedades del sistema digestivo

Desde hace varios años se le han atribuido a las hojas de guayaba propiedades relacionadas con el alivio y la cura de alteraciones en el sistema digestivo. A nivel bucal, se probó la alta actividad de la guaijaverina (flavonoide vegetal de las hojas de guayaba) contra *Streptococcus mutans* y, además, se verificó su capacidad como agente antiplaca. Esto lo hace una buena opción para el cuidado bucal (Prabu, Gnanamani y Sadulla, 2006). Asimismo, una propiedad adicional de las hojas de guayaba es su actividad analgésica, la cual se demostró al evaluar el extracto metanólico y sus diversas fracciones en el dolor de muelas (Jayakumari *et al.*, 2012). Dos años más tarde Ravi y Divyashree (2014) comprobaron su potencial como complemento en el tratamiento de la enfermedad periodontal.

Más tarde, Shafiei *et al.* (2016) diferenciaron los efectos antibacterianos y la antiadherencia de una mezcla de extractos de plantas y los extractos individuales de *Psidium* sp., *Mangifera* sp. y *Mentha* sp. Este estudio reportó un efecto bactericida mayor de las hojas de guayaba sobre *Streptococcus sanguinis* y *S. mutans*, colonizadores temprano y tardío respectivamente de la placa bucal, en comparación con las hojas de

Mangifera indica L. y *Mentha piperita* L., pero menor en comparación con la actividad de la mezcla de los tres extractos. También se observó un efecto mayor de las hojas de guayaba sobre la antiadherencia a la placa en comparación con la mezcla de las plantas estudiadas, lo cual podría deberse a los flavonoides y taninos detectados en *Psidium guajava*.

Uno de los usos más comunes y ancestrales de esta especie se asocia a su propiedad antidiarreica, al inhibir el tránsito intestinal y retrasar el vaciamiento gástrico. Recientemente, Ojewole, Awe y Chiwororo (2008) corroboraron esto en ratones con diarrea inducida y tratados en específico con el extracto acuoso de las hojas de guayaba. También Jayakumari *et al.* (2012) demostraron la capacidad de las hojas para proteger la mucosa gástrica y encontraron un efecto antiulceroso asociado a los flavonoides que contienen. De la misma forma, Tende *et al.* (2013) mencionaron que las hojas de guayaba participaron en la reducción del volumen secretor gástrico y en la secreción ácida; demostraron una elevación del pH gástrico que fue asociada a una capacidad protectora al estómago y que inhibe úlceras y lesiones gástricas.

Propiedades anticancerígenas

En pruebas realizadas por Seo *et al.* (2005) con extractos de *Psidium guajava*, al administrar extracto etanólico de las hojas a ratones B6 después de la inoculación de células de melanoma, se evidenció que este tenía un efecto no terapéutico de vacuna contra los tumores, al deprimir las células T (Tr) reguladoras, ya que bloquea la inducción *in vitro* mediada por IL-10 con la inhibición de células T (Tr) de esplenocitos CD4+ de ratones C57BL/6, lo cual ejerce un efecto débil o nulo sobre el desarrollo de células Th1 y Th2. También cambió el equilibrio Th1/Th2 a un estado dominante Th1 y se observó un efecto antitumoral, probablemente asociado a los compuestos fenólicos.

En un estudio realizado por Chen *et al.* (2009), se reconstituyeron los polifenoles de las hojas de guayaba en ciernes, de los cuales se recuperó solo el 40% de la bioactividad original. Sin embargo se encontró un ramnoalosano con características de peptidoglicano que, en análisis cinético, mostró bioactividad antiDU-145 —cinéticamente complementaria a la fracción polifenólica de hojas de guayaba en ciernes— y potentes actividades antiangiogénica y antimigratoria.

Por su parte, Rizzo *et al.* (2014) evaluaron *in vivo* la bioactividad de los terpenos de la guayaba, en un modelo murino de adenocarcinoma sólido de mama de Ehrlich, así como la acción de una fracción de hojas de guayaba enriquecida con meroterpeno, y determinaron que contienen guajadial, psidial A y psiguadial A y B. Estos compuestos revelaron una acción como fitoestrógenos, al mostrar actividad antagonista y agonista específica de tejido sobre los receptores de estrógenos, con efecto antiproliferativo para nueve líneas de cáncer humano: leucemia (K-562), mama (MCF-7), cáncer de ovario resistente (NCI/ADR-RES), pulmón (NCI-H460), melanoma (UACC-62), próstata (PC-3), colon (HT-29), ovario (OVCAR-3) y riñón (786-0).

En tanto, en un modelo de rata albina Wistar, Kumar *et al.* (2016) explicaron el papel radiomodulador de los extractos de las hojas de guayaba, al mencionar que pueden actuar como protectores contra la genotoxicidad inducida por rayos X, el estrés oxidativo y la apoptosis en pacientes con cáncer, ya que previenen el daño del ADN. Asimismo, las hojas de guayaba también pueden ser de utilidad en la prevención directa e indirecta de la melanogénesis ocasionada por radiación ultravioleta (UV). Conclusión a la que llegaron Lee *et al.* (2016), al estudiar el efecto del extracto metanólico de las hojas en un ensayo electrofisiológico basado en melanogénesis cutánea inducida por rayos UV, con lo que se demostró que el extracto metanólico de las hojas puede inhibir la tirosinasa y el canal ORAI1. Adicionalmente se afirmó que la fracción de hexano disminuyó el contenido de melanina inducido por la irradiación UVB en células de melanoma murino B16F10.

Propiedades antibacterianas y antimicóticas

Expertos de la etnobotánica y la etnofarmacología han hecho estudios con las plantas del guayabo, a partir de los cuales han descrito sus diferencias de acción farmacológica de acuerdo con las partes analizadas y el método de extracción empleado. En los extractos acuosos y orgánicos de hojas de guayaba se ha encontrado actividad antibacteriana debido a un efecto inhibitorio contra cepas clínicas de *S. aureus* resistentes a los antibióticos (Milyani, 2012; Anas *et al.*, 2008).

Chah *et al.* (2006) probaron el efecto antimicrobiano de extractos metanólicos en algunas cepas bacterianas y el resultado mostró acción contra *S. aureus*, *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus* spp. y *Shigella* spp., así como inhibición de su

crecimiento. Los extractos acuosos y orgánicos de las hojas de guayaba presentan mayor acción contra bacterias grampositivas y exhiben mayores zonas de inhibición y concentraciones mínimas inhibitorias (CMI) que las gramnegativas (Nair y Chanda, 2007). En un estudio sobre el efecto de extracto del fruto del guayabo, realizado por Bezerra *et al.* (2016), este presentó actividad anti *S. aureus*, *in vitro*, al mostrar sinergismo con extractos de clavo y limoncillo, en mayor tasa que con los fármacos antimicrobianos.

En otro estudio de las hojas de *Psidium guajava* L., Metwally *et al.* (2010) aislaron cinco compuestos flavonoides (quercetina, quercetina-3-O- α -L-arabinofuranósido, quercetina-3-O- β -D-arabinopiranosido, quercetina-3-O- β -D-glucósido y quercetina-3-O- β -D-galactósido) a través de procesos de extracción, fraccionamiento y aislamiento. Estos flavonoides mostraron valiosas actividades antimicrobianas contra algunas bacterias y hongos. Resultados similares encontraron Mailoa *et al.* (2014) con taninos y De Araújo *et al.* (2014) con ácido gálico y catequina. Por su parte, Ghosh *et al.* (2010) también observaron efectos con el ácido betulínico y lupeol. En tanto, los extractos metanólicos en acetona y N-dimetilformamida de hojas de guayaba mostraron menor actividad antifúngica contra *Aspergillus* que en 91 cepas de microorganismos, incluidas *Pseudomonas* spp., *E.coli*, *Klebsiella* y *Proteus* spp. (Nair y Chanda, 2007; Dhiman *et al.*, 2011).

Enfermedades de la piel y del tejido subcutáneo

En la piel suelen encontrarse diversas afecciones provocadas por hongos como los dermatofitos. El extracto de las hojas de guayaba ha mostrado actividad antimicrobiana contra algunas bacterias presentes en estas afecciones, como las inducidas por el acné, entre las que destaca el *Propionibacterium acnes* (Qadán *et al.*, 2005). El extracto también tuvo efecto contra algunas bacterias que se relacionan con infecciones en tejidos blandos, piel y heridas (Abubakar, 2009).

En un estudio realizado en Tailandia, se seleccionaron 10 plantas, entre ellas el guayabo; con sus hojas realizaron extractos con metanol y acetona y encontraron una actividad notable contra esas afecciones. Adicionalmente estudiaron las propiedades antifúngicas de los fenoles aislados de las hojas y fibroblastos de piel, en los que observaron, también, una buena actividad (Suwanmanee, Kitisin y Luplertlop, 2014).

Además, se ha analizado el uso de las hojas de guayaba en dermatitis atópica que suele acompañarse de prurito. Estas aportaron un beneficio para reducir el nivel sérico de inmunoglobulina E y los síntomas eczematosos en ratones NC con dermatitis inducida por 2,4-dinitroclorobenceno, lo que permitió controlar el prurito y escozor y contribuir a la mejoría de algunas lesiones cutáneas (Choi, 2012). También se realizó un ensayo del efecto del extracto de hoja de guayaba en la piel de rata con anafilaxia cutánea activa, lo cual reveló una actividad inhibidora de la reacción (Baroroh, Utami y Harwoko, 2016).

Propiedades antiparasitarias

Los estudios realizados con hojas de guayaba muestran resultados antiparasitarios, como el de Adeyemi *et al.* (2011), donde un extracto de etanol reveló inhibición del crecimiento de *Trypanosoma brucei brucei* y su función como agente tripanocida obtuvo resultados similares a los de los fármacos de referencia. En otro estudio realizado por Lee *et al.* (2013) se encontró que un aceite esencial de hoja de guayaba inhibió el crecimiento de *Toxoplasma gondii*, agente causal de la toxoplasmosis, y, posteriormente, Kaushik *et al.* (2015) también encontraron actividad antimalárica.

Otras propiedades

En otro estudio del extracto acuoso de las hojas de guayaba, realizado por Ekaluo *et al.* (2016) con finalidades muy distintas a las mencionadas, se observó un papel protector contra la espermatoxicidad inducida por cafeína en ratas albinas y se encontró que el extracto contenía compuestos protectores al restaurar los valores normales, recuento, motilidad y anomalías de la cabeza de los espermatozoides.

DISCUSIÓN

Los estudios realizados en diversas partes del mundo han mostrado la universalidad del uso popular del guayabo en prácticas tradicionales que han permanecido a

través de los años en la formación de curanderos y se han heredado de generaciones anteriores. Aun cuando muchas de ellas carecen de respaldo científico, en algunas comunidades se apoya su uso por la efectividad que se ha encontrado para tratar diversas dolencias. Por otra parte, los estudios científicos demuestran las distintas actividades farmacológicas de la planta, lo que representa un interés terapéutico que hace necesario continuar las investigaciones.

A pesar de que se ha investigado bastante sobre los usos y efectos de la guayaba en diversas alteraciones de la salud humana, faltan estudios que permitan tener la certeza de su efectividad como alternativa terapéutica y garanticen su aplicación en personas. Poco se ha aportado por los estudiosos sobre formas farmacéuticas, ya sea sólidas —en tabletas y cápsulas—, líquidas —en jarabes— o semisólidas —en pomadas o ungüentos—, lo cual es necesario para que se posicionen en el mercado como alternativa de uso y las acepten los pacientes. En el medio farmacéutico se venden productos elaborados con hojas de guayaba que utilizan la quercetina como principio activo, por ejemplo: medicamentos que alivian la colitis al actuar como espasmolíticos, antiinflamatorios y analgésicos —como QG5 elaborado por Genomma Laboratories de México, Quercetina de Essential Nutrition, Bio-Quercetin de Life Extension, Quercetin de Plandai, Quercetin de Sadhus— o combinadas con curcumina y bioperina que actúan como antioxidante útil en problemas de articulaciones, cardiovasculares y digestivos —como BioPerine de laboratorios Vimerson Health—.

Por lo tanto, es necesario continuar las investigaciones sobre alternativas eficaces en el tratamiento de las diversas dolencias del ser humano y, sobre todo, de los usos preventivos de enfermedades, para preservar la salud humana con recursos que aporta la naturaleza y que pueden ser una alternativa eficiente.

REFERENCIAS

- Abubakar, E. M. (2009). The use of *Psidium guajava* Linn. in treating wound, skin and soft tissue infections. *Sci. Res. Essays*, 4 (6), 605-611.
- Ademiluyi, A. O. *et al.* (2015). A comparative study on antihypertensive and antioxidant properties of phenolic extracts from fruit and leaf of some guava (*Psidium guajava* L.) varieties. *Comp. Clin. Pathol.*, 25 (2), 363-374.
- Adeyemi, O. S. *et al.* (2011). Anti-trypanosomal and cytotoxic activity of ethanolic extracts of *Psidium guajava* leaves in Alamar Blue based assays. *Vet. Arh.*, 81 (5), 623-633.
- Akinloye, O., Akinmoladun, A. C. y Farombi, E. O. (2010). Modulatory effect of *Psidium guajava* Linn and *Ocimum gratissimum* Linn on lipid profile and selected biochemical indices in rabbits fed high cholesterol diet. *J. Complement. Integr. Med.*, 7, 13-15.
- Anas, K. *et al.* (2008). *In vitro* antibacterial activity of *Psidium guajava* Linn. leaf extract on clinical isolates of multidrug resistant *Staphylococcus aureus*. *Indian J. Exp. Biol.*, 46 (1), 41-46.
- Anyachukwu Irondi, E. *et al.* (2016). Guava leaves polyphenolics-rich extract inhibits vital enzymes implicated in gout and hypertension *in vitro*. *J. Intercult. Ethnopharmacol.*, 5 (2), 122-130.
- Bandera, F. E. y Pérez, P. L. (2015). Mejoramiento genético del guayabo (*Psidium guajava* L.). *Cultivos Tropicales*, 36, 96-110. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193243640009.pdf>
- Baroroh, H. N., Utami, E. D. y Harwoko, H. (2016). Inhibitory effect of ethanolic extract of *Psidium guajava* leaves in rat active cutaneous anaphylaxis reaction. *Int. J. Pharm. Clin. Res.*, 8 (1), 1-5.
- Basha, S. K. y Kumari, V. S. (2012). *In vitro* antidiabetic activity of *Psidium guajava* leaves extracts. *Asian Pac. J. Trop. Dis.*, 2 (1), 98-100.
- Bautista, V. (2010). Guayaba. *Orígenes cultivos antiguos* [blog], 9 de noviembre. <http://cultivosantiguos.blogspot.com/2010/11/guayaba.html>
- Bermudez-Vázquez M., Granados-Chinchilla F. y Molina, A. (2019). Composición química y actividad microbiana del aceite esencial de *Psidium guajava* y *Cymbopogon citratus*. *Agronomía Mesoamericana*, 30 (1), 147-163.
- Bezerra Morais-Braga, M. F. *et al.* (2016). *Psidium guajava* L. and *Psidium brownianum* Mart ex DC. potentiate the effect of antibiotics against Gram-positive and Gram-negative bacteria. *Eur. J. Integr. Med.*, 8, 683-687.
- Cáceres M. S. y Machaín M. (2000). *Manual de uso de hierbas medicinales del Paraguay*. Montevideo: Fundación Celestina Pérez Almada/UNESCO. http://portal.unesco.org/en/file_download.php/c9010dd7f603adeb359ff68830c3c978hierbasmedicinales.pdf

- Chah, K. F. *et al.* (2006). Antibacterial and wound healing properties of methanolic extracts of some Nigerian medicinal plants. *J. Ethnopharmacol.*, 104 (1-2), 164-167.
- Chase, M. W. y Reveal, J. L. (2009). A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. *Bot. J. Linn. Soc.*, 161 (2), 122-127. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.01002.x>
- Chen, K. C. *et al.* (2009). Anticancer activity of rhamnollosan against DU-145 cells is kinetically complementary to coexisting polyphenolics in *Psidium guajava* budding leaves. *J. Agric. Food Chem.*, 57 (14), 6114–6122.
- Cheng, J. T. y Yang, R. S. (1983). Hypoglycemic effect of guava juice in mice and human subjects. *Am. J. Chin. Med.*, 11 (1-4), 74-6.
- Conabio (2021). *Psidium guajava*. 201-204. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/52-myrta3m.pdf.
- De Araujo, A. A. *et al.* (2014). Quantification of polyphenols and evaluation of antimicrobial, analgesic and anti-inflammatory activities of aqueous and acetone-water extracts of *Libidibia ferrea*, *Parapiptadenia rigida* and *Psidium guajava*. *J. Ethnopharmacol.*, 156, 88-96.
- De Sahagún, Fray Bernardino (1989). *Historia General de las cosas de la Nueva España*, Tomo 2. Introducción, paleografía, glosario y notas de Alfredo López Austin y Josefina García Quintana. México: Conaculta/Alianza Editorial Mexicana. 743-744.
- Deguchi, Y. y Miyazaki, K. (2010). Anti-hyperglycemic and anti-hyperlipidemic effects of guava leaf extract. *Nutr. Metab. Lond.*, 7.
- Delfín Guillaumin, M. (2011). Historia de la guayaba, una sabrosa y curativa fruta. *Historia de la cocina y la gastronomía*. <https://www.historiacocina.com/historia/articulos/guayaba.htm>
- Dhiman, A. *et al.* (2011). In vitro antimicrobial activity of methanolic leaf extract of *Psidium guajava* L. *J. Pharm. Bioallied Sci.*, 3 (2), 226–229. Doi: 10.1142/S0192415X83000124.
- Ekaluo, U. B. *et al.* (2016). Protective role of aqueous guava leaf extract against caffeine induced spermatotoxicity in albino rats. *Res. J. Med. Plants*, 10 (1), 98-105.
- Fajardo-Ortíz, A. *et al.* (2019). Caracterización morfológica y bioquímica de tipos de guayaba (*Psidium guajava* L.) colectados en Sumapaz, Colombia. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 42 (3), 289-299. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802019000300289&lng=es&tylng=es
- Figuroa, S. M. y Galeote, M. (2009). El vocabulario náhuatl-español (1571): la aportación mayor de fray Alonso de Molina a la lexicografía misionera. *Boletín de Filología*, 44 (1), 55-81.

- Ghosh, P. *et al.* (2010). Triterpenoids from *Psidium guajava* with biocidal activity. *Indian J. Pharm. Sci.*, 72 (4), 504-507.
- González, J. (2017). *Curso de Biomoléculas. Universidad del País Vasco*. <http://www.ehu.es/biomoleculas/hc/sugar33c4.htm>
- Hidalgo, R. *et al.* (2015). Beneficios de la guayaba para la salud. *Rev. Inv. Inf. Salud*, 10 (25), 27-32. http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttextypid=S2075-61942015000300005yln=esynrm=iso.
- Hsieh, C. L. *et al.* (2007). Preventive effects of guava (*Psidium guajava* L.) leaves and its active compounds against α -dicarbonyl compounds-induced blood coagulation. *Food Chem.*, 103 (2), 528-535.
- Huamani Achata, M. E. y Ruiz Quiroz, J. R. (2005). *Determinación de la actividad antifúngica contra Candida albicans y Aspergillus niger de 10 plantas medicinales de 3 departamentos del Perú*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/1278?show=full>
- Insuasty, B. O. *et al.* (2014). *Manejo fitosanitario del cultivo de la guayaba (Psidium guajava L.) en Santander*. Boletín técnico. Bogotá: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria/Instituto Colombiano Agropecuario, 40.
- Jayakumari, S. *et al.* (2012). Antiulcerogenic and free radical scavenging activity of flavonoid fraction of *Psidium guajava* Linn leaves. *Int. J. Pharm. Pharm. Sci.*, 4, 170-174.
- Jayakumari, S. *et al.* (2012). Evaluation of toothache activity of methanolic extract and its various fractions from the leaves *Psidium guajava* Linn. *Int. J. Pharma. Bio. Sci.*, 3, 238-249.
- Kaushik, N. K. *et al.* (2015). Evaluation of antiplasmodial activity of medicinal plants from North Indian Buchpora and South Indian Eastern Ghats. *Malar. J.*, 14.
- Kumar, A. *et al.* (2016). Radiomodulatory role of *Psidium guajava* leaf extracts against X-ray induced genotoxicity, oxidative stress and apoptosis in albino wistar rat model. *J. Appl. Pharm. Sci.*, 6 (03), 58-65.
- Lee, W. C. *et al.* (2013). Free radicals scavenging activity, cytotoxicity and anti-parasitic activity of essential oil of *Psidium guajava* L. leaves against *Toxoplasma gondii*. *J. Essent. Oil Bear. Plants*, 16 (1), 32-38.
- Lee, D. U. *et al.* (2016). Skin protective effect of guava leaves against UV-induced melanogenesis via inhibition of ORAI1 channel and tyrosinase activity. *Exp. Dermatol.*, 25 (12), 977-982.

- Lim, Y. Y., Lim T. T. y Lee J. J. (2007). Antioxidant properties of several tropical fruits: A comparative study. *Food Chem.*, 103 (3), 1003-1008. Doi: 10.1016/j.foodchem.2006.08.038
- López, J. A. (2016). *Facultad de Ciencias Agrícolas. Ingeniero Agrónomo Industrial. Herbolaria apuntes. Unidad de aprendizaje: Herbolaria optativa (optativa)*. UAEM, 53-54.
- Mailoa, M. N. *et al.* (2014). Antimicrobial activities of tannins extract from guava leaves (*Psidium guajava* L.) on pathogens microbial. *Int. J. Sci. Technol. Res.*, 3 (1), 236-241.
- Marquina, V. *et al.* (2008). Composición química y capacidad antioxidante en fruta, pulpa y mermelada de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 58 (1), 98-102. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222008000100014&lng=es&tyng=es.
- Martínez, M. J., Molina, N. y Boucourt, E. (1997). Evaluación de la actividad antimicrobiana del *Psidium guajava* L. (guayaba). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 2 (1), 12-14. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47961997000100003
- Martínez-Navarrete, N., Camacho-Vidal, M. y Martínez-Lahuerta, J. (2008). Los compuestos bioactivos de las frutas y sus efectos en la salud. *Rev. Esp. Nutric. Hum. y Dietética*, 12 (1), 64-68.
- McClung E. *et al.* (2014). Los orígenes prehispánicos de una tradición alimentaria en la Cuenca de México. *Anales de Antropología*, 48 (1), 97-121. [https://doi.org/10.1016/S0185-1225\(14\)70491-6](https://doi.org/10.1016/S0185-1225(14)70491-6)
- Mesquita Freire, J. *et al.* (2014). Evaluation of the protective effect of guava fruits and leaves on oxidative stress. *Acta Sci. Biol. Sci.*, 36 (1), 35-40.
- Metwally, A. M. *et al.* (2010). Phytochemical investigation and antimicrobial activity of *Psidium guajava* L. leaves. *Phcog. Mag.*, 6 (23), 212-218.
- Milyani, R. (2012). Inhibitory effect of some plant extracts on clinical isolates of *Staphylococcus aureus*. *Afr. J. Microbiol. Res.*, 6 (36), 6517-6524.
- Morales González, D. (2015). *Sistema silvopastoril y recuperación de cobertura arbórea*. Tesis de pregrado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7735/63764%20MORALES%20GONZALEZ,%20GERMIN%20DAVID%20%20TESIS.pdf>
- Nair, R. y Chanda, S. (2007). *In Vitro* antimicrobial activity of *Psidium guajava* L. leaf extracts against clinically important pathogenic microbial strains. *Braz. J. Microbiol.*, 38 (3), 452-458.

- Ogueri, C. C. *et al.* (2014). Effect of aqueous extract of guava (*Psidium guajava*) leaf on blood glucose and liver enzymes in alloxan induced diabetic rats. *Br. J. Pharm. Res.*, 4 (9), 1079–1087.
- Ojewole, J. A. O., Awe, E. O. y Chiwororo, W. D. H. (2008). Antidiarrhoeal activity of *Psidium guajava* Linn. (Myrtaceae) leaf aqueous extract in rodents. *J. Smooth Muscle Res.*, 44 (6), 195–207.
- Owen, P. L. *et al.* (2007). Endothelial cytoprotection from oxidized LDL by some crude Melanesian plant extracts is not related to their antioxidant capacity. *J. Biochem. Mol. Toxicol.*, 21 (5), 231-242.
- Padilla, R. J. S. *et al.* (2013). Determinación de las características preferenciales del fruto de guayaba para consumo en fresco. En Padilla R. J. S., Rodríguez M. V. M. y González G. E. (eds.) *Simposio Nacional de Fitomejoramiento y Postcosecha de Guayaba*. Publicación Especial No. 39. Aguascalientes: Sagarpa/INIFAP.
- Padilla R. J. S., González G. E. y Perales D. C. M. A. (2016). Nuevas variedades de guayaba. Folleto Técnico. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias*, 42 (1-2), https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232818/Nuevas_Varietades_de_Guayaba_Psidium_guajava_L._2016.pdf
- Paul, R. y Duarte, O. (2012). *Tropical fruits. Volume II*. 2ª ed. Reino Unido: CABI.
- Pazmiño-Vinueza, A. (2015). *Comparación del efecto normoglucemiante de la infusión vs extracto etanólico de las hojas de guayaba (Psidium guajava L.) en ratas de experimentación con diabetes inducida*. Tesis de pregrado. Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Pérez Gutiérrez, R. M., Mitchell, S. y Vargas Solís, R. (2008). *Psidium guajava*: A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *J. Ethnopharmacol.*, 117 (1). Doi: 10.1016/j.jep.2008-01.025
- Portillo, A. (2001). Plantas medicinales y drogas vegetales. Guayabo. *Psidium guajava* L. (mirtáceas). *Offarm*, 20 (5), 191-192.
- Prabu, G. R., Gnanamani, A. y Sadulla, S. (2006). Guajaverin—A plant flavonoid as potential antiplaque agent against *Streptococcus mutans*. *J. Appl. Microbiol.*, 101 (2), 487-495.
- Q'adan, F. *et al.* (2005). The antimicrobial activities of *Psidium guajava* and *Juglans regia* leaf extracts to acne-developing organisms. *Am. J. Chin. Med.*, 33 (2), 197–204.
- Ravi, K. y Divyashree, P. (2014). *Psidium guajava*: A review on its potential as an adjunct in treating periodontal disease. *Pharmacogn. Rev.*, 8 (16), 96-100.
- Remorini, C. *et al.* (2009). *El “susto”: “síndrome culturalmente específico” en contextos pluriculturales. Algunas consideraciones sobre su etiología y terapéutica en México y Argentina*.

- Conferencia presentada en la memoria del V Congreso Internacional de Etnobotánica, llevado a cabo en la Universidad del Comahue, Bariloche.
- Reyna, M. C. (1996). Boticas y boticarios. Siglos XVI al XIX. *Dimensión Antropológica*, 7, 55-72. <http://www.dimensionantropologica.inah.gob.mx/?p=1458>
- Rizzo, L. Y. *et al.* (2014). *In vitro*, *in vivo* and *in silico* analysis of the anticancer and estrogen-like activity of guava leaf extracts. *Curr. Med. Chem.*, 21 (20), 2322-2330.
- Salazar, D. M. *et al.* (2006). Phenological stages of the guava tree (*Psidium guajava* L.). *Rev. Scientia Hort.*, 108, (2), 157-1261.
- Segleau, J. (2008). Árboles medicinales: el guayabo. *Rev. Kurú.*, 5 (15), 1-3.
- Seo, N. *et al.* (2005). Anti-allergic *Psidium guajava* extracts exert an antitumor effect by inhibition of T regulatory cells and resultant augmentation of Th1 cells. *Anticancer Res.*, 25 (6A), 3763-3770.
- Shafei, Z. *et al.* (2016). Antibacterial and anti-adherence effects of a plant extract mixture (PEM) and its individual constituent extracts (*Psidium sp.*, *Mangifera sp.*, and *Mentha sp.*) on single- and dual-species biofilms. *PeerJ*, 4.
- Shakeera Banu, M. *et al.* (2013). Antihyperglycemic and antihyperlipidemic potentials of *Psidium guajava* in alloxan-induced diabetic rats. *Asian J. Pharm. Clin. Res.*, 6, 88-89.
- SIAP-Sagarpa (2013). *Base de datos de producción agrícola y pecuaria. Producción anual y producción por estado de guayaba.* www.siap.gob.mx
- Silva K. D. R. R. y Sirasa M. S. F. (2018). Antioxidant properties of selected fruit cultivars grown in Sri Lanka. *Food Chemistry*, 238, 203-208. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814616313425>
- Sol, E. (2016). Virtudes de la naturaleza guayaba. *Recetas esotéricas de la abuela Sol* [blog], 30 de agosto. <http://esotericocestrellasol.blogspot.com/2016/08/virtudes-de-la-naturaleza-guayaba.html>
- Soman, S. *et al.* (2010). Antioxidant and antiglycative potential of ethyl acetate fraction of *Psidium guajava* leaf extract in streptozotocin-induced diabetic rats. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 65 (4), 386-391.
- Suwanmanee, S., Kitisin, T. y Luplertlop, N. (2014). *In vitro* screening of 10 edible Thai plants for potential antifungal properties. *Evid. Based Complement. Altern. Med.*, 2014.
- Takahashi, Y. *et al.* (2015). Inhibition of leukocyte-type 12-lipoxygenase by guava tea leaves prevents development of atherosclerosis. *Food Chem.*, 186, 2-5.
- Tende, J. A. *et al.* (2013). Anti-ulcerogenic activity of guava (*Psidium guajava*) leaves extract in rats. *Ann. Exp. Biol.*, 1, 6-9.

- Torres, L. O., Tapia, M. E. y Guilar, A. (2005). *Plantas medicinales de la medicina tradicional mexicana para tratar afecciones gastrointestinales*. Barcelona: Universidad Barcelona.
- Torres-Chatí, J., León-Quispe, J. y Tomas-Chota, G. (2017). Actividad antibacteriana y antifúngica de extractos de hojas de *Luma chequen* (Molina) A. Gray Arrayán frente a patógenos de origen clínico. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 37 (1), 10-16. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562017000100004&lng=es&tying=es
- UNAM (2009). Sinonimia botánica. *Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana*. <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/apmtm/termino.php?l=3yt=guayaba>
- Vargas, D. *et al.* (2006). Cinética de acumulación y distribución de flavonoides en guayaba (*Psidium guajava* L.). *Agrociencia*, 40 (1), 109-115. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30240111>
- Wang, H., Du, Y. J. y Song, H. C. (2010). α -Glucosidase and α -amylase inhibitory activities of guava leaves. *Food Chem.*, 123 (1), 6-13.
- Wang, X. *et al.* (2016). Ameliorative effect and underlying mechanisms of total triterpenoids from *Psidium guajava* Linn (Myrtaceae) leaf on high-fat streptozotocin-induced diabetic peripheral neuropathy in rats. *Trop. J. Pharm. Res.*, 15 (2), 327-333.
- Wu, J. W. *et al.* (2009). Inhibitory effects of guava (*Psidium guajava* L.) leaf extracts and its active compounds on the glycation process of protein. *Food Chem.*, 113 (1), 78-84.
- Yam Tzec J. A. *et al.* (2010). Una revisión sobre la importancia del fruto de Guayaba (*Psidium guajava* L.) y sus principales características en la postcosecha. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19 (4), 74-82.
- Zepeda, G. C. y White, O. L. (2008). Herbolaria y pintura mural: plantas medicinales en los murales del convento del Divino Salvador de Malinalco, Estado de México. *Polibotánica*, 2008 (25), 173-199.

CAPÍTULO VII

PLANTAS MEXICANAS CON PROPIEDADES ANSIOLÍTICAS

*Halina Kean Galeno**

*Tania Kean Galeno***

*Miriam Verónica Flores-Merino****

*Jaime Flores Estrada****

INTRODUCCIÓN

México posee un complejo mosaico ecológico con diferencias ambientales a causa de su latitud y altitud, por lo que se considera una de las regiones más biodiversas de la Tierra. Cuenta con una gran riqueza de clima que va desde las selvas tropicales y bosques templados hasta desiertos y páramos de altura (Toledo, 2010). Debido a esta biodiversidad, la vegetación que se puede encontrar es amplia y heterogénea.

* Universidad Autónoma del Estado de México/Universidad Tecnológica de México.

** Laboratorio Nacional de Genómica para la biodiversidad-Langebio/Unidad de Genómica Avanzada UGA/
Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN.

*** Universidad Autónoma del Estado de México.

Imagen 1. Ritual chamánico



“Porque en la ceremonia está lo maravilloso con que sobrepasar las cosas. Y el peyote nos dice dónde está” (Artaud, 1947).

El chamán es una calavera representada en el centro de la ilustración, porque es considerado un hombre muerto. Por ello, tenía la capacidad de viajar al más allá (Schultes y Hoffmann, 2000).

Fuente: imagen tomada de Schultes y Hoffmann (2000).

Un punto importante dentro del área de la salud es que el reino vegetal es una fuente de vitaminas, nutrimentos y principios activos con propiedades farmacológicas, al tener la capacidad de sintetizar diversos compuestos como los terpenos, flavonoides, betalainas, poliacetilenos, antocianinas glucosinolatos y sus derivados. Por otra parte, en México existen más de 50 grupos étnicos y, desde sus inicios, las civilizaciones precolombinas, como los mayas, los aztecas y los incas, reconocían el privilegio de habitar en un planeta donde las plantas crecen no solo para embellecer los dominios del hombre, sino también para proporcionarle salud, alimentación y bienestar (Luna, 1981).

Existen textos antiguos mesoamericanos donde se describen los efectos producidos por el uso la medicina tradicional. En algunos casos, a las plantas se les atribúan propiedades mágicas sobre el espíritu del hombre, ya que se había observado su capacidad de influir en la mente de quienes las consumían (figura 1). En la actualidad, se reconoce que algunas plantas poseen efectos sedantes (por ejemplo la tila y el toronjil) y se utilizan en forma de tisanas para calmar los síntomas relacionados al estrés.

A partir de estos preceptos surge la veneración de algunos grupos nativos hacia las plantas y su denominación como “sagradas” (Schultes y Hofmann, 2000). Los conocimientos de estas culturas han pasado de generación en generación hasta la actualidad y han dado pie a la investigación científica de sus propiedades. A pesar de que hoy en día existe una gran variedad de medicamentos destinados al tratamiento del estrés y la ansiedad, estos no están exentos de efectos no deseados, entre ellos la adicción y la tolerancia, que son de gran importancia; por lo tanto, la investigación clínica de plantas que actúen como una alternativa a dichos medicamentos es una necesidad actual (Shabanián *et al*, 2016).

ANSIEDAD

El número de personas con depresión o ansiedad en el mundo alcanza los 615 millones y va en aumento cada año. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), los trastornos mentales de ansiedad y depresión se encuentran entre los de mayor prevalencia. Representan el 30% de los padecimientos no mortales a nivel mundial y se estima que el suicidio derivado de la depresión mayor es una de las principales causas de muerte en adolescentes. Aproximadamente, una de cada cinco personas presenta un episodio de ansiedad o depresión por lo menos una vez en su vida (OMS, 2020). La carga laboral y la presión social y económica que se viven en la actualidad son los principales factores que ocasionan que estos trastornos vayan en aumento (Sierra, Ortega y Zubeidat, 2003). Aunado a esto, los trastornos de ansiedad representan una pérdida económica importante, debido a que, por lo general, incapacitan a las personas que los padecen y les impiden desarrollar sus tareas de manera eficiente. Al mismo tiempo, estos generan una fuerte inversión en tratamientos por parte de los sistemas de salud (OMS, 2020).

Como describe el *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales* (DSM-V), los nervios son un estado en el que el paciente se encuentra especialmente sensible o vulnerable ante las experiencias desafiantes de la vida que le provocan estrés (APA, 2013). Hans Selye los describió por primera vez en 1936, en su teoría del estrés, como la respuesta inespecífica del organismo ante cualquier demanda en la que se presenta una mala adaptación o respuesta inadecuada. En esta teoría acuñó el término *distress* como la inadaptación a factores estresantes, lo que genera un estado de agotamiento

con efectos perjudiciales en todos los órganos y sistemas del cuerpo humano (Selye, 1957; Szabo, Tache y Somogyi, 2012). Aunque la palabra *distress* de manera común se traduce como angustia, Hans Selye se refiere a esta condición como el efecto inevitable del estrés.

Los episodios de ansiedad persisten como parte de un vestigio evolutivo que permitió a nuestros antepasados evadir una situación peligrosa, ante la cual ocurren cambios metabólicos en el cuerpo que favorecen la optimización de los recursos energéticos y, de esta manera, se puede huir o enfrentar la amenaza (Selye, 1957). De manera característica ocurre un aumento del metabolismo basal en el que aumenta la frecuencia cardíaca, la irrigación sanguínea se concentra en los músculos y, de manera rápida, se dispone de la glucosa en la sangre con el objetivo de convertirla en energía suficiente para huir o pelear (Tan y Yip, 2018). Una vez que termina el enfrentamiento con el peligro, ocurren cambios metabólicos para que se reestablezca la homeostasia o “normalidad”. En el caso de la persona que padece ansiedad, esta regulación es deficiente y el estímulo del peligro se transforma en una condición patológica crónica. Derivado del aumento del metabolismo, los síntomas comunes son: preocupación excesiva, insomnio, temblores, irritabilidad, inquietud, palpitaciones, tensión muscular y sensación de muerte inminente. A largo plazo y sin el tratamiento adecuado, la ansiedad puede ser un factor detonante de otros padecimientos como depresión y ataques de pánico (Sierra, Ortega y Zubeidat, 2003).

Los nervios y el “espanto” son condiciones que en el DSM-V se asocian a la ansiedad social, al desorden depresivo persistente y al trastorno depresivo mayor (APA, 2013). Por otro lado, en la cultura latina de habla hispana se usa la palabra “susto” para referirse al conjunto de manifestaciones físicas y mentales que aparecen después de experimentar una situación que pone en peligro la vida. En este caso, el DSM-V menciona como sus principales consecuencias la pérdida del apetito, el cansancio, la somnolencia diurna, el insomnio y la tristeza. Las patologías relacionadas con el “susto”, por lo regular, son el estrés posttraumático, trastorno de ansiedad generalizado y trastorno de depresión mayor. El estrés crónico es uno de los principales factores que influyen en el desarrollo de los trastornos mentales más comunes (Wang *et al.*, 2018).

GABA: sustancia clave en el tratamiento de la ansiedad

El ácido γ -aminobutírico (GABA) es un aminoácido no proteico presente en hongos, bacterias, vegetales y animales superiores. Cuando se descubrió su presencia en el cerebro de vertebrados, generó gran interés debido a su importante función como neurotransmisor y modulador del sistema nervioso (Kinnersley y Turano, 2000; Bown y Shelp, 2016).

La respuesta al estrés en especies vegetales y la reducción de la excitabilidad neuronal en mamíferos están reguladas por este aminoácido. Asimismo, el GABA es un inductor del ciclo del sueño en varias especies, por ejemplo, en las aves nocturnas se libera durante el día y estimula el descanso, mientras que, por la noche, se inhibe para permitir que realicen actividades de caza y alimentación. Además, es uno de los principales reguladores del proceso de migración e hibernación. El desequilibrio en el balance de este neurotransmisor está asociado a los síntomas que aparecen durante los cuadros ansiedad, ya que en el humano tiene como principal función la inducción del sueño y el estado de relajación (Shelp, Bown y McLean 1999; Flórez, 2008).

Las benzodiazepinas funcionan como moduladores alostéricos de GABA y, en dosis altas, pueden producir un efecto hipnótico, de ahí que sean utilizadas para el tratamiento del insomnio. Los medicamentos que interactúan con los receptores GABA_A (GABAérgicos) producen efectos ansiolíticos, anticonvulsivantes, miorrelajantes y sedantes (Díaz-Peñalosa, 2018).

Los receptores GABA (GABA_A, GABA_B y GABA_C) son el sitio de acción para el neurotransmisor GABA. La unión con sus receptores provoca la apertura de canales iónicos y surge un cambio negativo sobre el potencial de membrana. Es decir, posee una actividad inhibitoria de los receptores GABA y, a su vez, del sistema nervioso central (SNC). Como parte de la respuesta al estrés fisiológico o psicológico se producen rápidamente cantidades importantes en el cerebro (Cortes-Romero *et al.*, 2011). Este último proceso es parte del mecanismo de regreso a la homeostasia del sistema nervioso.

Existen plantas de origen mexicano que poseen metabolitos capaces de interactuar con los receptores GABA y, en algunos casos, incluso estimulan la secreción del GABA exógeno. Es posible que algunos de los metabolitos activos presentes en dichas plantas actúen de manera selectiva sobre los receptores involucrados en la regulación neuronal y que los efectos secundarios sean diferentes (Perusquia *et al.*, 1995; Guzmán Gutiérrez, Reyes Chilpa y Bonilla Jaime, 2014; García-Ríos *et al.*, 2020).

Tratamiento farmacológico de la ansiedad

Debido a que el origen fisiológico de los síntomas de ansiedad radica en la sobreactivación del sistema nervioso, los tratamientos farmacológicos de elección son aquellos que tienen un efecto sedante. En este sentido, las benzodiazepinas se denominan sedantes no selectivos al producir un efecto ansiolítico, en dosis bajas, y sedante, en dosis mayores. Los principales representantes de este grupo son el alprazolam, el clonazepam, el flunitrazepam y el midazolam, aunque existen otros, estos son los más utilizados en el tratamiento de la ansiedad. Su efecto ansiolítico es debido a la inhibición del receptor $GABA_A$ (las interacciones y efectos relacionados con este receptor se describen en la siguiente sección).

Desafortunadamente, las benzodiazepinas no son una cura para el padecimiento, más bien, actúan como un tratamiento paliativo de los síntomas, por esta razón es indispensable el acompañamiento psicológico del paciente. Además, los efectos secundarios en dosis terapéuticas son de importancia: la sedación, el juicio afectado, el deterioro cognitivo y la reducción de habilidades motrices pueden interferir en el desempeño laboral y social del paciente. Por otro lado, dejar el tratamiento farmacológico sin disminuir la dosis de forma paulatina genera en el paciente el síndrome de retirada o abstinencia; en consecuencia, se agudizan los síntomas preexistentes e incluso pueden aparecer nuevos como sudoración, taquicardia, fatiga extrema, náuseas y pérdida del apetito (Domínguez *et al.*, 2016).

Entre los problemas más comunes que se presentan por el uso de ansiolíticos tipo benzodiazepinas se encuentran el desarrollo de tolerancia y dependencia farmacológica. La primera se explica como la necesidad de una dosis mayor para conseguir el efecto deseado y la segunda, como la necesidad del estímulo para lograr una sensación de bienestar (Zaragoza, 2018). Es común que los pacientes tratados con benzodiazepinas pierdan adherencia al tratamiento y, en conjunto con la tolerancia que se adquiere con rapidez, es posible que dejen de seguir las pautas médicas y se conduzcan fácilmente a prácticas adictivas en las que consumen dosis mayores a las indicadas y fuera del horario establecido (Pérez, García y Sánchez, 2019).

Desde hace algunos años existen asociaciones que advierten sobre la prescripción excesiva por parte de algunos psiquiatras. En especial, las benzodiazepinas de alta potencia y vida media larga como el clonazepam debido al riesgo latente de adicción. Sin embargo, siguen siendo uno de los grupos farmacológicos de mayor prescripción

en la práctica médica, principalmente como tratamiento de patologías derivadas del estrés como el insomnio y la ansiedad (Sandoval Salazar, Ramírez y Solís Ortíz, 2013).

Plantas mexicanas con efectos ansiolíticos

Existen más de 92 plantas utilizadas en la medicina tradicional mexicana como remedio para el estrés y la ansiedad, sin embargo, pocas han sido estudiadas de forma experimental (Guzmán Gutiérrez, Reyes Chilpa y Bonilla Jaime, 2014). A pesar de que se conocen sus metabolitos activos y cómo purificarlos, se sabe que pueden perder potencia si se usan como único principio activo, ya que existen interacciones de sinergismo entre ellos. Por esto, es de suma importancia considerar los estudios clínicos realizados con los extractos que contengan los metabolitos asociados con el efecto ansiolítico (García-Ríos *et al.*, 2020).

La herbolaria medicinal es el recurso por excelencia para atender afecciones espirituales y físicas desde la antigüedad. Hoy en día prevalece su uso en preparaciones de aplicación externa como baños, masajes, aspersiones, sahumeros y limpias. A pesar de que hay compendios y escritos que recaban los remedios tradicionales, existen pocos estudios clínicos en los que se analice su seguridad y eficacia (García-Ríos *et al.*, 2020). Además, estos ignoran las definiciones clínicas que nuestros antepasados hacían de los padecimientos. Por ejemplo, “nervios” y “susto” son dos términos utilizados en México para referirse a los síntomas que aparecen comúnmente en los trastornos de ansiedad (Legorreta, 1997).

En la tabla 1 se muestran algunas plantas que se han usado en México para el tratamiento de síntomas asociados a la ansiedad y que cuentan con estudios en animales o *in vitro* que demuestran sus efectos ansiolíticos, más adelante se hace una descripción con mayor detalle (Guzmán Gutiérrez, Reyes Chilpa y Bonilla Jaime, 2014; Romero-Cerecero, Islas-Garduño y Tortoriello-García, 2019). Es preciso considerar que se mencionan muchas otras especies en la medicina tradicional mexicana con posibles efectos ansiolíticos, hipnóticos, sedantes y anticonvulsivantes, sin embargo carecen de estudios *in vitro* o *in vivo*. Tan solo en la Sierra Santa Marta, al este de México, se reportan 127 taxas (Leonti *et al.*, 2001) y, en la sierra de Oaxaca, 144 utilizadas para tratar síntomas psiquiátricos relacionados a la depresión y ansiedad (Frei *et al.*, 1998; Bourbonnais-Spear *et al.*, 2007; Nogueira, Mari y Razzouk, 2015).

Tabla 1. Plantas mexicanas con estudios en animales que demuestran efectos ansiolíticos

Nombre científico	Familia	Nombre común	Partes usadas	Referencias
<i>Artemisia absinthium</i>	Asteraceae	Ajenjo	Hojas y ramas	Mahmoudi <i>et al.</i> (2009); Radulović <i>et al.</i> (2017)
<i>Choisya ternata</i> Kunth	Rutaceae	Naranja mexicano	Hojas	Radulović <i>et al.</i> (2011); Radulović <i>et al.</i> (2013)
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	Apiaceae	Hinojo	Semillas, hojas y ramas	Koppula y Kumar (2013); Mesfin, Asres y Shibeshi (2014)
<i>Loeselia mexicana</i> (Lam.) Bran.	Polemoniaceae	Espinosilla	Hojas y ramas	Herrera-Ruiz <i>et al.</i> (2011)
<i>Melissa officinalis</i> L.	Lamiaceae	Toronjil	Ramas	López <i>et al.</i> (2009); Haybar <i>et al.</i> (2018)
<i>Montanoa frutescens</i> (Maire) Hemsley	Asteraceae	Zoapatle	Hojas	Carro-Juarez <i>et al.</i> (2012); Rodríguez-Landa <i>et al.</i> (2018)
<i>Passiflora foetida</i> L.	Passifloraceae	Pasiflora	Hojas	Pavan <i>et al.</i> (2009)
<i>Ruta graveolens</i> L.	Rutaceae	Ruda	Semillas	Hernandez-Leon, González-Trujano y Fernández-Guasti (2017); Koziol <i>et al.</i> (2020)
<i>Salvia divinorum</i> Epling y Játiva M	Labiatae	Salvia	Hojas y ramas	Braida <i>et al.</i> (2009)
<i>Urtica dioica</i> L.	Urticaceae	Ortiga, chichicaste	Ramas	Patel <i>et al.</i> (2018)
<i>Urtica urens</i> L.	Urticaceae	Ortiga	Ramas	Doukkali <i>et al.</i> (2015); Doukkali <i>et al.</i> (2016)
<i>Valeriana officinalis</i> L.	Caprifoliaceae	Valeriana, raíz de uña de gato	Raíces	Shabanian <i>et al.</i> (2016); Al-Attraqchi, Deb y Al-Attraqchi (2020)
<i>Viola tricolor</i> L.	Violaceae	Flor de la trinidad, pensamientos	Hojas	Harati <i>et al.</i> (2018); Rahimi <i>et al.</i> (2019)

Fuente: elaboración propia.

PLANTAS MEXICANAS CON EFECTOS ANSIOLÍTICOS COMPROBADOS EN ESTUDIOS CLÍNICOS

Flor de tila (Ternstroemia pringlei Rose)

Ternstroemia pringlei es conocida en diferentes regiones como cucharillo, flor de tila, hierba del cura, jaboncillo, palo colorado, tila y trompillo (imagen 2). Tiene un pecíolo de entre 5 mm y 10 mm de largo con lámina oblanceolada u oblongo-cuneada. Comúnmente se encuentra en bosques de montaña con altura de entre 2 000 m y 8 000 m. Produce flores de febrero a mayo y frutos de mayo a diciembre (imágenes 2a y 2b) (Rzedowski y De Rzedowski, 2017; NOM-059-SEMARNAT, 2010). En México se usan decocciones de los frutos y las flores como medicina tradicional para tratar los nervios, el espanto y el insomnio (Argueta, Cano y Rodarte, 1994; Balderas-López *et al.*, 2013). Por lo general *Ternstroemia pringlei* se mezcla con *Tilia Americana var mexicana* (Schltdl) en infusiones (imagen 4) y es una de las combinaciones más utilizadas para venta comercial debido a su popularidad como tranquilizante (López-Rubalcava y Estrada-Camarena, 2016).

Imagen 2. *Ternstroemia pringlei* Rose



Frutos (a), inflorescencia (b), hábito (c).

Fuente: fotografía 2a de Neptalí Ramírez, disponible en www.inaturalist.org/photos/10399564; fotografía 2b de Alexis López, disponible en www.naturalista.mx/photos/9023552; fotografía 2c de Ignacio Torres, disponible en <http://conabio.inaturalist.org/photos/5905559>

Algunos estudios mencionan que el extracto metanólico de las flores carece de efectos ansiolíticos sedantes. Sin embargo, en investigaciones realizadas en Ileon de Cobayo, se encontró que el metabolito jacarona es el responsable del efecto relajante y anticonvulsivante en musculatura lisa. Además, este compuesto estimula la liberación de GABA en el cerebro (Aguilar Santamaría y Tortoriello, 1996; Lozada-Lechuga *et al.*, 2010).

Tumba vaqueros (Ipomoea stans)

La tumba vaqueros (*Ipomoea stans* Cav. Fam. *Convolvulaceae*) es nativa de México, donde también es conocida como espanta lobos, maromero, pegajosa, campanita y santa María del Campo (Martínez, 1979; Carranza, 2007). Es una planta herbácea perenne que crece erguida, ramificada y robusta (imagen 3a) y desarrolla rizomas voluminosos. Produce flores solitarias o en pares de color rojo violáceo, que crecen hasta 1.5 cm de largo, en forma de embudo (imagen 3b). Se distribuye principalmente en zonas templadas y tropicales.

Existen alrededor de 600 y 700 especies de ipomeas que crecen de manera silvestre en regiones tropicales alrededor del mundo. Una de las características que más destacan de la familia *Convolvulaceae* es la presencia de células que secretan glucósidos en el tejido foliar y la raíz de la planta (Meira *et al.*, 2012). Algunos de sus principales usos no farmacológicos son como alimento de pollos en engorda, en rituales religiosos y como planta melífera y ornamental (Alvarado-Hernández y Ramos-Velasco, 1990; Conabio, 2018).

Imagen 3. *Ipomea stans*



Fuente: fotografía obtenida de https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/90/Ipomoea_stans.jpg/180px-Ipomoea_stans.jpg

Las infusiones acuosas de esta planta se han utilizado en la medicina tradicional mexicana para tratar ataques epilépticos y desórdenes nerviosos. En la actualidad, se usa el té, elaborado con las hojas y flores en combinación con otras plantas (toronjil, canela, flor de azahar, tila e hinojo), como remedio casero para calmar los nervios (Guzmán Gutiérrez, Reyes Chilpa y Bonilla Jaime, 2014).

Herrera-Ruiz *et al.* (2007) sugieren que el extracto etíl-acético de la raíz de *Ipomea stans* tiene efectos sobre el sistema nervioso y es capaz de actuar como ansiolítico y anticonvulsivo; su efectividad fue evaluada a través de un estudio en un modelo murino de ansiedad. El modelo animal se estimuló con pentilenotetrazol para inducir convulsiones, posteriormente se le administraron dosis intraperitoneales del extracto de la raíz de *Ipomea* (200 mg/kg y 40.0 mg/kg) y se observó una reducción en la actividad motora espontánea; dosis menores (2.5 mg/kg, i.p. y 5.0 mg/kg, i.p.) produjeron un efecto ansiolítico. Se determinó que el extracto incrementó la liberación del neurotransmisor GABA en la corteza cerebral, por lo que el efecto sedante sobre el sistema nervioso que produce podría deberse a propiedades gabaérgicas.

Los principales metabolitos activos que se han encontrado en *Ipomea stans* son glucosresinas como el ácido α -scamónico, la orizabina XX y la cumarina scopoletina, todas estas pertenecen al grupo químico de las stansinas. Los efectos de las stansinas extraídas de *Ipomea* fueron evaluados *in vitro* sobre líneas celulares de cáncer de colon (HTC-15), ovario (OVCAR-5) y cérvix (UISO-SQC-1).

Además de los efectos sedantes ansiolíticos, *Ipomea stans* ha mostrado tener otras propiedades benéficas para la salud. En su extracto acuoso se encuentran sustancias activas con efecto miorrelajante y antiespasmódico (Perusquia *et al.*, 1995). Se encontró que las stansinas produjeron citotoxicidad a una ED50 1.5 $\mu\text{g}/\text{mL}$ en carcinoma ovárico y una ED50 4.0 $\mu\text{g}/\text{mL}$ para carcinoma cervical, por lo que es posible que posean actividad antitumoral (León *et al.*, 2004). Además, el extracto metanólico tiene importante actividad antioxidante en pruebas de inhibición de la autoxidación y también inactiva radicales DPPH y al anión superóxido (Choi *et al.*, 1998).

Esculetaria de Virginia (Scutellaria lateriflora L.) (Lamiaceae)

El género *scutellaria* (Lamiaceae) es distribuido ampliamente alrededor del globo. Incluye 536 especies, de las cuales un gran número de ellas cuenta con un largo historial en la medicina tradicional de distintas regiones del mundo; sus principales usos documentados son para tratar diarrea, disentería, inflamación, afecciones respiratorias, entre otras (Shen *et al.*, 2020).

S. lateriflora es una planta distribuida a lo largo de América del Norte y Europa (Zhang *et al.*, 2009). Se conoce comúnmente como maltantsin, en Puebla, y *skullcap* (en inglés) o perro loco, en Estados Unidos y Canadá (Argueta, Cano y Rodarte, 1994; Upton y Dayu, 2012); este último nombre proviene de la creencia de que la planta era capaz de curar la rabia. Fue descrita por primera vez por Carlos Linneo en su trabajo *Species Plantarum (Sp. Pl.)*, publicado en 1753 (Lane, 1978).

La esculetaria es una de las 300 especies de *scutellaria* que crecen en Norteamérica (Upton y Dayu, 2012). Este nombre proviene de la palabra griega *escutella* que significa plato pequeño y hace referencia a la forma de los sépalos durante el periodo de fructificación (imagen 4a). *Lateriflora* es un epíteto latino que significa flores laterales y se refiere a que la mayoría de las flores crecen desde las axilas de las hojas en

forma de espiga y no en la parte superior del tallo (imagen 4). Es una planta herbácea perenne que, en su máximo desarrollo, puede alcanzar una altura de entre 60 cm y 80 cm de hábito erguido, por lo general, en zonas de mucha humedad, bosques, humedales y cerca de pantanos. Tiene flores azules de menos de 1 cm de largo (Ortiz e Idárraga, 2015).

Imagen 4. *Scutellaria lateriflora*



Fuente: fotografía obtenida de https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f1/Scutellaria_lateriflora_01.JPG/160px-Scutellaria_lateriflora_01.JPG

Tradicionalmente, la planta se prepara seca, en polvo, infusión y tintura, y es utilizada como tónico sedante y tranquilizante en episodios de nervios, ansiedad y susto. También se recomienda como antiepiléptico e hipnótico, sin embargo, aún carece de estudios que comprueben que sus infusiones sean efectivas para el tratamiento del insomnio (Argueta, Cano y Rodarte, 1994).

Varios estudios reportan que el extracto acuoso de escutelaria produce efectos ansiolíticos similares a los del diazepam, lo cual se atribuye, principalmente, a

sus flavonoides y aminoácidos. En esta planta también se ha encontrado una gran variedad de metabolitos —como los glucorónidos de crisina, escutelareína, baicaleína, oroxilina-a, wogonina, apigenina luteolina y 6-hidroxluteolina—, algunas flavonas —como la dihidronorwogonin y el dihidrobaicaleín—, GABA aminoácidos, glutamina, entre otros compuestos (Hui *et al.*, 2002; Awad *et al.*, 2003; Huen *et al.*, 2003; Carvalho, Duarte y De Lima, 2011). Sin embargo, la actividad ansiolítica-sedante se le atribuye solo a la baicalina y al baicaleín; es posible que el mecanismo de acción de estas dos sustancias sea la regulación del sistema GABAérgico (Awad *et al.*, 2003; López-Rubalcava y Estrada-Camarena, 2016). En dosis altas la escutelaria puede producir confusión mental, bradicardia, taquicardia y espasmos, aunque, en dosis moderadas, es bien tolerada. No se recomienda su uso durante el embarazo y la lactancia (Kapalka, 2009).

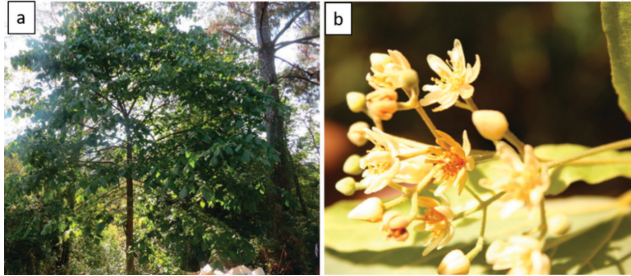
Phillips, Greenberg y Awad (1994), Argueta, Cano y Rodarte (1994) y Emes Boronda *et al.* (1994) encontraron que el extracto acuoso de esta planta inhibe la enzima CYP3A4 hasta en un 80%. Dentro de la importancia de *Scutellaria lateriflora* resalta esta capacidad, puesto que dicha enzima está involucrada en el metabolismo y la adquisición de resistencia a fármacos. La capacidad de inducir o inhibir a CYP3A4 también es relevante en la farmacocinética de las benzodiazepinas (Mandrioli, Mercolini y Raggi, 2008; Mizuno *et al.*, 2009; Lolodi *et al.*, 2017). Por ejemplo, el alprazolam se metaboliza en la vía del CYP3A4 (Williams *et al.*, 2004) y, cuando esta enzima es inhibida, se favorece la acumulación del fármaco en plasma, lo que incrementa el riesgo de efectos secundarios y beneficia la tolerancia terapéutica (Zastrozhin *et al.*, 2020). Además, los inhibidores de CYP3A4 interfieren con funciones importantes que afectan el desarrollo, la proliferación y la metástasis de tumores malignos, lo cual los hace prometedores para el desarrollo de fármacos anticancerígenos o potenciadores de tratamientos para el cáncer (Ikezoe *et al.*, 2004; Lolodi *et al.*, 2017).

Tilo (Tilia Americana L. var mexicana) (Schltld)

En México, el árbol de *Tilia* se conoce también como cyrimbo, sirima, tirimo, flor de tila y tilo. En la medicina tradicional se usa el cocimiento de las flores en té como tranquilizante para tratar nervios, insomnio y dolor de cabeza, así como para

dolencias del colon, dolores menstruales y reumatismo (Argueta, Cano y Rodarte, 1994; Balderas *et al.*, 2008; Gual-Díaz y Diego-Pérez, 2018).

Imagen 5. *Tilia Americana L. var mexicana* (Schltdl)



Árbol de tilo (a), fruto de tilo (b).

Fuente: fotografías de Karem Gudiño, disponibles en <https://www.inaturalist.org/photos/9964692>

El tilo es un árbol de corteza suave del bosque de montaña que puede alcanzar una altura de 18 m. Pertenece al género *Tilia*, el cual comprende alrededor de 25 especies que forman parte de la familia de las malváceas. En el mundo se distribuyen plantas de este género en las zonas templadas del norte de América, Europa y Asia (Pigott, 2012). En México se encuentran en 14 estados, principalmente en Chihuahua, Guerrero, Hidalgo, Puebla, Veracruz, Michoacán y Oaxaca. El tilo está clasificado, según la Conabio, como planta en peligro de extinción, debido a la sobreexplotación de la cosecha de sus flores para la producción de tisanas (Pérez-Ortega, 2008; NOM-059-SEMARNAT-2010).

Su efecto ansiolítico se ha probado en varios modelos animales, en los que se ha observado que los extractos metanólico y hexánico de las inflorescencias producen efectos similares a los del diazepam. Dosis altas de las fracciones que contienen flavonoides producen efectos sedantes, sin disminución de la actividad locomotora (Herrera-Ruiz *et al.*, 2008). En un estudio de Pérez-Ortega *et al.* (2008), se comparó la función ansiolítica de extractos acuosos de *Tilia americana L. var. mexicana* de diferentes partes de la República y las muestras produjeron resultados similares, sin diferencia significativa en las pruebas de laberinto elevado y tablero de agujeros en modelos murinos. Los principales metabolitos encontrados en la *Tilia americana* son quercetina, isoquercetina, rutinina, tilirosido y kaempferol (Herrera-Ruiz *et al.*, 2008).

A pesar de los posibles beneficios aportados por esta planta, su uso debe considerarse cuando se combina con fármacos neuroactivos, ya que interactúa de forma compleja con fármacos depresores del SNC (Balderas *et al.*, 2008). En un estudio realizado por Aguirre-Hernández *et al.* (2016), donde se compararon los efectos ansiolíticos y sedantes producidos por las hojas y las flores, se encontró que ambas partes contienen cantidades similares de flavonoides como la quercetina, la rutina y la isoquercetina. Estos metabolitos son responsables del efecto GABAérgico y serotoninérgico del tilo, lo que sugiere que se obtendría el mismo efecto ansiolítico farmacológico con los extractos de las hojas y flores.

Asimismo, promover el uso de las hojas en lugar de las flores permitiría una forma sustentable de producir té a partir de la planta y evitar así su extinción (Aguirre-Hernández *et al.*, 2016). Además, Salgado (2015) reporta que el extracto alcohólico de las hojas proporcionó ternstroside B, un conocido glucósido feniletanoide con una fuerte acción antioxidante, lo que sustenta su uso para el tratamiento de patologías de origen reumático. La presencia de este tipo de metabolitos abre nuevas perspectivas de investigación de la especie.

Toronjil morado (Agastache mexicana Kunth.)

El nombre *Agastache* proviene de los vocablos griegos *agan*, que significa mucho, y *stachys*, que significa mazorca, los cuales hacen referencia a la forma de picos que presenta la planta. En la medicina tradicional, existe el complejo etnobotánico del toronjil que comprende tres tipos: *Agastache mexicana* (toronjil morado), *A. mexicana* ssp. *xolocotziana* (toronjil blanco) y *Dracocephalum moldavica* L. (toronjil azul, una *Lamiaceae* introducida) (Bye y Linares, 2015). En el presente capítulo se hace énfasis en *Agastache mexicana*.

Se encuentra en México y en el sudeste de Asia y Norteamérica. Esta planta aromática, herbácea y perenne pertenece a la familia *Lamiaceae* y alcanza entre los 60 cm y 150 cm de altura. Presenta tallos cuadrados y hojas en forma lanceolada, más anchas en la parte superior, con bordes dentados. Las flores crecen en racimos terminales en grupos de entre 5 y 20 de forma tubular y son de color rojo violáceo. Sus frutos son de color marrón (Estrada-Reyes *et al.*, 2004).

Imagen 6. Toronjil morado



Fuente: fotografía de Ma. Victoria Domínguez García.

De forma local se conoce como tama, toronjé o toronjil morado y es una de las 12 especies endémicas de México. Se cultiva en el Estado de México, Hidalgo, Veracruz y Puebla por su valor comercial para la medicina herbolaria, la industria cosmética y uso ornamental (Bye, Linares y Estrada, 1995). Se utiliza principalmente para tratar los dolores reumáticos, estomacales y para bajar la presión, pero su uso más conocido es como tranquilizante e inductor del sueño (Estrada-Reyes *et al.*, 2004).

El modo de preparación varía de acuerdo a la región. Una de las más comunes es hervir el toronjil hasta que el agua presente color y se le suele agregar azúcar y otras plantas como hinojo (*Foeniculum vulgare* Mill.), tila (*Ternstroemia pringlei* (Rose) Standl.), canela (*Cinnamomum zeylanicum* Blume) y rosa de Castilla (*Rosa centifolia* L.). Otras formas de prepararlo en algunos municipios del Estado de México son molido en metate y mezclado con pulque y ajeno (*Artemisia absinthium* L.) como estimulante del apetito. También se realizan baños con el cocimiento para curar el susto (Santillán-Ramírez *et al.*, 2008). Además, por sus propiedades antiinflamatorias, usarlo como tópico puede reducir los síntomas de alergias atípicas como la urticaria y el enrojecimiento, por lo que se agrega a preparaciones tópicas de belleza con la finalidad de mejorar el aspecto de la piel (Wilson *et al.*, 2020).

El toronjil contiene flavonoides, acacetina y tilianina (González-Trujano *et al.*, 2015). La acacetina es una flavona con numerosas propiedades farmacológicas como efectos neuroprotectores, cardioprotectores, anticancerígenos, antiinflamatorios, antidiabéticos y antimicrobianos (Semwal *et al.*, 2019). Además, estudios preclínicos indican que sus propiedades analgésicas, antinociceptivas y antiinflamatorias son tan efectivas como el diclofenaco y la papaverina (González-Trujano *et al.*, 2015).

Estudios recientes indican que sus capacidades neuroprotectoras dependen de la inhibición del inflammasoma NLRP3, lo que evita la inflamación de la microglía (Bu *et al.*, 2019). Resulta interesante que la acacetina también posee importantes efectos antidepresivos; en investigaciones hechas con ratones se ha comprobado que tiene una eficacia similar a la de los antidepresivos tricíclicos, tanto en el comportamiento como en la capacidad de respuesta ante el estrés. Además esta propiedad es dependiente del sistema serotoninérgico (Xiao *et al.*, 2019; Wilson *et al.*, 2020). Asimismo, estudios preclínicos realizados con dos variedades de toronjil (*Agastache mexicana* ssp. *mexicana* y *Agastache mexicana* ssp. *xolocotziana*) demostraron que el efecto ansiolítico de los extractos acuosos es similar al del diazepam. Al no reportar efectos adversos, se asume que el consumo de estas especies no representa un riesgo potencial para la salud (Estrada-Reyes *et al.*, 2004).

De las extracciones hexánicas de la planta se pueden obtener flavonoides, terpenos y aceites esenciales como limoneno, linalol y metil chavicol, estos últimos son responsables del aroma peculiar del toronjil y el flavonoide tilianina es el principal extracto hexánico. En un estudio, la tilianina administrada en ratones redujo el comportamiento ansioso cuando se enfrentaron a las pruebas de tablero de agujeros y del laberinto elevado. Estrada-Reyes *et al.* (2004) proponen que este efecto ansiolítico se debe a la interacción con los receptores GABA_A, ya que se observó que los efectos son inhibidos al administrar flumazenil, un antagonista de dichos receptores (González-Trujano *et al.*, 2015).

CONCLUSIONES

Independientemente de la raza, edad o situación económica de las personas, la ansiedad es uno de los trastornos mentales de mayor incidencia, puesto que el ritmo de vida actual facilita el enfrentamiento constante a factores que se asocian a su

desarrollo. Hoy en día, el uso de benzodiazepinas como tratamiento para el estrés y ansiedad representa un problema debido a la adicción latente en los pacientes, por lo que es necesaria la búsqueda de nuevos tratamientos efectivos para su control. A pesar de que se cuenta con algunos estudios preclínicos que demuestran la efectividad de los metabolitos GABAérgicos de las plantas con efecto ansiolítico, es necesario continuar con investigaciones que demuestren su seguridad, dosis efectiva y vía de administración.

En este capítulo se analizó el uso de plantas mexicanas como tratamiento de los trastornos de ansiedad; en el futuro, el uso de remedios herbolarios eficaces puede reducir los costos del tratamiento y, más importante, moderar los efectos secundarios que producen los fármacos en uso actual. Sin embargo, nuestra revisión también señala que pocos estudios clínicos se han centrado en los procesos farmacocinéticos y farmacodinámicos que involucran metabolitos, lo que permitiría el uso seguro de estos extractos. A pesar de ello, la investigación ha demostrado que la medicina tradicional, en especial las formas que utilizan plantas medicinales que se han transmitido de generación en generación, constituye una alternativa importante para el cuidado de la salud.

REFERENCIAS

- Aguilar Santamaría, L. y Tortoriello, J. (1996). Anticonvulsant and sedative effects of crude extracts of *Ternstroemia pringlei* and *Ruta chalepensis*. *Phytotherapy Research*, 10 (6), 531-533.
- Aguirre-Hernández, E. *et al.* (2016). Anxiolytic and sedative-like effects of flavonoids from *Tilia americana* var. *mexicana*: GABAergic and serotonergic participation. *Salud Mental*, 39 (1), 37-46.
- Al-Attraqchi, O. H., Deb, P. K. y Al-Attraqchi, N. H. A. (2020). Review of the Phytochemistry and Pharmacological Properties of *Valeriana officinalis*. *Current Traditional Medicine*, 6 (4), 260-277.
- Alvarado-Hernández, J. L. y Ramos-Velasco, M. R. (1990). *Importancia etnobotánica de especies vegetales del estado de Jalisco*. Tesis de licenciatura. Universidad de Guadalajara.
- APA (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders*. Text Revision (DSM-IV-TR). 5ª ed. Washington: APA.
- Argueta, A., Cano, L. y Rodarte, M. E. (1994). *Atlas de las plantas medicinales tradicionales mexicanas*. México: Instituto Nacional Indigenista.
- Artaud, A. (1947). *México y el país de los tarahumaras*. México.
- Awad, R. *et al.* (2003). Phytochemical and biological analysis of skullcap (*Scutellaria lateriflora* L.): a medicinal plant with anxiolytic properties. *Phytomedicine*, 10 (8), 640-649.
- Balderas, J. L. *et al.* (2008). Pharmacodynamic interaction of the sedative effects of *Ternstroemia pringlei* (Rose) Standl. with six central nervous system depressant drugs in mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 119 (1), 47-52. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.05.035>
- Balderas-López, J. L. *et al.* (2013). Toxic rather than neuropharmacological effect of *Ternstroemia sylvatica* fruits and identification of 28-O-[β -l-6-rhamnopyranosyl]-R₁-barrigenol as a new compound with toxic effects in mice. *Pharmaceutical Biology*, 51 (11), 1451-1458.
- Barreto, G. *et al.* (2017). Advances in medicinal plants with effects on anxiety behavior associated to mental and health conditions. *Current Medicinal Chemistry*, 24 (4), 411-423.
- Bourbonnais-Spear, N. *et al.* (2007). Ethnopharmacological investigation of plants used to treat susto, a folk illness. *Journal of Ethnopharmacology*, 109 (3), 380-387.
- Bown, A. W. y Shelp, B. J. (2016). Plant GABA: not just a metabolite. *Trends in Plant Science*, 21 (10), 811-813.
- Braida, D. *et al.* (2009). Potential anxiolytic and antidepressant like effects of salvinin A, the main active ingredient of *Salvia divinorum*, in rodents. *British Journal of Pharmacology*, 157 (5), 844-853.

- Brock, C. *et al.* (2014). American Skullcap (*Scutellaria lateriflora*): a randomised, double-blind placebo-controlled crossover study of its effects on mood in healthy volunteers. *Phytother. Res.*, 28 (5), 692-698.
- Bu, J. *et al.* (2019). Acacetin protects against cerebral ischemia-reperfusion injury *via* the NLRP3 signaling pathway. *Neural Regeneration Research*, 14 (4), 605-612. <https://doi.org/10.4103/1673-5374.247465>
- Bye, R. y Linares, E. (2015). Perspectives on ethnopharmacology in Mexico. En Heinrich, M, y Jager, A. (eds.). *Ethnopharmacology*. Chichester: John Wiley & Sons, 393-404. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118930717>
- Bye, R., Linares, E. y Estrada, E. (1995). Biological diversity of medicinal plants in Mexico. En Arnason, J., Mata, R. y Romeo, J. T. (eds.). *Phytochemistry of medicinal plants*. Boston: Springer. 65-82.
- Carranza, E. (2007). Familia convolvulaceae. *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*. Fascículo 151. Pátzcuaro: Instituto de Ecología/Centro Regional del Bajío/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Carrillo-Galván, G. *et al.* (2020). Domestication of aromatic medicinal plants in Mexico: *Agastache* (Lamiaceae)—an ethnobotanical, morpho-physiological, and phytochemical analysis. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 16.
- Carro-Juarez, M. *et al.* (2012). The aqueous crude extract of *Montanoa frutescens* produces anxiolytic-like effects similarly to diazepam in Wistar rats: involvement of GABAA receptor. *Journal of Ethnopharmacology*, 143 (2), 592-598.
- Carvalho, R. S. M., Duarte, F. S. y De Lima, T. C. M. (2011). Involvement of GABAergic non-benzodiazepine sites in the anxiolytic-like and sedative effects of the flavonoid baicalein in mice. *Behavioural brain research*, 221 (1), 75-82.
- Choi, W. S. *et al.* (1998). Antioxidative activities of methanol extracts of tropical and oriental medicinal plants. *Agricultural Chemistry and Biotechnology*, 41 (7), 556-559.
- Conabio (2018). Portal de geoinformación 2020. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Cortes-Romero, C. *et al.* (2011). GABA: ¿dualidad funcional? Transición durante el neurodesarrollo. *Rev. Neurol.*, 52 (11), 665-675.
- Díaz-Peñaloza, M. (2018). Las benzodiacepinas y sus efectos sobre la ansiedad. *Cultura: Revista de la Asociación de Docentes de la USMP*, 32, 169-180.

- Domínguez, V. *et al.* (2016). Uso racional de benzodiazepinas: hacia una mejor prescripción. *Revista Uruguaya de Medicina Interna*, 1 (3), 14-24.
- Doukkali, Z. *et al.* (2015). Evaluation of anxiolytic activity of methanolic extract of *Urtica urens* in a mice model. *Behavioral and Brain Functions*, 11 (1), 19.
- Doukkali, Z. *et al.* (2016). Anxiety behavior is reduced in the Balb/C mice that treated by methanolic extract of *Urtica urens*: an elevated plus maze and open field analysis. *Electronic J. Biol.*, 12 (1), 28-34.
- Emes Boronda, M. *et al.* (1994). *Flora medicinal indígena de México: treinta y cinco monografías del Atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana*. México: Instituto Nacional Indigenista.
- Estrada-Reyes, R. *et al.* (2004). Comparative chemical composition of *Agastache mexicana* subsp. *mexicana* and *A. mexicana* subsp. *xolocotziana*. *Biochemical systematics and ecology*, 32 (7), 685-694.
- Flórez, J. (dir.) (2008). *Farmacología humana*. Barcelona: Elsevier Masson.
- Frei, B. *et al.* (1998). Medical ethnobotany of the Zapotecs of the Isthmus-Sierra (Oaxaca, Mexico): Documentation and assessment of indigenous uses. *Journal of Ethnopharmacology*, 62 (2), 149-165.
- Gálvez, J. *et al.* (2015). Involvement of the GABAergic system in the neuroprotective and sedative effects of acacetin 7-O-glucoside in rodents. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 33 (5), 683-700. <https://doi.org/10.3233/RNN-140486>
- Gandra, S. A., Almeida, A. y Teixeira, Z. (2019). Benzodiazepines Dependence: Addiction to Legally Prescribed Substances. *J. Foren. Psy.*, 4 (149).
- García-Ríos, R. I. *et al.* (2020). Neuropharmacology of Secondary Metabolites from Plants with Anxiolytic and Antidepressant Properties. En Rodríguez-Landa, J. F. y Cueto-Escobedo, J. (eds.). *Behavioral Pharmacology From Basic to Clinical Research*. IntechOpen.
- González-Trujano, M. E. *et al.* (2015). Depressant effects of *Agastache mexicana* methanol extract and one of major metabolites tilianin. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 8 (3), 185-190.
- Gual-Díaz, M. y Diego-Pérez, N. (2018). Diversidad de las subfamilias Grewioideae y Tilioideae (Malvaceae) en Guerrero, México. *Acta Botánica Mexicana*, (122), 33-96.
- Guzmán Gutiérrez, S. L., Reyes Chilpa, R. y Bonilla Jaime, H. (2014). Medicinal plants for the treatment of “nervios”, anxiety, and depression in Mexican Traditional Medicine. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 24 (5), 591-608.

- Harati, E. *et al.* (2018). The effect of *Viola tricolor* L. flower hydro-alcoholic extract on anxiety-like behavior in a mouse model of chronic asthma. *World Family Medicine Journal: Incorporating the Middle East Journal of Family Medicine*, 16 (2), 263-269.
- Haybar, H. *et al.* (2018). The effects of *Melissa officinalis* supplementation on depression, anxiety, stress, and sleep disorder in patients with chronic stable angina. *Clinical nutrition ESPEN.*, 26, 47-52.
- Hernandez-Leon, A., González-Trujano, M. E. y Fernández-Guasti, A. (2017). The anxiolytic-like effect of rutin in rats involves GABAA receptors in the basolateral amygdala. *Behavioural Pharmacology*, 28 (4), 303-312.
- Herrera-Ruiz, M. *et al.* (2007). Central nervous system depressant activity of an ethyl acetate extract from *Ipomoea stans* roots. *Journal of Ethnopharmacology*, 112 (2), 243-247.
- Herrera-Ruiz, M. *et al.* (2008). Flavonoids from *Tilia americana* with anxiolytic activity in plus-maze test. *Journal of Ethnopharmacology*, 118 (2), 312-317.
- Herrera-Ruiz, M. *et al.* (2011). The standardized extract of *Loeselia mexicana* possesses anxiolytic activity through the γ -amino butyric acid mechanism. *Journal of Ethnopharmacology*, 138 (2), 261-267.
- Huen, M. S. *et al.* (2003). 5,7-Dihydroxy-6-methoxyflavone, a benzodiazepine site ligand isolated from *Scutellaria baicalensis* Georgi, with selective antagonistic properties. *Biochemical pharmacology*, 66 (1), 125-132.
- Hui, K. M. *et al.* (2002). Anxiolytic effect of wogonin, a benzodiazepine receptor ligand isolated from *Scutellaria baicalensis* Georgi. *Biochemical pharmacology*, 64 (9), 1415-1424.
- Ikezoe, T. *et al.* (2004). HIV-1 protease inhibitor, ritonavir: a potent inhibitor of CYP3A4, enhanced the anticancer effects of docetaxel in androgen-independent prostate cancer cells in vitro and in vivo. *Cancer Research*, 64 (20), 7426-7431.
- Kapalka, G. M. (2009). *Nutritional and herbal therapies for children and adolescents*. Nueva York: Academic Press.
- Kinnersley, A. M. y Turano, F. J. (2000). Gamma aminobutyric acid (GABA) and plant responses to stress. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 19 (6), 479-509.
- Koppula, S. y Kumar, H. (2013). *Foeniculum vulgare* Mill (Umbelliferae) attenuates stress and improves memory in Wister rats. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 12 (4), 553-558.
- Korpi, E. R. y Sinkkonen, S. T. (2006). GABAA receptor subtypes as targets for neuropsychiatric drug development. *Pharmacology & Therapeutics*, 109 (1-2), 12-32.

- Koziół, E. *et al.* (2020). Rutamarin: Efficient Liquid–Liquid Chromatographic Isolation from *Ruta graveolens* L. and Evaluation of Its In Vitro and In Silico MAO-B Inhibitory Activity. *Molecules*, 25 (11).
- Lane, T. M. (1978). *The Great Plains species of Scutellaria (Lamiaceae): a taxonomic revision*. Tesis de maestría. Universidad de California.
- Legorreta, X. L. (1997). *Plantas, medicina y poder: breve historia de la herbolaria mexicana*. Vol. 5. México: Editorial Pax México.
- León, I. *et al.* (2004). Isolation and characterization of five new tetrasaccharide glycosides from the roots of *Ipomoea stans* and their cytotoxic activity. *J. Nat. Prod.*, 67 (9), 1552-1556.
- Leonti, M. *et al.* (2001). Ethnopharmacology of the Popoluca, Mexico: an evaluation. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 53 (12), 1653-1669.
- Lolodi, O. *et al.* (2017). Differential regulation of CYP3A4 and CYP3A5 and its implication in drug discovery. *Current Drug Metabolism*, 18 (12), 1095-1105.
- López, V. *et al.* (2009). Neuroprotective and neurological properties of *Melissa officinalis*. *Neurochemical Research*, 34 (11), 1955-1961.
- López-Rubalcava, C. y Estrada-Camarena, E. (2016). Mexican medicinal plants with anxiolytic or antidepressant activity: Focus on preclinical research. *Journal of Ethnopharmacology*, 186, 377-391.
- Lozada-Lechuga, J. *et al.* (2010). Isolation of jacaranone, a sedative constituent extracted from the flowers of the Mexican tree *Ternstroemia pringlei*. *Journal of ethnopharmacology*, 127 (2), 551-554.
- Luna, A. (1981). *Cúrese con las hierbas y plantas medicinales*. México: Editores Mexicanos Unidos.
- Mahmoudi, M. *et al.* (2009). Antidepressant and antioxidant activities of *Artemisia absinthium* L. at flowering stage. *African Journal of Biotechnology*, 8 (24).
- Makino, T. *et al.* (2008). Comparison of the major flavonoid content of *S. baicalensis*, *S. lateriflora*, and their commercial products. *Journal of Natural Medicines*, 62 (3), 294-299.
- Mandrioli, R., Mercolini, L. y Raggi, M. A. (2008). Benzodiazepine metabolism: an analytical perspective. *Current Drug Metabolism*, 9 (8), 827-844.
- Martínez, M. (1979). *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Meira, M. *et al.* (2012). Review of the genus *Ipomoea*: traditional uses, chemistry and biological activities. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 22 (3), 682-713.

- Mesfin, M., Asres, K. y Shibeshi, W. (2014). Evaluation of anxiolytic activity of the essential oil of the aerial part of *Foeniculum vulgare* Miller in mice. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 14 (1).
- Mizuno, K. *et al.* (2009). Metabolic activation of benzodiazepines by CYP3A4. *Drug Metabolism and Disposition*, 37 (2), 345-351.
- Nicholson, M. S. y Arzeni, C. B. (1993). The market medicinal plants of Monterrey, Nuevo Leon, Mexico. *Economic Botany*, 47, 184-192.
- Nogueira, B. L., Mari, J. de J. y Razzouk, D. (2015). Culture-bound syndromes in Spanish speaking Latin America: the case of Nervios, Susto and Ataques de Nervios. *Archives of Clinical Psychiatry*, 42 (6), 171-178.
- NOM-059-SEMARNAT-2010 (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.
- OMS (2020). *Prevención de los trastornos mentales. Intervenciones efectivas y opciones de políticas*. Informe compendiado. Ginebra: ONU.
- Ortiz, D., Valdez, A. y Cáceres, A. (2013). Actividad inhibitoria de la acetilcolinesterasa por extractos de 18 especies vegetales nativas de Guatemala usadas en el tratamiento de afecciones nerviosas. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia*, 22 (1), 17-25.
- Ortiz, R. del C. e Idárraga Piedrahita, A. (2015). *Catálogo de las Plantas Vasculares del Departamento de Antioquia*. Trópicos, Botanical Information System at the Missouri Botanical Garden, St. Louis, Missouri, USA. <http://www.tropicos.org/Project/Catalogo-de-Antioquia> [consultado el 7 de agosto de 2020].
- Patel, S. S. *et al.* (2018). Antidepressant and anxiolytic like effects of *Urtica dioica* hojas in streptozotocin induced diabetic mice. *Metabolic Brain Disease*, 33 (4), 1281-1292.
- Pavan, K. R. K. *et al.* (2009). Phytochemical screening antiepileptic and analgesic activity of leaf extract of *Passiflora foetida*. *Pharmacologyonline*, 3, 576-580.
- Pedraza-Alva, G. *et al.* (2019). From traditional remedies to cutting-edge medicine: using ancient Mesoamerican knowledge to address complex disorders relevant to psychoneuroimmunology. *Brain Behav. Imm.*, 79 (3-5).
- Pérez, N. R., García, C. R. y Sánchez, V. M. P. (2019). Riesgos de la adicción a las benzodiazepinas. Estrategias para el manejo adecuado del tratamiento. En Serrano, M. L., De Diego Cordero, R. y Lima-Rodríguez, J. S. (coords.). *Uso y abuso de drogas y*

- otros adictivos: jóvenes, vulnerabilidad y activos para la salud. I Jornadas Internacionales de Trabajo. España: Egregius.132-133.
- Pérez-Ortega, G. *et al.* (2008). Sedative and anxiolytic efficacy of *Tilia americana* var. mexicana inflorescences used traditionally by communities of State of Michoacan, Mexico. *Journal of Ethnopharmacology*, 116 (3), 461-468.
- Perusquia, M. *et al.* (1995). Vasoactive effects of aqueous extracts from five Mexican medicinal plants on isolated rat aorta. *J. Ethnopharmacol.*, 46 (1), 63-69.
- Phillips, M., Greenberg, J. y Awad, J. (1994). Metabolic and environmental origins of volatile organic compounds in breath. *Journal of Clinical Pathology*, 47 (11), 1052-1053.
- Pigott, D. (2012). *Lime-trees and basswoods: a biological monograph of the genus Tilia*. Cambridge University Press.
- Radulović, N. S. *et al.* (2011). Identification of a new antinociceptive alkaloid isopropyl N-methylantranilate from the essential oil of *Choisya ternata* Kunth. *Journal of Ethnopharmacology*, 135 (3), 610-619.
- Radulović, N. S. *et al.* (2013). Effects of Methyl and Isopropyl N methylanthranilates from *Choisya ternata* Kunth (Rutaceae) on Experimental Anxiety and Depression in Mice. *Phytotherapy Research*, 27 (9), 1334-1338.
- Radulović, N. S. *et al.* (2017). Toxic essential oils. Part V: Behaviour modulating and toxic properties of thujones and thujone-containing essential oils of *Salvia officinalis* L., *Artemisia absinthium* L., *Thuja occidentalis* L. and *Tanacetum vulgare* L. *Food and Chemical Toxicology*, 105, 355-369.
- Rahimi, V. B. *et al.* (2019). Anticonvulsant activity of *Viola tricolor* against seizures induced by Pentylenetetrazol and maximal electroshock in mice. *Iranian Journal of Medical Sciences*, 44 (3), 220-226.
- Rodríguez-Landa, J. F. *et al.* (2018). The aqueous crude extracts of *Montanoa frutescens* and *Montanoa grandiflora* reduce immobility faster than fluoxetine through GABA_A receptors in rats forced to swim. *Journal of Evidence-Based Integrative Medicine*, 23.
- Romero-Cerecero, O., Islas-Garduño, A. L. y Tortoriello-García, J. (2019). Uso de plantas medicinales en pacientes con síntomas de ansiedad generalizada. *Rev. Med. Inst. Mex. Seguro Social*, 57 (6), 364-370.
- Rzedowski, J. y De Rzedowski, G. C. (2017). *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*. Pátzcuaro: Instituto de Ecología/Centro Regional del Bajío.
- Salgado, N. *et al.* (2015). Radical scavenging, antioxidant, and cytotoxic activities of the methanolic extracts from different organs of *Ternstroemia pringlei*. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 28 (6 Suppl.), 2279–2284.

- Sandoval Salazar, C., Ramírez, J. E. y Solís Ortíz, S. (2013). El sistema de inhibición GABAérgico implicado en la regulación de la ingesta alimentaria y obesidad. *Rev. Mex. Neurociencia*, 14 (5), 262-271.
- Santillán-Ramírez, M. A. *et al.* (2008). Estudio etnobotánico, arquitectura foliar y anatomía vegetativa de *Agastache mexicana* ssp. *mexicana* y *A. mexicana* ssp. *xolocotziana*. *Revista mexicana de biodiversidad*, 79 (2), 513-524.
- Schultes, R. E. y Hofmann, A. (2000). *Plantas de los dioses: orígenes del uso de los alucinógenos*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Selye, H. (1957). *Stress*. Scientifiche Einaudi.
- Semwal, R. B. *et al.* (2019). Acacetin—A simple flavone exhibiting diverse pharmacological activities. *Phytochemistry Letters*, 32 (2), 56-65.
- Shabanian, G. *et al.* (2016). The comparative effect of *Valeriana officinalis* versus Diazepam on the state of anxiety before operation in female patients admitted in Kashani hospital. *Journal of Clinical Nursing and Midwifery*, 4 (3), 58-66.
- Shelp, B. J., Bown, A. W. y McLean, M. D. (1999). Metabolism and functions of gamma-aminobutyric acid. *Trends in plant science*, 4 (11), 446-452.
- Shen, J. *et al.* (2020). Traditional uses, Clinical studies, and Ten-years Research Progress in Phytochemistry and Pharmacology of the Genus *Scutellaria*. *Journal of Ethnopharmacology*, 265.
- Sierra, J. C., Ortega, V. y Zubeidat, I. (2003). Ansiedad, angustia y estrés: tres conceptos a diferenciar. *Revista Mal-estar E Subjetividade*, 3 (1), 10-59.
- Stevens, P. F. (2001). Angiosperm Phylogeny. *Glossary*. http://www.mobot.org/mobot/research/apweb/top/glossaryi_p.html#perennial
- Szabo, S., Tache, Y. y Somogyi, A. (2012). The legacy of Hans Selye and the origins of stress research: a retrospective 75 years after his landmark brief “letter” to the editor# of nature. *Stress*, 15 (5), 472-478.
- Tan, S. Y. y Yip, A. (2018). Hans Selye (1907–1982): Founder of the stress theory. *Singapore Medical Journal*, 59 (4), 170-171.
- Toledo, V. M. (coord.) (2010). *La biodiversidad de México: Inventarios, manejos, usos, informática, conservación e importancia cultural*. México: Fondo de Cultura Económica, 365.
- Upton, R. y Dayo, R. H. (2012). Skullcap *Scutellaria lateriflora* L.: an American nerveine. *Journal of Herbal Medicine*, 2 (3), 76-96.

- Wang, Y. L. *et al.* (2018). Microglial activation mediates chronic mild stress-induced depressive-and anxiety-like behavior in adult rats. *Journal of neuroinflammation*, 15 (1).
- Williams, P. A. *et al.* (2004). Crystal structures of human cytochrome P450 3A4 bound to metyrapone and progesterone. *Science*, 305 (5684), 683-686.
- Wilson, E. V. R. (2020). *Evaluación in vitro del efecto del extracto metanólico y tilianina obtenidos de agastache mexicana sobre la liberación de neurotransmisores en sinaptosomas de cerebro de ratón*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Morelos. <http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/1215>
- Xiao, W. Z. *et al.* (2019). Serotonergically dependent antidepressant-like activity on behavior and stress axis responsivity of acacetin. *Pharmacological Research*, 146.
- Zaragoza Vargas, G. (2018). *Uso y abuso de benzodiazepinas*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid. <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/GLORIA%20ZARAGOZA%20VARGAS.pdf>
- Zastrozhin, M. S. *et al.* (2020). Effects of plasma concentration of micro-RNA Mir-27b and CYP3A4* 22 on equilibrium concentration of alprazolam in patients with anxiety disorders comorbid with alcohol use disorder. *Gene*, 739.
- Zhang, Z. *et al.* (2009). Characterization of chemical ingredients and anticonvulsant activity of American skullcap (*Scutellaria lateriflora*). *Phytomedicine*, 16 (5), 485-493.

CAPÍTULO VIII

PLANTAS MEDICINALES MEXICANAS PARA EL TRATAMIENTO DE LA DEPRESIÓN

*Tania Kean Galeno**

*Halina Kean Galeno***

*Euridice Ladisu Mejía-Argueta****

*Rosario M. Morales-Cerino****

INTRODUCCIÓN

Los humanos han empleado plantas con propiedades medicinales desde tiempos prehistóricos (Halberstein, 2005). La necesidad de encontrar remedios para las enfermedades promovió el desarrollo empírico de tratamientos que constituyeron las bases del conocimiento botánico tradicional, las cuales, en conjunto con diversas prácticas y costumbres culturales, originaron la medicina tradicional. Entre las civilizaciones con mayor conocimiento de plantas medicinales se encuentran la cultura maya y la azteca (Pedraza-Alva *et al.*, 2019).

Con la llegada de los españoles y la Conquista de México, hubo una gran transformación cultural y pérdida del conocimiento tradicional (León-Portilla, 1963). Sin embargo, naturalistas y religiosos europeos reunieron conocimientos importantes de la antigua civilización mexicana indígena, como la medicina tradicional. A mediados del siglo XVI el conocimiento etnobotánico se preservó en importantes obras de la literatura médica novohispana de México, entre las que destacan el manuscrito de Cruz-Badiano originalmente titulado *Libellus de Medicinalibus Indorum Herbis*, la *Historia general de las cosas de la Nueva España* escrito por fray Bernardino de Sahagún y la *Historia natural de la Nueva España* de Francisco Hernández (Gómez-Pompa,

* Laboratorio Nacional de Genómica para la biodiversidad-Langebio/Unidad de Genómica Avanzada UGA/ Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN.

** Universidad Autónoma del Estado de México/Universidad Tecnológica de México.

*** Universidad Autónoma del Estado de México.

1993). Sin embargo, hoy en día el conocimiento de la medicina tradicional se sigue transmitiendo de padres a hijos a través de la inducción, como en la región totonaca en Veracruz (Jiménez Cabrera *et al.*, 2015).

Diagnóstico de trastornos mentales en un marco cultural

Un aspecto importante en el diagnóstico y tratamiento de los trastornos mentales es la barrera histórica, social y cultural que existe entre la medicina actual y la tradicional. Una tendencia en este sentido es incorporar el enfoque intercultural de los programas de salud, cuyo parteaguas es pautado por compendios como la *Guía latinoamericana para el diagnóstico psiquiátrico*, donde se incluye una sección de síndromes reconocidos por la actual cultura latinoamericana, y el *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales* (DSM-IV) de la Asociación Americana de Psiquiatría (APA), que incluyó como apéndice un glosario que explica los síndromes culturales psiquiátricos y un formato de formulación cultural (Culture-Bound Syndromes) (APA, 1994; Saavedra *et al.*, 2015). En ambos casos, se hace referencia a trastornos o enfermedades que afectan a una sociedad o cultura específica y se integran diversos aspectos culturales que pueden influir en la descripción de las enfermedades, síndromes y conductas disfuncionales, lo cual permite su análisis.

Las convenciones internacionales buscan armonizar el reconocimiento de la diversidad cultural y las necesidades locales, sin embargo, aún existe un vacío importante entre los aspectos sociales y culturales abordados, debido a la falta de mecanismos fisiopatológicos o marcadores biológicos aceptados para los trastornos mentales; la validez diagnóstica entre culturas es cuestionable. Los síntomas psiquiátricos no son específicos, su comprensión y evaluación dependen del juicio del examinador, por lo tanto, existe un sesgo inherente a los antecedentes culturales y referencias teóricas del examinador (Kleinman, 1988).

La depresión

La depresión es de importancia pública en términos de prevalencia, morbilidad y pérdidas económicas (Ashwani y Preeti, 2012; World Health Organization, 2017).

La APA (1994) define los trastornos depresivos como trastornos de desregulación del estado de ánimo e incluyen el depresivo mayor, el depresivo persistente (distemia), el disfórico premenstrual, el depresivo inducido por sustancias/medicamentos, el depresivo debido a otra afección médica y el depresivo no específico. Las personas que los padecen tienen un estado de ánimo habitualmente triste, vacío o irritable, acompañado de cambios somáticos, que, en conjunto, resultan en un deterioro psicomotor y cognitivo.

El trastorno depresivo mayor es el principal representante de este grupo, se caracteriza por presentar episodios intermitentes de al menos dos semanas de duración y mínimo cuatro síntomas concomitantes: cambios en el apetito, peso, sueño, fatiga, sentimientos de culpa, problemas de concentración y pensamientos repetidos de muerte o suicidio (Piñar Sancho, Suárez Brenes y De La Cruz Villalobos, 2020).

La principal consecuencia de los trastornos depresivos es el suicidio, alrededor de un 60% de las muertes por suicidio están directamente ligadas a estos (Shalam, Shantakumar y Narasu, 2007). En 2019 los datos y las cifras reportados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) indicaron que cada año se registran cerca de 800 000 suicidios y, en 2016, fue la segunda causa de defunción en el grupo etario de entre 15 y 29 años a nivel mundial (OMS, 2021).

El diagnóstico y tratamiento de la depresión suelen ser deficientes debido a la incomprensión del trastorno, por lo que tienden a enfocarse en los desequilibrios químicos y fundamentos biológicos y se basan generalmente en el uso de fármacos antidepresivos (OMS, 2021). Estos últimos se definen como sustancias que buscan restablecer el equilibrio natural de neurotransmisores como la serotonina (Goss, 2010). Se sabe que el uso de antidepresivos convencionales puede inducir vulnerabilidad biológica a la reincidencia del padecimiento (Fountoulakis y Möller, 2014).

Los tratamientos comunes para los trastornos depresivos han mostrado tasas de remisión de entre el 9% y el 57% y una efectividad clínica del 51% (Byrne y Rothschild, 1998; Fava, 2014). Además, es común que estos fármacos generen síndrome de retirada asociado con inhibidores selectivos de la recaptación de serotonina (5 HT) (Kothari, Minda y Tonpay, 2010). Debido a los efectos adversos de los antidepresivos usados en la actualidad, su uso se considera bajo la premisa de evaluación del riesgo-beneficio (Vanderbroucke y Psaty, 2008). Por lo anterior, es imprescindible el desarrollo de tratamientos novedosos, mismos que se habían mantenido sin cambios importantes desde 1950 (Guzmán-Gutiérrez, Reyes-Chilpa

y Bonilla-Jaime, 2014; Guzmán-Gutiérrez *et al.*, 2015). Fue hasta 2018 que la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA) aprobó el uso de esketamina y brexanolona (Kadriu *et al.*, 2020).

Además, existe una creciente investigación de metabolitos secundarios de plantas con efectos potenciales sobre el sistema nervioso central, por ejemplo, los alucinógenos serotoninérgicos como la ayahuasca, dimetiltryptamina, psilocibina, dietilamida del ácido lisérgico (LSD) y mezcalina (Rocha *et al.*, 2019; Nutt, Erritzoe, y Carhart-Harris, 2020; Reiff *et al.*, 2020), componentes que, a pesar de poseer propiedades psicotrópicas, se reconocen por sus propiedades terapéuticas en el tratamiento de la depresión (Dos Santos *et al.*, 2016). Se ha sugerido que técnicas como la microdosis o el aislamiento de componentes no alucinógenos pueden ayudar a proporcionar beneficios psicofarmacológicos sin el riesgo de generar adicción o tolerancia (Kuypers *et al.*, 2019).

Los trastornos psiquiátricos, en el marco de la medicina tradicional mexicana, abordan una serie de terminologías comunes o regionales alrededor del concepto de enfermedad, que van desde la etiología hasta el conjunto de signos y síntomas (Nogueira, Mari y Razzouk, 2015). Esta requiere ser verificada con términos médicos para homologar expresiones populares mexicanas relacionadas a afecciones como la ansiedad y depresión con las definiciones aceptadas por el DSM-IV (Letamendi *et al.*, 2013). Algunos de los términos relacionados con el desorden depresivo son: tristeza, nervios, ansiedad, depresión, inquietud ocupacional, miedo y decepción. Estos deben considerarse bajo la premisa de que los trastornos depresivos y la ansiedad son enfermedades que comparten síntomas y suelen ser concomitantes (World Health Organization, 2009).

El objetivo de esta revisión es generar un catálogo de plantas que se reportan en la medicina tradicional mexicana para el tratamiento de depresión y síndromes asociados, así como destacar especies que se han estudiado química y farmacológicamente. Se han propuesto diversas especies como fuente de bioactivos con posible efecto sobre el sistema nervioso central.

TAGETES LUCIDA CAV., *ASTERACEAE*

Descripción de la especie

Es una planta nativa de México y Centroamérica, conocida comúnmente como hierbanís, jericón, anisillo, santa María, cuchrucumín, falso hipericón, hierba añil, pericón, periquillo, yerba anís, tzitziqui y yiauhthli (Duke, 2008; Jerzy Rzedowski *et al.*, 2011; Téllez López, 2014).

Imagen 1. *Tagetes lucida* Cav.



Fuente: fotografía de Ma. Victoria Domínguez García.

Morfología de la planta

Es una planta herbácea perenne y erecta de 80 cm de alto. Su tallo es ramificado, con hojas simples, compuestas, sésiles, lineares a oblongas, elípticas a oblanceoladas de entre 2 cm y 10 cm de largo y entre 0.5 cm y 2 cm de ancho, agudas y redondeadas en el ápice con márgenes aserrados. Su inflorescencia está dispuesta en corimbos sobre pedúnculos bracteados de 1 cm de largo; posee un involucreo cilíndrico, de entre 4 mm y 12 mm de alto, con brácteas de entre 5 mm y 7 mm y ápices subulados. Presenta frutos tipo aquenios linear-claviformes con un largo de entre 5 mm y 8 mm, negruzcos, glabros o algo hispídulos; posee un vilano de dos escamas restiformes, de

entre 3 mm y 5 mm de largo y entre cuatro y cinco escamas romas de entre 1 mm y 2 mm de largo (Villavicencio-Nieto, Pérez-Escandón y Gordillo-Martínez, 2010).

Partes medicinales

En la medicina tradicional mexicana se usan las partes aéreas de la planta en forma de infusión y como extracto hidroalcohólico. Se recomienda su uso como analgésico, antiinflamatorio, diurético, emenagogo, abortivo, antidiarreico y antiulceroso antihipertensivo, así como para tratar padecimientos del sistema nervioso central, como la ansiedad, irritabilidad y depresión (Duke, 2008; Bonilla-Jaime *et al.*, 2015; Pérez-Ortega *et al.*, 2016).

Componentes químicos

El análisis fitoquímico de las partes aéreas de *T. lucida* ha informado la presencia de compuestos bioactivos como cumarinas dimetil-fraxetina, herniarina (7-metoxicumarina), escoparona (6,7-dimetoxicumarina), dimetilalil éter de 7-hidroxi-cumarina, umbeliferona (7-hidroxycumarina), 6-hidroxi-7-metoxicumarina, esculetina (6,7-dihidroxi-cumarina) y escopoletina (6-metoxi-7-hidroxycumarina) (Céspedes *et al.*, 2006; Pérez-Ortega *et al.*, 2016), así como de los flavonoides con efectos ansiolíticos: patuletina, isorhamnetina, quercetagetina 3-O-arabinosil galactosidasa, isorhamnetina 7-O-glucósido, quercitina, rutina, quercetagetina y naringenina (Abdala, 1999; Céspedes *et al.*, 2006; Pérez-Ortega *et al.*, 2016).

Farmacología y bioactividades

Las propiedades antidepresivas, ansiolíticas y sedantes de *T. lucida* han sido validadas *in vivo* mediante modelos de estudio de ansiedad y depresión en roedores. La actividad antidepresiva del extracto acuoso posee efectos similares a los de la fluoxetina por lo que, al actuar como inhibidor de los receptores 5-HT_{1A} y GABA/BDZ, se sugiere la participación del sistema serotoninérgico. El efecto antagonista selectivo del receptor

5-HT_{1A} ha sido reportado como antidepresivo (Haddjeri, Blier y De Montigny, 1998; Celada *et al.*, 2004). La dimetilfraxetina es uno de los componentes activos estudiados de las propiedades analgésicas del extracto alcohólico de *T. lucida* y los compuestos aislados son quercetagetina, 7-O-β-D-glucósido y 6,7-di-metoxicumarina (Duke, 2008; Bonilla-Jaime *et al.*, 2015; Pérez-Ortega *et al.*, 2016).

González-Trujano *et al.* (2019) probaron el extracto alcohólico en presencia de naloxona, un antagonista del receptor opioide no selectivo, y WAY100635, un antagonista selectivo del receptor 5-HT_{1A}; el resultado indicó una respuesta antinociceptiva. En las pruebas de dolor, se encontró que los componentes bioactivos aislados muestran efectos similares a los de los antiinflamatorios no esteroideos (AINE) y narcóticos menores (tramadol 10 mg/kg, diclofenaco 50 mg/kg o ketorolaco 1 mg/kg). El uso de *T. lucida* para aliviar el dolor se mostró seguro, pues las dosis requeridas (67 mg/kg) son lejanas de la dosis letal media (DL₅₀ = 1250 mg/kg).

ANNONA MURICATA L. *ANNONACEAE*

Descripción de la especie

Es una planta nativa de Mesoamérica y de los trópicos de América y África. Se conoce comúnmente como zapote de viejas, cabeza de negro y guanábana (Coria-Téllez *et al.*, 2018).

Imagen 2. *Annona muricata* L. *Annonaceae*



Fuente: fotografía de Ma. Victoria Domínguez García.

Morfología de la planta

Es un árbol o arbusto con una altura de entre 3 m y 8 m; sus hojas son oblongo-elípticas a oblongo-obovadas, glabras, de entre 6 cm y 12 cm de largo y entre 2.5 cm y 5 cm de ancho. Su tronco es ramificado cerca de su base; sus ramas son cilíndricas, arrugadas, ásperas, de color café rojizo y con numerosas lenticelas. La corteza externa es café y la interna, rosada. Sus flores son solitarias a lo largo del tallo, tiene tres sépalos ovados, de menos de 5 mm de largo, con seis pétalos (los tres exteriores son ovados, libres y gruesos, de entre 2 cm y 3 cm de largo, y los tres interiores son delgados y pequeños). El fruto es carnoso verde-oscuro, cubierto por tubérculos flexibles con aspecto de espinas, es ovoide-elipsoide, con un largo de entre 20 cm y 25 cm y un diámetro de entre 10 cm y 12 cm. Su pulpa es blanca algodonosa y jugosa. Tiene numerosas semillas por fruto (una por carpelo), son ovoides y aplanadas, de entre 15 mm y 20 mm de largo, con aspecto oscuro y brillante (Leiva González *et al.*, 2018).

Partes medicinales

El género *Annona* es reconocido por poseer varias especies usadas en la medicina tradicional como *A. cherimoli*, *A. muricata*, *A. diversifolia* y *A. coriácea* (Guzmán-Gutiérrez, Reyes-Chilpa y Bonilla-Jaime, 2014; Monteiro *et al.*, 2020). Sus usos populares son en el tratamiento de la neuralgia, disentería e ictericia. Además, se utiliza como antirreumático, antitumoral, antiparasitario, antiinflamatorio, antidiarreico, antidepresivo y ansiolítico (Soífs-Fuentes *et al.*, 2010; Sousa *et al.*, 2010; Martínez-Vázquez *et al.*, 2012; Monteiro *et al.*, 2020).

De manera tradicional se usa la decocción de la corteza, la raíz, las semillas y las hojas (Gavamukulya, Wamunyokoli y El-Shemy, 2017), aunque los usos medicinales varían según la región del mundo en la que se utilice (King, 1999; Gavamukulya *et al.*, 2014). En este escrito los extractos referenciados son los acuosos o alcohólicos de hojas (Hasrat, Pieters, *et al.*, 1997; Oviedo *et al.*, 2009; Bikomo, Ebuehi y Magbagbeola, 2017; Mancini *et al.*, 2018; Oliveira Souza *et al.*, 2018; Okafor *et al.*, 2018).

Componentes químicos

Grosso *et al.* (2015) analizaron el extracto acuoso de *A. muricata* mediante cromatografía líquida de alta eficacia con detector de diodos HPLC-DAD (por su sigla en inglés) y encontraron los compuestos fenólicos: ácido 5-cafeoilquínico, quercetina-3-O-galactósido, quercetina-3-O-glucósido, quercetina-3-O-rutinósido y kaempferol-3-O-rutinósido.

Farmacología y bioactividad

Las propiedades farmacológicas de *A. muricata* se han estudiado mediante estudios *in vitro* (Hasrat, Pieters, *et al.*, 1997; Hasrat, De Bruyne, *et al.*, 1997). Su extracto acuoso ha mostrado inhibición de la MAO-A, a cantidades lejanas de la DL₅₀ (Grosso *et al.*, 2015). Además, la presencia de alcaloides como la annonacina, nuciferina y asimilobina con afinidad a los receptores 5-HT1A, que provocan la biosíntesis de dopamina, confirma su actividad antidepresiva (Domínguez *et al.*, 2016).

Sus propiedades sedantes y ansiolíticas también han sido ampliamente estudiadas (Oviedo *et al.*, 2009; Bikomo, Ebuehi y Magbagbeola, 2017; Mancini *et al.*, 2018; Oliveira Souza *et al.*, 2018; Okafor *et al.*, 2018). Los ensayos utilizados para validar estos efectos han sido modelos experimentales para ansiedad y depresión como prueba de campo abierto, nado forzado y laberinto elevado en modelo murino, en los cuales los extractos alcohólico y acuoso de las hojas de *A. muricata* tienen un efecto sedante, antidepressivo y ansiolítico (Ohemeng *et al.*, 2020).

Asimismo, Okafor *et al.* (2018) investigaron el perfil neuroquímico de ratones bajo la influencia del extracto hidroalcohólico de las hojas en ratones. Los resultados demostraron que dicho extracto disminuye los niveles de norepinefrina y dopamina en el cuerpo estriado del cerebro del ratón, lo que sugiere la interacción con el sistema GABAérgico y monoaminérgico a dosis lejanas de la DL_{50} . Mancini *et al.* (2018) propusieron la formulación de fitosomas a partir del extracto acuoso de *A. muricata* como un inhibidor moderado de la monoaminoxidasa A (hMAO-A) y un fuerte antioxidante (H_2O_2), la cual se mostró eficiente en la inhibición de enzimas A (hMAO-A) y presentó un efecto antioxidante mediante un modelo de permeabilidad de membranas *transwell* de células endoteliales microvasculares humanas (hCMEC/D3).

LITSEA GLAUDESCENS KUNTH, *LAURACEAE*

Descripción de la especie

Es una planta de amplia distribución en México, con poblaciones desde los estados del norte hasta las áreas de la meseta central, se conoce de forma común como canelillo, ecpatli de chietla, laurel y laurelillo (Luna Vega, 2003).

Imagen 3. *Litsea glaucescens* Kunth, *Lauraceae*



Fuente: fotografía de Ma. Victoria Domínguez García.

Morfología de la planta

Es un árbol o arbusto de hojas alternas a opuestas o subverticiladas, penninervadas, rara vez triplinervadas, glabras o pubescentes; muestra domacios ausentes e inflorescencias pseudoumbeladas, solitarias o agrupadas en racimos cortos, axilares o en ramas áfilas muy cortas, que se resguardan previo a la antesis por un involucro de brácteas decusadas.

Las flores son unisexuales y campanuladas, comúnmente tienen seis tépalos elípticos u ovados, parecidos entre sí y pocas veces desiguales. Sus flores masculinas presentan entre 9 y 12 estambres con filamentos bien desarrollados —los internos con glándulas basales—, anteras con cuatro esporangios, dispuestos en dos pares más o menos verticales. En las flores masculinas, su hipantio es corto y plano; en las femeninas, se desarrolla un ovario globoso y entre 9 y 12 estaminodios, con un hipantio urceolado. El fruto es continuado por un pedicelo más o menos engrosado y fijo en una cúpula somera o profunda de borde sencillo (Luna Vega, 2003).

Partes medicinales

Litsea glaucescens es una especie bien representada en el marco de la medicina tradicional mexicana. Los primeros testimonios impresos de su uso datan del siglo XVI. Donde Francisco Hernández, en su *Historia de las Plantas de la Nueva España* (1571-1577), describió su uso de la siguiente manera: los nativos curan la parálisis con su humo oloroso y decocciones que utilizaban en lavados y baños con el objetivo de reducir el cansancio y curar la epilepsia en los niños (Del Jiménez-Pérez *et al.*, 2011; Guzmán-Gutiérrez, Reyes-Chilpa y Bonilla-Jaime, 2014).

Actualmente el laurel se usa en el tratamiento de trastornos estomacales y problemas ginecológicos, como dolores posnatales y para facilitar el parto; para tratar la dismenorrea, la esterilidad y para curar dolores, infecciones, fiebres, reumatismo y, además, padecimientos anímicos como tristeza, nerviosismo, ira y susto. El modo de aplicación es como infusión, extracto alcohólico de hojas, baños y vapores (Lozano Mascarua, 1996; Del Jiménez-Pérez *et al.*, 2011).

Componentes químicos

En el extracto acuoso de la corteza se han identificado los flavonoides pinostrobin, pinocembrina, dihidrocalcona y 2',6'-dihidroxi-4'-metoxidihidrocalcona (López *et al.*, 1995). Sus hojas son ricas en aceites esenciales; algunos de los más abundantes son eucaliptol, o-cimeno, limoneno, terpineno-4-ol, α -pineno, β -pineno, 1,8-cineol, terpinen-4-ol, linalool, carvona, g-terpineno, terpineno, (S)-(p)-carvona, acetato de nerilo, carveol, entre otros (Del Jiménez-Pérez *et al.*, 2011; Guzmán-Gutiérrez *et al.*, 2012).

Farmacología y bioactividad

Guzmán-Gutiérrez *et al.* (2012) usaron el aceite esencial y algunos de sus compuestos en modelos experimentales murino para ansiedad y depresión, en los cuales, al administrar aceite esencial intraperitoneal, se mostró actividad similar a un antidepresivo. Los monoterpenos β -pineno y el linalool fueron identificados como los

dos componentes principales del aceite esencial y mostraron, de manera independiente, propiedades similares a los antidepresivos y los sedantes. Recientemente, Ammar *et al.* (2020) validaron *in vivo* al linalool como un agente antidepresivo y Harada *et al.* (2018) indicaron que su inhalación produce un efecto ansiolítico, inducido por la transmisión sinérgica del ácido γ -aminobutírico (GABA) a través de los receptores GABA que responden a las benzodiazepinas (BDZ).

Asimismo, se han confirmado los efectos antidepresivos del linalool y el β -pineno mediante el sistema monoaminérgico; estos se producen a través de la interacción con la vía serotoninérgica a través de receptores postsinápticos 5-HT_{1A}. Además, ambos monoterpenos interactúan con el sistema adrenérgico y el β -pineno con los sistemas dopaminérgicos (Guzmán-Gutiérrez *et al.*, 2015). Por los efectos mencionados, Levenberg *et al.* (2020) sugirieron que el linalool es una posible alternativa al tratamiento de desórdenes bipolares, al considerar que sus mecanismos de acción son similares a los de los fármacos utilizados en la actualidad.

BYRSONIMA CRASSIFOLIA (L.) KUNTH, *MALPIGHIACEAE*

Descripción de la especie

Es de origen mesoamericano: se encuentra desde el sur de México hasta Perú, Bolivia, Paraguay y Brasil. En México tiene una amplia distribución en toda la zona tropical, desde el sur de Tamaulipas y el este de San Luis Potosí hasta Yucatán y Quintana Roo; desde la costa del Golfo y Sinaloa hasta la del Pacífico, en Chiapas (Kunth, 1822; Bayuelo-Jiménez, Lozano Rico y Ochoa, 2004).

Es conocida comúnmente como changunga, changungo, chengua, chi, huizaa, mami-hña, nance, nanche, nance agrio, nancis, nanche amarillo, nanche dulce, nandzin, nantzincúahuítl y nanzinxócotl (Pennington y Sarukhán, 2016). Habita zonas de clima cálido-húmedo a semihúmedo (clasificación de Köppen), ubicadas entre los 1 000 m s. n. m. y los 1 500 m s. n. m.; en la vertiente del Golfo de México se encuentra a menos de 100 m s. n. m. (Kunth, 1822; Rzedowski, 1986). Crece en suelos hondos de terrenos lisos con drenaje deficiente, que se inundan en época de humedad, pero resisten a la sequía (Rzedowski, 1986).

Imagen 4. *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth, *Malpigiaceae*



Inflorescencia (a), espécimen de herbario (b).

Fuente: fotografía 4a de Mark E. Olson; imagen 4b de Enrique Ramírez García, disponibles en <http://unibio.unam.mx/irekani/>

Morfología de la planta

Es una planta arbórea o arbustiva y puede ser caducifolia en bosques secos, mide entre 5 m y 10 m de altura, aunque llega a superar los 15 m. El diámetro del tronco a la altura del pecho es de hasta 30 cm (Kunth, 1822; Moreno Gutiérrez, 2000). La copa es redonda y extendida y el tronco puede ser recto o doblado; la corteza es de color café oscuro y el interior rosa. Las ramas jóvenes están cubiertas por un tomento denso o laxo de pelos leonados. La mayoría de los pecíolos presentan un largo de entre 8 cm y 15 cm.

La lámina de las hojas es ovada a elíptica, la mayoría de entre 8 cm y 15 cm de largo y de entre 4 cm y 7 cm de ancho (Fernández Fernández, 2012). Las flores son actino mórficas, con cáliz verde y se presentan en racimos o panículas estrechas terminales de entre 5 cm y 15 cm de largo. Florece de marzo a julio y madura de julio a octubre (Kunth, 1822; Pennington y Sarukhán, 2016). Contiene infrutescencias péndulas que miden entre 10 cm y 15 cm de largo; los frutos son drupas globosas de entre 1.7 cm y 2 cm de diámetro, amarillentas o anaranjadas, con una abundante pulpa agrídulce que rodea una sola semilla.

Partes medicinales

La literatura indica que las partes usadas de manera tradicional son la corteza, las partes aéreas y los frutos. La corteza es usada para auxiliar la menstruación y el parto y aliviar las mordeduras de serpiente. Las partes aéreas, tallos y hojas, se usan como febrífugo, para tratar desórdenes gastrointestinales, infecciones en la piel, nervios e inducir “un mareo agradable” (Béjar y Malone, 1993; Maldonado Peralta *et al.*, 2020). Las frutas son usadas para la fiebre y las semillas para la disentería (Béjar y Malone, 1993).

Un estudio etnobotánico de plantas medicinales realizado por el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) en Oaxaca reveló que *B. crassifolia* se encontraba entre las 10 plantas mencionadas con mayor frecuencia por los curanderos tradicionales para tratar trastornos gastrointestinales, en especial diarrea y disentería (González-Cortazar *et al.*, 2013), y, también, algunas enfermedades relacionadas con la salud mental (Maldonado Peralta *et al.*, 2020).

Componentes químicos

En el extracto metanólico de las hojas de *B. crassifolia* se han identificado los glicolípidos: 1,2-di-O-palmitol-3-O-(6-sulfo-D-quinovopiranosil)-glicerol, ácido oleanólico, ácido 2-fl-hidroxi-oleanólico, ácido 2-hidroxi-oleanólico, lupeol, 2-fl-hidroxi-lupeol, (+)-catequina, (-)-epicatequina, quercetina 3-O-fl-D-galacto-piranosido y quercetina 3-O-fl-o-glucopiranosido, 1,2-di-O-miristoil-3-O-(6-sulfo-ct-D-quinovopiranosil)-glicerol, 1,2-di-O-(8-hexadecenoil)-3-O-(6-sulfo-D quinovopiranosil)-glicerol, 1,2-di-O-palmitoil-3-O-(fl-D-glucopiranosil)-glicerol y 1,2-di-O-(8-hexadecenoil)3-O-(fl-D-glucopiranosil)-glicerol (Rastrelli *et al.*, 1997; Montoro, Maldini y Pizza, 2011). Además, se han identificado triterpenos como betulina, ácido betulínico y lupeol. Los flavonoides, tales como rutina, quercetina, hesperidina, catequina, epicatequina, guiaverina, quercetina y 3-O-d-glucopiranosido, se han aislado de las hojas y la corteza de *B. crassifolia* (Herrera-Ruiz *et al.*, 2011; Maldonado Peralta *et al.*, 2020).

Farmacología y bioactividades

En estudios preclínicos del extracto metanólico de *B. crassifolia*, descritos por Herrera-Ruiz *et al.* (2011), se estudió la actividad neurofarmacológica en ratones ICR (Institute of Cancer Research) mediante modelos como el laberinto elevado, la prueba de natación forzada, la prueba de potenciación del pentobarbital y el pentilinetetrazol inducido por convulsiones, en los cuales se encontró que tiene un efecto antidepresivo, pero no ansiolítico, y se sugirió que los flavonoides rutina, quercetina y hesperidina son los principales componentes activos de este extracto.

No hay otras investigaciones que analicen el efecto antidepresivo y ansiolítico de *B. crassifolia*, sin embargo, se reportan estudios aislados de algunos flavonoides presentes en su extracto, como rutina (Machado *et al.*, 2008), quercetina (Demir, Gergerlioglu y Oz, 2015; German-Ponciano *et al.*, 2018) y hesperidina (Donato *et al.*, 2014; El-Marasy *et al.*, 2014). Los flavonoides suelen tener efectos neuroprotectores y antidepresivos y, aunque se sabe poco de un mecanismo de acción general, se cree que este es el efecto antioxidante y la estimulación interna de las enzimas antioxidantes internas (Hritcu *et al.*, 2017).

La hesperidina tiene un amplio rango de efectos biológicos, como el inhibitorio de enfermedades neurodegenerativas (Hajialyani *et al.*, 2019). En ratas con diabetes inducida, mostró un efecto antidepresivo mediante la estreptomina, en este sentido sus efectos se deben, en parte, a su efecto hiperglucémico modulador y a sus actividades antioxidantes y antiinflamatorias, además de las alteraciones del factor neurotrófico derivado del cerebro (FNDC) y activación del sistema monoaminérgico (El-Marasy *et al.*, 2014). La administración crónica de la hesperidina provoca un incremento del FNDC en el hipocampo, bajo condiciones de estrés leve crónico (Donato *et al.*, 2014). Se sugiere que la vía de señalización de la quinasa es regulada por señales extracelulares (ERK-) y que el FNDC está implicado en la actividad antidepresiva de esta flavanona (Hritcu *et al.*, 2017), lo cual respalda su efecto antidepresivo.

La quercetina, por su parte, es un fuerte antioxidante, además tiene la capacidad de aumentar la disponibilidad de 5-HT y norepinefrina en la hendidura sináptica (Demir, Gergerlioglu y Oz, 2015). Sus propiedades antidepresivas parecen ser independientes del eje hipotalámico-pituitario-suprarrenal. Asimismo, Scheggi *et al.* (2016) y German-Ponciano *et al.* (2018) han demostrado que la quercetina suprime la respuesta neuroinflamatoria de la microglía e induce un efecto de tipo antidepresivo

en ratas bulbectomizadas (Scheggi *et al.*, 2016; German-Ponciano *et al.*, 2018). Por último, la rutina ejerce un efecto neuroprotector sobre el hipocampo que promueve un efecto antidepresivo, mediado en parte por los receptores NMDA (Anjomshoa *et al.*, 2020).

SALVIA spp. *SALVIA* SUBGÉNERO *CALOSPHERE*

Descripción de la especie

Proviene de la familia *Lamiaceae* que tiene 1 000 especies distribuidas alrededor del mundo (Walker *et al.*, 2004; Will y Claßen-Bockhoff, 2017). México es considerado uno de los lugares con más ejemplares, ya que alrededor de 300 especies (85%–88%) son endémicas (Dieringer, Ramamoorthy y Lezama, 1991; Ramamoorthy, 1984; Walker *et al.*, 2004). En nuestro país las especies del género *Salvia* subgénero *Calosphace* son conocidas popularmente como mirto (Jenks y Kim, 2013; Guzmán-Gutiérrez, Reyes-Chilpa y Bonilla-Jaime, 2014; Ortiz-Mendoza *et al.*, 2020).

Imagen 5. *Salvia* spp.



Fuente: fotografía de Ma. Victoria Domínguez García.

Morfología de la planta

Pueden ser hierbas anuales y perennes, arbustos o arbustos trepadores; las flores tienen cáliz y corola bilabiados, el ovario se divide en cuatro lóculos con estilo ginobásico (Ramamoorthy, 2001). La característica diagnóstica del género *Salvia* son sus dos estambres (Wood y Harley, 1989; Davidse *et al.*, 1994; Ramamoorthy, 2001), donde la parte estéril del conectivo funciona como una palanca y permite que el polen se adhiera a la cabeza o al cuerpo de los polinizadores (abejas o colibríes) (Walker y Sytsma, 2007; Will y Claßen-Bockhoff, 2017). El subgénero *Calosphace* se distingue por presentar las dos ramas posteriores de los conectivos fusionadas (Walker, 2006).

Partes medicinales

El término *Salvia* deriva del latín *salvare* que significa salvar (Dweck, 2000). Las especies del subgénero *Calosphace* se utilizan con fines medicinales y rituales en numerosas regiones. En la medicina tradicional mexicana se emplean para tratar afecciones que van desde dolores hasta trastornos del sistema nervioso central, debido a sus propiedades tranquilizantes, hipnóticas, sedantes y antiepilépticas (Aguilar *et al.*, 1994; Domínguez-Vázquez y Castro-Ramírez, 2002; Hurtado, Rodríguez y Aguilar, 2006; Bello-González *et al.*, 2015).

Estas especies contienen numerosos terpenos y terpenoides bioactivos, algunos en los receptores opioides y GABA humanos que pueden contribuir a su eficacia como medicinas populares (Jenks y Kim, 2013). Algunas especies de *Salvia* reportadas en México (*S. leucantha* Kunth, *S. microphylla* Kunth, *S. elegans* Vahl, *S. coccinea* Juss. Ex Murr., *S. fulgens* Cav., *S. involucrata* Cav., *S. semiatrata* Zucc.) se utilizan como tratamientos para las enfermedades culturalmente denominadas como nervios, susto, mal de ojo, etcétera (Herrera-Ruiz *et al.*, 2006; Jenks y Kim, 2013; Guzmán-Gutiérrez, Reyes-Chilpa y Bonilla-Jaime, 2014). Su forma tradicional de consumo es la infusión de las partes aéreas (Jenks y Kim, 2013).

Componentes químicos

Las plantas de *Salvia* son una rica fuente de polifenoles, se han identificado más de 160 que se componen de un conjunto de ácidos fenólicos y flavonoides (Lu y Yeap Foo, 2002). Además, contienen muchos terpenoides y polisacáridos con efectos importantes en el sistema nervioso central. Algunos ejemplos son las flavonas apigenina, hispidulina, circimaritina e isosakuranetina-5-O-rutinosido; los diterpenos 7-metoxiros-manol y galdosol, 7-Isosakuranetina-5-O-rutinosido; los neoclerodanos (Kavvadias *et al.*, 2003; Harding *et al.*, 2005; González-Cortazar *et al.*, 2013; Ortiz-Mendoza *et al.*, 2020), y los ácidos fenólicos caféínico, rosmarínico, salvaniólico, sagecoumarina, litospérmico, sagerínico y yunnaneico (Lopresti, 2017).

Farmacología y bioactividades

Los extractos hidroalcohólicos de *S. elegans* (Herrera-Ruiz *et al.*, 2006; Mora *et al.*, 2006; González-Cortazar *et al.*, 2013) y *S. verticillata* (Tepe *et al.*, 2007) han mostrado efectos antidepresivos y ansiolíticos en modelo murino de comportamiento para depresión y ansiedad; mientras que *S. semiatrata* Zucc. presenta efectos analgésicos y ansiolíticos (Ortiz-Mendoza *et al.*, 2020).

Una de las *Salvias* más estudiadas por sus efectos sobre el sistema nervioso central es la *S. divinorum* Epling y Játiva-M, conocida con el nombre mazateco de *Ŝka Pastora* y *Ŝka María Pastora*. *Ŝka* significa hoja, razón por la cual se le llama hoja de la pastora y hoja de María Pastora en español (Díaz, 2014). Dentro de sus componentes está el diterpeno neoclerodano, una salvinatorina que ha mostrado efectos terapéuticos sobre el alzheimer y el trastorno bipolar (Casselmann *et al.*, 2014), así como propiedades sedantes (Fantegrossi *et al.*, 2005), ansiolíticas (Braidia *et al.*, 2009) y antianalgésicas (Guida *et al.*, 2012).

Algunos estudios han investigado su mecanismo de acción y demostraron que la salvinatorina es una antagonista de los receptores kappa y opioides mu, que, en modelos de comportamiento murino, tiene efectos analgésicos y antidepresivos, sin descoordinación locomotora (Xu *et al.*, 2016; Millière, 2017). Además, se sugiere que su actividad antidepresiva se relaciona con los receptores 5-HT1, los cuales están directamente involucrados con la vía serotoninérgica, y sus agonistas promueven un efecto antidepresivo (Chilmonczyk *et al.*, 2015).

CONCLUSIONES

El creciente interés por el uso de remedios herbales ha creado la necesidad de que los psiquiatras y otros profesionales de la salud mental se familiaricen con sus efectos, riesgos, efectos secundarios y contraindicaciones. A pesar de su cotidianidad en la cultura mexicana, este tema aún es nuevo para la psiquiatría y la psicofarmacología.

En general, la evidencia de los efectos antidepresivos y ansiolíticos de estas especies es prometedora. En este capítulo se abordó información sobre antecedentes, contexto y características de la medicina tradicional mexicana, padecimientos psicológicos y el importante crecimiento de tasas de incidencia en los últimos años, así como algunas plantas medicinales con potencial en el uso terapéutico efectivo y controlado sobre la ansiedad y la depresión tales como *T. lucida*, *Annona*, *L. glaucescens*, *Byrsonima crassifolia* y *Salvia* spp.

En este sentido, los preparados de plantas, así como sus efectos biológicos y dosis aquí descritos, están regulados de forma muy diferente para cada país y muchas veces dependen de la zona geográfica, clima, especie, método de preparación y solvente empleado, por lo cual es necesario estandarizarlos y continuar la búsqueda exhaustiva de la posible eficacia y seguridad en comparación con los medicamentos convencionales. Debido a ello, cada vez es más importante que los médicos, farmacólogos y especialistas se familiaricen con estos remedios, ya que se utilizan de forma habitual en las poblaciones de los pacientes que atienden, al incrementarse el interés por el uso de remedios naturales; se requiere conocimiento en esta línea de investigación para tomar decisiones seguras que salvaguarden la salud del paciente.

En particular, se abordó información sobre estudios de plantas que comparan los efectos de remedios herbales con los de medicamentos convencionales o comportamientos murinos ante un mecanismo de acción sobre algún metabolito secundario. No obstante, es esencial continuar con la investigación para valorar el potencial de estas plantas a nivel farmacológico, así como sus posibles toxicidades, mecanismos de acción estudiados, la mayoría, en un metabolito de interés y si pudieran usarse como adyuvantes con medicamentos ya establecidos en el mercado como terapia psicológica o psiquiátrica.

REFERENCIAS

- Abdala, L. R. (1999). Flavonoids of the aerial parts from *Tagetes lucida* (Asteraceae). *Biochemical Systematics and Ecology*, 27 (7), 753-754. [https://doi.org/10.1016/S0305-1978\(99\)00011-3](https://doi.org/10.1016/S0305-1978(99)00011-3)
- Aguilar, A. et al. (1994). *Herbario medicinal de México*. México: Instituto Mexicano del Seguro Social.
- Ammar, M. et al. (2020). Chemical Composition and Biological Activities of Essential Oils of the Genus *Litsea* (Lauraceae)-A Review. *Agric. conspec. sci.*, 85 (2), 97-103. <https://hrcak.srce.hr/file/345419>
- Anjomshoa, M. et al. (2020). Rutin via Increase in the CA3 Diameter of the Hippocampus Exerted Antidepressant-Like Effect in Mouse Model of Maternal Separation Stress: Possible Involvement of NMDA Receptors. *Behavioural Neurology*. <https://doi.org/10.1155/2020/4813616>
- APA (1994). *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales: DSM-IV*. 4ª ed. Asociación Americana de Psiquiatría.
- Ashwani, A. y Preeti, V. (2012). A review on pathophysiology, classification and long term course of depression. *Int. Res. J. Pharm.*, 3 (3), 90-96.
- Bayuelo-Jiménez, J. S., Lozano Rico, J. C. y Ochoa, I. (2004). Research and Fruit Production Potential of Changunga [*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth] in Michoacan, Mexico. *Acta Horticulturae*, 864, 75-80.
- Béjar, E. y Malone, M. H. (1993). Pharmacological and chemical screening of *Byrsonima crassifolia*, a medicinal tree from Mexico. Part I. *Journal of Ethnopharmacology*, 39 (2), 141-158. [https://doi.org/10.1016/0378-8741\(93\)90029-5](https://doi.org/10.1016/0378-8741(93)90029-5)
- Bello-González, M. Á. et al. (2015). Plantas útiles de la comunidad indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. *Polibotánica*, (39), 175-215.
- Bikomo, E., Ebuehi, O. y Magbagbeola, O. (2017). Antidepressant Activity of Ethanol Leaf Extract of *Annona muricata* L., in Sprague-Dawley Rats. *American Journal of Biochemistry*, 7 (1). <https://doi.org/10.5923/j.ajb.20170701.01>
- Bonilla-Jaime, H. et al. (2015). Antidepressant-like activity of *Tagetes lucida* Cav. is mediated by 5-HT1A and 5-HT2A receptors. *Journal of Natural Medicines*, 69 (4), 463-470. <https://doi.org/10.1007/s11418-015-0909-5>
- Braida, D. et al. (2009). Potential anxiolytic-and antidepressant-like effects of salvinatorin A, the main active ingredient of *Salvia divinorum*, in rodents. *British Journal of Pharmacology*, 157 (5), 844-853. <https://doi.org/10.1111/j.1476-5381.2009.00230.x>

- Byrne, S. y Rothschild, A. (1998). Loss of antidepressant efficacy during maintenance therapy: Possible mechanisms and treatments. *Journal of Clinical Psychiatry*, 59 (6), 279-288. <https://doi.org/10.4088/JCP.v59n0602>
- Casselman, I. *et al.* (2014). From local to global—Fifty years of research on *Salvia divinorum*. *Journal of Ethnopharmacology*, 151 (2), 768-783. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.11.032>
- Celada, P. *et al.* (2004). The therapeutic role of 5-HT_{1A} and 5-HT_{2A} receptors in depression. *J. Psychiatry Neurosci.*, 29 (4), 252-265.
- Céspedes, C. L. *et al.* (2006). Antifungal and antibacterial activities of Mexican tarragon (*Tagetes lucida*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54 (10), 3521-3527. <https://doi.org/10.1021/jf053071w>
- Chilmonczyk, Z. *et al.* (2015). Functional Selectivity and Antidepressant Activity of Serotonin 1A Receptor Ligands. *Int. J. Mol. Sci.*, 16 (8), 18474-18506. <https://doi.org/10.3390/ijms160818474>
- Coria-Téllez, A. V. *et al.* (2018). *Annona muricata*: A comprehensive review on its traditional medicinal uses, phytochemicals, pharmacological activities, mechanisms of action and toxicity. *Arabian Journal of Chemistry*, 11 (5), 662-691. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2016.01.004>
- Davidse, G. *et al.* (eds.) (1994). Flora mesoamericana: *Alismataceae a cyperaceae*. Vol. 6. México: UNAM.
- Del Jiménez-Pérez, D. N. C. *et al.* (2011). Essential Oils in Mexican Bays (*Litsea spp.*, *Lauraceae*): Taxonomic Assortment and Ethnobotanical Implications. *Economic Botany*, 65, 178-189. <https://doi.org/10.1007/s12231-011-9160-5>
- Demir, E. A., Gergerlioglu, H. S. y Oz, M. (2015). Antidepressant like effects of quercetin in diabetic rats are independent of hypothalamic–pituitary–adrenal axis. *Acta Neuropsychiatrica*, 28 (1), 23-30. <https://doi.org/10.1017/neu.2015.45>
- Díaz, J. L. (2014). *Salvia divinorum*: enigma psicofarmacológico y resqueicio mente-cuerpo. *Salud Mental*, 37 (3), 183-193.
- Dieringer, G., Ramamoorthy, T. P. y Lezama, P. T. (1991). Floral visitors and their behavior to sympatric *Salvia species* (*Lamiaceae*) in Mexico. *Acta Botánica Mexicana*, 13, 75-83.
- Domínguez-Vázquez, G. y Castro-Ramírez, A. (2002). Usos medicinales de la familia labiatae en Chiapas, México. *Etnobiología*, 2, 19-31. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5294447>

- Domínguez, F. *et al.* (2016). Antidepressant medicinal plants and compounds used in traditional medicines in North America. En Grosso, C. (ed.). *Herbal Medicine in Depression*. Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-14021-6_8
- Donato, F. *et al.* (2014). Hesperidin exerts antidepressant-like effects in acute and chronic treatments in mice: possible role of l-arginine-NO-cGMP pathway and BDNF levels. *Brain Research Bulletin*, 104, 19-26. <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2014.03.004>
- Dos Santos, R. G. *et al.* (2016). Antidepressive, anxiolytic, and antiaddictive effects of ayahuasca, psilocybin and lysergic acid diethylamide (LSD): a systematic review of clinical trials published in the last 25 years. *Therapeutic Advances in Psychopharmacology*, 6 (3), 193-213. <https://doi.org/10.1177/2045125316638008>
- Duke, J. (2008). *Duke's handbook of medicinal plants of Latin America*. CRC press.
- Dweck, A. C. (2000). The Folklore and Cosmetic Use of Various *Salvia* Species. En S. E. Kintzios (ed.), *Sage. The Genus Salvia*. 1ª ed. Harwood Academic Publishers, 1-26.
- El-Marasy, S. A. *et al.* (2014). Anti-depressant effect of hesperidin in diabetic rats. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 92 (11), 945-952. <https://doi.org/10.1139/cjpp-2014-0281>
- Fantegrossi, W. E. *et al.* (2005). Kappa-opioid receptor-mediated effects of the plant-derived hallucinogen, salvinorin A, on inverted screen performance in the mouse. *Behavioural Pharmacology*, 16 (8). https://journals.lww.com/behaviouralpharm/fulltext/2005/12000/kappa_opioid_receptor_mediated_effects_of_the.5.aspx
- Fava, G. A. (2014). Rational use of antidepressant drugs. *Psychotherapy and Psychosomatics*, 83 (4), 197-204. <https://doi.org/10.1159/000362803>
- Fernández Fernández, M. de la C. (2012). *Byrsonima crassifolia* (L) HBK: Estudio fitoquímico y farmacológico. Universidad Complutense de Madrid.
- Fountoulakis, K. y Möller, H. J. (2014). Are antidepressants clinically useful? Conclusion of a decade of debate. *World Psychiatry*, 13 (2), 201-202. <https://doi.org/10.1002/wps.20112>
- Gavamukulya, Y. *et al.* (2014). Phytochemical screening, anti-oxidant activity and *in vitro* anticancer potential of ethanolic and water leaves extracts of *Annona muricata* (Graviola). *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 7 (S1), S355-S33.
- Gavamukulya, Y., Wamunyokoli, F. y El-Shemy, H. A. (2017). *Annona muricata*: Is the natural therapy to most disease conditions including cancer growing in our backyard? A systematic review of its research history and future prospects. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 10 (9), 835-848. <https://doi.org/10.1016/j.apjtm.2017.08.009>

- German-Ponciano, L. J. *et al.* (2018). Advances in the preclinical study of some flavonoids as potential antidepressant agents. *Scientifica*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/2963565>
- Gómez-Pompa, A. (1993). Las raíces de la etnobotánica mexicana. *Acta Biologica Panamensis*, 1, 87-100.
- González-Cortazar, M. *et al.* (2013). Isosakuranetin-5-O-rutinoside: A New Flavanone with Antidepressant Activity Isolated from *Salvia elegans* Vahl. *Molecules*, 18 (11), 13260-13270. <https://doi.org/10.3390/molecules181113260>
- González, S., Gayoso Bazán, G. y Chang Chávez, L. (2018). *Annona muricata* L. “sour sop” (*Annonaceae*), a fruit used for feeding in Ancient Peru. *Arnaldoa*, 25 (1), 127-140. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.251.25108>
- González-Trujano, M. *et al.* (2019). Identification of some bioactive metabolites and inhibitory receptors in the antinociceptive activity of *Tagetes lucida* Cav. *Life Sciences*, 231. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0024320519304357>
- Goss, S. (2010). Online counselling: a handbook for practitioners. *British Journal of Guidance & Counselling*, 38 (3), 364-367. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03069885.2010.490415>
- Grosso, C. *et al.* (2015). HPLC–DAD analysis and in vitro enzyme inhibition: An integrated approach to predict herbal binary mixture behaviour employing median effect equation. *Microchemical Journal*, 119, 176-182. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2014.12.006>
- Guida, F. *et al.* (2012). Salvinorin A reduces mechanical allodynia and spinal neuronal hyperexcitability induced by peripheral formalin injection. *Molecular Pain*, 8. <https://doi.org/10.1186/1744-8069-8-60>
- Guzmán-Gutiérrez, L. S. *et al.* (2012). Antidepressant activity of *Litsea glaucescens* essential oil: identification of β -pinene and linalool as active principles. *Journal of Ethnopharmacology*, 143 (2), 673-679. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2012.07.026>
- Guzmán-Gutiérrez, S. *et al.* (2015). Linalool and β -pinene exert their antidepressant-like activity through the monoaminergic pathway. *Life Sciences*, 128, 24-29. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2015.02.021>
- Guzmán-Gutiérrez, L. S., Reyes-Chilpa, R. y Bonilla-Jaime, H. (2014). Medicinal plants for the treatment of “nervios”, anxiety, and depression in Mexican Traditional Medicine. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 24 (5), 591-608. <https://doi.org/10.1016/j.bjfp.2014.10.007>
- Haddjeri, N., Blier, P. y De Montigny, C. (1998). Long-Term Antidepressant Treatments Result in a Tonic Activation of Forebrain 5-HT 1A Receptors. *Journal of Neuroscience*, 18 (23), 10150-10156. <https://www.jneurosci.org/content/18/23/10150.short>

- Hajjalayani, M. *et al.* (2019). Hesperidin as a Neuroprotective Agent: A Review of Animal and Clinical Evidence. *Molecules*, 24 (3). <https://doi.org/10.3390/molecules24030648>
- Halberstein, R. A. (2005). Medicinal plants: Historical and cross-cultural usage patterns. *Annals of Epidemiology*, 15 (9), 686-699. <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2005.02.004>
- Harada, H. *et al.* (2018). Linalool odor-induced anxiolytic effects in mice. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 12. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2018.00241>
- Harding, W. W. *et al.* (2005). Salvinicins A and B, new neoclerodane diterpenes from *Salviadivinatorum*. *Organic Letters*, 7 (14), 3017-3020. <https://doi.org/10.1021/ol0510522>
- Hasrat, J. A., De Bruyne, T. *et al.* (1997). Isoquinoline derivatives isolated from the fruit of *Annona muricata* as 5-HT_{1A} receptor agonists in rats: Unexploited antidepressive (Lead) products. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 49 (11), 1145-1149. <https://doi.org/10.1111/j.2042-7158.1997.tb06058.x>
- Hasrat, J. A., Pieters, L. *et al.* (1997). Screening of medicinal plants from Suriname for 5-HT_{1A} ligands: Bioactive isoquinoline alkaloids from the fruit of *Annona muricata*. *Phytomedicine*, 4 (2), 133-140. [https://doi.org/10.1016/S0944-7113\(97\)80059-1](https://doi.org/10.1016/S0944-7113(97)80059-1)
- Herrera-Ruiz, M. *et al.* (2006). Antidepressant and anxiolytic effects of hydroalcoholic extract from *Salvia elegans*. *Journal of Ethnopharmacology*, 107 (1), 53-58. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2006.02.003>
- Herrera-Ruiz, M. *et al.* (2011). Antidepressant effect and pharmacological evaluation of standardized extract of flavonoids from *Byrsonima crassifolia*. *Phytomedicine*, 18 (14), 1255-1261. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2011.06.018>
- Hritcu, L. *et al.* (2017). Antidepressant flavonoids and their relationship with oxidative stress. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/5762172>
- Hurtado, N. E., Rodríguez, C. y Aguilar, A. (2006). Estudio cualitativo y cuantitativo de la flora medicinal del municipio de Copándaro de Galeana, Michoacán, México. *Polibotánica*, 2006 (22), 21-50. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-27682006000200021&lng=es&nrm=iso
- Jenks, A. A. y Kim, S. C. (2013). Medicinal plant complexes of *Salvia* subgenus *Calosphace*: an ethnobotanical study of new world sages. *Journal of Ethnopharmacology*, 146 (1), 214-224. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2012.12.035>
- Jiménez Cabrera, P. A. *et al.* (2015). Los saberes en medicina tradicional y su contribución al desarrollo rural: estudio de caso Región Totonaca, Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6 (8), 1791-1805.

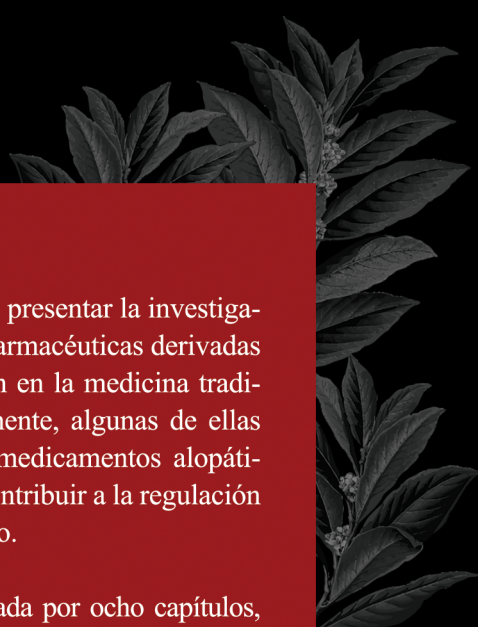
- Kadriu, B. *et al.* (2020). Not so fast: Recent successes and failures in treating depression. *Journal of Clinical Psychiatry*, 81 (4). <https://doi.org/10.4088/JCP.19ac13138>
- Kavvadias, D. *et al.* (2003). Constituents of sage (*Salvia officinalis*) with *in vitro* affinity to human brain benzodiazepine receptor. *Planta Medica*, 69 (2), 113-117. <https://doi.org/10.1055/s-2003-37712>
- King, S. R. (1999). Medicinal Plants of the World: Chemical Constituents, Traditional and Modern Medicinal Uses By Ivan A. Ross (U.S. Food and Drug Administration). *Journal of Natural Products*, 62 (1), 203-204. <https://doi.org/10.1021/np980249i>
- Kleinman, A. (1988). Rethinking Psychiatry: From Cultural Category to Personal Experience. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 8 (4), 454-454. <https://doi.org/10.1177/0270467688008004133>
- Kothari, S., Minda, M. y Tonpay, S. (2010). Anxiolytic and antidepressant activities of methanol extract of *Aegle marmelos* leaves in mice. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, 54 (4), 318-328.
- Kunth, S. (1822). *Byrsonima crassifolia*. *Nova Genera et Species Plantarum*, 5 (149).
- Kuypers, K. P. C. *et al.* (2019). Microdosing psychedelics: More questions than answers? An overview and suggestions for future research. *Journal of Psychopharmacology*, 33 (9), 1039-1057. <https://doi.org/10.1177/0269881119857204>
- León-Portilla, M. (1963). *Aztec Thought and Culture: A Study of the Ancient Nahuatl Mind*. Vol. 67. 1ª ed. University of Oklahoma Press.
- Letamendi, A. M. *et al.* (2013). Illness conceptualizations among older rural Mexican-Americans with anxiety and depression. *Journal of Cross-Cultural Gerontology*, 28, 421-433. <https://doi.org/10.1007/s10823-013-9211-8>
- Levenberg, K. *et al.* (2020). Considering a Potential Role of Linalool as a Mood Stabilizer for Bipolar Disorder. *Current Pharmaceutical Design*, 26 (40), 5128-5133. <https://doi.org/10.2174/1381612826666200724160742>
- López, J. A. *et al.* (1995). Flavonoids of *Litsea glaucescens*. *Planta Medica*, 61 (2). <https://doi.org/10.1055/s-2006-958054>
- Lopresti, A. L. (2017). *Salvia* (Sage): A Review of its Potential Cognitive-Enhancing and Protective Effects. *Drugs in R&D*, 17, 53-64. <https://doi.org/10.1007/s40268-016-0157-5>
- Lozano Mascarua, G. I. (1996). *Plantas medicinales utilizadas por los mazahuas del municipio de San Felipe del Progreso, Estado de México*. Tesis de licenciatura. UNAM.

- Lu, Y. y Yeap Foo, L. (2002). Polyphenolics of *Salvia*—a review. *Phytochemistry*, 59 (2), 117-140. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(01\)00415-0](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(01)00415-0)
- Luna Vega, M. I. (2003). *Litsea glaucescens*. Taxones del bosque mesófilo de montaña de la Sierra Madre Oriental incluidos en la norma oficial mexicana. En *Herbario FCME*. UNAM/Conabio.
- Machado, D. G. *et al.* (2008). Antidepressant-like effect of rutin isolated from the ethanolic extract from *Schinus molle* L. in mice: evidence for the involvement of the serotonergic and noradrenergic. *European Journal of Pharmacology*, 587 (1-3), 163-168. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2008.03.021>
- Maldonado Peralta, M. de los Á. *et al.* (2020). Caracterización y evaluación de frutos de 'nanche' (*Byrsonima crassifolia* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11 (1), 151-160. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i1.1950>
- Mancini, S. *et al.* (2018). Functionalized liposomes and phytosomes loading *Annona muricata* L. aqueous extract: Potential nanoshuttles for brain-delivery of phenolic compounds. *Phytomedicine*, 42, 233-244. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0944711318300886>
- Martínez-Vázquez, M. *et al.* (2012). Antidepressant-like effects of an alkaloid extract of the aerial parts of *Annona cherimolia* in mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 139 (1), 164-170. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.10.033>
- Millière, R. (2017). Looking for the self: Phenomenology, neurophysiology and philosophical significance of drug-induced ego dissolution. *Frontiers in Human Neuroscience*, (11). <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00245>
- Monteiro, Á. B. *et al.* (2020). Anxiolytic and antidepressant-like effects of *Annona coriacea* (Mart.) and caffeic acid in mice. *Food and Chemical Toxicology*, 136. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.111049>
- Montoro, P., Maldini, M. y Pizza, C. (2011). Phenolic compounds from *Byrsonima crassifolia* L. bark: Phytochemical investigation and quantitative analysis by LC-ESI MS/MS. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 56 (1), 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2011.03.032>
- Mora, S. *et al.* (2006). The hydroalcoholic extract of *Salvia elegans* induces anxiolytic and antidepressant-like effects in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 106 (1), 76-81. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.12.004>
- Moreno Gutiérrez, M. N. (2000). *El nanche Byrsonima crassifolia* (L.) HBK como recurso natural antimicrobiano en enfermedades gastrointestinales y respiratorias. México: Universidad de Ciencias y Artes del Estado de Chiapas.

- Nogueira, B. L., Mari, J. de J. y Razzouk, D. (2015). Culture-bound syndromes in Spanish speaking Latin America: The case of nervios, Susto and Ataques de Nervios. *Revista de Psiquiatría Clínica*, 42 (6), 171-178. <https://doi.org/10.1590/0101-60830000000070>
- Nutt, D., Erritzoe, D. y Carhart-Harris, R. (2020). Psychedelic Psychiatry's Brave New World. *Cell*, 181 (1), 24-28. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.03.020>
- Ohemeng, K. *et al.* (2020). Evaluation of the anxiolytic effects of the aqueous and ethanolic extracts of the leaves and bark of *Annona muricata* using the elevated plus maze test. *The Journal of Phytopharmacology*, 9 (5), 329-332. <https://doi.org/10.31254/phyto.2020.9507>
- Okafor, S. *et al.* (2018). Evaluation of the anxiolytic activities of aqueous leaf extract of *Annona muricata* and its effect on the microanatomy of the cerebrum. *Int. J. Biol. Med. Res.*, 9 (2), 6366-6370.
- Oliveira Souza, D. *et al.* (2018). Phytochemical analysis and central effects of *Annona muricata* Linnaeus: possible involvement of the gabaergic and monoaminergic systems. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 17 (4), 1306-1317. <https://doi.org/10.22037/ijpr.2018.2296>
- OMS (2021). *Suicidio*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/suicide>
- Ortiz-Mendoza, N. *et al.* (2020). Antinociceptive and anxiolytic-like effects of a *neo*-clerodane diterpene from *Salvia semiatrata* aerial parts. *Pharmaceutical Biology*, 58 (1), 620-629. <https://doi.org/10.1080/13880209.2020.1784235>
- Oviedo, V. *et al.* (2009). Anxiolytic-like effect of the extract and alkaloid fraction from *Annona muricata* in mice. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 38 (1), 105-120.
- Pedraza-Alva, G. *et al.* (2019). From traditional remedies to cutting-edge medicine: Using ancient mesoamerican knowledge to address complex disorders relevant to psychoneuroimmunology. *Brain, Behavior, and Immunity*, 79, 3-5. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2019.04.022>
- Pennington, T. y Sarukhán, J. (2016). *Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies*. México: UNAM/FCE.
- Pérez-Ortega, G. *et al.* (2016). *Tagetes lucida* Cav.: Ethnobotany, phytochemistry and pharmacology of its tranquilizing properties. *Journal of Ethnopharmacology*, 181, 221-228. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.01.040>
- Piñar Sancho, G., Suárez Brenes, G. y De La Cruz Villalobos, N. (2020). Actualización sobre el trastorno depresivo mayor. *Revista Médica Sinergia*, 5 (12). <https://doi.org/10.31434/rms.v5i12.610>

- Ramamoorthy, T. P. (1984). A New Species of *Salvia* (*Lamiaceae*) from Mexico. *Brittonia*, 36, 297-299. <https://doi.org/10.2307/2806530>
- Ramamoorthy, T. P. (2001). *Salvia* L. En G. Calderón de Rzedowski y J. Rzedowski, *Flora fanerogámica del Valle de México*. Michoacán: Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Rastrelli, L. *et al.* (1997). Glycolipids from *Byrsonima crassifolia*. *Phytochemistry*, 45 (4), 647-650. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(96\)00842-4](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(96)00842-4)
- Reiff, C. M. *et al.* (2020). Psychedelics and Psychedelic-Assisted Psychotherapy. *American Journal of Psychiatry*, 177 (5), 391-410. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2019.19010035>
- Rocha, J. *et al.* (2019). Serotonergic hallucinogens and recognition of facial emotion expressions: a systematic review of the literature. *Therapeutic Advances in Psychopharmacology*, 9. <https://doi.org/10.1177/2045125319845774>
- Rzedowski, J. (1986). Las plantas calcícolas (incluyendo una gipsófito) del Valle de México y sus ligas con la erosión edáfica. *Biotropica*, 18 (1), 12-15. <https://doi.org/10.2307/2388355>
- Rzedowski, J., De Rzedowski, G. C. y Carrillo Reyes, P. (2011). *Flora del bajío y de regiones adyacentes*. Pátzcuaro: Instituto de Ecología/Centro Regional del Bajío.
- Saavedra, J. E. *et al.* (2015). La Guía Latinoamericana de Diagnóstico Psiquiátrico -Versión Revisada- (GLADP-VR) y el Diagnóstico Centrado en la Persona. *Revista Latinoamericana de Psiquiatría*, 15 (1), 7-18.
- Scheggi, S. *et al.* (2016). The protective effect of *Hypericum connatum* on stress-induced escape deficit in rat is related to its flavonoid content. *Pharmaceutical Biology*, 54 (9), 1782-1792. <https://doi.org/10.3109/13880209.2015.1127979>
- Shalam, M., Shantakumar, S. y Narasu, M. (2007). Pharmacological and biochemical evidence for the antidepressant effect of the herbal preparation Trans-01. *Indian Journal of Pharmacology*, 39 (5), 231-234. <https://doi.org/10.4103/0253-7613.37273>
- Soifs-Fuentes, J. A. *et al.* (2010). Caracterización fisicoquímica y comportamiento térmico del aceite de "almendra" de guanábana (*Annona muricata*, L). *Grasas y aceites*, 61 (1), 58-66. <https://doi.org/10.3989/gya.064309>
- Sousa, O. *et al.* (2010). Antinociceptive and anti-inflammatory activities of the ethanol extract of *Annona muricata* L. leaves in animal models. *Int. J. Mol. Sci.*, 11 (5), 2067-2078. <https://www.mdpi.com/1422-0067/11/5/2067>
- Télez López, M. Á. (2014). *Evaluación de la actividad biológica de los extractos de cuatro plantas medicinales del norte de México sobre la calidad espermática en ratas macho wistar*. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León.

- Tepe, B. *et al.* (2007). Antioxidant potentials and rosmarinic acid levels of the methanolic extracts of *Salvia verticillata* (L.) subsp. *verticillata* and *S. verticillata* (L.) subsp. *amasiaca* (Freynt & Bornm.) Bornm. *Food Chemistry*, 100 (3), 985-989. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814605009659>
- Vanderbroucke, J. P. y Psaty, B. M. (2008). Benefits and risks of drug treatments: How to combine the best evidence on benefits with the best data about adverse effects. *JAMA-Journal of the American Medical Association*, 300 (20), 2417-2419. <https://doi.org/10.1001/jama.2008.723>
- Villavicencio-Nieto, M., Pérez-Escandón, B. y Gordillo-Martínez, A. (2010). Plantas tradicionalmente usadas como plaguicidas en el estado de Hidalgo, México. *Polibotánica*, 30, 193-238.
- Walker, J. B. *et al.* (2004). *Salvia* (Lamiaceae) is not monophyletic: Implications for the systematics, radiation, and ecological specializations of *Salvia* and tribe Menthae. *American Journal of Botany*, 91 (7), 1115-1125. <https://doi.org/10.3732/ajb.91.7.1115>
- Walker, J. B. (2006). *Systematics of the genus Salvia (Lamiaceae)*. Tesis de doctorado. Universidad de Wisconsin-Madison.
- Walker, J. B. y Sytsma, K. J. (2007). Staminal Evolution in the Genus *Salvia* (Lamiaceae): Molecular Phylogenetic Evidence for Multiple Origins of the Staminal Lever. *Annals of Botany*, 100 (2), 375-391. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl176>
- Will, M. y Claßen-Bockhoff, R. (2017). Time to split *Salvia s.l.* (Lamiaceae)—new insights from Old World *Salvia* phylogeny. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 109, 33-58. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2016.12.041>
- Wood, J. R. I. y Harley, R. M. (1989). The genus *Salvia* (Labiatae) in Colombia. *Kew Bulletin*, 44 (2), 211-278. <https://doi.org/10.2307/4110799>
- World Health Organization (2009). *Mental health systems in selected low-and middle-income countries: a WHO-AIMS cross-national analysis*. Malta: World Health Organization.
- World Health Organization (2017). *Depression and Other Common Mental Disorders. Global Health Estimates*. Geneva: World Health Organization.
- Xu, X. *et al.* (2016). Chemogenomics knowledgebase and systems pharmacology for hallucinogen target identification—Salvinorin A as a case study. *Journal of Molecular Graphics and Modelling*, 70, 284-295. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1093326316301322>



El objetivo de esta obra es presentar la investigación de nuevas fórmulas farmacéuticas derivadas de plantas que se emplean en la medicina tradicional mexicana. Actualmente, algunas de ellas son preferidas sobre los medicamentos alopáticos, por lo que se busca contribuir a la regulación y estandarización de su uso.

Esta edición está conformada por ocho capítulos, cuatro de los cuales exploran diferentes plantas usadas para tratar un problema clínico en específico (“Plantas medicinales nativas de México con potencial antimicrobiano *in vitro*”, “Plantas tradicionales mexicanas utilizadas como tratamiento para diferentes tipos de cáncer”, “Plantas mexicanas con propiedades ansiolíticas” y “Plantas medicinales mexicanas para el tratamiento de la depresión”) y los otros cuatro abordan las propiedades de una sola planta usada para tratar diferentes enfermedades (“Propiedades nutricionales, antihiperoglucemiantes y antioxidantes del nopal”, “Bondades clínicas del romero [*Rosmarinus officinalis*]”, “La magia ceremonial y medicinal del yauhtli o pericón [*Tagetes lucida* Cav.]” y “Usos etnobotánicos y etnofarmacológicos del guayabo [*Psidium guajava* L.]”).

SDC

15 Años
de la Fundación del Instituto Literario
del Estado de México