

# sabermás

Revista de Divulgación  
de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



Año 32 / No. especial / 2023  
Morelia, Michoacán, México  
U.M.S.N.H.

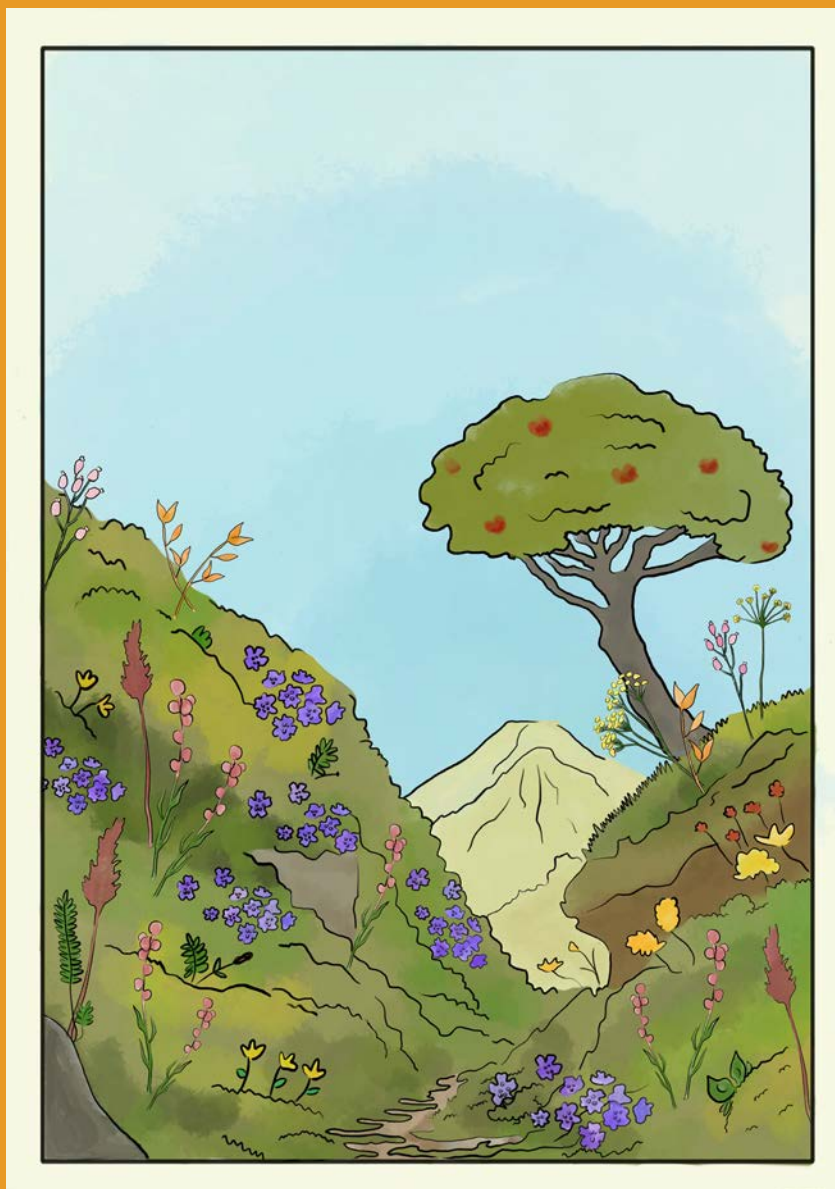
ISSN 2007-7041



UNIVERSIDAD MICHOACANA  
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO  
*Cuna de héroes, crisol de pensadores*

ISSN-2007-7041

# CONTENIDO



Dana Adaid Becerra Zaragosa y Mauricio Alejandro Santos Pérez  
Ambos estudiantes de la Facultad de Bellas Artes de la UMSNH  
Técnica: Ilustración digital

## ARTÍCULOS

La historia del cirio, lo que cuenta el humano y lo que cuenta su ADN	9
¿Por qué es importante conocer el genoma de los copales?	14
Amaranto: Mucho más que «alegría»	18
El cuaulote: Un árbol multiusos	23
Zapote blanco, una medicina prehispánica	27
Nurite: Su potencial como conservador de alimentos	31
Misioneros jesuitas del siglo XVIII: Plantas útiles de las Californias	36
Flor del beso: Una alternativa para tratar el sobrepeso	42
<i>Eupatorium</i> : Descubriendo su poder farmacológico	46
El quiensabe ( <i>Hedeoma piperita</i> ): Un deleite de tradición Purépecha	50
Bosques de niebla vemos, especies endémicas no sabemos	54
Nuez de lavado ( <i>Sapindus saponaria</i> ): ¿Fuente para un jabón amigable con el ambiente?	58
Plantas albinas: ¿En dónde está mi plastoma?	61
Yauhtli: Una hierba medicinal, de ritos y de ciencia	82
La trascendental importancia de los encinos	71



**ENTÉRATE**

¡Plantas que resucitan!

6

**CIENCIA EN POCAS PALABRAS**

¿Qué son los productos naturales de origen vegetal?

82

**TECNOLOGÍA**

Semillas: De ricas botanas hasta su conservación 77

# DIRECTORIO



## Rectora

Dra. Yarábí Ávila González

## Secretario General

D. C. E. Javier Cervantes Rodríguez

## Secretario Académico

Dr. Jorge Fonseca Madrigal

## Secretario Administrativo

Dr. Edgar Martínez Altamirano

## Secretario de Difusión Cultural

Dr. Miguel Ángel Villa Álvarez

## Secretaría Auxiliar

Mtra. Mónica Gutiérrez Legorreta

## Abogado General

Dr. Raúl Carrera Castillo

## Tesorero

C. P. Enrique Eduardo Roman García

## Coordinador de la Investigación Científica

Dr. Jesús Campos García

SABER MÁS REVISTA DE DIVULGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO, Año 12, No. especial plantas, es una publicación bimestral editada por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo a través de la Coordinación de la Investigación Científica, Av. Francisco J. Mújica, s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Tel. y Fax (443) 316 74 36, [sabermas.publicaciones@umich.mx](mailto:sabermas.publicaciones@umich.mx), [sabermasumich@gmail.com](mailto:sabermasumich@gmail.com). Editor: Horacio Cano Camacho. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2013-072913143400-203, ISSN: 2007-7041, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Área de Tecnologías y Procesos de Información de la Coordinación de la Investigación Científica, C.P. Hugo César Guzmán Rivera, Av. Francisco J. Mújica, s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Tel. y Fax (443) 316-7436, fecha de última modificación, 20 de octubre de 2023.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Esta revista puede ser reproducida con fines no lucrativos, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica. De otra forma requiere permiso previo por escrito de la institución y del autor.



## Director

Dr. Rafael Salgado Garciglia  
Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas,  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,  
Morelia, Michoacán. México.

## Editor

Dr. Horacio Cano Camacho  
Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología,  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,  
Morelia, Michoacán. México.

## Comité Editorial

Dr. Jesús Campos García  
Instituto de Investigaciones Químico Biológicas,  
Universidad Michoacana de San Nicolás de  
Hidalgo, Morelia, Michoacán. México.

Dr. Cederik León de León Acuña  
Instituto de Física y Matemáticas  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo  
Morelia, Michoacán. México.

Dra. Ek del Val de Gortari  
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y  
Sustentabilidad (Campus Morelia)  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Morelia, Michoacán. México.

M.C. Ana Claudia Nepote González  
Escuela Nacional de Estudios Superiores (Unidad  
Morelia) Universidad Nacional Autónoma de México  
Morelia, Michoacán. México.

Dr. Luis Manuel Villaseñor Cendejas  
Escuela Nacional de Estudios Superiores (Unidad  
Morelia) Universidad Nacional Autónoma de México  
Morelia, Michoacán. México.

Dr. Juan Carlos Arteaga Velázquez  
Instituto de Física y Matemáticas, Universidad  
Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia,  
Michoacán. México.

## Diseño y Edición

T.D.G. Maby Elizabeth Sosa Pineda  
M en C Miguel Gerardo Ochoa Tovar  
C.P. Hugo César Guzmán Rivera

## Corrección de estilo

Lourdes Rosangel Vargas

## Administrador de Sitio Web

C.P. Hugo César Guzmán Rivera

## Saber Más Media

M en C Miguel Gerardo Ochoa Tovar

# EDITORIAL

Este número de *Saber Más* lo hemos publicado de manera muy especial, debido a que hemos agrupado solo artículos en los que las plantas son las protagonistas, que nuestros colaboradores expertos en diferentes temas, nos han enviado para saber más de estos importantes organismos. Encontrarás 15 artículos en los que se describen 15 diferentes plantas, muchas de ellas que habitan en las distintas regiones de nuestro país y en los que destacan su importancia botánica, ecológica, social y cultural, así como sus usos por las propiedades únicas o potenciales que presentan. Te invito a que los leas, ya que algunas especies te serán desconocidas, pero sin duda alguna, tienen una gran importancia para México. En los primeros dos artículos nos presentan a los cirios de Baja California y a los copales de diferentes regiones de México, resaltando el valor del porqué conocer el genoma de estas especies vegetales. Por sus propiedades medicinales señalo los artículos sobre plantas que son utilizadas en la medicina tradicional mexicana como el zapote blanco, el nurite, la flor del beso, algunas especies de *Eupatorium*, *Hedeoma piperita* y *Tagetes lucida*, y otras con un alto valor cultural en regiones del centro de México.

Además, puedes leer más sobre plantas con otras características, a parte de su uso medicinal, como su utilización en la industria alimentaria como

el amaranto u otros usos como el cuaulote, la nuez de lavado y los encinos.

Tenemos también cuatro interesantes artículos más en el que los autores nos mencionan las plantas útiles de las Californias, con una descripción desde el conocimiento de los misioneros jesuitas; sobre las especies endémicas de los bosques de niebla en México; porqué hay plantas albinas; y de otras, incluso que resucitan. Interesante ¿no?, pero aún hay más, como el que nos habla sobre las semillas como punto importante de la conservación de las plantas, y finalmente el último en el que las plantas son consideradas como la principal y la fuente más diversa de metabolitos secundarios en nuestro planeta, productos químicos naturales de alto valor medicinal, principalmente.

Para *Saber Más* de las plantas, como siempre estimado(a)s lectore(a)s les invito a leer todos estos artículos, compartirlos con su familia, amistades o compañeros de estudios. Y espéranos muy pronto, ya casi está listo el número 71, que les traerá más conocimiento sobre diversos temas de la ciencia.

Dr. Rafael Salgado Garciglia  
Director



# ENTÉRATE

## ¡Plantas que resucitan!

Luis Humberto Delgado-Rangel



<https://pixabay.com/es/photos/rosa-de-jericho-763075/>

Imagina que estás en una zona desértica donde no ha llovido durante seis meses y lo único que hay alrededor son matorrales secos. De repente llega una nubecilla que deja caer un poco de agua por unos minutos y cuando termina de llover, los matorrales secos se abren llenos de vida y con un brillante color verde. Sin duda sería como la escena de una película infantil o de ciencia ficción. Pero, ¡sí! En realidad, hay plantas secas que aparentan estar muertas y con solo un poco de agua reverdecen como si resucitaran.

### Entonces ¿hay plantas que resucitan?

Aunque parece algo irreal sí existen, y no solo una, hay más de cien plantas a las que se les de-

nomina «plantas de la resurrección» las que, al no tener la suficiente agua disponible, aparentan estar muertas por hasta más de tres meses, e incluso algunas hasta años, para después «resucitar» cuando absorben agua. En este artículo te describiré dos de las plantas más conocidas de este tipo. Aunque ambas son llamadas Rosa de Jericó, son muy diferentes entre sí, una es *Anastatica hierochuntica* de la familia Brassicaceae a la que pertenecen las coles; es originaria de los desiertos de Arabia, del Sahara y de las inmediaciones del mar Rojo y también habita en Palestina y Egipto, podríamos decir que es la verdadera Rosa de Jericó. La otra es *Selaginella lepidophylla*, de la familia Selaginellaceae, muy distante de las brasicáceas y más cercana a los he-

lechos; es oriunda del desierto de Chihuahua donde habita en ambientes desérticos o secos no solo de esa región, ya que también podemos encontrarla en diversos estados del norte y centro de México; su nombre correcto común es *doradilla*.

Pero, ¿por qué resucitan?, o mejor dicho, ¿por qué no se mueren al no tener disponibilidad de agua? Bien, la respuesta está en un grupo de sustancias que se han denominado **disolventes eutécticos profundos naturales (NADES)**, por sus siglas en inglés), que **son moléculas protectoras como azúcares** (trehalosa, entre otros) **y algunas de tipo proteico**. De hecho, estas plantas no son como algunos cactus y otras que resisten o toleran largos períodos de sequía, las de la resurrección toleran la desecación, no la resisten ni la evitan, sino que la sobreviven.

Aunque se sabe poco del proceso de perder agua, sobrevivir y resucitar, se ha reportado que en este tipo de plantas, **al no tener disponibilidad de agua, sus raíces envían mensajes a las hojas**, las cuales cierran sus poros o estomas; si la sequía persiste, estas se secan mientras se doblan o rizan cuidadosamente, pierden su color verde y se vuelven marrones, de ahí la forma y color que adquieren cuando están «muertas», aunque realmente estén secas o deshidratadas. Otras especies, acumulan un pigmento púrpura llamado **antocianina**, el cual **actúa como protector solar**. Estas medidas son importantes para reducir los efectos dañinos de la luz solar.

### Pero, ¿qué son los NADES?

Son un grupos de **sustancias que actúan como disolventes** no tan comunes como lo sería el agua y que **se forman a partir de dos (o más) compuestos** que en situación normal serían sólidos, o uno sólido y el otro líquido, pero que en la combinación precisa de uno con el otro, se comportan como si fueran un solo compuesto, el cual se encuentra en estado líquido. **En química es lo que se llama una mezcla eutéctica**, recalcando que, si hay mayor presencia de uno de los compuestos, la mezcla eutéctica no se logra.

Ya sabemos entonces que se llaman **disolventes eutécticos** porque se trata de una mezcla precisa de dos compuestos que funcionan como un disolvente y, en este caso, **se les nombra profundos**, porque el punto de fusión (donde se cambia de estado sólido a líquido) es más bajo que el de los componentes originales de la mezcla eutéctica. Por ejemplo, si tenemos los compuestos A y B, A podría tener su punto de fusión en 200 °C y B a 150 °C, pero la mezcla eutéctica presentaría un punto de fusión de 50 °C, 20 °C, o incluso menos. Cuando los encontramos **en las plantas se les denomina naturales**, mientras que **cuando no son de origen natural**, simplemente **se les llama disolventes eutécticos profundos (DES)**.

En el caso de los NADES, están compuestos por azúcares, ácidos grasos y otros compuestos producidos por las plantas. Un ejemplo de NADES producido por otros organismos, es la deliciosa



Rosa de Jericó (*Anastatica hierochuntica*)



Doradilla (*Selaginella lepidophylla*)

miel, una mezcla eutéctica compleja y de origen natural de la cual, si separamos cada uno de los compuestos que la forman, la mayoría estaría en forma de sólidos.

### Los NADES y la resurrección de la plantas

El agua es el líquido vital de los organismos vivos, los que no pueden vivir en ausencia de esta. Pero, en las plantas de la resurrección, **los NADES son los protagonistas para que estas «no mueran»** en su ausencia, ya que cuando están presentes en las células de estas plantas, aún **pueden llevar a cabo funciones metabólicas vitales.**

Estas plantas producen NADES para sobrevivir en un estado en el cual se minimizan sus funciones metabólicas y cuando hay disponibilidad de agua, las plantas resucitan o salen del letargo en el que se encontraban.

El estudio de los disolventes eutécticos profundos, ya sean naturales o no, es muy reciente comparado con otras áreas de estudio, ya que **los primeros trabajos reportados son de 2001**. Pero se ha observado que pueden ser muy importantes no solo en organismos vivos, sino en investigaciones encaminadas a desarrollar químicos disolventes menos tóxicos.

Ahora, cuando veas una de estas plantas de la resurrección, sabrás que resucitan al ponerlas en contacto con el agua, gracias a los NADES.



**Luis Humberto Delgado-Rangel.**  
Estudiante del Programa de Doctorado en Ciencias Químicas, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.  
[luis.humberto.delgado.rangel@gmail](mailto:luis.humberto.delgado.rangel@gmail)



Bayón, A. (2022). ¿Cómo puede volver a la vida la 'rosa de Jericó'? *Muy Interesante*. <https://www.muyinteresante.es/naturaleza/24030.html>

Du Toit, S.F., Bentley, J., Farrant, J.M. (2020). NADES formation in vegetative desiccation tolerance: Prospects and challenges. *Advances in Botanical Research*.

In: *Eutectic Solvents and Stress in Plants*, Chapter: 9. [https://www.researchgate.net/publication/346365043\\_NADES\\_formation\\_in\\_vegetative\\_desiccation\\_tolerance\\_Prospects\\_and\\_challenges](https://www.researchgate.net/publication/346365043_NADES_formation_in_vegetative_desiccation_tolerance_Prospects_and_challenges)

Video de *Selaginella lepidophylla*. @AAGCTT. <https://www.youtube.com/watch?v=qY3mVOCVoxMh>



# ARTÍCULO

## La historia del cirio, lo que cuenta el humano y lo que cuenta su ADN

Josué Jacob Martínez-Noguez y Francisco Javier García-De León



**Josué Jacob Martínez-Noguez.** Estudiante de Doctorado en el Uso, Manejo, Preservación de los Recursos Naturales en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.

[jjmnoguez@gmail.com](mailto:jjmnoguez@gmail.com)

**Francisco Javier García-De León.** Investigador líder del Laboratorio de Genética para la Conservación en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.

[fgarciadl@cibnor.mx](mailto:fgarciadl@cibnor.mx)

**E**l cirio (*Fouquieria columnaris* (Kellogg) Kellogg ex Curran) es una de las especies endémicas más emblemáticas en el Noroeste mexicano. Este longevo árbol **puede llegar a vivir más de 100 años**, ¿puedes imaginar las cosas que ha pasado durante su vida?, ¿las culturas que le vieron, los climas y desastres naturales que le han afectado? ¿Qué dirías si te dijera que en la actualidad podemos asomarnos un poco a la historia de esta enigmática y valiosa planta de nuestro México?



Fotografía: Francisco Javier García-De León.

Esto es posible y hay distintas formas para hacerlo, primero bajo las **fuentes históricas** que dejaron los primeros colonizadores durante el siglo XVIII en las californias (Península de Baja California, México, y California, E.U.A.), quienes mencionan sus encuentros ante estos árboles de apariencia poco común. Además, en la actualidad, gracias a que permanece el legado de algunos grupos indígenas, podemos acceder a los mitos que forman parte de su **cosmovisión** y que incluyen a esta especie.

Por otro lado, la planta misma puede contar-nos su historia. Las herramientas genéticas modernas nos permiten abordar el reto de desentrañar la intrincada y enigmática historia de las especies, donde mediante el uso de los distintos **genomas celulares** (nuclear, mitocondrial y cloroplástico), podemos acceder a información que nos habla de eventos históricos por los que ha pasado. Por ejem-

plo, la **filogeografía** es una rama de la genética que **estudia la historia y distribución de linajes genéticos**, en el caso de las plantas, se basa principalmente en el uso del ADN de cloroplasto (ADNcp), molécula orgánica que acumula mutaciones cada cierto tiempo, lo que permite el uso de herramientas como el **reloj molecular** que son **algoritmos matemáticos** con los que podemos deducir el tiempo en el que un linaje comenzó a diferenciarse del grupo ancestral, brindando una resolución que permite entender eventos históricos que han afectado a una especie.

Además, en la era de la genómica podemos acceder a otro tipo de marcadores como los **SNPs** (*Single Nucleotide Polymorphisms*), que son **variaciones de un nucleótido en el genoma** que nos brindan la capacidad de acceder al estudio de la genética poblacional, dando-nos un panorama de las caracterís-

ticas biológicas más contemporáneas por las que están pasando las especies, tales como reconocer a nivel genético diferencias y parentescos entre un individuo, además de darnos la oportunidad de develar los mecanismos más importantes de las poblaciones como los sistemas de apareamiento, polinizadoras, el tipo de dispersión de la semillas y la conectividad poblacional.

Ahora que hemos identificado algunas fuentes que pueden darnos información de la historia del cirio, permítenos contarte un poco de lo que se cuenta del cirio hasta hoy.

### Lo que cuenta el ser humano

El cirio tiene formas increíblemente variables y únicas que han llamado la atención de las distintas culturas y asentamientos humanos que le han conocido, incluso llegando a formar parte de la cosmovisión del hombre y dejando en algunos casos narrativas que ameritan ser conocidas. El grupo de

indígenas mexicanos de **los seris en Sonora, lo reconocen como un árbol sagrado** que no hay que cortar o dañar, ellos lo llaman «cototaj» y sus leyendas resaltan que estos árboles **fueron gigantes que precedieron a los hombres seris**, y que durante una gran inundación subieron a los montes intentando escapar de las aguas, pero al no conseguirlo, comenzaron a soplar intentando que las aguas retrocedieran y lo hicieron hasta quedar convertidos en árboles. Hoy en día se dice que, si uno se acerca y toca un cirio, un fuerte viento soplará.

En 1751, el padre Fernando Consag, durante sus viajes misioneros a la península de Baja California, se encontró junto con su comitiva con estos árboles a los que los cochimíes de la región nombraban «milapa», árboles altos, derechos y con pocas ramas, los cuales terminaron nombrando como «cirios» **por el parecido con las velas de cera que utilizaban en sus ceremonias religiosas**, siendo este uno de los nombres comunes de mayor uso en español, hasta el día de hoy.

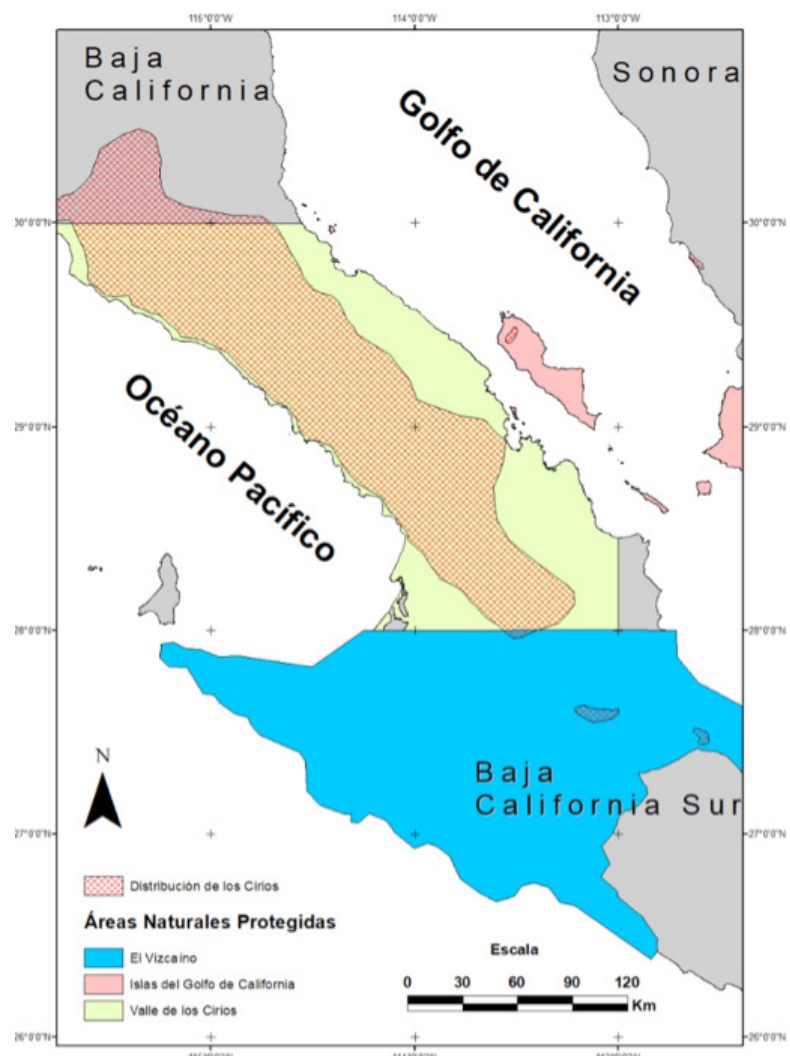
### La historia que nos cuenta la filogeografía

El cirio se distribuye en el desierto de Baja California, pero también se le puede encontrar en parches aislados en San Francisco de la Sierra y en el complejo volcánico de las Tres Vírgenes en Baja California Sur, además de estar presente en la isla del Golfo de California Ángel de la Guarda y en una pequeña área en Sonora.

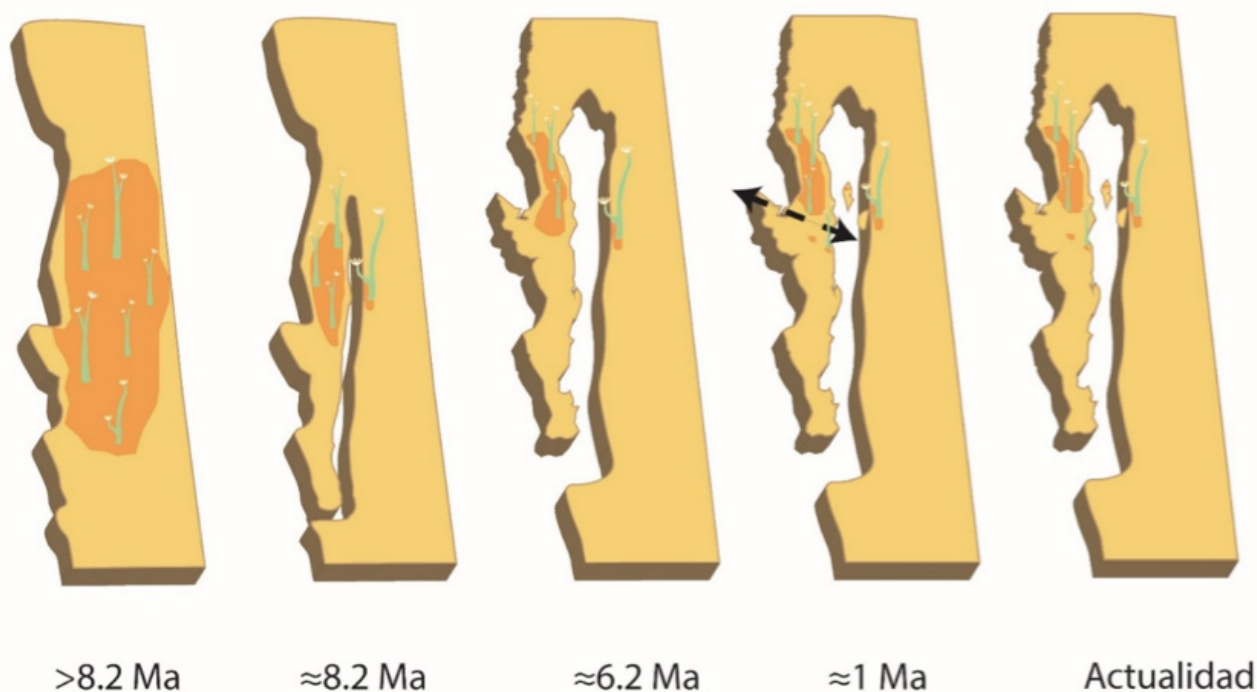
Mediante el ADNcp, se ha buscado comprender los linajes que conforman esta distribución y explicar los eventos históricos que le han moldeado. Se encontró que el cirio está conformado por **cuatro linajes distintos**, uno perteneciente a **Sonora** y tres dentro de la península de **Baja California**, uno en el norte peninsular, otro en **San Francisco de la Sierra** y otro en el **volcán Tres Vírgenes**. La hipótesis más parsimoniosa indica que esta es-

tructura se constituyó por la formación del Golfo de California (datado entre los 8.2 a los 6.2 Ma), aislando el linaje que se encuentra en Sonora del linaje peninsular. Dentro de la Península también hubo eventos que terminaron aislando a la biota regional, por ejemplo, la actividad volcánica del complejo de las Tres Vírgenes ( $\approx 1$  Ma) que pudo limitar el flujo genético, ahuyentando polinizadores de largo rango como los colibríes, y/o la apertura de la vía marítima transpeninsular ( $\approx 1$  Ma), la cual es un evento vicariante hipotético que se ha utilizado para explicar la diferencia de las biotas peninsulares del norte con las del sur, y que en el cirio terminaron diferenciando los linajes de San Francisco de la Sierra y de Tres Vírgenes.

El ADNcp también brinda información sobre la **demografía histórica de las especies**, y para el cirio, se detectó que hace 16 400-20 600 años, la especie pasó por periodos donde sus poblaciones disminuyeron considerablemente. La fecha estimada



Autor: Josué Jacob Martínez-Noguez.



Autor: Josué Jacob Martínez-Noguez.

de estos eventos está asociada a los tiempos donde los efectos del Último Máximo Glacial en la península se hicieron presentes, reduciendo las áreas con climas adecuados para el cirio y confinándolos a sitios de refugio para los cuatro linajes del ADNcp. Esto fue así hasta que entre los 7 000-15 000 años atrás, nos cuenta el ADNcp que la región comenzó a entrar en el periodo interglaciar donde el cirio encontró áreas más propicias en climas que fueron más parecidos al actual, por lo que tuvo la oportunidad de colonizar nuevos espacios hasta conformar la distribución que tiene actualmente.

### La historia que nos cuenta la genética poblacional

La floración del cirio consta de inflorescencias color amarillo-crema, con pétalos reducidos acompañados de una fragancia dulce que le permite la visita de polinizadores no especializados, entre ellos diversas especies de abejas y, en menor medida, la visita de colibríes.

Sus semillas, al ser planas, delgadas y poseer un ala, son arrastradas y se dispersan por el viento. Además, la altura de los cirios, al **medir más de 15 metros**, ayuda a que las semillas sean atrapadas

y transportadas por corrientes de aire; sin embargo, el ala es proporcionalmente más pequeña que la semilla, lo que afecta el vuelo y no permite que se aleje mucho de la planta madre. Este tipo de características biológicas influyen directamente en la diversidad genética poblacional de la especie.

Mediante el uso de SNPs, se evaluó la diversidad y estructura genética del cirio para develar escenarios más contemporáneos de las interacciones biológicas, resultando parcialmente concordantes con los linajes del ADNcp, donde Sonora y Tres Vírgenes hoy en día representan sitios diferenciables del resto de la distribución genética de la especie, probablemente por el grado de aislamiento histórico y contemporáneo al que han estado sometidos.

Además, se encontraron valores positivos de consanguinidad en las poblaciones causados, probablemente, por dos razones: una por los **polinizadores** que al ser en su mayoría abejas, favorecen la polinización local, mientras que los colibríes al ser visitantes ocasionales hacen que el flujo génico entre poblaciones distantes sea menor. Otra razón es que la especie es **autocompatible**, lo que quiere decir que **tiene la capacidad de que los óvulos**

sean polinizados por sus propios granos de polen; sin embargo, es probable que este fenómeno sea raro, debido a la estructura de la flor, aunque este efecto podría explicar los niveles de endogamia que se detectaron.

También se observó que el aislamiento de la población de Sonora es parcial, ya que existe flujo génico en la dirección de Sonora hacia la península de Baja California, esto causado por polinizadores como el zumbador canelo (*Selasphorus rufus*) que viaja desde Sonora a través del Golfo de California hasta Baja California en sus patrones migratorios, lo que podría estar auxiliando al transporte de granos de polen de un lugar tan distante hacia otro en la especie. En el área peninsular, el cirio muestra un patrón de **aislamiento por distancias**, este fenómeno puede explicarse por la **limitada capacidad de dispersión de las semillas** que no llegan a alejarse a gran distancia de la planta madre, favoreciendo que los organismos genéticamente relacionados se encuentren geográficamente cercanos y que los geográficamente lejanos sean menos semejantes genéticamente.

Toda esta información nos habla de la capacidad histórica de la especie para enfrentar los sucesos que han incidido en la región, a la vez que nos



Fotografía: Francisco Javier García-De León.

permite entender mejor a la especie, lo que debería ayudar a guiar las acciones para la conservación, evitar la pérdida de su diversidad y salvaguardar la biodiversidad en esta especie icónica, ya sea por el atractivo visual e histórico que ofrece o por la relevancia ecológica.



CONABIO-CONANP. (2009). Cirio (*Fouquieria columnaris*). *Fichas de especies mexicanas*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México, D.F. <https://xdoc.mx/documents/sinonimos-idria-columnaris-kellogg-1860-fouquieria-columnaris-5e1cd1461c022>

Humphrey, R.R. (1974). *The Boojum and Its Home*. *Idria*

*columnaris Kellogg and Its home*. University of Arizona Press.

León de la Luz, J.L. y Coria-Benet, R. (1992). *Flora Iconográfica de Baja California Sur*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., México. <https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/1212/1/FLORA%20ICNOGRAFICA%20DE%20BAJA%20CALIFORNIA%20SUR%201992.pdf>

# ARTÍCULO

## ¿Por qué es importante conocer el genoma de los copales?

Marisol Alicia Zurita-Solis y Yessica Rico



Bosque tropical caducifolio en temporada de lluvias, donde se puede observar el color de la vegetación. Fotografía: Marisol Alicia Zurita-Solis.

**Marisol Alicia Zurita-Solis.** Estudiante de Doctorado en Ciencias, Red de Diversidad Biológica del Occidente Mexicano, Centro Regional del Bajío, Instituto de Ecología, A.C., Pátzcuaro, Michoacán, México.

[marisol.zurita@posgrado.ecologia.edu.mx](mailto:marisol.zurita@posgrado.ecologia.edu.mx)

**Yessica Rico.** Investigadora titular, Red de Diversidad Biológica del Occidente Mexicano, Centro Regional del Bajío, Instituto de Ecología, A.C., Pátzcuaro, Michoacán, México.

[yessica.rico@inecol.mx](mailto:yessica.rico@inecol.mx)

Los árboles del género *Bursera* se caracterizan por producir **resinas aromáticas**, las cuales se han usado desde la época precolombina con **propósitos religiosos y medicinales**. Estos árboles se encuentran principalmente en América, pero es **en México** donde el género se diversificó, es decir, donde más especies surgieron y hoy sabemos que **tenemos cerca de 90 especies de burseras**, las cuales podemos encontrar en el bosque tropical caducifolio, el cual debe su nombre a que más del 75 % de sus especies pierden las hojas entre cinco y ocho meses al año, principalmente durante la época seca.

**Bosque tropical caducifolio**

El bosque tropical caducifolio es un ecosistema que se caracteriza porque **los árboles que lo habitan no miden más de 15 m de altura**, además se encuentra preferentemente en laderas y cerros y se caracteriza por un clima cálido con una temporada marcada de secas y lluvias, lo cual hace que durante la temporada seca el paisaje se vea gris y árido, mientras que durante la temporada lluviosa el paisaje es verde y frondoso. Este tipo de ecosistema está ampliamente extendido en México y lo podemos encontrar principalmente en la vertiente del Pacífico desde Sonora hasta Chiapas. Es un ecosistema importante porque **ayuda a la captura de carbono, la regulación del ciclo hidrológico y del clima**, además, es el hábitat de muchas especies endémicas con importancia económica y cultural, como los copales.

### Los copales en el bajío mexicano

Anteriormente, el bosque tropical caducifolio que comprende la región del bajío mexicano era muy extendido, pero debido al crecimiento de las áreas agrícolas, ganaderas, a la extracción de materiales, la construcción de carreteras y la urbanización, se ha ido perdiendo paulatinamente. En remanentes de este tipo de bosque, entre los estados de Michoacán y Guanajuato, habitan **tres especies de *Bursera*** de la sección *Bullockia*, conocidas comúnmente como copales, y cuyos nombres científicos son *B. cuneata*, *B. palmeri* (ambas conocidas localmente como copalillos) y *B. bipinnata* (conocida como copal chino). Una característica particular de estas burseras es que su corteza es color gris, no exfoliante, a dife-

rencia de otras especies donde su tronco parece que se desprende como hojas de papel y que pertenecen a la sección *Bursera*. Además, se sabe que las burseras **tienen la capacidad de propagarse de forma asexual** a través de esquejes enraizados, es decir, cortando una parte del tallo y plantarlo para que surja otro individuo, lo que las hace excelentes candidatas para reforestar el bosque tropical caducifolio.

Los copales son especies muy importantes cultural y económicamente, ya que son **usadas para la elaboración de artesanías**, como figuras religiosas talladas en madera, utensilios de cocina, máscaras y para la extracción de resinas para la **elaboración de inciensos** (copal) que son usados en ceremonias religiosas.

En las zonas aledañas al lago de Pátzcuaro se ha utilizado al copalillo como materia prima para la elaboración de estas artesanías desde hace más de 80 años. En la década de los 60, hubo una gran demanda de madera de copalillo, lo que provocó que se cortaran muchos árboles adultos, acabándose con los de mayor tamaño. Actualmente, los árboles de tronco robusto y que miden más de 10 m son escasos. Además, al no dejar que los árboles crezcan lo suficiente, se cortan más individuos para cubrir con la demanda de artesanías, aunado a esto, **tampoco se cumple con el tiempo necesario para dejar que el bosque se regenere**.

Desafortunadamente, el 67 % de las especies de *Bursera* **se encuentran bajo una categoría de riesgo** dentro de la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y, en Mé-



*Bursera palmeri*

*Bursera cuneata*

*Bursera bipinnata*

Especímenes de herbario que habitan en el bosque tropical caducifolio de los estados de Guanajuato y Michoacán.  
Fotografía: Yessica Rico.

xico, *B. bipinnata* se encuentra dentro de la Norma Oficial Mexicana 059, la cual se enfoca a la protección de los recursos naturales.

### Ciencia, genomas y conservación

El genoma es el **conjunto de material hereditario que poseen los organismos**. Este se encuentra empaquetado en los cromosomas, ubicados dentro del núcleo de la célula o en las mitocondrias o en los cloroplastos (en el caso de las plantas). En el genoma tenemos las **instrucciones genéticas que dicen cómo nos vemos**, por ejemplo, el color de ojos, así como la información necesaria para el desarrollo y funcionamiento de los organismos. Dentro del genoma podemos encontrar genes de los cuales ya se conoce su función y algunas regiones genéticas que los expertos todavía siguen descifrando. Esto ha generado gran interés en los científicos, quienes se han enfocado en **estudiar la información genética de las especies**, ya que a través de ella es posible conocer su capacidad de respuesta y adaptación a ambientes cambiantes. Por ejemplo, podemos preguntar, ¿cómo la pérdida del bosque tropical caducifolio afecta la supervivencia de las poblaciones de copales?, ¿cómo se adaptarán los copales a las con-

diciones climáticas extremas en el futuro?, y ¿Cuál es su riesgo de extinción? Encontrar respuestas a estas preguntas es relevante para entender cómo el cambio climático está afectando a las especies, además que **ayudaría a generar estrategias para evitar que las especies sigan perdiendo su hábitat** a causa de estas presiones ambientales.

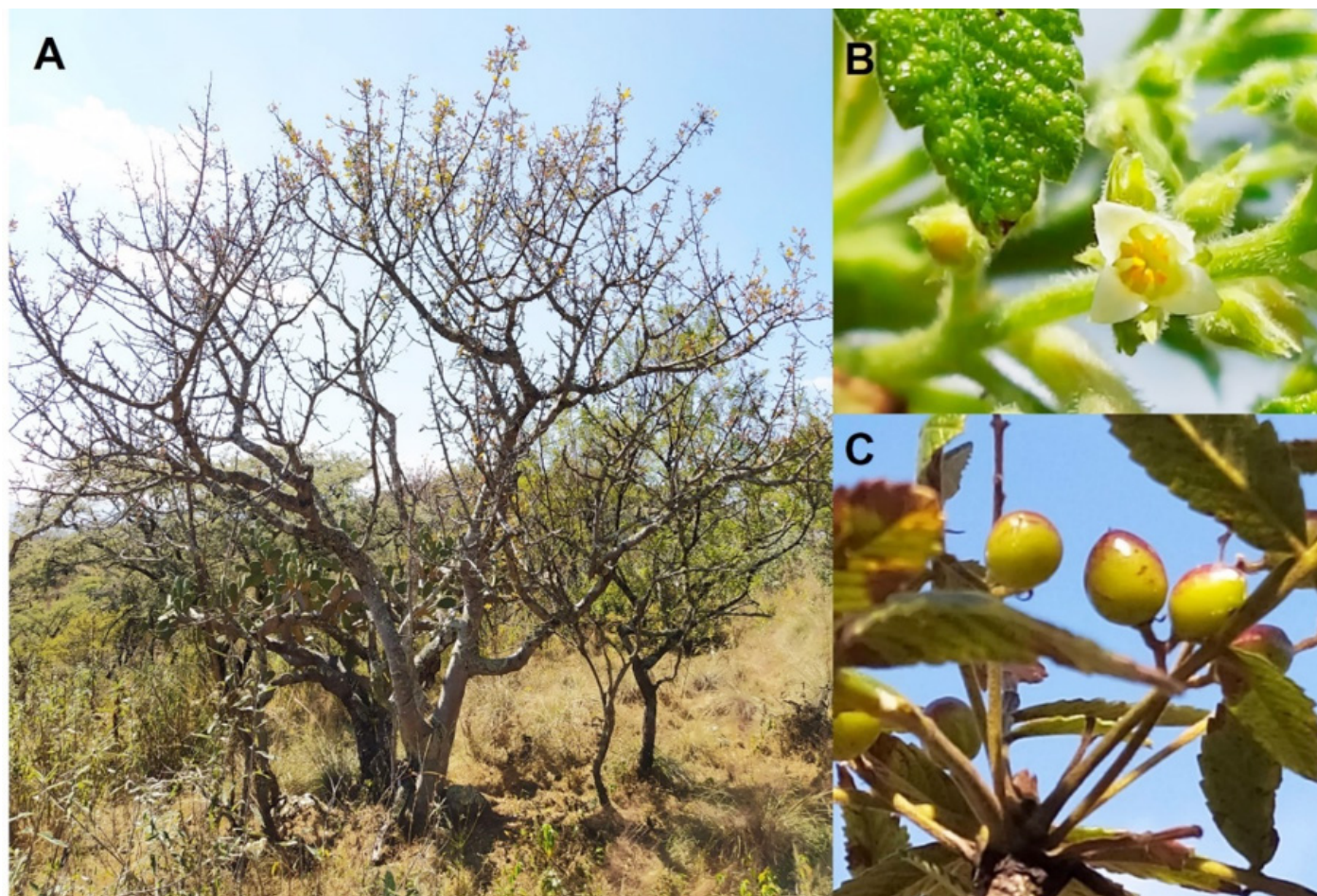
En este sentido, los científicos han recurrido al **uso de técnicas genómicas** para secuenciar parcial o completamente los genomas de algunas especies de interés. La secuenciación es una técnica de laboratorio usada para determinar («leer») el orden de los cuatro nucleótidos (A, G, C, T) que componen un gen determinado, por ejemplo, ACTTGGAC, o descifrar el genoma completo de una especie. Esto se hace con la finalidad de **identificar genes que tienen un papel vital en el funcionamiento del organismo** o regiones genéticas tan variables que permiten la identificación individual y con esta información desarrollar estudios a nivel poblacional.

Recientemente se ha secuenciado el genoma de las tres especies de copales (*B. cuneata*, *B. palmeri* y *B. bipinnata*) que coexisten en el bosque tropical caducifolio de Michoacán y Guanajuato, lo que representa la primera información genómica gene-



Fragmentación del bosque tropical caducifolio debido a la agricultura. Fotografía: Marisol Alicia Zurita-Solis.





*Bursera cuneata* en su hábitat (Ihuatzio, Michoacán, México). A. Árbol adulto; B. Flor; y C. Frutos en proceso de maduración, los cuales se pueden observar al inicio de la época de secas en el bosque tropical caducifolio. Fotografías: Marisol A. Zurita-Solis y Elisa Maya-Elizarrarás.

rada para especies de burseras mexicanas. A partir de la información contenida en los genomas, se podrán desarrollar marcadores genéticos para elaborar estudios poblacionales que permitan **conocer la diversidad genética y los niveles de endogamia poblacional**, es decir, cuando ocurre la reproducción entre parientes. Estos datos son importantes porque cuando hay poca variación genética, las probabilidades de supervivencia de los individuos ante cambios ambientales severos, son bajas.

Actualmente, con el cambio climático, se prevé mayor intensidad de la temporada de sequías, y

junto con la deforestación del bosque tropical caducifolio, **las poblaciones de copales son cada vez más vulnerables**, por lo que la información genómica disponible de estas especies es una gran noticia porque se podrán identificar regiones genéticas responsables de la adaptación a condiciones climáticas como las sequías, o poblaciones con una alta diversidad genética que sean fuente importante de germoplasma (semillas). Esta información será valiosa para **generar estrategias de restauración en sitios perturbados** del bosque tropical caducifolio, dependiendo de las condiciones futuras pronosticadas para de esta forma mitigar el cambio climático.



Cultid-Medina, C.A. y Rico, Y. (2020). Los aliados emplumados de los Copales y Cuajiotos de México: Aves y la dispersión de semillas de *Bursera*. *Revista Digital Universitaria*, 21(2), marzo-abril. [https://www.revista.unam.mx/2020v21n2/los\\_aliados\\_emplumados\\_de\\_los\\_copales\\_y\\_cuajiotos\\_aves\\_y\\_la\\_dispersion\\_de\\_semillas\\_de\\_bursera/](https://www.revista.unam.mx/2020v21n2/los_aliados_emplumados_de_los_copales_y_cuajiotos_aves_y_la_dispersion_de_semillas_de_bursera/)

Rico-Mancebo del Castillo, Y. (2019). Burseras ¿Alebrjes de la naturaleza? *Saber Más*, 8(45), 18-21. [https://sabermas.umich.mx/archivo/articulos/389-numero-](https://sabermas.umich.mx/archivo/articulos/389-numero-45/723-burseras-alebrjes-en-la-naturaleza.html)

[ro-45/723-burseras-alebrjes-en-la-naturaleza.html](https://sabermas.umich.mx/archivo/articulos/389-numero-45/723-burseras-alebrjes-en-la-naturaleza.html)

Rico, Y. (2021). Cuajiotos y copales: Árboles sagrados del México antiguo, claves para el bienestar social y ambiental. *Ciencia y Sociedad*, 24(110), <http://cienciauanl.uanl.mx/?p=11370#:~:text=Ciencia%20y%20Sociedad-,Cuajiotos%20y%20copales%3A%20%20C3%A1rboles%20sagrados%20del%20M%C3%A9xico%20antigo%20claves%20para,el%20bienestar%20social%20y%20ambiental&text=Los%20%20C3%A1rboles%20son%20elementos%20esenciales,de%20civilizaciones%20pasadas%20y%20recientes>

# ARTÍCULO

## Amaranto: Mucho más que «alegría»

Danger Tabio-García y Armando Quintero-Ramos



[https://pixabay.com/es/photos/search/amaranto%20semillas/?manual\\_search=1](https://pixabay.com/es/photos/search/amaranto%20semillas/?manual_search=1)

**Danger Tabio-García.** Estudiante del Programa de Doctorado en Ciencias, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, México.  
[tabiodanger@gmail.com](mailto:tabiodanger@gmail.com)

**Armando Quintero-Ramos.** Profesor e Investigador de la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, México.  
[aquinter@uach.mx](mailto:aquinter@uach.mx)

La agricultura tiene su origen hace aproximadamente doce mil años, cuando los agricultores recolectaban semillas de plantas silvestres. **¿Sabías que de trescientas mil especies de plantas que existen, solo treinta mil son comestibles?** Aún más interesante, ¿conocías que de estas treinta mil especies comestibles, solo treinta cultivos se utilizan para producir los alimentos que comúnmente consumes? Como se aprecia, existe una gran diversidad de especies vegetales a investigar para su posterior uso en la producción de alimentos. El **amaranto** es una de ellas, **considerado un súper alimento** que muchas veces pasa inadverti-

do para muchos, creciendo de forma silvestre como si fuera una maleza.

Esta planta pertenece a la familia Amaranthaceae y al género *Amaranthus*. Es un cultivo de Mesoamérica conocido desde aproximadamente cinco mil años antes de nuestra era. El amaranto es predominantemente tropical e incluye unas 70 especies, de las cuales, 40 son de América y el resto se encuentran distribuidas por el resto del mundo. Las especies más importantes dentro del género *Amaranthus*, debido a su abundancia, son *Amaranthus cruentus*, *Amaranthus hypochondriacus* y *Amaranthus caudatus*, las cuales se distribuyen desde regiones tropicales hasta semiáridas, siendo más favorable su cultivo en climas cálidos y soleados. Cabe destacar su alta resistencia a diferentes condiciones del suelo como sequía, salinidad, alcalinidad y acidez.

Las principales zonas de producción de amaranto se encontraban en América Central alrededor del siglo XV, lográndose un rendimiento aproximado de veinte mil toneladas anuales con fines alimentarios. Este cultivo trascendió por su importancia no solo económica, sino también social y religiosa. Los conquistadores españoles llamaron al amaranto «bledo», considerándolo de escaso valor nutricional, incluso como maleza para otros cultivos. De ahí la frase popularmente conocida «me importa un bledo», donde se demostraba la apatía por esta planta; sin embargo, el tiempo demostró todo lo contrario, siendo España uno de los países con mayor interés en el desarrollo de esta planta.

Los aztecas alababan el amaranto, incluso empleándolo para decorar tumbas en ceremonias religiosas debido a su alta resistencia en condiciones climáticas extremas. La producción de este cultivo disminuyó notablemente tras el declive de las culturas centroamericanas, retomándola en la década de 1990. Esta tendencia se debe a que en la actualidad son cada vez más demandados y consumidos cultivos con impacto en la salud, la economía y la sociedad.

### La alegría del amaranto

Hoy en día, el amaranto se emplea para formular una amplia gama de productos dentro de los cuales se encuentran cosméticos, suplementos terapéuticos, confitería, alimentos funcionales, entre otros, con gran aceptación en la sociedad. Uno de los productos más conocidos de este cultivo es la «alegría», dulce mexicano elaborado con semillas de amaranto tostadas y miel o piloncillo. El origen del nombre «alegría» se remonta a la colonización española, donde el franciscano Fray Martín de Valencia había llegado a Xochimilco con sus misioneros. Al tratar de prender una fogata en un cerro, usaron ramas de amaranto para encenderla, comenzando estas a detonar y tornarse de un llamativo color blanco. El estallido de las ramas de amaranto, tipo fuegos artificiales, incitó de manera tan positiva, que el franciscano y sus misioneros comenzaron a cantar y bailar llenos de gozo y júbilo alrededor de la fogata. Otros productos a base de amaranto como atole, barras y galletas, gozan



Principales especies productoras de granos de amaranto. a) *Amaranthus hypochondriacus*, b) *Amaranthus cruentus*, c) *Amaranthus caudatus*. Fotografías tomadas y modificadas de: a) F. D. Richards, b) Scamperdale, c) Carl Lewis.



Productos comúnmente consumidos elaborados a base de amaranto. a) «alegría», b) atole, c) barras, d) galletas. Fotografía: Danger Tabio-García.

igualmente de gran preferencia. Las galletas formuladas con harina de amaranto permiten reemplazar a la harina de trigo que se emplea comúnmente en la preparación de dichos productos. Esto resulta **relevante para las personas que son intolerantes al gluten** y no pueden consumir alimentos a base de harina de trigo.

Entonces, ¿qué hace que el amaranto sea parte de la elaboración de varios productos de gran consumo como dulces, barras, panes y galletas? ¿Acaso asocias la aceptabilidad de estos productos con el término amaranto? Los consumidores desconocen los beneficios de esta planta tradicional y los productos derivados en sus propiedades nutricionales y funcionales, **asociándola frecuentemente como un producto consumido por clases sociales desfavorecidas**. Lo que popularmente se conoce como «alegría», es solo una pequeña parte de lo que representa el amaranto, ya que va mucho más allá de lo que popularmente se pueda conocer e imaginar.

### ¿Plantas y productos nutritivos?

Según la tabla de valor nutricional de proteína reportada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), **el contenido de proteína del amaranto es de un 75 %**, un valor superior al de la soya (68 %) y al de la leche de vaca 72%. Esto muestra que la ingesta dietética balanceada de amaranto es cercana a la requerida en la dieta humana.

El amaranto se destaca por su **alto contenido nutricional en diferentes partes de la planta**, como el grano y las hojas. Prueba de ello, es que los granos de amaranto son nutricionalmente superiores a los cereales comúnmente consumidos como el trigo, el arroz y el maíz, teniendo 1.2, 2 y 1.6 veces más contenido de proteína y 1.58, 4.56 y 1.78 veces más fibra que estos. De igual forma, sus hojas contienen 12, 21 y 1.5 veces más proteína; 22, 19 y 1.9 veces más fibra; y 20, 28 y 2.8 veces más cenizas que los determinados en otros follajes de

alto poder nutritivo como la espinaca, la lechuga y la moringa, respectivamente. Estos contenidos elevados de componentes en las diferentes partes de la planta, hacen atractivo el aprovechamiento integral de este cultivo.

### ¿Fuente de minerales?

El amaranto es una rica fuente de varios minerales como **hierro, zinc, potasio y sodio**. El hierro juega un papel importante ya que interviene principalmente en el control de infecciones y es un factor clave para lograr un sistema inmune sano, evitando así enfermedades. La anemia por deficiencia de hierro es una enfermedad que afecta a millones de personas en todo el mundo, principalmente mujeres embarazadas y niños en edad escolar. En el caso del zinc, su deficiencia se relaciona con infecciones respiratorias agudas y diarreas. Igualmente, el contenido de potasio y sodio es de vital importancia ya

que influye directamente en los músculos, específicamente en los nervios y su contracción.

### ¿Complemento nutricional?

Otros compuestos de relevancia presentes en el amaranto son los **aminoácidos**, siendo la **lisina y la metionina sus principales componentes**. Estos dos compuestos son generalmente los aminoácidos limitantes de las proteínas vegetales, siendo su contenido deficiente en el trigo, la avena y la soya. Por tanto, esto sitúa al amaranto como el complemento nutricional ideal de los cereales convencionales. Asimismo, cabe resaltar que la composición de estos aminoácidos en el amaranto, cumple con los patrones de aminoácidos en bebés, jóvenes y adultos según la FAO y la OMS. Por eso, hoy en día encontramos en los mercados suplementos alimenticios y cosméticos a base de amaranto, por el alto contenido de estos micronutrientes.



Suplementos alimenticios y cosméticos elaborados a base de amaranto. a) suplemento nutricional instantáneo, b) lechada, c) aceite corporal hidratante, d) crema corporal. Fotografía: Danger Tabio-García.

### El amaranto: planta de valor funcional

Esta planta no solo se destaca por su alto valor nutritivo, sino funcional. Este cultivo es una fuente potencial en la industria alimenticia y cosmética debido a la **presencia de compuestos bioactivos**, los cuales son de gran importancia debido a sus **efectos benéficos en seres humanos y animales**. Los compuestos bioactivos se caracterizan por ser una clase diversa de compuestos (polifenoles, tocoferoles, fitoesteroles, carotenoides, antocianinas, betalaínas) presentes tanto en frutas y verduras, como en granos. La planta de amaranto constituye una fuente rica en compuestos bioactivos, específicamente betalaínas y polifenoles. Estos han sido relacionados como factores que **limitan el desarrollo de enfermedades crónicas** como inflamación, diabetes y cáncer.

La pigmentación natural en algunas especies de amaranto **representa una alternativa a los colorantes sintéticos en el procesamiento de alimentos**, debido a su alto contenido de betalaínas en diferentes parte de la planta como es el follaje, inclusive en los tallos, lo que destaca su uso integral. Este compuesto permite la coloración de diversos productos con tonalidades roja-púrpura hasta naranja-amarilla. La betalaína más comúnmente conocida es la betanina, presente en el betabel, fuente más abundante de este pigmento natural. En el caso del amaranto, la amarantina y la isoamarantina son sus betalaínas características, utilizadas como substitutas de la betanina. Estos dos compuestos tienen un gran impacto en la salud, pudiendo contribuir a la **prevención de hipertensión arterial, paros cardiorrespiratorios, e incluso derrames cerebrales**.



Colorante natural obtenido de hojas y tallos de amaranto.  
Fotografía: Danger Tabio-García.

Por otra parte, los pigmentos contenidos en esta planta pueden ser extraídos y estabilizados para la coloración de diversos productos como cosméticos, alimentos funcionales y golosinas, representando una alternativa para los consumidores que demandan más frecuentemente productos naturales con efectos benéficos en la salud. Tradicionalmente, una gran mayoría de productos comerciales son coloreados con el empleo de colorantes sintéticos, a pesar que algunos de ellos han sido relacionados con algunas enfermedades a largo plazo. Esto hace **importante la incorporación de colorantes naturales** que impacten positivamente en la salud. Como consecuencia, la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) redujo de seiscientos a solo siete el número de colorantes sintéticos permitidos. Teniendo en cuenta esto, una dieta rica en productos formulados con pigmentos provenientes de amaranto, podría contribuir en el desarrollo de productos más saludables, limitando enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas, promoviendo una vida más saludable.



Corke, H., Cai, Y.Z. y Wu, H.X. (2015). Amaranth: Overview. *Encyclopedia of Food Grains* (Second Edition), 1(4), 287-296. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00032-2>

Escalante, M. (2010). *Rescate y revaloración del cultivo de amaranto*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Fondo CONACYT-SAGARPA, COFUPRO e IICA.

Espitia-Rangel, E., Mapes-Sánchez, C., Escobedo-López, D., De la O-Olán, M., Rivas-Valencia, P., Martínez-Trejo, G., Cortés-Espinoza, L. y Hernández-Casillas, J.M. (2010). *Conservación y uso de los recursos genéticos de amaranto en México*. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232256/Conservacion\\_y\\_uso\\_de\\_los\\_recursos\\_geneticos\\_de\\_amaranto.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232256/Conservacion_y_uso_de_los_recursos_geneticos_de_amaranto.pdf)

## ARTÍCULO

## El cuaulote: Un árbol multiusos

Mónica Bello-Román y Alejandro García-Flores



Fotografía: Mónica Bello-Román.

**Mónica Bello-Román.** Estudiante de Maestría en Manejo de Recursos Naturales, Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

[monica.bello@uaem.edu.mx](mailto:monica.bello@uaem.edu.mx)

**Alejandro García-Flores.** Profesor-Investigador Tiempo Completo Titular A. Centro de Investigaciones Biológicas Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

[alejandro.garcia@uaem.mx](mailto:alejandro.garcia@uaem.mx)

En 2021 se realizó una visita al Zoquital, comunidad campesina al sur del estado de Morelos. Durante la estancia en el lugar, una de las familias nos invitó a desayunar café de olla con pan. Mientras platicábamos sobre algunas anécdotas y aventuras que nos habían pasado tiempo atrás, algo captó nuestra atención en el traspatio. El color de sus hojas, pero sobre todo, la peculiar forma y textura de esos frutos, hicieron que nos levantáramos de la mesa y nos acercáramos a él para apreciarlo más de cerca. Disculpe don Chon, ¿cómo

se llama este árbol? —Le preguntamos— A lo que respondió: Su nombre es caulote o caulote prieto. Al ver nuestra curiosidad por esta planta, don Chon trajo un par de sillas al traspatio para sentarnos y comenzó a platicarnos sobre esta especie.

### Hablemos del cuaulote

El cuaulote pertenece a la familia de las Malváceas y en la comunidad científica lo conocen como *Guazuma ulmifolia*, el nombre de la especie significa 'con hojas de olmo'. Se trata de un árbol de tamaño variable cuya **altura va de los 2 a los 15 m**. Observamos que la corteza es ligeramente agrietada y se desprende en pequeños pedazos. Sus hojas son ovaladas con la orilla en forma de «sierra» de color verde oscuro, es rasposa por arriba y verde grisáceo o amarillento y sedosa por abajo. Don Chon nos platicaba que este árbol es una especie «caduca», es decir, que pierde sus hojas durante un corto periodo en la temporada seca del año. Notamos que las flores eran pequeñas, blancas y amarillas y

de agradable aroma que, de acuerdo con don Chon, pueden apreciarse casi todo el año, principalmente de abril a octubre. Además, sus frutos son cápsulas de 3 a 4 cm de largo con una textura muy particular: muy cónicas y duras al tacto y de color marrón oscuro a negro cuando están maduras. Al abrir uno de los frutos, nos dimos cuenta de que las semillas son duras, redondeadas y pardas.

### ¿En dónde habita?

El cuaulote **es originario de América tropical y se distribuye desde México hasta Sudamérica y el Caribe**. En México se puede encontrar en 23 de los 32 estados del país, entre ellos el estado de Morelos, en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 1 200 m, en regiones que generalmente tienen clima cálido en donde los periodos secos van de los cuatro a los siete meses. **Es una especie de rápido crecimiento y fácil adaptación** por lo que suele encontrarse en sitios abiertos, laderas, cañadas, así como márgenes de ríos y arroyos. Además,



Fotografía: Mónica Bello-Román.





Flores (a), Frutos inmaduros (b) y maduros (c) del cuaulote. Fotografía: Mónica Bello-Román.

es característica de vegetación con crecimiento secundario y abundante en sitios perturbados.

#### ¿Con qué otros nombres se le conoce?

En la comunidad donde estábamos lo conocen como **cuaulote** o **cuaulote prieto**, el nombre varía en otras regiones de México, Centro y Sudamérica. Algunos nombres son, por ejemplo, bolaina negra, bolita, cabeza de negro, coco, guácimo blanco, guácimo de caballo, majagua de toro o yaco de venado. En México existe una **amplia riqueza lingüística asociada a esta especie** porque es conocida por las comunidades indígenas y campesinas del país, ejemplo de ello son los nombres comunes como acashti (totonaca, Veracruz), yaana (zapoteco, Oaxaca), zam-mi (chontal, Oaxaca), kabal-pixoy, pixoy (maya, Yucatán), ajya (mayo, Sonora) o uiguie (popoluca, Veracruz). En otros estados como Guerrero, Chiapas, Morelos y Oaxaca se le conoce como cuauhloote, en Michoacán como palote negro, parandesicua o uácima, mientras que en Sinaloa lo nombran ajillá, guácima, guázumo o guázuma.

#### ¿Cómo se propaga?

Es a partir de la semilla de donde se obtiene una nueva plántula, aunque el cuaulote también puede propagarse por estacas y esquejes. La capacidad de fácil rebrote es una característica que la hace una especie ideal para ser manejada por las comunidades campesinas.

#### ¿Cuáles son los usos del cuaulote?

Esta pregunta se la hicimos a don Chon, quien se acercó al árbol y tomó un fruto para partirlo. En seguida nos platicó que, en la comunidad al igual que en otras regiones donde se distribuye, **este árbol aporta estructuras con diversos usos**, por ejemplo, **brinda sombra** en los traspatios y parcelas, razón por la cual muchas familias no lo derriban al momento de limpiar estos lugares. Además, al finalizar la cosecha de maíz, utilizan este árbol como «zacatera», es decir, **almacenan sobre sus ramas el zacate** obtenido de la milpa para que las vacas no se lo coman cuando ingresan a pastorear a las parcelas. Los frutos y ramas tiernas también sirven como **forraje para el ganado**. Otra función que

cumple este árbol es **delimitar los terrenos entre vecinos** utilizándose como cerco vivo. Los postes obtenidos a partir de su tallo sirven para **sostener techumbres y construir cercos**. La leña además es muy apreciada para la **cocción de alimentos** por ser considerada «maciza», característica que está relacionada con su dureza, baja cantidad de humo, duración del carbón y brasa producidos.

De pronto, don Chon se metió rápidamente a su casa y trajo consigo algunos objetos, entre ellos un banco de madera elaborado a partir del cuaulote. Además, nos mostró algunos chuzos (herramientas para sembrar tipo coa que utilizan en la comunidad) cuyo palo era tallado a partir de este árbol y, además, nos comentó que con la madera también elaboran fustes de sillas de montar, los cuales son utilizados por las familias para trasladarse en sus animales de carga como caballos o burros.

En la comunidad, **el fruto se consume en infusión** para aliviar enfermedades como el mal de orín o las piedras en el riñón, aunque hay diversos estudios en otras regiones donde se distribuye y refieren diversas enfermedades que cura, entre ellas las relacionadas con el sistema digestivo, respiratorio y la piel, así como aquellas de filiación cultural como el empacho. Cabe mencionar que a pesar de que en la comunidad no lo comen, en otras regio-



Fotografía: Mónica Bello-Román.

nes del país y de **Centroamérica consumen el fruto verde por el sabor dulce de su pulpa**. Mientras más nos contaba don Chon sobre esta especie, más asombrados quedábamos.

Finalmente, y después de esta plática amena, nos retiramos de su hogar para continuar con el trabajo de campo, sin olvidar el enorme conocimiento y uso tradicional que compartió don Chon sobre esta especie, llegando a la conclusión de que el cuaulote es un árbol importante para muchas comunidades indígenas y campesinas porque es **«multiusos»**.



Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (1991). *Guácimo, Guazuma ulmifolia Lam., especie de árbol de uso múltiple en América Central*. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Serie Técnica. Informe Técnico No. 165. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/2253>

Vázquez-Yanes, C., Batis, M.A.I., Alcocer, S.M.I., Gual, D.M. y Sánchez, D.C. (1999). *Árboles y arbustos potencialmente*

*valiosos para la restauración ecológica y la reforestación*. Reporte técnico del proyecto Jo84. CONABIO-Instituto de Ecología, UNAM. [http://ixmati.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/inicio.pdf](http://ixmati.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/inicio.pdf)

Villatoro, V.R.A., Luna, C.L. y González, E.A.R. (2006). El cuaulote. *Ciencias*, 83, 18-26. <http://www.revistas.unam.mx/index.php/cns/article/view/12063>

# ARTÍCULO

## Zapote blanco, una medicina prehispánica

Juan Christian Altamirano-López y Alejandra Hernández-García



Flores de zapote blanco. Fotografía: Alejandra Hernández-García.

**Juan Christian Altamirano-López.** Estudiante del Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas, Área Temática de Biotecnología Alimentaria, Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

[0701247g@umich.mx](mailto:0701247g@umich.mx)

**Alejandra Hernández-García.** Académica del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Laboratorio de Biotecnología Vegetal, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

[alejandra.hernandez@umich.mx](mailto:alejandra.hernandez@umich.mx)

**H**ola, mi nombre es Tonatiuh, un médico brujo de la gran Tenochtitlan. Una de mis principales labores es investigar plantas o árboles que sean útil para nosotros, que nos ayuden con ese dolor de estómago, dolor de cabeza, he incluso para hablar con nuestros dioses. Hoy te voy a platicar del iztlectzopotl, una planta que conoces como zapote blanco.

Este árbol (*Casimiroa edulis* La Llave et Lex.) es originario del centro México y pertenece a la familia Rutaceae; disfrutábamos de su fruto verde muy aromático con un rico sabor mantequilloso que aportaba a nuestro cuerpo vitaminas y minerales. Pero no solo usábamos el fruto, sino también las hojas de estos árboles como infusión. Al tomarlo nos relaja totalmente, bajando nuestra presión arterial, quitando nuestra ansiedad, he incluso nos hacía dormir profundamente. Las hojas cocidas no las tirábamos, sino que las usábamos cuando alguien recibía un golpe en la cabeza o en otra parte del cuerpo para aliviar la inflamación. Las semillas las triturábamos y las usábamos para evitar infecciones en las heridas de nuestros guerreros.

Todos estos beneficios que tiene el zapote blanco, lo transmitimos de generación en generación, hasta que los actuales médicos brujos, es decir, los actuales científicos, se han preguntado...

### ¿Qué contiene el zapote blanco?

El zapote blanco contiene sustancias químicas que tienen efectos sobre nuestro cuerpo. Estos

componentes son conocidos como **metabolitos secundarios** que son producidos por las plantas para defenderse de los animales que se las quieren comer, pero también de insectos, hongos o bacterias. En el zapote se han encontrado metabolitos secundarios como los **terpenos** (que dan aroma y sabor a las plantas), **polifenoles** (que protegen a las plantas de la luz ultravioleta y forman pigmentos) y **alcaloides** (que ayudan a eliminar sustancias que ya no necesitan las plantas).

En las hojas y en los tallos del zapote blanco se han encontrado diversos grupos de metabolitos, les mencionaré algunos ya que sus nombres son un poco complicados, como el cariofileno y el germa-creno D, del grupo de los terpenos; algunos compuestos polifenólicos como la herniarina y la imperatorina. En las semillas se han identificado algunos alcaloides principalmente edulina, histamina, zapotidina y casimiroidina. Estos compuestos son los que ahora ustedes **utilizan en los medicamentos o jarabes**.

Los científicos han confirmado los beneficios del zapote blanco por sus metabolitos secundarios



<https://pixabay.com/es/photos/jarabe-para-la-tos-medicina-cuchara-2557629/>



Hojas de zapote blanco. Fotografía: Alejandra Hernández-García.

encontrados, ya que presentan diferentes tipos de actividad biológica como la hipotensora (**reduce la presión arterial**), sedativa, antioxidante (**reduce la oxidación celular**), antimicrobiana (**inhibe el crecimiento de bacterias**), hipoglucémica (**regula el nivel de glucosa en sangre**) y adipogénica (**formación de adipocitos a partir de células madre**). Como ves, gracias a que se realizan investigaciones científicas por las propiedades medicinales que por años le hemos atribuido a las diferentes partes del zapote blanco, ahora es posible corroborar algunos de sus usos.

Algunas personas todavía recolectan partes del zapote para uso medicinal tradicional, solo que se enfrentan con ciertas dificultades que a continuación te describo.

#### ¿Qué problemática presenta este árbol?

Cuando yo vivía en la Tenochtitlan teníamos una abundancia de estos árboles que eran muy fáciles de identificar por su característico tronco co-

lor grisáceo, un gran tamaño de casi 12 metros de altura, con hojas muy características, ya que presenta cinco divisiones, ahora llamados foliolos, un racimo de flores amarillas y, claro, el característico fruto verde con su pulpa blanca. Pero, a lo largo del tiempo, he observado cómo poco a poco **las poblaciones de estos árboles se van reduciendo**, en algunas áreas hasta han desaparecido. La contaminación, la deforestación y el crecimiento de la mancha urbana, han limitado que algunos árboles solo se encuentren en ciertas reservas ecológicas o en predios privados, dificultando la recolección de frutos y otras partes curativas del zapote.

Nosotros utilizamos este árbol principalmente como fuente de alimento por su fruto muy delicioso que, por cierto, no

hay que confundirlo con otros zapotes, frutos también así llamados en nuestro país como el zapote negro (*Diospyros nigra*), el chicozapote (*Manilkara zapota*), el zapote amarillo (*Pouteria campechiana*), incluso hasta el mamey (*Pouteria sapota*), que de hecho pertenecen a otra familia botánica, por ejemplo, el negro a la familia Ebenaceae y los demás, a la familia Sapotaceae. Pero, también usábamos la corteza molida en las heridas y como infusión, calentando el agua y colocando las hojas con un toque de miel, la bebíamos por la mañana o la noche. Sin embargo, para usar como infusión este tipo de plantas, tenemos que recolectarla de lugares limpios, donde el humano no tenga interferencia directa o indirecta sobre el árbol. Es importante que usemos las hojas sin contaminantes.

#### ¿Qué podemos hacer para continuar utilizando al zapote blanco?

Lo primero que se nos ocurre, es **conservar las poblaciones silvestres** y los que se cultivan en traspatios en diferentes comunidades de México, incluso los de algunos huertos urbanos; además,

hay que **proponer sistemas de propagación masiva** por semilla para mantener la variabilidad genética de la especie y así conservar las propiedades medicinales, o bien, por el cultivo a partir de estacas.

Actualmente conozco la existencia de nuevas tecnologías que podrían potencialmente evitar la desaparición del zapote blanco o la disminución de sus poblaciones, me refiero al **cultivo *in vitro* de células, tejidos y órganos vegetales**, una herramienta de la **biotecnología moderna** que aporta conocimiento para la propagación masiva de plantas y para su conservación (*Saber Más*, 57, 47-51).

Con los cultivos *in vitro*, es posible conservar embriones cigóticos y pequeños fragmentos de hojas y tallos, en condiciones de temperaturas ultra bajas como la crioconservación (-196°C) en bancos de germoplasma tecnificados que tienen la finalidad de conservar plantas de alto valor agrícola, medici-

nal, ornamental y forestal, pero principalmente de aquellas que están en riesgo de extinción. También los cultivos *in vitro* de plantas son utilizados para realizar estudios de producción de metabolitos secundarios, como los que contiene el zapote blanco, para determinar los factores involucrados en la alta producción de estos compuestos.

Espero que esto que les cuento desde la gran Tenochtitlan, les ayude a entender la **importancia de conocer las propiedades medicinales de las plantas** —no solo del zapote blanco— y lo que debemos de hacer para conservar las especies que nuestros ancestros han cultivado y utilizado, así como continuar con investigaciones científicas que confirmen su uso para entender qué parte es la adecuada y qué dosis es la efectiva, recordemos que no por ser una «medicina» natural, no corremos riesgo de intoxicarnos.



Hernández-García, A. y Barrales-Cureño, H.J. (2021). Micropropagación: Al rescate de plantas en riesgo de extinción. *Saber Más*, 10, 47-51. <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/507-numero-57/986-micropropagacion-al-rescate-de-plantas-en-riesgo-de-extincion.html>

SIRE-Paquetes Tecnológicos. *Casimiroa edulis* Llave.

CONAFOR. CONABIO. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/896Casimiroa%2oedulis.pdf>

Zapote Blanco. *Herbal Safety*. The University of Texas at El Paso <https://www.utep.edu/herbal-safety/hechos-herbarios/hojas-de-datos-a-base-de-hierbas/zapote-blanco.html>

# ARTÍCULO

## Nurite: Su potencial como conservador de alimentos

Carlos Alberto Zornoza Caro y Rafael Zamora Vega



**Carlos Alberto Zornoza-Caro.** Estudiante del Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas, Área Temática de Biotecnología Alimentaria, Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.  
[zornoza75@gmail.com](mailto:zornoza75@gmail.com)

**Rafael Zamora-Vega.** Profesor e Investigador de la Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.  
[rafael.zamora@umich.mx](mailto:rafael.zamora@umich.mx)

**E**l consumo de **alimentos procesados** es una actividad común y frecuente en la población actual tendiente a no desaparecer, ya que brindan un práctico y fácil acceso a una gran diversidad de productos alimenticios, además de que son muy atractivos por la presentación que manejan, lo que atrae cada vez más a los consumidores. Aunque existan legislaciones y normas que regulen el contenido de estos alimentos, investigaciones revelan que **la salud de los consumidores de este tipo de productos está en riesgo** debido al contenido de aditivos químicos sintéticos que se adicionan para evitar su rápido deterioro.

Sin embargo, actualmente se utiliza en la industria alimentaria **conservadores naturales** o provenientes de estos que permiten una mejor y mayor distribución de productos alimenticios en el mercado, **sin que haya algún efecto adverso a la salud** tras su consumo, evitando su deterioro y promoviendo su conservación con la finalidad de mantener todas sus propiedades durante mucho más tiempo.

### Conservadores usados en productos alimenticios

Los conservadores son necesarios en la elaboración de alimentos, ya que tienen la habilidad de **inhibir el crecimiento de hongos y bacterias** como los benzoatos, sorbatos, propionatos y nitratos; **evitar la oxidación** como los sulfitos, la vitamina E (tocoferol), la vitamina C (ácido ascórbico), hidroxianisol butilado e hidroxitolueno metilado; así como agentes quelantes como el ácido etilendiaminotetraacético disódico, el ácido cítrico y los polifosfatos, que tienen la función de **secuestrar com-**

**puestos que proporcionan efectos indeseados** en los procesos de producción o en el producto final.

Muchos de estos conservadores son aprobados por las agencias de sanidad e inocuidad alimentaria a nivel mundial como la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA, siglas en inglés de Food and Drug Administration), pero su consumo puede llevar a provocar daños a la salud como reacciones alérgicas, dolor de cabeza, dificultad para respirar y están involucrados en la aparición de enfermedades crónicas como la diabetes, la obesidad, la hipertensión y el cáncer. Uno de los conservadores más utilizados es el **glutamato sódico que potencia el sabor de los alimentos**, pero que también está **ligado con los problemas en la salud** de quienes consumimos productos que lo tienen como aditivo.

Es por ello que resulta importante que existan alternativas de conservadores de alimentos procesados que, además de alargar el tiempo de anaquel de estos, aporten efectos benéficos para la salud.



Secado de la planta de nurite a la sombra por el método de colgado tradicional. Fotografía: Carlos Alberto Zornoza-Caro.





Con este fin, se realizan diversas investigaciones que tienen como principal propósito el uso de **extractos de plantas o compuestos derivados de estos que sustituyan a los conservadores químicos sintéticos** y que tengan la capacidad de controlar la actividad antibacteriana en este tipo de productos. Además, se busca **que estos tengan otras propiedades** como la antioxidante, la antiinflamatoria, o incluso nutricional, ofertando nuevos productos a los que actualmente se le denomina funcionales o nutraceuticos.

Lo anterior no es descabellado, ya que la conservación de un alimento de forma natural se realiza desde las civilizaciones más antiguas, también con el propósito de protegerlo de la oxidación y de la proliferación de microorganismos. Se ha usado como **conservador natural el zumo de limón, el vinagre, la fermentación, la congelación, el secado, la sal (salmueras), entre otros.**

#### Plantas como fuente de conservadores

Diversas plantas son utilizadas para controlar el crecimiento de gérmenes en los alimentos y en la actualidad ha tomado gran relevancia su uso. Los extractos de romero, orégano, tomillo, ajo, mos-

taza, canela, albahaca, pimienta, mejorana, chile, achiote, cebolla, cilantro, té, limón y naranja, son de los más utilizados. Para su uso en la industria alimenticia como conservador de un producto comercial, es necesario realizar investigaciones que prueben su efectividad y no muestren toxicidad para su consumo. Un ejemplo es el metileugenol, un compuesto fenólico volátil extraído del clavo, nuez moscada o canela, considerado un excelente antimicrobiano aprobado por la FDA, el cual es seguro si se utiliza en las cantidades correctas.

#### El nurite, usos y fuente de compuestos con potencial conservante

El nurite es una planta endémica de México y se encuentra en pocos estados de la República mexicana, entre ellos Veracruz y Michoacán. En Michoacán, en la meseta purépecha, en las partes altas de sus frondosos cerros, se encuentra esta majestuosa planta que es **símbolo de cultura y tradición**. En estas comunidades es conocido como «té nurite» y se ha utilizado por sus propiedades medicinales y por el rico, suave sabor y aroma de sus hojas.

En este artículo te daré a conocer sus principales usos y el porqué de sus beneficios en nuestra salud, prestando interés en las investigaciones científicas que se han generado para conocer los principales compuestos que esta planta produce y para demostrar su efecto medicinal.

El nombre científico del nurite es *Satureja macrostema*, el cual presenta sinonimia con *Clinopodium macrostemum* (Moc. & Sessé ex Benth.) Kuntze (Benth) Briq.; es de la familia de las labiadas o lamiáceas (Lamiaceae) que también comprende especies como la hierbabuena (*Mentha spicata*), la menta (*Mentha x piperita*) y el romero (*Salvia rosmarinus*), por mencionar algunas.

Se les llama labiadas a este tipo de plantas debido a que **sus flores asemejan la forma de los labios**. También se caracterizan por tener en su mayoría tallos rectos y **hojas en forma de lanza o flecha**. La mayoría de este tipo de plantas son muy valoradas por sus efectos benéficos para la salud, su exquisito sabor que condimenta las comidas, sus

aromas agradables y también por su forma y colorido, ya que **pueden llegar a utilizarse como plantas de ornato**. Todos estos beneficios que aportan estas plantas se deben a que **contienen aceites esenciales**, conformados básicamente por terpenos y polifenoles, responsables de ese aroma y sabor, así como de su actividad biológica.

El nuriten o nurite, es una planta semileñosa que puede llegar a medir aproximadamente de 70 a 170 cm de altura, mientras que sus hojas pueden llegar a medir de 2.5 a 3 cm de largo; sus flores son de color anaranjado y pueden llegar a medir hasta 2.5 cm. Dependiendo de la localidad donde crezca el nurite, es conocido con diferentes nombres, por ejemplo, «hierba de borracho», «té de monte» y «poleo» en Oaxaca, por su parte, en Michoacán, se le denomina «nurhítene», «té nurite», «poleo» y «nurite».

El nurite se conoce y se usaba desde antes de la llegada de los españoles, principalmente para **mejorar el apetito y para combatir las infecciones estomacales e intestinales**, ya que favorece la digestión. Entre otros usos, las infusiones de hojas de

esta planta se usan para atenuar algunas **molestias producidas por la ingestión de bebidas alcohólicas**, pero no se especifica cuáles, de ahí el nombre de la «hierba del borracho». Así como a la hierba buena y a otras plantas de esta misma familia, se le atribuyen **propiedades afrodisíacas y de anti-infertilidad**, por lo que se le conoce también con el nombre de «garañona».

### El nurite en la cultura purépecha

En Michoacán, el nurite es empleado en diversas comunidades en forma de infusión, de ahí que se haya generalizado el decirle «té nurite», pero principalmente en la región Purépecha, sus habitantes lo usan **para condimentar platillos típicos** como los atoles y los guisados con frijol, convirtiéndose esta planta en un **sello cultural y tradicional de la cultura purépecha**.

Mi familia, durante las épocas decembrinas, se juntaba en Paracho, ciudad que pertenece a esta región, a degustar del «chileatole» de nurite, un atole elaborado con maíz combinado con chile y nurite. Es una bebida de color verde pistache, con



Fotografía: Carlos Alberto Zornoza-Caro.

una aroma sin igual y al degustarlo, se siente ese picor en la garganta que nos brinda una sensación agradable. Debido al frío que sentimos en diciembre, se aconseja tomar este rico «chileatole» para aminorar los efectos de las enfermedades de vías respiratorias, mismas a las que estemos propensos a padecer en esta época del año.

### Pero, ¿el nurite tiene propiedades medicinales?

De acuerdo a las investigaciones científicas, ahora sabemos cuáles son los principales compuestos del aceite esencial del nurite que, como anteriormente les comenté, en general son terpenos y fenólicos. Los principales terpenos responsables del sabor y aroma del nurite son pulegona, linalool, limoneno, cariofileno, verbenona y mentona. Estos tienen diversa **actividad biológica como la antimicrobiana y la antioxidante**, lo que ya se ha probado en ensayos de laboratorio. Además, contiene timol, un compuesto fenol monoterpeneo al que también se le atribuye esa misma actividad. También se ha reportado que contiene fitol, estigmasterol, etil-alfa-D-glucopiranosido y ácido ascórbico.

Debido a que contiene este tipo de metabolitos, el nurite muestra un alto potencial para ser utilizado no solo en la industria alimentaria como conservador de alimentos, sino también en

la **farmacéutica** por su actividad antimicrobiana, antiinflamatoria, antioxidante e hipoglucémica. Quizás más pronto de lo que imaginamos, podríamos tener un producto alimenticio adicionado con extractos derivados del nurite o de los compuestos que contiene, con el objetivo de **reforzar el sabor, como antimicrobiano y para proporcionar sus propiedades funcionales y nutraceuticas**.

El nurite, además de su gran uso gastronómico y medicinal, sirve de sustento económico para muchas personas que se dedican a vender, ya sea la planta o algún producto derivado de ella, por lo cual es de suma importancia **evitar que sus poblaciones se vean reducidas**. Debemos realizar campañas de concientización para que cuidemos el bosque, sobre todo de la deforestación descontrolada y para que esta planta se cultive y siga siendo parte de esta cultura y tradición purépecha.



Bello-González M.A., Salgado-Garciglia R. y Carmo-Fernández J. (2013). Propagación y crecimiento de *Satureja macrostema* Briq. (Lamiaceae) bajo condiciones controladas en Uruapan, Michoacán. *Ciencia Nicolaita*, 13, 105-115. <https://www.cic.cn.umich.mx/cn/article/view/158/67>

Ramírez M., Vargas D., Torres B., Gastón R. y Sánchez A. (2018). Extractos de hojas de plantas para conservar la calidad de la carne y los productos cárnicos frescos. *Revista. Biotecnia*, 20(3), 155-164. <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/712/279>

Salgado-Garciglia, R. (2015). Nurhiteni té tradición y cultura. *Saber Más*, 1(2), 6-7. <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/14-numero-2/26-nurhiteni-te-tradicion-y-cultura-purhepecha.html>

Torres-Martínez R., Bello-González M.A., Molina-Torres J., Ramírez-Chávez E., García-Rodríguez Y., Fulgencio-Negrete R., García-Hernández A., López-Gómez R., Martínez-Pacheco M.M., Lara Chávez B.N. y Salgado-Garciglia R. (2014). Efecto de la fertilización sobre el crecimiento y contenido de compuestos volátiles en *Satureja macrostema* (Benth) Briq. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5(21), 122-134.

# ARTÍCULO

## Misioneros jesuitas del siglo XVIII: Plantas útiles de las Californias

Josué Jacob Martínez-Noguez y José Luis León de la Luz



Imagen de 12019 en Pixabay

**Josué Jacob Martínez-Noguez.** Estudiante de Doctorado en el posgrado en Uso, Manejo, Preservación de los Recursos Naturales del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.

[jjmnoguez@gmail.com](mailto:jjmnoguez@gmail.com)

**José Luis León de la Luz.** Investigador del Herbario Anetta Mary Carter del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.

[jlleono4@cibnor.mx](mailto:jlleono4@cibnor.mx)

Las más antiguas evidencias de **poblamiento humano en la península de Baja California** datan de al menos **diez mil años**. La subsistencia de los grupos humanos autóctonos del territorio estuvo íntimamente ligada al conocimiento y uso de su entorno biológico inmediato, en el que las plantas silvestres cumplieron un papel de enorme importancia, baste pensar en las necesidades de orden alimenticio y terapéutico, así como de otras no menos importantes relacionadas con la

construcción de refugio y vivienda, manufactura de herramientas de diversa índole (caza, pesca, colecta de frutos, armas), atuendos y artículos de uso ceremonial.

En términos generales, se ha considerado que anterior a la llegada de los europeos, los naturales peninsulares continuaban viviendo como lo habían hecho por miles de años atrás, en un desarrollo cultural de **cazadores-recolectores seminómadas**, ya que no existen evidencias sobre la implementación de cultivos. También, es importante considerar que el reforzamiento de los lazos familiares, la vecindad de clanes y los acuerdos sobre el aprovechamiento de los recursos silvestres, dieron lugar al desarrollo de un sentido de pertenencia grupal, que de forma amplia se expresaron como las distintas naciones que se reconocen a través del territorio de la península de Baja California, en donde **los grupos podían desplazarse con cierta libertad dentro de su territorio** de adscripción en función de la disponibilidad estacional de alimentos, siendo también la **pescaribereña, o «playana», una importante actividad de sustento**. Al momento de la llegada de los primeros misioneros, se ha estimado que la pobla-

ción indígena de todas las naciones se encontraba compuesta entre 45 y 60 mil individuos.

Después de algunos intentos fallidos de colonizar el territorio de la península de Baja California, a partir de su descubrimiento en 1533, hacia finales de 1697 desembarca en la costa de la hoy ciudad de Loreto, el misionero jesuita Juan María de Salvatierra, acompañado de un puñado de soldados y amerindios continentales para fundar la primera de las 18 misiones que se establecieron dispersamente en la península, en donde la orden permanecería por 70 años. El propósito de estos misioneros fue la **integración cultural de los grupos indígenas al modo de vida español**, donde el cambio hacia la **fe católica** representó el principal objetivo y este, a su vez, dio lugar a otros cambios de orden existencial, el más importante fue el **aseguramiento alimenticio a través del sedentarismo** en los pueblos misionales, y al desarrollo de una limitada **actividad agropecuaria** en los denominados oasis peninsulares.

Desafortunadamente, el profundo conocimiento respecto al uso tradicional de las plantas silvestres en **la cosmovisión indígena se perdió casi completamente**, solo algunos misioneros



Ilustración del padre jesuita Ignacio Tirsch hacia 1770 que delinean la vida alrededor de las misiones jesuitas australes, modificada por Josué Jacob Martínez-Noguez. Los autores acreditan que la ilustración es una imagen sin restricciones de uso público.

se acercaron a tratar de comprender el aprovechamiento que los naturales ejercían sobre el entorno biológico, y que de manera limitada tenemos conocimiento hoy día. Las principales **fuentes de acceso proceden de narrativas de los misioneros jesuitas** Juan Jacobo Baegert, Miguel del Barco, Francisco Xavier Clavijero y Echegary, así como de las valiosas ilustraciones del padre Ignacio Tirsch, que en su conjunto delinean una visión de la California peninsular antigua.

Después de la expulsión de los jesuitas en 1767, se permitió el ingreso de otras órdenes religiosas y de colonos civiles para desarrollar poblaciones a lo largo de la península, particularmente donde ya existían las misiones jesuitas. Los nuevos colonizadores, procedentes de distintas regiones de la Nueva España, y luego de México, trajeron consigo sus propios rasgos culturales, muchos de los cuales tuvieron que modificarse, o readaptarse, acorde a las condiciones existentes en cada asentamiento. **De su interacción con el ambiente natural, surge la necesidad de distinguir determinada clase de plantas**, el grupo aprovechable, o inocuo, del no conveniente. Al mismo tiempo, se aplican juicios de denominación y utilitarios de diferente procedencia, ignorando los autóctonos, la mayoría de los cuales se perdieron tanto por el desinterés, como por la masiva mortandad de los naturales debido a las enfermedades importadas, mismas que azotaron a sus poblaciones desde el arribo misional y, posteriormente, al de los colonos, al grado que **hacia la entrada del siglo XIX, la población nativa ya había colapsado.**

#### Plantas útiles para los nativos californios

Misioneros y colonos se encontraron ante un panorama completamente distinto a lo que ellos acostumbraban en otros sitios de la Nueva España: plantas con formas exóticas y repletas de espinas que describieron en sus narrativas, como el bizarro cirio, el palo adán y las numerosas formas de cactáceas. Fue admirable encontrar **plantas capaces de resistir la dureza del medio, la sequedad y las**



Pitaya agridulce en flor y fruto. Fotografía: José Luis León de la Luz y Josué Jacob Martínez-Noguez.

**elevadas temperaturas**, pero lo más asombroso fue que los nativos encontraran su sustento en ellas. Los misioneros relatan que los principales frutos consumidos por los sudcalifornianos eran los zalates, zapotes (bayas) y garambullos, pero el más importante de todos eran las **pitayas**, que se dividían en dulce y agridulce, consideradas ambas como los **frutos de mejor gusto en toda la California**, además de ser los alimentos de temporada más importantes para los nativos por el reforzamiento de lazos familiares y con los clanes vecinales, pues **la cosecha de este alimento propiciaba festividad y convivencia** entre los poblados, siendo un periodo de reposo que permitía aligerar el esfuerzo de la subsistencia que diligentemente realizaban la mayor parte del año.

Los misioneros también encontraron semillas de buen sabor, como la almendra de la ortiga y la semilla del ciruelo silvestre que eran incluso compradas a los nativos para su consumo; pero no todos los frutos o semillas consumidos por los indígenas fueron bien recibidos, ya que la tuna, pimientilla y el *guiguil* se consideraban de gusto desagradable. Vale la pena destacar que **entre las naciones nativas había distinción en el conoci-**

**miento y uso de las plantas**, ejemplo de ello es que se sabe que los indígenas Cochimíes no se alimentaban del fruto de la cacachila, pues era considerada nociva, en cambio, en la nación Pericú, se comían la pulpa del fruto y desechaban la semilla que provocaba daños en la motricidad de quien la consumía. Durante la temporada de lluvias también era común encontrar en abundancia plantas herbáceas como los talayotes, verdolagas y bledos, las cuales eran consumidas frescas o hervidas.

No todo el año podían encontrar alimento, por lo que los nativos **preparaban algunos frutos de temporada a manera de conservas**, como la pulpa del cardón y de pitayas; mientras que, de plantas como el palo verde, el guaje y el san miguelito, se tostaban sus semillas para molerlas y preparar harinas que incluso podían almacenar para los periodos de escasez. Con la llegada de los europeos, **los indígenas comenzaron a utilizar utensilios básicos** que, anteriormente, ellos elaboraban burdamente, o no conocían, **como las**

**ollas de barro** con las que comenzaron a cocinar y a preparar sus alimentos.

Sin embargo, los misioneros señalan que a excepción de los «playanos», para quienes su principal sostén era la pesca, **los nativos no habrían sobrevivido sin el aprovechamiento de mezcales**, los que preparaban tatemándolos bajo el suelo y que, además, eran fuente de fibras para la elaboración de cordeles, redes, bolsas y cestos. También aprendieron de los nativos como **tratar algunos malestares físicos** con el uso de la jojoba para mejorar la actividad intestinal, la raíz del tabardillo para las fiebres, mientras que los emplastes de la carne del cardón y de la cáscara del palo blanco eran usados para tratar heridas y llagas.

Ante el escenario de **pocos árboles potencialmente útiles para la construcción y uso de combustible**, tuvieron que buscar aquellos que pudieran brindarles el uso deseado. En este sentido, **los guatamotes** y hojas de palmas se utilizaban para



Metates y tejolotes en paisaje sudcaliforniano con semillas de jojoba y san miguelito.  
Fotografía: José Luis León de la Luz y Josué Jacob Martínez-Noguez.

### Usos incorporados por las culturas advenedizas

*Nombres comunes, nombres californios, nombres botánicos y usos de plantas de las californias.*

Nombres comunes de las plantas mencionadas	Nombre californio	Nombre científico	Familia	Utilidad, Valor
Bayas	-	<i>Lycium spp.</i>	Solanaceae	Fruto comestible
Bledos	-	<i>Amaranthus spp.</i>	Amaranthaceae	Hojas comestibles
Cacachila o planta del tulle	-	<i>Karwinskia humboltiana</i> (Schult.) Zucc.	Rhamnaceae	Fruto comestible
Cardón	-	<i>Pachycereus pringlei</i> (S. Watson) Britton & Rose	Cactaceae	Fruto comestible, maderable, espiritual
Carrizos	Kadá y cadecé al zumo	<i>Arundo donax</i> L. & <i>Phragmites comunis</i> Trin.	Poaceae	Construcción, maderable, comestible
Chaparro, baya	Guigil	<i>Castela tortuosa</i> Liebm.	Simaroubaceae	Fruto comestible
Cirio	Milapá	<i>Fouquieria columnaris</i> (Kellogg) Kellogg ex Curran	Fouquieriaceae	Espiritual
Ciruelo silvestre	-	<i>Cyrtocarpa edulis</i> (Brandege) Standl.	Anacardiaceae	Fruto y semilla comestible
Copal	-	<i>Bursera spp.</i>	Burseraceae	Goma, ceremonial
Encino	-	<i>Quercus spp.</i>	Fagaceae	Semilla, harina, atole
Garambullos	Gakil	<i>Lophocereus schottii</i> (Engelm.) Britton & Rose	Cactaceae	Fruto comestible
Guaje	Asigandú	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Fabaceae	Semilla, harina
Guatamotes	-	<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz et Pacón) Pers.	Asteraceae	Construcción, techumbre
Güeribos	-	<i>Populus brandegeei</i> C.K. Schneider	Salicaceae	Maderable
Huizaches	-	<i>Vachellia spp.</i>	Fabaceae	Semilla, harina
Jojoba	-	<i>Simmondsia chinensis</i> (Link) C.K. Schneid.	Simmondsiaceae	Semilla, comestible
Mata de bateas	Matacora	<i>Jatropha cuneata</i> Wiggins et Rollins	Euphorbiaceae	Cestería
Mezcales	-	<i>Agave spp.</i>	Agavaceae	Comestible, cordelería y tejidos
Mezquite	Guatrá	<i>Prosopis articulata</i> S. Watson	Fabaceae	Semilla, harina
Mezquitillo	-	<i>Krameria spp.</i>	Krameriaceae	Ceremonial, tinta
Ortiga	Tedeguá	<i>Cnidocolus angustidens</i> Torr.	Euphorbiaceae	Semilla comestible
Palma azul	-	<i>Brahea brandegeei</i> (Purpus) H.E. Moore	Arecaceae	Comestible, semilla, maderable,
Palma colorada	-	<i>Washingtonia robusta</i> H. Wendl.	Arecaceae	Construcción, comestible, techumbres
Palo adán	Agigandú	<i>Fouquieria spp.</i>	Fouquieriaceae	Posible uso como jabón
Palo brea	-	<i>Parkinsonia praecox</i> (Ruiz & Pav. ex Hook.) Hawkins	Fabaceae	Extracción de brea y pegamento
Palo blanco	Gokio o kokio	<i>Lysiloma candidum</i> Brandege	Fabaceae	Semilla, harina
Palo de Brasil	-	<i>Haematoxylon brasiletto</i> Karst.	Fabaceae	Ceremonial, tinta; medicinal
Palo fierro	-	<i>Olneya tesota</i> A. Gray	Fabaceae	Semilla, harina
Palo verde	Medesá o dipuá	<i>Parkinsonia florida</i> (Benth. ex A. Gray) S. Watson	Fabaceae	Semilla, harina
Parras cimarronas	Kadelbí	<i>Vitis peninsularis</i> M.E. Jones	Vitaceae	Fruto comestible
Pimientilla	-	<i>Adelia brandegeei</i> V.W. Steinm.	Euphorbiaceae	Semilla comestible
Pinos	-	<i>Pinus lagunae</i> (Passini-Bailey) Passini	Pinaceae	Semilla comestible, maderable
Pitahaya agridulce	Fajuá	<i>Stenocereus gumosus</i> (Engelm.) Gibson et Horak	Cactaceae	Fruto comestible
Pitahaya dulce	Tammiá o dammiá	<i>Stenocereus thurberi</i> (Engelm.) Buxbaum	Cactaceae	Fruto comestible
San Miguelito	Teddá	<i>Antigonon leptopus</i> Hook. & Arn.	Polygonaceae	Semilla comestible, harina
Sangregrado, lomboy	Nombó	<i>Jatropha cinerea</i> (Ortega) Muell-Arg.	Euphorbiaceae	Medicinal, cicatrizante
Sauces	-	<i>Salix spp.</i>	Salicaceae	Ramaje, cestería
Tabardillo	-	<i>Calliandra californica</i> Benth.	Fabaceae	Semilla comestible, raíz medicinal
Talayote	-	<i>Matelea spp.</i>	Asclepiadaceae	Fruto comestible, verdura
Tules	-	<i>Cyperaceae s.l.</i>	Cyperaceae	Construcción, cestería
Tunas	A	<i>Opuntia spp.</i>	Cactaceae	Fruto comestible, tallos comestibles
Verdolaga	-	<i>Trianthema portulacastrum</i> L.	Aizoaceae	Hojas, comestible
Zalates	Anabá	<i>Ficus petiolaris</i> Kunth	Moraceae	Fruto comestible
Zapote	-	<i>Sideroxylon spp.</i>	Sapotaceae	Fruto comestible

**techumbres** rústicas. Los troncos de las palmas, al ser rectas y fuertes, fueron usados como **vigas** en muchas construcciones, además del uso de pinos, sauces y güeribos, siendo maderas estimadas y agradables porque podían trabajarse, pero de difícil extracción ya que debía moverse desde los cañones en las serranías en regiones de Loreto y Sierra de la Laguna. El primer barco construido en tierra peninsular, el «Triunfo de la Cruz», fue construido con madera de güeribo, traída desde la serranía hasta la costa. Los encinos y el palo blanco también fueron usados para la construcción, el

último de estos, también fue usado por los neófitos cristianos para la **ebanistería y curtiduría**, al igual que la uña de gato. Por otro lado, la pesada madera de los **mezquites y palo fierro fue combustible** insustituible para calcinar piedra caliza y conchas, así como para elaborar cal utilizada en la construcción.

A partir del uso que los indígenas daban a algunas plantas, se abrió la oportunidad de brindarles otros propósitos, como las **resinas** que se extrajeron **para calafatear canoas y embarcaciones** a partir de la resina de copal y del palo brea,





<https://pixabay.com/es/photos/desierto-california-cactus-paisaje-1005654/>

o **inciensos aromáticos** para las iglesias. También comenzaron a usar plantas con propiedades para teñir encarnados, como el palo de Brasil y el mezquitillo, el uso del **huizache para crear tinta para escribir** y la parra cimarrona para la creación de vinagre.

Grupos de amerindios llegaron con los colonizadores, añadiendo nuevo conocimiento al uso de la flora peninsular, como ocurrió con los palmitos (meristemos apicales de las palmas) que fueron de tal agrado a los nativos californios y españoles, que llevaron a desaparecer extensiones de palmares, ya que para extraerlos es necesario derribar el árbol. Además, la indispensable cestería consistió en la manufactura de coras, bateas o cestería tejida, basada en el uso de plantas como los tules,

pero con la llegada de grupos Yaquis aprendieron también la elaboración de canastas, sombreros y diversas herramientas a partir del carrizo y de ciperáceas diversas.

#### El cultivo de plantas extranjeras

Los misioneros implementaron **sistemas de cultivo en huertas** asociadas a los oasis de especies imprescindibles como maíz y trigo, sin faltar los cítricos (limón, naranjas y toronjas) y los invaluables aguacates, calabazas, higos, mangos, sandías y uvas dulces, las cuales fueron bien recibidas por la tierra californiana, mismas que **hoy en día constituyen una importante zona de producción de cultivos orgánicos**. Mención especial a la palma datilera, hoy en día una planta icónica de la península.



Baegert, J.J. (2013). *Noticias de la península americana de California*. Elizabeth Acosta Mendía (ed.). Archivo Histórico Pablo L. Martínez, La Paz, B.C.S. <http://www.archivohistoricobcs.com.mx/files/libros/pdf/Noticias-DeLaPeninsulaAmericana.pdf>

Clavijero, F.J. (1852). *Historia de la Antigua o Baja California*. Juan R. Navarro (ed.). México. <https://www.cervantesvirtual.com/obra/historia-de-la-antigua-o-baja-california/>

<https://www.cervantesvirtual.com/obra/historia-de-la-antigua-o-baja-california/>

Del Barco, M. del. (1973). *Historia natural y crónica de la Antigua California*. Miguel León-Portilla (edición, estudio preliminar, notas y apéndices). Universidad Nacional Autónoma de México. [https://historicas.unam.mx/publicaciones/publicadigital/libros/141a/historia\\_natural.html](https://historicas.unam.mx/publicaciones/publicadigital/libros/141a/historia_natural.html)

# ARTÍCULO

## Flor del beso: Una alternativa para tratar el sobrepeso

Oscar Fernando Gallegos-Torres y Patricia Ríos-Chávez



<https://pixabay.com/es/photos/hibisco-flor-bloom-rojo-tropical-262699/>

**Oscar Fernando Gallegos-Torres.** Estudiante del Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas, Área Temática de Biotecnología Alimentaria, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

[1542026F@umich.mx](mailto:1542026F@umich.mx)

**Patricia Ríos-Chávez.** Profesora-Investigadora, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

[patricia.rios@umich.mx](mailto:patricia.rios@umich.mx)

**H**ibiscus *rosa-sinensis*, conocida como la flor del beso, es una planta también llamada rosa de China, cayena, amapola o hibisco, entre otros nombres. En este artículo te hablaremos de ella, ya que además de la belleza de sus flores y de su uso ornamental, tiene propiedades medicinales, por ejemplo, se le han atribuido distintos usos terapéuticos por su actividad antiinflamatoria, antipirética, antioxidante, antitumoral, entre otras más, ya que su uso en medio oriente ha dejado fascinados a los que la consumen de manera cotidiana, como

si se tratara de un alimento común en su dieta. Esta planta arbórea, de unos 4.5 metros de altura, llama la atención por su característica floración, como si de una rosa común se tratara, solo que en la flor del beso sale una estructura del centro, algo muy llamativo que contiene el polen. Además de eso, esta planta **tiene su origen en China**, y su distribución se encuentra por todo el Medio Oriente, en países como Japón, África, Marruecos y Egipto. En América, por ejemplo, se encuentra en México y en Alaska, en el caso de Norteamérica; mientras que en Sudamérica se hallan en Brasil, Perú, Chile, entre otros.

Debido a las sustancias bioactivas y a las propiedades medicinales que se le atribuyen, es una planta con un **alto potencial para ser utilizada en el control del sobrepeso**, ya que posee un grupo de **compuestos químicos**, aún no determinados, que **evitan que se absorban las grasas en el intestino**, las que el organismo desecha, por lo que se considera tener un efecto antiobesogénico, es decir, que controla la obesidad o el sobrepeso.

Para entender el potencial de la flor del beso en este tema, describimos el problema de la obesidad a nivel mundial y en México, cómo se

desarrolla y su control mediante fuentes naturales, sobre todo, con el uso de productos derivados de plantas.

### La obesidad en México

Las estadísticas, tanto mundiales como nacionales, hablan de que **el sobrepeso y la obesidad se ha incrementado en varios países**, y ahora con la pandemia que trajo consigo el COVID-19, las cifras han aumentado significativamente por la baja calidad de vida que se ha adquirido, lo que resulta en enfermedades como hipertensión, diabetes, algunos tipos de cáncer, etc. No es de extrañar que ocurran gran número de decesos a causa de esto, ya que se relaciona con el incremento de enfermedades crónicas y la mortalidad prematura. Si bien ya hemos hablado de la obesidad y su situación actual, **también es importante abordar las causas que contribuyen a que se desarrolle la enfermedad.**

Este padecimiento ha sido el foco de atención desde distintos puntos de vista, tanto por las ciencias biomédicas, como por las sociales, ya que hay factores de ambos tipos que contribuyen en cierto porcentaje a que la



<https://pixabay.com/es/photos/ramen-ramen-instant%c3%a1neo-5575481/>

población padezca esta enfermedad. Un ejemplo de causas biomédicas es que esta **enfermedad es hereditaria**; y otra, es que se induzca por el estrés a causa de la falta de actividad física, **el sedentarismo**. Por otra parte, las causas sociales como la desigualdad económica, la escasez de agua potable y de alimentos de alto valor nutrimental, ocasiona que gran parte de la población recurra a **consumir alimentos poco saludables y nutritivos**, a bebidas gaseosas y/o a sustitutos de extractos frutales.



<https://pixabay.com/es/>

[photos/taza-blanco-antecedentes-desayuno-4969574/](https://pixabay.com/es/photos/taza-blanco-antecedentes-desayuno-4969574/)

### ¿Cómo se controla esta enfermedad?

Como toda enfermedad, **en la historia de la humanidad se ha buscado la curay/o tratamientos** que hagan frente a dicho padecimiento, además de que estos no generen efectos secundarios en las personas. Y, efectivamente, **se han descubierto y aplicado medicamentos que ayudan a tratar el sobrepeso y la obesidad**. Tal es el caso del orlistat®, fármaco que llega a dar muy buenos resultados a las pocas semanas de su ingesta, ya que es usado para prevenir que se absorban las grasas de la dieta, reduciendo así la acumulación de calorías. No obstante, se han hecho estudios donde resulta que dicho medicamento presenta efectos secundarios, al igual que la fentermina®, un inhibidor del apetito y el dietilpropión®, un anorexígeno o supresor del apetito.

Sin embargo, todos estos fármacos **tienen efectos secundarios en distintas partes del cuerpo**, como sensación de malestar, dolor de cabeza, estreñimiento, afectaciones en el sistema nervioso, en el renal donde ocasiona insuficiencia, en el endocrino, entre otros efectos. Esto ha llevado a la **necesidad de buscar alternativas** que sean económicas y de fácil preparación, **como el uso de plantas o sus extractos**, sobre todo como esta planta que tiene compuestos como las saponinas, taninos, flavonoides, terpenoides y fenoles, que actúan como sustancias supresoras del apetito,

antiinflamatorios, antioxidantes, antilipogénicos, entre muchos otros papeles benéficos.

### Las plantas y la obesidad

No es algo nuevo el uso de plantas como tratamiento para distintos problemas de salud. De hecho, estos **tratamientos con plantas**, conocida como **fitoterapia**, han sido una vía bastante recurrida por parte de antiguas civilizaciones no solo en México, sino en el mundo entero. Incluso, actualmente hay pequeñas tribus y/o grupos étnicos que aún con los medicamentos actuales, optan por incluir en sus tratamientos a las plantas. Los farmacéuticos llegan a consultar a estas personas que poseen un conocimiento menos técnico, aunque igual de importante y, así como la flor del beso, **se han estudiado científicamente una gran variedad de plantas**, por ejemplo, el té verde (*Camellia sinensis*), el ginseng o árbol de los 40 escudos (*Ginkgo biloba*), el konjac (*Amorphophallus konjac*), el sen (*Senna alexandrina*), el escobillón (*Callistemon citrinus*), entre muchas más.

### La flor del beso y su potencial uso ante la obesidad

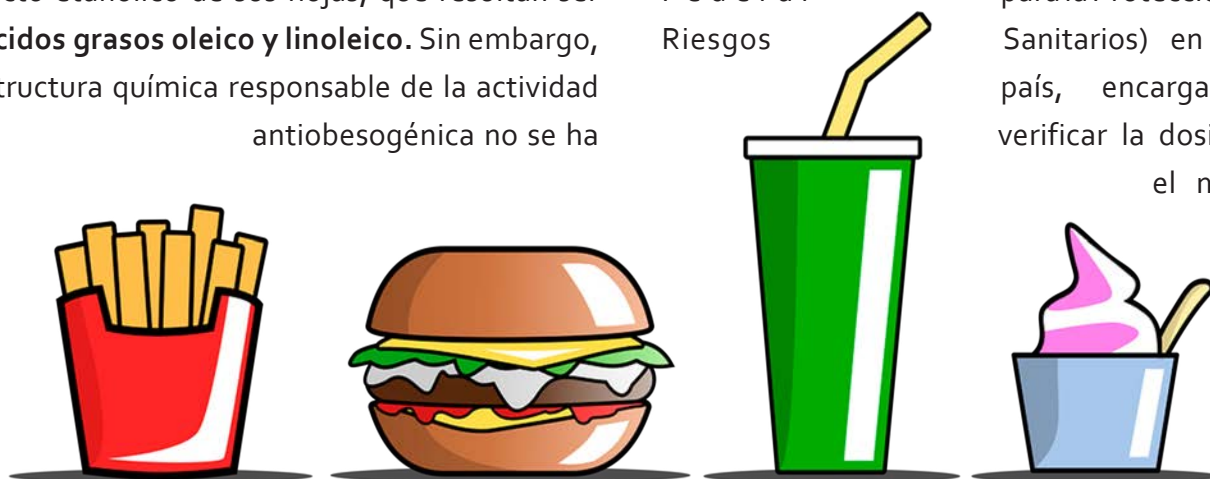
La flor del beso puede llegar a ser

empleada como infusión o ungüento, entre otras aplicaciones, puesto que se le han dado varios usos por sus propiedades antiinflamatorias, analgésicas, antipiréticas, etc. No obstante, los científicos también **han hecho pruebas a niveles bioquímicos** en laboratorios de investigación donde se reportan actividades que consisten en la moderación de los niveles de glucosa en sangre, colesterol, triglicéridos, lipoproteínas de baja densidad (LDL, «colesterol malo»), promueve la actividad antioxidante y, en nuestro foco de interés, ayuda a disminuir el sobrepeso, precursor de la obesidad e inductor de un estrés oxidativo causante de muchas enfermedades, sobre todo las crónicas degenerativas.

Asimismo, se han hecho pruebas de toxicidad aguda y subaguda del extracto de hojas de esta planta, donde se reporta que **no hay efectos tóxicos**. En cuanto al **análisis fitoquímico**, se han reportado solamente la naturaleza química de los compuestos mayoritarios presentes en el extracto etanólico de sus hojas, que resultan ser los **ácidos grasos oleico y linoleico**. Sin embargo, la estructura química responsable de la actividad antiobesogénica no se ha

determinado ni caracterizado, lo que abre paso a investigaciones en esta área, teniendo así un estudio completo sobre dicha planta y su posible uso como fitoterapia para la trata del sobrepeso y de la obesidad.

Hay muchas plantas a las que se les atribuyen propiedades medicinales y algunas de ellas se han estudiado para validar su uso en el tratamiento de cierta enfermedad, pero **en gran medida se desconocen las dosis óptimas para curarnos o tratarnos** directamente con el uso de una parte de la planta. Debemos de tener conciencia de que **no podemos por sí mismo, poner en práctica tratamientos** con el solo hecho de saber que esa planta o algunas de sus partes contienen compuestos beneficiosos. Hay que esperar que los fitomedicamentos estén aprobados para su uso por las dependencias, como la Administración de Alimentos y Medicamentos (*FDA*, siglas en inglés de *Food Drugs Administration*) en Estados Unidos de América y la *COFREPI*S (Comisión para la Protección contra Sanitarios) en nuestro país, encargadas de verificar la dosificación, el modo de



empleo, el tiempo de tratamiento y los posibles efectos secundarios.



Del Pozo, J.A.G. y Martínez, M.O.Á. (2002). Plantas medicinales en el tratamiento de la obesidad. *Offarm: Farmacia y Sociedad*, 21(9), 132-144. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-pdf-13038010>

Espinosa-Pire, L.N. (2016). Tratamiento de la obesidad con productos naturales. *Enfermería Investiga, Investigación, Vinculación, Docencia y Gestión*, 1(4), 164-168.

<https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/08/910937/tratamiento-de-la-obesidad-con-productos-naturales.pdf>

Khristi, V. y Patel, V.H. (2016). Therapeutic potential of *Hibiscus rosa sinensis*: a review. *International Journal of Nutrition and Dietetics*, 4(2), 105-123. [https://www.researchgate.net/publication/312148872\\_THERAPEUTIC\\_POTENTIAL\\_OF\\_HIBISCUS\\_ROSA\\_SINENSIS\\_A\\_REVIEW](https://www.researchgate.net/publication/312148872_THERAPEUTIC_POTENTIAL_OF_HIBISCUS_ROSA_SINENSIS_A_REVIEW)

# ARTÍCULO

## Eupatorium: Descubriendo su poder farmacológico

Katia Lizbeth Alonso-Hurtado y Mauro Manuel Martínez-Pacheco



**Katia Lizbeth Alonso-Hurtado.** Estudiante del programa de Doctorado en Ciencias en Biología Experimental, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.  
[1316242F@umich.mx](mailto:1316242F@umich.mx)

**Mauro Manuel Martínez-Pacheco.** Profesor-Investigador del Laboratorio de Fisiología Celular, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.  
[mauro.martinez.pacheco@umich.mx](mailto:mauro.martinez.pacheco@umich.mx)

Con frecuencia escuchamos que nuestra tierra es pródiga en seres vivos, que tiene una impresionante riqueza florística y que muchas plantas son nativas del estado de Michoacán, pero muchas las desconocemos. En este sentido, te presentaremos a una de ellas: su nombre científico es *Eupatorium* y, como todo ser vivo, tiene un nombre común de acuerdo con la especie a la que se esté refiriendo (algunas de ellas te las describiremos más adelante). Es importante mencionar que su parecido morfológico dificulta su identificación taxonómica. Por otra parte, algunas producen compuestos que podrían usarse en la prevención de afecciones secundarias derivadas de enfermedades crónicas asociadas al estilo de vida, como la catara-

ta que es una afección secundaria de la diabetes y es el propósito de nuestra investigación.

### ¡Descubriendo el poder farmacológico de una planta llamada *Eupatorium*!

Esta historia comenzó en Guacamayas, una tenencia de Lázaro Cárdenas ubicada en la costa michoacana. De niña, cuando jugaba entre los matorrales, le decía a mi hermana: ¡Oye! Mira eso. Esas plantitas tienen insectos, huelen bien y tienen colores padrísimos como los del arcoíris. ¡Son sorprendentes! Para mi asombro, cuando visitaba a mis abuelitos en un pueblito llamado Sicuicho, en Los Reyes, Michoacán, las volví a ver en la orilla de la carretera. En ese momento mi curiosidad aumentó: ¡Me encantaría saber la razón de por qué están por todas partes!, exclamé con mucho entusiasmo. Años más tarde se presentó la oportunidad de estudiar su composición química y descubrí que aquella plantita se llama *Eupatorium* y que algunos compuestos que la conforman son candidatos para prevenir la formación de catarata en personas que viven con diabetes.

### Comencemos por la primera pregunta ¿Quién es *Eupatorium*?

*Eupatorium* es un género vegetal que pertenece a la familia de las **Asteráceas**, el cual ha estado en intensa y crítica revisión taxonómica debido a que las características morfológicas de las hojas y de las flores entre especies son a menudo indis-

tinguibles, lo que da lugar a mucha confusión. Este género **agrupa a más de 1 200 especies vegetales** que se encuentran distribuidas en casi todos los continentes, excepto en la Antártida. Las especies de *Eupatorium* crecen cerca de los cuerpos de agua, en las orillas de arroyos y en los ríos en zonas templadas, subtropicales y tropicales. También en climas cálidos con gran humedad relativa, incluso algunas al margen de los bosques. A la fecha, el nivel taxonómico de especies no favorece el cálculo directo y preciso del número de las especies de *Eupatorium* que habitan en el territorio michoacano.

### ¿Por qué crece en Michoacán?

Michoacán tiene una amplia diversidad de climas y suelos que propicia la existencia de diferentes ecosistemas, en donde viven aproximadamente 5 000 especies vegetales. Por ello, lo ubican en el **quinto lugar de biodiversidad florística en la República mexicana**. Aquí, varias especies de *Eupatorium* están distribuidas en el 70 % del territorio estatal. La región con mayor número de especies es la cuenca del río Balsas, que está delimitada por el eje neovolcánico y la Sierra Madre del Sur.

**Y si te preguntas, ¿dónde queda eso?** Quizás estás muy cerca de ella, el sitio es parte de la cuenca del río Balsas, que abarca regiones de varios estados como Morelos, Tlaxcala, Puebla, Jalisco, Guerrero, Oaxaca, Estado de México y Michoacán. Entre los municipios michoacanos que forman parte de la cuenca se encuentran Lázaro Cárdenas y los



Especies de *Eupatorium* utilizadas en nuestro equipo de investigación: A) *E. areolare*, B) *E. arsenei*, C) *E. cardiophyllum*, D) *E. dolichobasis*, E) *E. glabratum*, F) *E. lasioneuron*, G) *E. mairetianum*, H) *E. petiolare*, I) *E. pichinchense* y J) *E. pulchellum*. Fotografías: García-Sánchez y Soto-Rangel.



Reyes. Mmmm... **¡Ahora todo tiene sentido!** Las Guacamayas y Sicuicho forman parte de la cuenca del río Balsas.

#### **Sin embargo, ¡hay algo que debemos aclarar!**

*Eupatorium* no es una planta fácil de identificar y estudiar, ya que su semejanza anatómica confunde a simple vista, de hecho, muchas han sido reclasificadas en otros géneros como el de *Ageratina*. Una de las características de *Eupatorium* es que tienen flores con pelillos de color violeta pálido, azul o blanco que presentan un aroma al estrujarse. La mayoría de las personas **las consideran «maleza»** porque crecen en todos lados, incluso cerca de la carretera o de cultivos y persisten a condiciones extremas. Si algún día pasas cerca de la carretera y ves plantas con flores que tienen pelillos de color violeta pálido, azul o blanco y te ubicas en alguna parte de la cuenca del río Balsas, seguramente estarás viendo una especie de *Eupatorium*.

#### **¿Para qué sirve *Eupatorium*?**

Algunas especies de *Eupatorium* se han utilizado en la medicina tradicional para la reducción de la inflamación y en el tratamiento contra la malaria, las bacterias y los hongos; otras se utilizan de ornato; una más para la recuperación de zonas deforestadas o perturbadas; mientras que de muchas desconocemos su biología, ecología y registros históricos de usos medicinales. Una observación que se extiende a muchas otras plantas que no tienen

estudios químicos y farmacológicos que den sustento a su uso en la medicina tradicional.

Algo interesante es que cinco especies que tienen uso en la medicina tradicional se ubican en Michoacán, *Eupatorium areolare* (Borreguillo), *Eupatorium arsenei* (falso Tabardillo), *Eupatorium glabratum* (Chamiso), *Eupatorium petiolare* (Huriapen o Pexto) y *Eupatorium pycnocephalum* (Cruz dulce chica). Recientemente, en *Eupatorium* identificamos compuestos químicos que **previenen la formación de catarata diabética** en ensayos de laboratorio, al observarse la inhibición de la enzima aldosa reductasa, una enzima relacionada con la formación de catarata en pacientes con diabetes.

#### **Te preguntará ¿Qué es la catarata? ¿Quién es aldosa reductasa? y ¿Cómo *Eupatorium* previene la formación de catarata?**

En pacientes que viven con diabetes descontrolada, la concentración de glucosa en su sangre aumenta y como consecuencia su salud se deteriora. Diversos procesos fisiológicos en órganos y tejidos se afectan, por ejemplo, los ojos sufren un daño irreversible. Te explico. Nuestros ojos son un órgano complejo donde encontramos una lente transparente y biconvexa que se llama «cristalino», muy parecida a una gomita de sabor coco. Esta estructura nos permite enfocar los objetos y crear una imagen definida de lo que observamos. Cuando las personas llevan **mucho tiempo con diabetes**, en ese cristalino **aparece una mancha blanca**

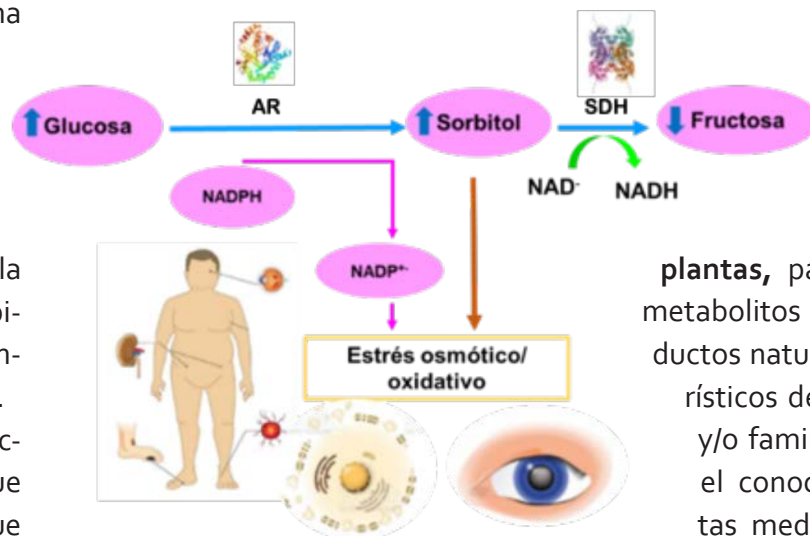


opaca que impide una visión normal. Esa opacidad la conocemos como «catarata». En esta afección está implicada una molécula que nombramos sorbitol: el producto de la enzima aldosa reductasa.

La aldosa reductasa es una enzima que trabaja mucho más que de costumbre en la conversión del exceso de glucosa que existe dentro del cristalino. Su trabajo consiste en reducir la glucosa a sorbitol, una molécula que es tóxica en grandes concentraciones. ¡Imaginémoslo así! El cristalino es una bolsita que está llena de agua, el sorbitol provoca una mayor captación de agua dentro del cristalino, lo que genera que esa bolsita se hinche y pierda su funcionalidad. Entonces, ¿cómo funciona *Eupatorium*? Lo que pasa es que algunos compuestos químicos de esta planta inactivan a la aldosa reductasa y, al hacerlo, los niveles de sorbitol disminuyen y potencialmente baja la afección que provoca la catarata.

### ¿Las plantas son una esperanza farmacológica?

Las experiencias en el uso de plantas en la medicina tradicional y la investigación fitoquímica, han contribuido a la introducción de nuevas moléculas en la medicina moderna occidental, en donde el **80 % de los fármacos de uso clínico provienen de plantas**. Por otra parte, la medicina tradicional se define como la suma de conocimientos, técnicas y prácticas fundamentadas en teorías, creencias y experiencias de diferentes culturas que se utilizan para mantener la salud física y mental. Mientras



que, la fitoquímica es una disciplina que estudia los compuestos químicos presentes en las plantas, particularmente de los metabolitos secundarios o productos naturales que son característicos de una especie, género y/o familia vegetal. Por lo que el conocimiento de las plantas medicinales, la química y la farmacología, contribuyen al bienestar y salud de las personas.

### Pero, ¡mucho ojo!

Para hablar de una aplicación farmacológica, los científicos y tecnólogos **debemos realizar muchos y diversos estudios químicos y biológicos** que nos permitan describir cuáles son los compuestos químicos que tienen efecto en un organismo o sobre una actividad específica. Es decir, no solo podemos ir a cortar a *Eupatorium* a las orillas de la carretera y usarla. Antes debemos informarnos con el médico tradicional e investigar si las concentraciones y otros compuestos de las plantas no ponen en riesgo nuestra salud.

### Y finalmente, comprendí que...

En Michoacán existe un gran número de especies de *Eupatorium* que no han sido estudiadas y de las cuales se desconocen sus metabolitos bioactivos. ¡Puedes creerlo, tenemos un área de oportunidad enorme para la búsqueda de nuevas moléculas con potencial en el área farmacológica! Particularmente, me emociona mucho la posibilidad de que en *Eupatorium* se descubran moléculas que prevengan la formación de catarata.



World Health Organization (WHO). (2019). *WHO global report on traditional and complementary medicine*. Geneva: World Health Organization. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/312342>

García-Sánchez, E., Ramírez-López, C.B., Del Río-Torres, R.E.N. y Martínez-Pacheco, M.M. (2011). A revision of *Eupatorium* (Compositae: Eupatorieae) from Michoacán. *Phyton Argentina*, 80(2), 139-146. <http://>

[www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1851-56572011000200004](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572011000200004)

García-Sánchez, E., Ramírez-López, C.B., Martínez-Muñoz, R.E., Flores-García, A., Del Río, R.E. y Martínez-Pacheco, M.M. (2015). Antibacterial activity of some medicinal *Eupatorium* species against antibiotic-resistant pathogenic bacteria. *Polibotánica*, (39), 91-101. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62137097005>

# ARTÍCULO

## El quiensabe (*Hedeoma piperita*): Un deleite de tradición Purépecha

María Luisa Herrera-Arroyo y Bulmaro González-Ambrosio



Fotografía propia de autores.

**María Luisa Herrera-Arroyo.** Profesora-Investigadora, Universidad Intercultural Indígena de Michoacán. Pichátaro, Michoacán, México.  
[luisa.herrera@uiim.edu.mx](mailto:luisa.herrera@uiim.edu.mx)

**Bulmaro González-Ambrosio.** Profesor-Investigador, Universidad Intercultural Indígena de Michoacán. Pichátaro, Michoacán, México.  
[bulmaro.gonzalez@uiim.edu.mx](mailto:bulmaro.gonzalez@uiim.edu.mx)

### *Hedeoma piperita* un recurso invaluable

**E**l quiensabe (*Hedeoma piperita*) es una planta herbácea silvestre que pertenece a la familia Lamiaceae, **ampliamente utilizada por los pueblos Purépechas**, con usos principalmente medicinales, pero sin dejar fuera el hecho de que, como parte de la dieta diaria de las familias, **es un recurso muy apreciado**. Disfrutar un aromático té de quiensabe preparado al calor del fogón y acompañado con un trozo de pan de trigo, atesora los sabores y los saberes del pueblo Purépecha.

Pese a la gran tradición que tiene el quiensabe como recurso medicinal y alimenticio dentro de la cultura Purépecha, las poblaciones de esta planta **se encuentran cada vez más restringidas y con un menor número de individuos**. Las causas son variadas, pero todas están en relación al cambio de uso de suelo, así como a las formas e intensidades de colecta de la planta.

### ¿Qué sabemos del quiensabe?

Pese a la importancia cultural que esta herbácea posee, es poco lo que se ha documentado acerca de ella. Dentro de la tradición oral y algunas fuentes escritas, encontramos que el quiensabe es una **planta con usos muy variados en la medicina tradicional**, desde preparación de remedios para aliviar cólicos menstruales, dolores por frío, dolor de cabeza, diarrea, para controlar la presión baja, incluso se dice que su consumo es muy importante para aquellas parejas que desean tener hijos, ya que **puede funcionar como afrodisíaco**.

En gran parte de las comunidades de la región de la meseta Purépecha, se reconocen y se aprecian estas cualidades del quiensabe, ya que hombres y mujeres conocen la planta y los lugares donde puede ser recolectada, **conocimiento que es transmitido de padres a hijos**, pues son ellos quienes orientan a los más pequeños con respecto a los sitios donde se localiza la planta. De hecho, durante

la época de lluvias, que es cuando la planta crece, es muy común que las familias participen de largas caminatas al cerro, a los sitios en donde se distribuye, en búsqueda de tan apreciado recurso.

Cuenta la gente mayor, que anteriormente (hace más de 20 años), había muchas plantas y era muy fácil encontrarlas; salir una tarde al cerro y volver con un canasto lleno era una práctica muy frecuente, **ahora no se consigue**, las plantas casi no «salen», por lo que **es muy difícil encontrarlas**, hay que caminar mucho —señalan— y es peligroso porque hay que buscarlas más y se corre el riesgo de encontrar alguna que otra serpiente.

Además, esta especie presenta otra característica importante, ya que de manera local **se reconocen dos variedades de quiensabe: el blanco y el morado**, refiriéndose al color de la flor. Para los purépechas, estas dos variedades son la misma especie, se colectan y se usan de manera indistinta, aunque reconocen que el morado tiene un olor más fuerte, pero desde siempre se han reconocido y utilizado del mismo modo.

### Quiensabe blanco y morado ¿Hablamos de la misma especie?

Esta pregunta todavía no la podemos responder, ya que cuando Bentham (1832-1836) describe a *H. piperita*, señala que posee flores moradas. La revisión del ejemplar tipo, depositado en el Herba-



Fotografía propia de autores.



Fotografía propia de autores.

rio del Museo Historia Natural (BM), muestra que el ejemplar examinado posee corolas moradas. Sin embargo, en 1980, Irving hace una revisión muy profunda de todo el género y describe a *H. piperita* como una especie que posee corolas blancas, con manchas marrón en el labio inferior, pero no menciona la existencia de estas dos variantes morfológicas de las flores.

Esta ausencia de información nos llevó a cuestionarnos si efectivamente estamos hablando de la misma especie, **¿el quiensabe blanco y el quiensabe morado es lo mismo? ¿Existen otras diferencias que no se refieran solo al color de las corolas?**

Estas preguntas sí las podemos contestar. Una revisión muy extensiva de esta especie respecto a las dos variantes en el color de las flores que se presenta en la meseta purépecha, nos lleva a determinar que, morfológica y genéticamente, **el quiensabe blanco y el quiensabe morado son dos grupos de plantas muy diferentes**. Estas diferencias están presentes en caracteres morfológicos (vegetativos y florales). Estos mismos **resultados fueron obtenidos a partir del análisis de la diversidad genética**, en donde estas mismas poblaciones forman dos grupos genéticos bien definidos: un grupo contiene a las poblaciones con flores blancas, mientras que el otro contiene a las poblaciones con flores moradas.

Adicionalmente, existen **diferencias ecológicas** muy importantes, ya que, aunque ambos

grupos de poblaciones se distribuyen en la misma región geográfica, sus poblaciones nunca se traslapan o coexisten, mientras que **el quiensabe blanco prefiere un hábitat antropizado**, por lo general al borde de caminos y parcelas de cultivo, **el quiensabe morado prefiere un hábitat forestal**, en campos semiabierto, principalmente en bosque de pino.

#### Y todo lo anterior, ¿para qué nos sirve?

Dadas las condiciones actuales de las poblaciones silvestres de quiensabe, es imperante generar estrategias de manejo que permitan un uso sustentable de las mismas. Siendo una planta silvestre, cuyas poblaciones se distribuyen en pequeños parches, con condiciones edáficas, climáticas y ecológicas muy estrictas, ha sido muy difícil, si no es que imposible, establecer su cultivo dentro de huertos de traspatio. Una posible opción, **es favorecer su establecimiento dentro de los hábitats silvestres**, en sitios que reúnan las condiciones para que la planta pueda establecerse de manera permanente. Esta última opción ha sido puesta en marcha con éxito en dos sitios, pero solo con el quiensabe de flores blancas.

Es necesario también, **intentar su reproducción a través de semillas**, aclimatar las plántulas y trasladarlas a posibles sitios de cultivo, cuestión que actualmente se encuentra en desarrollo; sin embargo, nos hemos enfrentado a diversas proble-



Fotografía propia de autores.

máticas, entre ellas, que las plántulas generan raíces muy pequeñas y poco funcionales, por lo que también aquí es preciso realizar una investigación más a fondo para lograr el establecimiento de plántulas que provienen de semillas.

De manera paralela, otros investigadores han mostrado que *H. piperita* **también puede ser propagada utilizando la biotecnología vegetal moderna**, mediante cultivos *in vitro*, lo cual representa una excelente oportunidad para la propagación intensificada de esta especie. No obstante, esta opción debe ser muy estricta en la selección del material que servirá para propagarla, pues se debe evitar que provengan de una misma planta, de un solo sitio, entre otros factores, y quizá dirigir esta producción de plántulas hacia el consumo, evitando que salgan al medio silvestre para de esta manera evitar daños a la biodiversidad. Cabe aclarar que todas **estas propuestas aún son eso, propuestas que esperan ser evaluadas** y que se espera aporten a la conservación de tan valioso recurso.

Como podemos ver, ya no estamos como al principio, ya que hasta hace unos cuantos años era muy poco lo que se conocía sobre esta especie tan útil en diversos sentidos, pero aún falta mucho por hacer, por ello la meta es lograr numerosas poblaciones de quiensabe, pero no solo eso, sino también alcanzar los tamaños poblacionales que esta especie tenía hace más de 20 años, como mencionan los habitantes de la meseta. También consideramos que es necesario **establecer huertos de cultivo** que suministren material vegetal a los usuarios, de tal manera que disminuya la presión hacia las poblaciones silvestres generada por la recolección tan intensa a la que están sujetas las poblaciones remanentes.

El camino es largo, pero no imposible. Los pueblos Purépechas mantienen la tradición del saber y el sabor del quiensabe en las cocinas de leña, en las caminatas al cerro, en ese maravilloso té o infusión que alivia el cuerpo y el alma. *Hedeoma piperita*, **una pequeña planta con un inmenso valor biocultural**.



Bentham, G. (1832-1836). *Labiatarum genera et species*. Ed. George Bentham. Ridgeway, London. 783 pp.

Herrera-Arroyo, M.L., Rico, Y. y Pascual-Cortés, M. (2021). *The quiensabe, Hedeoma piperita* (Lamiaceae), a species with cultural importance in the indigenous community of San Francisco Pichátaro, Michoacán, Mexico: bases for its conservation management. *Acta Botánica Mexicana*, (128), 1-16. DOI: 10.21829/abm128.2021.1863

Irving, R.S. (1980). The systematics of *Hedeoma* (Labiatae). *Sida*, 8, 218-295.

Martínez-Gordillo, M., Fragoso-Martínez, I., García-Peña, M.R. y Montiel, O. (2013). Géneros de Lamiaceae de México, diversidad y endemismo. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(1), 30-86. DOI: <https://doi.org/10.7550/rmb.30158>

# ARTÍCULO

## Bosques de niebla vemos, especies endémicas no sabemos

Eire Ramírez-García y Rosario Redonda-Martínez



*Bartlettina xalapana* (B.L. Turner) B.L. Turner en la Sierra de Chiconquiaco. Fotografía: Eire Ramírez-García.

**Eire Ramírez-García.** Estudiante de maestría. Centro de Investigaciones Tropicales, Universidad Veracruzana. Veracruz, México.  
[ramirez.garcia.eire@gmail.com](mailto:ramirez.garcia.eire@gmail.com)

**Rosario Redonda-Martínez.** Investigador titular, Instituto de Ecología, A.C. Red de Diversidad Biológica del Occidente Mexicano. Pátzcuaro, Michoacán, México.  
[r.redonda.martinez@gmail.com](mailto:r.redonda.martinez@gmail.com)

Después de largos años fuera de mi tierra natal, un día, llena de entusiasmo, decidí volver a aquel lugar escondido en la serranía del centro de Veracruz. Muy temprano, emprendí mi viaje desde Xalapa, la capital del estado, hacia Plan de la Estrella, en el municipio de Chiconquiaco. Después de dos horas y media de viaje en una carretera con curvas continuas, estábamos en medio de la sierra, entonces, pedí al conductor que me dejara justo enfrente de una capilla, pues me habían indicado que ahí estaba el camino hacia Plan de la

Estrella. El conductor se detuvo, le pagué y bajé de la camioneta. Me encontré al borde de un bosque cubierto por una densa neblina que dificultaba la visibilidad.

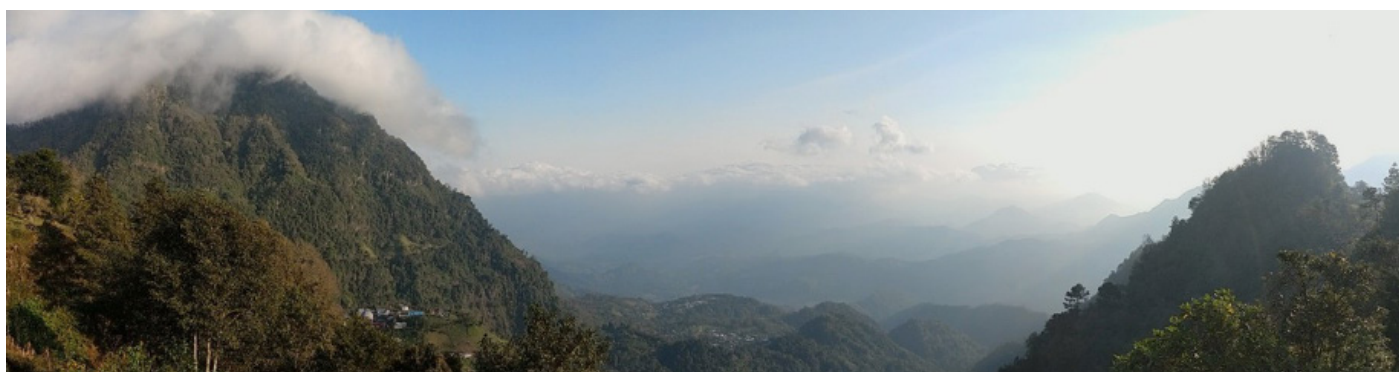
Así pues, emprendí mi caminata por una estrecha vereda hacia el corazón de aquella zona boscosa. Me maravillé de lo asombroso que era su interior, había árboles con enormes troncos cubiertos con pequeñas plantas de formas diversas, las famosas **epifitas (porque crecen unas sobre otras)**, algunas eran diminutas, mientras que otras tenían grandes hojas, y como la mayoría de nosotros, me asomé al ver las orquídeas que florecían esplendorosamente en medio del bosque, sus coloridas flores variaban entre tonos blancos, amarillos y rojizos. Más adelante, encontré varios riachuelos que tuve que saltar para no mojarme las botas, junto a ellos crecían unas plantas con flores moradas relucientes que sobresalían entre el verdor de la vegetación circundante. Así, continué mi camino durante cerca de dos horas, muy entusiasmada por la belleza del paisaje, pero también por llegar a mi destino.

El bosque que les acabo de describir se llama comúnmente **bosque de niebla o bosque mesófilo de montaña**. En México, este tipo de vegetación se encuentra generalmente en regiones montañosas y muy húmedas, donde ocupa una pequeña parte del territorio mexicano, cerca del 1 %. A pesar de esto, los bosques de niebla **albergan un importante número de plantas y animales**. Los científicos estiman que en este ecosistema viven alrededor de 257 especies de **mamíferos equivalentes al 50 % de los que se registran en nuestro país**. En los mesófilos habitan **20 % de las plantas vasculares**

(plantas con tejidos o estructuras que conducen el agua y los nutrientes) existentes en la República mexicana, esto es 6 163 especies.

Muchas de ellas crecen únicamente en los bosques de niebla mexicanos y no se encuentran en ningún otro lugar del mundo, por eso se les denomina endémicas. La desaparición de estos bosques como consecuencia de la tala excesiva de árboles y el cambio del uso del suelo forestal a campos de cultivo, cafetales o áreas ganaderas, causaría la pérdida de una gran cantidad especies únicas. Frecuentemente solemos pensar que la extinción una especie no causará ningún problema; no obstante, las evidencias científicas sugieren que **los ecosistemas son como grandes organismos que trabajan en conjunto para tener una funcionalidad completa y la falta de un elemento podría repercutir en los demás**, es parecido a lo que ocurre en el cuerpo humano: cuando un órgano enferma o deja de funcionar, puede tener efectos negativos en otros, e incluso provocar la muerte.

La familia del **girasol y las margaritas** (Asteraceae) es un grupo megadiverso y, en México, hay poco más de 3 050 especies, de las cuales, **más del 60 % son endémicas y algunas habitan exclusivamente en los bosques de niebla**. Tal es el caso del género *Bartlettina*, caracterizado por tener vistosas flores rosadas, moradas o azules, rara vez blancas. En nuestro país hay 24 especies, de las cuales 14 son endémicas y habitan en bosques mesófilos de montaña. Algunas de ellas son fáciles de observar cuando haces una caminata a través del bosque de niebla, ya que frecuentemente crecen en lugares húmedos, como *Bartlettina karvinsiana* y *B. macdougalli*. No obstante, hay otras que, literalmente,



Sierra de Chiconquiaco, Veracruz. Fotografía: Misael Ramírez-García.

¡son raras! No solo por el tipo de vegetación donde crecen, sino porque sus poblaciones son muy pequeñas, algunas de menos de cinco individuos, tal es el caso de *B. tamaulipana* y *B. xalapana*. Esta última, fue colectada por primera vez en 1978; se encontró creciendo cerca de una cascada del río Sedeño en Xalapa, Veracruz, por eso en 1985, el botánico el estadounidense Billie Lee Turner, la reconoció como una nueva especie y la nombró *Bartlettina xalapana*, en honor al municipio de Xalapa. En las colecciones científicas también hay pocos registros de esta planta, a pesar de la belleza y colorido que tienen sus flores.

Retomando la trama con la que inicié esta historia, resulta que después de pasar un fin de semana en la Sierra de Chiconquiaco, regresé por el mismo sendero en medio del bosque. Una vez más quedé maravillada por el sorprendente paisaje que, en esta ocasión, se veía diferente porque era un día soleado. De repente, algo captó mi atención: en una zona húmeda y rocosa había un arbusto con flores rosadas, por lo que no dudé ni un minuto en trepar para observar más de cerca aquella planta y, por supuesto, pensé en cortar unas ramas para secarlas e incorporarlas en una colección científica,

específicamente a un herbario, que es como una biblioteca donde en lugar de libros, encontramos plantas secas de diversas regiones del país. Una vez que recolecté la planta, la fotografié y me pregunté, ¿qué especie será? Después de leer, buscar información e identificarla, concluí que se trataba de la maravillosa *Bartlettina xalapana*, ¡la planta que precisamente estaba buscando! Pero, ¡no me detuve ahí!

En mi siguiente aventura fui a la cascada del río Sedeño, donde la colectaron por primera vez. Pregunté cómo llegar y resultó que no era tan complicado, por lo que emprendí el viaje. Al llegar, vi un letrero que decía: «Parque lineal Quetzalapan-Sedeño», ¡grandioso! Resulta que, en 2016, se decretó este lugar como un Área Natural Protegida. Inicié mi caminata a orillas del río hasta llegar a la cascada donde otros botánicos habían colectado *B. xalapana*, y durante mi travesía abrí los ojos lo más que pude, pero no logré verla, y después de dos horas de búsqueda, regresé decepcionada a mi casa.

Aunque no me rendiría fácilmente, pensé que probablemente aún no era su época de floración y por ello había sido difícil reconocerla entre toda la vegetación. Así que a finales del mes de marzo fui



Distribución del bosque de niebla en México.





A) *Bartlettina xalapana* (B.L. Turner) B.L. Turner. B) *Bartlettina oresbia* (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob. Fotografías: Eire Ramírez-García.

nuevamente en su búsqueda y, ¡lotería! Encontré una población de *B. xalapana* creciendo sobre una roca cerca de la cascada, así que de nuevo recolecté algunas ramas para llevarlas al herbario para seguir estudiándolas.

Entre las cosas que he descubierto, es que tienen un gusto particular para crecer en bosques de niebla, sitios rocosos, húmedos y suelos fértiles; también, que *B. oresbia* es una especie ornamental muy apreciada en otros países donde la conocen con el nombre de *blue mist flower*, cuya traducción literal es «flor de niebla azul» y, curiosamente, es muy abundante en bosques mesófilos. Por ello,

es importante que estos ecosistemas continúen estudiándose para conocer la diversidad que albergan y protegerla, ya que forman parte del patrimonio natural de nuestro país. Resulta esperanzador saber que en algunas ciudades se ha gestionado la protección de áreas verdes con vegetación nativa o remanentes de ella, donde las personas pueden tener un acercamiento con las especies de plantas oriundas de la región. Además, estos sitios también pueden funcionar como espacios educativos para seguir generando conciencia sobre la importancia de los bosques de niebla como reservorios de biodiversidad, captación y resguardo de mantos acuíferos, así como de sumideros de carbono.



CONABIO. (2010). *El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México D.F., México. [https://www.researchgate.net/publication/282814125\\_El\\_bosque\\_mesofilo\\_de\\_montana\\_en\\_Mexico\\_Amenazas\\_y\\_Oportunidades\\_para\\_su\\_conservacion\\_y\\_manejo\\_sustentable#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/282814125_El_bosque_mesofilo_de_montana_en_Mexico_Amenazas_y_Oportunidades_para_su_conservacion_y_manejo_sustentable#fullTextFileContent)

Redonda-Martínez, R. (2018). Las estrellas no solo están en el cielo. *Saber Más*, (41), 21-24. <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/352-numero-41/640-las-estrellas-no-solo-estan-en-el-cielo.html>

Villaseñor, J.L. (2018) Diversidad y distribución de la familia Asteraceae en México. *Botanical Sciences*, 96(2), 332-358. [https://www.botanicalsciences.com.mx/index.php/botanicalSciences/article/view/1872/pdf\\_1](https://www.botanicalsciences.com.mx/index.php/botanicalSciences/article/view/1872/pdf_1)

# ARTÍCULO

## Nuez de lavado (*Sapindus saponaria*): ¿Fuente para un jabón amigable con el ambiente?

Iris Eunice Serrato-Mireles y Nabanita Dasgupta-Schubert



**Iris Eunice Serrato-Mireles.** Estudiante del Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas, Opción Biotecnología alimentaria, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

[1489648g@umich.mx](mailto:1489648g@umich.mx)

**Nabanita Dasgupta-Schubert.** Profesor-Investigador del Laboratorio de Biofísicoquímica y Radiación, Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

[nabanita.schubert@umich.mx](mailto:nabanita.schubert@umich.mx)

### Poquito no hace daño

Es alarmante como día tras día, sin darnos cuenta, estamos contribuyendo en el deterioro de ríos, lagos, lagunas, entre otros cuerpos de agua. Esto lo hacemos desde la comodidad de nuestra casa con el simple hecho de lavarnos las manos, bañarnos y con la descarga de la lavadora, lo cual conlleva a contaminar miles de litros de agua, principalmente por el jabón o detergentes que usamos de forma cotidiana.

El jabón, así como los detergentes, son una fuente importante de contaminación y, en general,

todos los productos de limpieza que utilizamos, ya que siempre hay una exigencia mayor para su uso o comercialización como la mejora en sus propiedades, que sea de mayor rendimiento para disminuir los tiempos de lavado, que la acción sea a bajas temperaturas, que no sea irritante a la piel, de bajo precio y, sobre todo, que mitigue nuestro remordimiento de conciencia ante la problemática ambiental, es decir, «que sean biodegradables o amigables con el ambiente». Sin embargo, los jabones o detergentes que tenemos al alcance de un anaquel y que nos venden con esta última etiqueta, lamentablemente no lo son en un 100 %, debido a los compuestos químicos sintéticos que están presentes en ellos.

Si hubiésemos prestado más atención a las charlas de nuestras abuelitas, recordaríamos que cuando ellas eran niñas, sus madres recolectaban algunas hojas, semillas o frutos de una planta silvestre que utilizaban como jabón, y que finalmente terminaban usando también para lavar su cabello

y/o bañar a sus hijos. Eso sí era realmente amigable con el ambiente.

#### **Nuez de lavado o jaboncillo: Fuente de saponinas**

La buena noticia es que el uso de algunos frutos y/o semillas como jabón aún se sigue utilizando en poblados rurales de México, tal es el caso de un árbol de la familia Sapindaceae que ofrece frutos con esta peculiaridad. El fruto de este árbol es llamado **nuez de lavado o jaboncillo** (*Sapindus saponaria*, su nombre científico) y se puede encontrar en diferentes regiones de América Latina. Este es un árbol que se puede identificar por llegar a medir desde los 10 hasta los 20 metros de altura, posee una copa redonda, sus hojas son de 30 a 40 cm y de forma pinnada (similar a la pluma de un ave), con textura dura, pero con cierta flexibilidad. Para dar paso a sus frutos, aparecen pequeñas y numerosas flores blancas con una fragancia muy similar a los azahares y crecen en racimos de hasta 20 cm de largo.



Los frutos se forman después de la caída de las flores, son carnosos y de forma esférica, van madurando de verde a amarillo hasta llegar a café para, finalmente, formarse con cáscara dura y lisa, las cuales se observan como semillas globosas de 1.5 a 2 cm de diámetro, semejante a una nuez, de aquí su nombre de nuez de lavado. Estos frutos **contienen una gran cantidad de saponina.**

La palabra saponina **se deriva del latín *sapo* que significa 'jabón'**, ya que esta sustancia se caracteriza por su capacidad de producir espuma al agitarse en cualquier solución acuosa, principalmente en agua y, a su vez, puede remover la suciedad. La nuez de lavado es una oportunidad que ofrece la naturaleza para **utilizarse como producto de limpieza** que se puede integrar naturalmente en el ambiente **sin causar daños secundarios.** A diferencia de los detergentes comerciales, en los cuales las mejoras que se les han otorgado son por métodos químicos y cuyos efectos secundarios repercuten en los cuerpos de agua, aún después de un largo periodo de tiempos desde su uso, debido a la formación de espumas en los drenajes, la cual es una gran problemática para las plantas de tratamiento y para la calidad en los cuerpos de agua, en los cuales no se maneja un pretratamiento y la descarga es directa.

#### La forma práctica de utilizar un jabón natural

Los frutos de *S. saponaria* **se recolectan directamente del árbol o del suelo** y se exponen al

sol durante tres días para **eliminar la humedad** y que puedan ser almacenados por más tiempo sin que pierdan sus propiedades. Su **uso como detergente en las máquinas de lavado**, permite utilizar de tres a cinco nueces de lavado agregadas directamente para una carga de ropa, mientras que **como jabón de uso corporal** se utiliza una infusión, la cual se prepara agregando tres nueces por cada 100 mL de agua y se hierven durante 20 minutos.

Aunque el fruto de *S. saponaria* ha sido estudiado por varios investigadores desde hace varios años, **existen pocas publicaciones acerca de los productos que se pueden obtener** y de su aprovechamiento. Cada fruto, además de saponinas, contiene taninos, gomas, azúcares y aceites, los cuales pueden ser utilizados para otros fines. Pero además de no ser un fruto muy conocido, otra problemática a la que se enfrenta este cultivo es que **carece de un estudio para su propagación** que permita aprovechar los beneficios que brinda en un mercado más amplio al que se encuentra actualmente.

Sin duda, la naturaleza ofrece múltiples **alternativas que podemos aprovechar para el aseo personal y del hogar que son amigables con el ambiente**, sobre todo en este tiempo en el que debemos aprender a cuidar el ambiente y educar a las futuras generaciones desde nuestra trinchera. Como dijo el arquitecto británico Richard Rogers: **«La única forma de mejorar el medio ambiente, es involucrar a todo el mundo».**

*Agradecimiento al Banco de Imágenes de CONABIO.*



Flechas, H.A., Aragón, C., Morales, N.B. y Jiménez, P.J.A. (2009). Investigación y desarrollo de tres productos del jaboncillo (*Sapindus saponaria* L.) como base para su industrialización. *Colombia Forestal*, 12(1), 171-182. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/colfor/article/view/3041/4395>

Jiménez-Deñás, L.G. y Cortes-Cortes, E.S. (2019). Análisis comparativo de las características físico-químicas y técnicas de los detergentes ecológicos derivados de la saponina de quinua (*Chenopodium quinoa willd.*) y la saponina del jaboncillo (*Sapindus saponaria*

L.). *Boletín Semillas Ambientales*, 13(1), 95-102. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/bsa/article/view/15052/14889>

Rodríguez-Velázquez, J., Sinaca-Colín, P. y Jaman-gapé-García, G. (2009). *Frutos y semillas de árboles tropicales de México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), Instituto Nacional de Ecología (INE-Semarnat). <https://www.iies.unam.mx/wp-content/uploads/2016/03/FRUTOS-Y-SEMI-LLAS-DE-ARBOLES-TROPICALES-DE-MEXICO.pdf>

## ARTÍCULO

# Plantas albinas: ¿En dónde está mi plastoma?

Verónica Limones-Briones y Clelia De la Peña



**Verónica Limones-Briones.** Centro de Investigación Científica de Yucatán. A.C., Unidad de Biotecnología, Laboratorio de Epigenética. Mérida, Yucatán, México.

[veronica.limones@cicy.mx](mailto:veronica.limones@cicy.mx)

**Clelia De la Peña.** Centro de Investigación Científica de Yucatán. A.C., Unidad de Biotecnología, Laboratorio de Epigenética. Mérida, Yucatán, México.

[clelia@cicy.mx](mailto:clelia@cicy.mx)

**A** lo largo de la historia de la humanidad, plantas y humanos hemos cohabitado. **Las plantas son organismos autótrofos de todos tamaños, colores y longevidades** que pueden vivir en diferentes hábitats que van desde suelos húmedos y áridos hasta muy secos. Ejemplos de estas pueden ser desde árboles frutales hasta plantas suculentas como los agaves, que viven en zonas desérticas donde la absorción de agua es limitada. Para lograr esta adaptación y/o

aclimatación al medio ambiente que las rodea, llevan a cabo diferentes tipos de metabolismo en función de la forma en que utilizan el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) utilizado en la fotosíntesis.

Las plantas **tienen dos genomas**: uno **nuclear** donde se encuentran los cromosomas (genoma) y otro **plastídico** que comprende los genomas de las mitocondrias y los cloroplastos (plastoma). El plastoma del cloroplasto es circular y contiene alrededor de 110-130 genes, mientras que el del núcleo ¡Es casi del doble de tamaño! Hay tantas diferencias entre ellos que es muy interesante entender la complejidad genética y evolutiva de este organelo. Se estima que entre 2 500 y 3 500 proteínas, que son codificadas en el núcleo, están dirigidas al cloroplasto, y esto varía de acuerdo a la etapa y estado de desarrollo en que se encuentre el plástido que, en su mayoría, son desconocidos y su variabilidad genética es escasa, por lo que ha sido poco usado para el mejoramiento de los cultivos.

### El plastoma de los cloroplastos

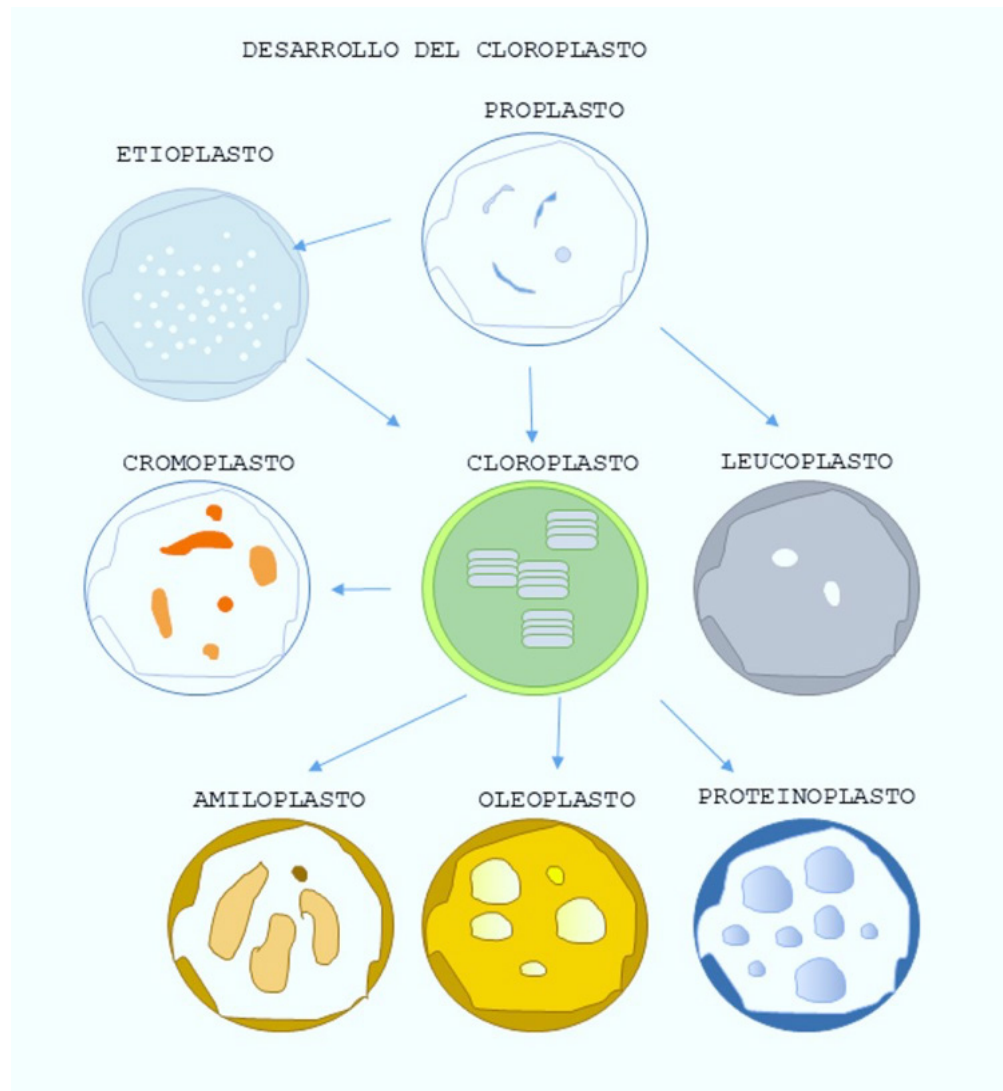
El plastoma de **los cloroplastos** no presenta recombinación y **se hereda vía materna**, mientras que **los genomas del núcleo sí tienen recombinación y se heredan biparentalmente**. Al no haber recombinación, es más fácil de determinar bajo análisis moleculares, ya que los alelos solo pueden ser generados por mutación para así reconstruir su secreta genealogía, pues un alelo no va a surgir de otro alelo por los eventos de recombinación, como pasa

en los genes nucleares. Esta información se puede determinar con la ayuda de la secuenciación de los genomas sobre la herencia materna que cuenta la mitad de la historia y su flujo genético, ya sea por polen o por semilla. Para el caso de los cloroplastos, se ha logrado descifrar que los genes contenidos en su plastoma, pueden ayudar a establecer relaciones entre familia y a veces entre géneros.

La elucidación de la secuencia del plastoma puede ser un avance importante en la genética de los orgánulos que nos puede ayudar al entendimiento de la biología y de la evolución de los plástidos, y esta importancia ha llevado a la curiosidad de saber qué es lo que pasa en el plastoma.

### Cloroplastos: origen y función

Los cloroplastos se originaron mediante la endosimbiosis. **Lynn Margulis**, una gran investigadora estadounidense que revolucionó la Teoría de la Evolución de los organismos vivos, realizó sus estudios de doctorado en Genética en la Uni-



versidad de Berkeley, en Estados Unidos de América, y fue quién **propuso la teoría de la endosimbiosis en 1971**, demostrando con ello que **tanto las mitocondrias como los cloroplastos, eran células independientes fagocitadas por células eucariontes** que, en lugar de digerirlas, cohabitaron en simbiosis. Dentro de las teorías científicas más aceptadas destacan que el cloroplasto evolucionó a partir de las cianobacterias, la cual logró sobrevivir a las defensas de la célula ya que conservan un sistema genético funcional.

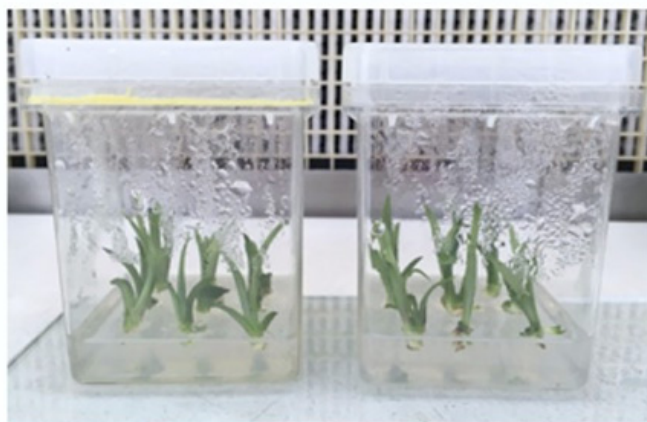
Los **cloroplastos** son **orgánulos generalmente grandes** que van desde unos cuantos micrómetros hasta 10 ( $\mu\text{m}$ ), de forma redonda o helicoidal, **son pequeñas máquinas metabólicas ya que llevan a cabo diferentes funciones**. Además de realizar la fotosíntesis, los cloroplastos también llevan a cabo la síntesis de algunos aminoácidos, ácidos grasos, la producción de hormonas, vitaminas y otros metabolitos secundarios, a la vez que participan en la asimilación de nitrógeno, azufre y

nitratos. Como mencionábamos anteriormente, **son el resultado de una endosimbiosis**. Los plastidios provienen de otros que ya existen y se transmiten de los gametos durante la fecundación, por tanto, provienen de los plastos del embrión que son los proplastidios, los menos complejos de todos los plastidios. Estos se presentan en dos tipos: los germinales y los nódulos.

Los **germinales se encuentran en el embrión de las semillas y en los meristemos**, y su función es **diferenciar al resto de los plastos de la planta**, de aquí se originan los diferentes tipos de plastos de las plantas y se realiza la síntesis de ácido giberélico como parte de su función metabólica. Los proplastidios de **los nódulos se encuentran en las raíces y están involucrados en la fijación de nitrógeno**. Los etioplastos se encuentran en los tallos, pero no en las raíces y es una fase intermedia en la maduración de los proplastidios a cloroplasto, y reinician su diferenciación cuando tienen acceso a la luz (tilacoides), pero

también se encuentran en las plantas que se ponen en la oscuridad, y a este proceso se le llama etiolación. Los **leucoplastos** son **plastos incoloros y su función es la de almacenar almidón (amiloplastos), lípidos (elaioplastos) y proteínas (proteinoplastos)**. Los **cro-moplastos** contienen **pigmentos carotenoides** que dan el color amarillo, rojo o naranja a la estructura donde se encuentran, como pueden ser flores, hojas viejas o raíces. Los cromoplastos se consideran como el estado más avanzado de los cloroplastos. Y, finalmente, los **cloroplastos** son los que **producen clorofila** y son los responsables de **llevar a cabo la fotosíntesis**.





Plantas *in vitro* verdes y albinas de *Agave angustifolia* Haw.

### Regulación del cloroplasto

Los cloroplastos de las plantas superiores y de las algas, tienen dos vías de regulación: La primera involucra genes relacionados en la fotosíntesis y la segunda los que participan en la replicación, transcripción y traducción. Esta última regulación, en cierta forma está coordinada con el núcleo mediante la vía anterógrada (núcleo-cloroplasto) y la vía retrógrada (cloroplasto-núcleo).

### Regulación del cloroplasto.

La **regulación anterógrada**, contiene los reguladores **transcripcionales** (por ejemplo: proteínas que reconocen secuencias promotoras de ADN para iniciar la transcripción) y **postranscripcionales** codificados en el núcleo (por ejemplo: proteínas de unión a ARN), así como otras proteínas que controlan el metabolismo del ARN, tal como PPR (proteínas con repeticiones pentatricopeptídicas). Por otro lado, la **regulación retrógrada** utiliza **procesos fotosintéticos** como el transporte de electrones, el estado redox del cloroplasto para influir en la expresión de genes fotosintéticos en

el núcleo, así como en la **activación de especies reactivas del oxígeno y biosíntesis de tetrapirroles**.

### Plantas sin cloroplastos

No es muy frecuente encontrar **plantas totalmente blancas**, llamadas albinas, las cuales carecen de cloroplastos. Sin embargo, emergen de manera solitaria y **no logran sobrevivir**, o en simbiosis con otra planta totalmente verde para no morir.

Si sabemos que los cloroplastos son la esencia de la vida fotosintética de las plantas, ¿cómo es que existen **plantas albinas**? Las plantas albinas no contienen cloroplastos funcionales como tal y, por lo tanto, **no contienen un metabolismo fotosintético como lo conocemos**. En condiciones de laboratorio se han obtenido plantas albinas con una consecuencia biológica relevante que podría explicar parcialmente el albinismo como causa de una mutación o algunas variantes que se deben a los mecanismos epigenéticos, lo que le provoca la limitación en la obtención de carbono, desarrollo



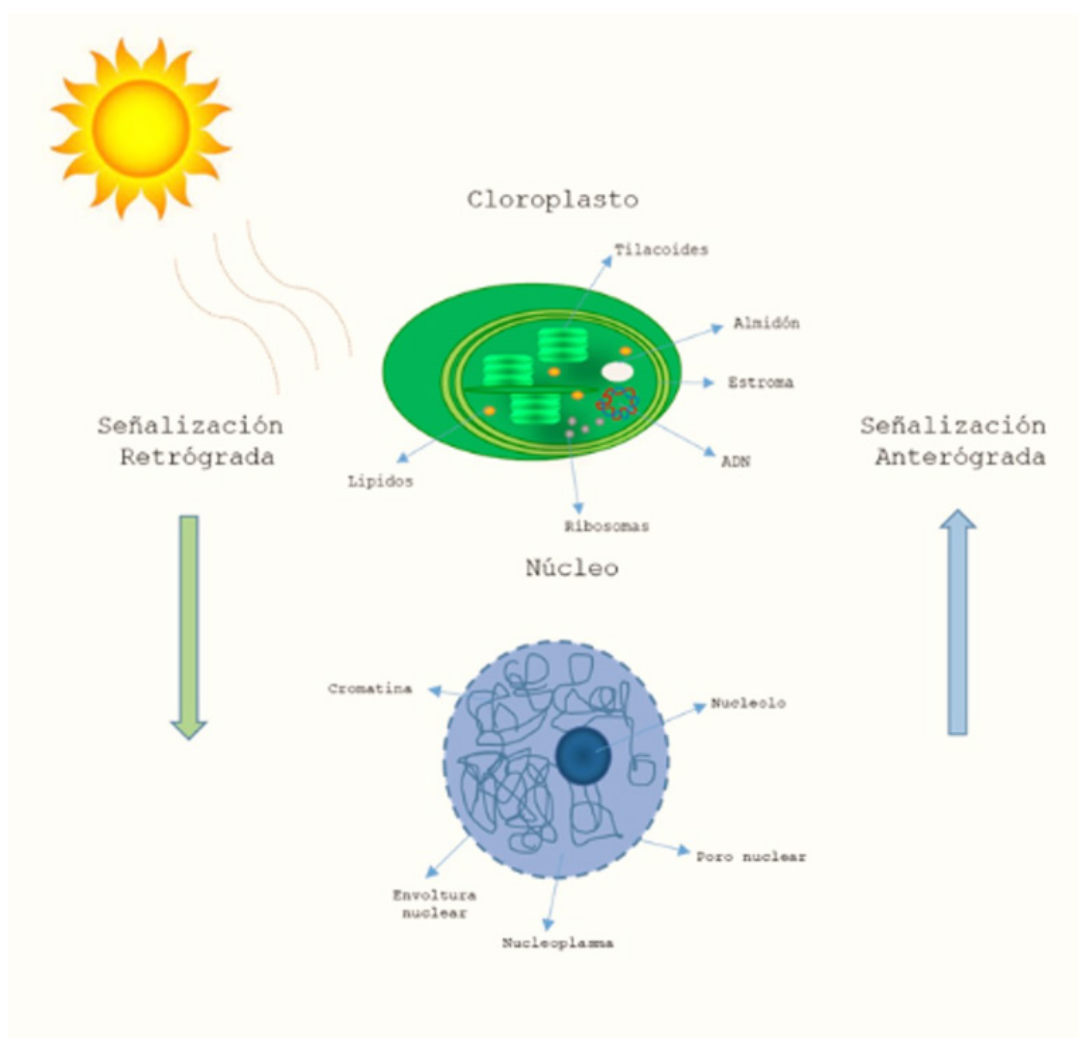
y función de las estomas en las plantas albinas. Al no tener cloroplastos, las plantas albinas no pueden cumplir las funciones de fotosíntesis para poder sobrevivir, pero se ha encontrado que existen plantas albinas en la naturaleza que tienen una simbiosis con otros organismos.

Por ejemplo, existe una orquídea llamada *Cephalanthera falcata* que, con la ayuda de un

hongo, mediante una relación de simbiosis, obtiene los nutrientes necesarios para sobrevivir. Por otro lado, en las plantas albinas de agave *in vitro*, los nutrientes lo obtienen del medio de cultivo. Estas plantas albinas presentan un sistema modelo natural e importante para investigaciones biológicas sobre el proceso de fotosíntesis y la biosíntesis de clorofila, así como del crecimiento

de tejidos y órganos, ya que con análisis de clonación y expresión y/o silenciamiento de genes, se puede descifrar estos secretos evolutivos de los plastomas. Y nos preguntamos, ¿las plantas albinas tienen plastomas? No completos, pero sí contienen unos plástidos inmaduros que no fotosintetizan y no contienen clorofila. Esta información genética nos puede ayudar a

descubrir todo este proceso evolutivo que fue originado de una simbiosis.



Margulis, L. (1971). Symbiosis and evolution. *Scientific American*, 225(2), 48-61. URL: <https://www.jstor.org/stable/10.2307/24922800>

Segretin, M.E., Wirth, S.A. y Bravo-Almonacid, F. (2004). *La transformación de cloroplastos*. Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria. Tomo LVI-II. Trabajo galardonado con el Premio Pérez Com-

panc 2004. [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/29395/Documento\\_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/29395/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Megías, M., Molist, P. y Pombal, M.A. (2019). *Atlas de histología vegetal y animal. La célula*. <http://mmegias.webs.uvigo.es/5-celulas/1-introduccion.php>

## ARTÍCULO

# Yauhtli: Una hierba medicinal, de ritos y de ciencia

Agustín Moreno-León y Rafael Salgado-Garciglia



Yauhtli (*Tagetes lucida*). Fotografía propia de autores.

**Agustín Moreno León.** Estudiante del Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas, Área Temática de Biotecnología Alimentaria, Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

[1166679h@umich.mx](mailto:1166679h@umich.mx)

**Rafael Salgado Garciglia.** Profesor-Investigador, responsable del Laboratorio de Biotecnología Vegetal, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

[rafael.salgado@umich.mx](mailto:rafael.salgado@umich.mx)

Las malezas son un grupo de plantas que **han sido indeseadas en todo el mundo**, principalmente en los campos agrícolas. Nuestros ancestros sabían que algunas de estas malas hierbas **tienen propiedades curativas, comestibles**, e incluso que no son tan malas como se les nombra. Dentro de estas malezas tenemos al **pericón o Santa María**, nativa de México y Guatemala que crece en varios estados de nuestro país, Michoacán entre ellos. Esta hierba pertenece al género *Tagetes* (*T. lucida* Cav.) de la familia de flores compuestas As-

teraceae (=Compositae), muy cercana a la **flor de muertos o cempaxúchitl** (*T. erecta*). Se le conoce con distintos nombres comunes como yerbanís, en purépecha *naná uárhi* y en náhuatl *yauhtli*.

Los pueblos originarios de Michoacán la han utilizado desde hace mucho tiempo en **rituales, en festividades religiosas como decoración para las iglesias y en la medicina tradicional** como remedio para las vías respiratorias, entre otras propiedades. Debido a la importancia de su uso en la medicina tradicional en México, despertó la curiosidad en los científicos para realizar investigaciones dirigidas a confirmar dichas propiedades y a descubrir otras. ¿Quieres saber qué fue lo que descubrieron los científicos? Sigue leyendo este artículo y te mostraremos las diversas propiedades que se esconden en esta planta, una maleza con buenas cualidades que también es una buena hierba.

#### ***Yauhtli*, planta de culto y rituales religiosos**

Esta hierba crece durante o después de la temporada de lluvias, principalmente entre los me-

ses de agosto a octubre. Es un símbolo que **representa la terminación del ciclo agrícola** y en muchas partes de México se ha utilizado desde de la época prehispánica en rituales, pues el pericón **es una planta asociada antiguamente al culto a Tláloc**. La importancia mágico-religiosa del *yauhtli*, no es solo por ser una herencia indígena, sino porque esencialmente es un patrimonio de México que se sigue utilizando con fines rituales y curativos. Es importante destacar que las ofrendas descubiertas en el Templo Mayor dedicadas a Tláloc, tenían restos de *yauhtli*, ya que la planta **se usaba como incienso y como flor de ofrenda en las festividades dedicadas al Dios de la lluvia**.

En la ciudad de Cuitzeo, cercana a Morelia, Michoacán, se realiza una fiesta en honor a San Miguel Arcángel (del 19 al 29 de septiembre), donde adornan el suelo del templo con esta hierba para brindar una atmósfera de tradición, magia y fe. En otras comunidades de Michoacán y regiones de México, desde la época colonial, la noche del 28 de septiembre se colocan las cruces de flor de pericón



Fotografía propia de autores.



(que huele a anís) en puertas, en ventanas, en las cuatro esquinas de los sembradíos, en los comercios, en vehículos y en el cruce de caminos, con la intención de ahuyentar el mal. Actualmente, es una tradición católica que alude a la batalla campal que libró San Miguel al enfrentarse con el Diablo, lo que se relaciona con la intención de librarse del mal en vísperas de la fiesta de este arcángel.

#### **Propiedades medicinales ancestrales del *yauhtli***

El uso de esta planta en la medicina tradicional ha pasado de generación en generación y, actualmente, **forma parte de los saberes de muchas comunidades de México**, atribuyéndosele varias **propiedades medicinales y espirituales** ya que los abuelos y abuelas curanderos, parteras o comadronas, no solo trabajaban el cuerpo físico, sino también lo emocional y espiritual. Sus tallos con hojas y flores, son utilizados para el tratamiento de resfriados, asma, empachos, diarrea, vómito, reumatismo, disentería, tifoidea, como antiparasitario y para aliviar la inflamación y el dolor.

Por el atractivo y anisado aroma de sus flores, **se usa en la floristería**, mientras que con su aceite esencial, del cual hablaremos más adelante, **se preparan cremas y ungüentos**. En gastronomía se

sigue utilizando en forma de **infusión**, para elaborar **licores** y en Chiapas se utiliza en la preparación de una bebida tradicional llamada puzunque, en tanto que en varios estados del país se utiliza para **sazonar los elotes, el pozole y para darle color al atole**.

#### **El conocimiento científico del *yauhtli***

Debido a las propiedades medicinales que posee el *yauhtli*, diversos grupos de investigación se han dedicado a realizar estudios con esta planta, no solo con fines de validar su uso ancestral, sino también para la búsqueda de actividades biológicas como la antioxidante y la antimicrobiana, principalmente. **Las especies que pertenecen al género *Tagetes*** como el *yauhtli*, el *cempoalxóchitl* (*T. erecta*) y el clavel de moro o damasquina (*T. patula*), como otras plantas aromáticas, **producen un alto contenido de aceite esencial** que tiene compuestos volátiles como el geraniol, linalool, anetol, metileugenol y estragol, responsables de ese olor tan característico de estas plantas. ¿Serán también estos los responsables de sus propiedades medicinales o actividad biológica?

La respuesta la encontramos en diferentes publicaciones de rigor científico que aseveran que

los aceites esenciales sí son los responsables de dichas propiedades (Saber Más, 4(24), 14-17), ya que sus componentes como los terpenos, los fenilpropanoides y los flavonoides, **tienen un efecto antioxidante y antiinflamatorio**. El estrés oxidante, aunque es importante en la función celular en nuestro organismo, cuando aumenta y no hay un control sobre él, se producen moléculas denominadas radicales libres, responsables del envejecimiento celular y las cuales están presentes en enfermedades como el cáncer, la hipertensión, la diabetes y la obesidad, y son precisamente los antioxidantes que se encargan de contrarrestar la oxidación celular. También las evidencias científicas indican que estos mismos antioxidantes regulan o suprimen la producción de las moléculas que desencadenan la inflamación, denominadas citocinas proinflamatorias. Los procesos de inflamación también están presentes en estas enfermedades crónicas y, en algunos casos, cuando no hay un control, se pueden originar algunos tipos de cáncer. Solo por dar unos ejemplos, el eugenol que encontramos en el clavo

(*Eugenia caryophyllus*), el timol en el tomillo (*Thymus vulgaris*) y el linalool en la manzanilla (*Matricaria chamomilla*), actúan como antioxidantes y como antiinflamatorios.

Pero, los aceites esenciales **también poseen actividad contra bacterias y hongos**, algunos que afectan nuestra salud y que son causantes de enfermedades de la piel, gastrointestinales y respiratorias. Algunos terpenos o mezclas de estos son efectivos contra la enterobacterias que ocasionan graves enfermedades como *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis* y varias especies de *Salmonella*. También se ha probado su eficacia contra *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum* y *Listeria monocytogenes*. Algunos aceites esenciales también inhiben el crecimiento de hongos y levaduras como *Candida* (ej. *C. albicans* y *C. tropicalis*) y los dermatofitos *Microsporum* y *Trichophyton*, que provocan la candidiasis, la tiña e infecciones en el cuero cabelludo y en las uñas.

Este preámbulo de la química de los aceites esenciales de plantas, es para explicar que lo cientí-



Imagen de Monfocus en Pixabay

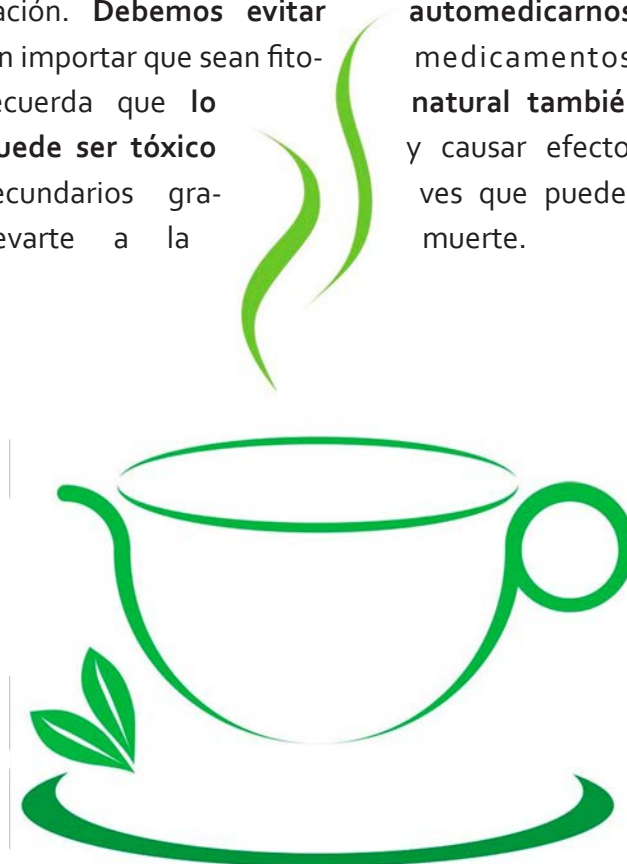
ficamente evaluado en el aceite esencial del *yauhtli*, en sus infusiones y otros tipos de extractos, confirma su uso en la medicina tradicional mexicana para el tratamiento de enfermedades gastrointestinales, de la piel y respiratorias, ya que ahora se conocen los principales **compuestos que esta planta produce y almacena en sus tallos, hojas y flores**. Además, se han descubierto otros compuestos con actividad antiinflamatoria y anticancerosa.

Se ha reportado la presencia de cumarinas como la herniarina y la 7-isopreniloxicumarina, de terpenos como el linalool y el geraniol, fenilpropanoides como el estragol y el metileugenol, y los flavonoides quercetagetina y patuletina, que solos o en mezcla, son responsables de estas diversas actividades biológicas. Con los saberes ancestrales del uso del *yauhtli* y el conocimiento científico, esta maleza es una hierba buena.

Aunque ahora sabemos que las propiedades medicinales se deben a sus componentes químicos, es **necesario tomar cuidado de su uso**, ya que se requiere de investigaciones que apoyen cómo usar la planta o sus diferentes órganos (tallos, hojas y flores), y lo más importante, determinar la dosifi-

cación. **Debemos evitar** sin importar que sean fito- recuerda que **lo puede ser tóxico** secundarios gra- llevarte a la

**automedicarnos,** medicamentos, **natural también** y causar efectos ves que pueden muerte.



«*Yauhtli*, una maleza de tradición con propiedades medicinales»



Gaitén, Y.I.G., Lizama, R.S., Simón, G.G. y Álvarez, A.M. (2018). Evaluación farmacognóstica, fitoquímica y biológica de un extracto hidroalcohólico de *Tagetes lucida* Cav. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 23(2), 1-13. [https://www.researchgate.net/publication/324606052\\_ANALISIS\\_FARMACOGNOSTICO\\_DE\\_Tagetes\\_lucida\\_Cav\\_Y\\_SUS\\_EXTRACTOS\\_HIDROALCOHOLICOS/link/5ad8e3f40f7e9b28593c9ae7/download](https://www.researchgate.net/publication/324606052_ANALISIS_FARMACOGNOSTICO_DE_Tagetes_lucida_Cav_Y_SUS_EXTRACTOS_HIDROALCOHOLICOS/link/5ad8e3f40f7e9b28593c9ae7/download)

Marín-Loaiza, J.C. y Céspedes, C.L. (2007). Compuestos volátiles de plantas: origen, emisión, efectos, análisis y aplicaciones al agro. *Rev. Fitotec. Mex.*, 30(4), 327-351. <http://www.redalyc.org/pdf/610/61030401.pdf>

Regalado, E.L., Fernández, M.D., Pino, J.A., Mendiola, J. y Echemendia, O.A. (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](https://www.researchgate.net/publication/241714317_Chemical_Composition_and_Biological_Properties_of_the_Leaf_Essential_Oil_of_Tagetes_lucida_Cav_from_Cuba)

White-Olascoaga, L., Zepeda-Gómez, C., García-Mondragón, D., Gutiérrez-Cedillo, J.G. y Sabás Chávez, C.C. (2018). Estudio etnobotánico de *Tagetes lucida* Cav. (Asteraceae). En: *Conocimiento ambiental tradicional y manejo de recursos bioculturales en México. Análisis geográfico, ecológico y sociocultural* (Chávez-Mejía, C., White-Olascoaga, L., Juan-Pérez, J.I., Gutiérrez-Cedillo, J.G., Coord.), Capítulo VI, pp. 175-194. D. R. © Universidad Autónoma del Estado de México, México. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/94890/31.%20CAPITULO%20PERICON%202018.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

## ARTÍCULO

La trascendental importancia  
de los encinos

Susana Valencia-A



<https://pixabay.com/es/photos/search/encinos/>

**Susana Valencia-A.** Herbario de la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.  
[svalencia.a@ciencias.unam.mx](mailto:svalencia.a@ciencias.unam.mx)

**P**or su belleza, longevidad y gran tamaño, los encinos o robles resultan fascinantes para muchas civilizaciones. Estas plantas se clasifican en el género *Quercus* y en la familia Fagaceae; son plantas leñosas, principalmente árboles, aunque también hay arbustos. Se pueden reconocer por sus bellotas, frutos que en su interior llevan una sola semilla que nunca es liberada.

Los encinos **posiblemente surgieron en el hemisferio norte** a finales del Paleoceno, **hace unos 55 millones de años (Ma)** y tuvieron un importante evento de diversificación en el Eoceno medio (alrededor de 35 Ma), producto de grandes cambios climáticos en la tierra. Durante el Mioceno (hace 23 Ma), los encinos migraron hacia el sur creándose nuevas especies que llegaron prácticamente a todas las zonas templadas y montañosas del hemisferio norte, convirtiéndose en uno de los grupos de plantas leñosas con más especies, entre 400 y 435 en todo el mundo. **México, con más de 160 especies, es el país con el mayor número de estas a nivel mundial.**

Los robles **han estado ligados al desarrollo de la civilización humana** y han recibido gran atención en la ciencia, tanto por su **relevancia en los ecosistemas**, como por considerarlo un grupo modelo, es decir, un grupo ampliamente distribuido, diverso, importante ecológicamente y bien estudiado con abundantes **datos que permiten entender procesos evolutivos y ecológicos**. En este escrito se presenta su importancia en tres contextos: 1) para la civilización humana, 2) como parte de los ecosistemas y 3) como un grupo modelo en estudios de ecología y evolución.

### Importancia en el desarrollo de la civilización

No todos los encinos son árboles, pero cuando decimos «encino» o «roble», evocamos árboles grandes, fuertes, de madera dura, resistentes, longevos, ¿quién no conoce la expresión «Es tan fuerte como un roble»?; haciendo alusión a personas fuertes y resistentes, características que condujeron a las civilizaciones antiguas a dar a los encinos un lugar importante, jugando un papel significativo en el folklore, en la mitología, en la religión y en la vida cotidiana.

Los encinos están **ligados al desarrollo de la humanidad desde la época de las cavernas** (hace aproximadamente diez mil años). La evidencia de esto son las bellotas halladas en cavernas próximas al mar Mediterráneo, **sugiriendo su uso como fuente de alimento.**

Posteriormente, las leyendas señalan que **los Celtas** establecidos a lo largo de Europa entre los años 1200 y 900 antes de nuestra era, adoraban a los árboles, teniendo un lugar muy especial para los robles o encinos a los que **llamaban *Kaër quez***, cuyo significado se interpreta como '**árbol hermoso**'. Los encinos **eran considerados árboles sagrados que simbolizaban la fuerza y la sabiduría.** Los



Hojas y bellotas con copa escamosa de *Quercus greggii*. Fotografía de Susana Valencia-A.



griegos los consideraban la mansión de Zeus, para los romanos lo fue de Júpiter y para los nórdicos de Thor.

Los griegos los veían como los hijos de Duantria (la diosa de los robles) y los llamaron *Drus* que deriva de la raíz indoeuropea *dreu* que significa 'sólido', 'firme', 'madera' o 'árbol'. La palabra Druida, utilizada para nombrar a los sacerdotes legendarios de las religiones gala y celta, se deriva de *drus* ('roble') y *wid* ('ver', 'percibir', 'examinar', 'comprender') y se traduce como «el que conoce al roble», tal vez haciendo alusión a que **los Druidas eran considerados sabios que podían interpretar a las hojas de los robles.**

Algunos pueblos consideraron al roble su ancestro directo. Los arcedianos (un pueblo español) creían que antes de haber sido humanos habían sido robles. Los helenos llamaban primeras madres a los robles. Muchas sucesiones reales se hicieron a la sombra de un roble, teniendo a este como testigo. En Francia, durante el siglo XIII, el rey San Luis IX solo podía gobernar con justicia cuando tomaba decisiones sentado a la sombra de un gran roble en



Tronco y ramas con musgos y helechos epífitos de *Quercus meavei*. Fotografía de Susana Valencia-A.

el bosque de Vincennes. Algunos adivinos podían saber el futuro al oír lo que les susurraba el viento a través de las hojas de estos árboles.

Muchas civilizaciones europeas del siglo XVI-II **sobrevivieron a períodos de hambruna consumiendo directamente las bellotas** crudas o tostadas, o bien a través de la obtención de harina y la posterior elaboración de pan, galletas y papillas. Actualmente también se usa, aunque de forma limitada para elaborar licor y como sustituto de café. En general, **el consumo de bellotas por humanos es limitado y solo de forma local.**

Por el contrario, en la península ibérica los cerdos terminan su crecimiento con el exclusivo consumo de bellotas. La carne obtenida de estos cerdos es altamente valorada para el consumo humano ya que posee propiedades importantes para la salud. En México no existe esta práctica de engorda, excepto a nivel local y por la falta de otro tipo de alimento para el ganado.

La madera de estos árboles es **catalogada como una de las más bellas, duraderas y resistentes;** lo que permite que se usen para construir muebles, mangos para herramienta, pisos, cubiertas de pared y construcciones que requieran alta resistencia. Entre los siglos VIII y XVIII, los robles fueron la fuente principal de madera para la construcción de barcos, por ejemplo, el San Mary fue construido utilizando seis mil árboles, de los cuáles el 90 % correspondía a encinos europeos. Anteriormente, los durmientes de las vías de ferrocarril eran de madera de encino.

En la industria de la vinicultura, **las mejores barricas para añejar el vino son de madera de roble blanco**, lo cual adiciona compuestos aromáticos a estas bebidas. Las especies más utilizadas para las barricas son *Quercus alba*, *Q. robur*, *Q. petraea* y *Q. pirenaica* (ninguna mexicana). Las de *Q. alba* también son **utilizadas en el añejamiento del mezcal y del tequila.** De cada árbol se pueden obtener hasta dos barricas, y cada barrica se utiliza solo para dos o tres añejamientos de bebidas costosas, posteriormente pueden reutilizarse para añejar bebidas consideradas de menor calidad. El tapón de corcho de las botellas se obtiene de la corteza *Q. suber*.

No obstante, el gran número de especies de encinos con que cuenta México, en su mayoría son **subutilizados para obtener leña y carbón vegetal con un impacto fuerte en los ecosistemas.** Sin embargo, en algunas comunida-

des se aprovecha la alta capacidad de rebrote que presentan algunas especies y hacen una explotación menos impactante, para lo cual dividen en parcelas el área de explotación y solo cortan las ramas de una de ellas, pero dejan el tronco principal para que rebrote; mientras tanto, se cortan las ramas en otra parcela, y así sucesivamente, estableciendo ciclos de corte.

La corteza de la mayoría de las especies de encinos es astringente y en México, de forma local, **se le atribuyen propiedades para fortalecer la dentadura y reducir el sangrado de encías**. Otra propiedad es la presencia de taninos, los cuales se usan en curtiduría, en la elaboración de pigmentos para teñir raíces con las que se tejen cestos y en la pigmentación para tatuajes. En la Sierra Norte de Puebla y en Hidalgo, es frecuente la elaboración de artesanías (trompos, collares, aretes, llaveros) con las bellotas de diferentes especies.

Su importancia difiere entre diferentes culturas, por ejemplo, **en Asia han sido poco valorados**, mientras que en Europa fueron una importante fuente de ingresos y, por lo tanto, se consideraron un símbolo de poder y de riqueza, lo que llevó a plasmarlos en sus banderas, escudos nacionales o monedas. **En México están representados en el escudo nacional**.

### Un grupo clave en los ecosistemas montanos

Los encinos juegan un papel protagónico en el funcionamiento de muchos ecosistemas, son elementos predominantes y estructuralmente importantes en los bosques templados y subtropicales o incluso tropicales del hemisferio norte, en donde ocupan diferentes ambientes y altitudes, desde el nivel del mar hasta más de los tres mil metros de elevación.

Son plantas longevas que pueden llegar a vivir entre seiscientos y mil años. Un caso excepcional es el del **roble *Quercus palmeri* en Arizona y California**, un encino arbustivo con crecimiento clonal que se estima que **tiene una edad que ronda los trece mil años**. Pueden ser arbustos con apenas unos cuantos centímetros de altura o árboles pequeños de apenas dos o tres metros, o tener alturas entre los 12 y los 20 m que es la altura promedio, o bien, alcanzar tallas de hasta 60 m de alto como *Q. corrugata* o *Q. skinnerii*.

Su longevidad y el gran tamaño les permiten ofrecer **hábitat y alimento estables por un tiempo prolongado a diferentes plantas y animales ver-**



Flores masculinas en amentos y hojas jóvenes de *Quercus crassipes*. Fotografía de Susana Valencia-A.

tebrados e invertebrados que dependen de ellos para vivir. Muchas especies de aves, roedores, serpientes, venados, jabalíes, tepescuincles; o invertebrados como avispas, lepidópteros, arácnidos y escarabajos, encuentran en los encinos su principal hábitat y fuente de alimento. Numerosos grupos de cinípidos (avispa de las agallas) necesitan a los encinos para completar su ciclo de vida. Diversas especies de plantas habitan en encinos como las epífitas, ejemplo de ellas son algunas orquídeas, helechos, briofitas y bromelias, e incluso parásitas o hemiparásitas como el muérdago. Varias especies de líquenes arborícolas y hongos macromicetos, así como micorrízicos prefieren los encinos para desarrollarse.

Al igual que muchas otras plantas, los encinos o robles **actúan como secuestradores de carbón y productores de O<sub>2</sub> atmosférico a través de la fotosíntesis**, reduciendo la contaminación del aire, lo que aunado a su larga vida será una contribución significativa. Cubren amplias superficies a través de sus raíces y su copa, de esta forma regulan la temperatura del bosque, evitan la erosión, mejoran la

textura e incrementan la fertilidad del suelo. De los bosques de encino se obtiene la **tierra de hoja rica en nutrientes para el cultivo de plantas de ornato** en invernaderos, en viveros y para mejorar los suelos de jardines.

Los robles interceptan el agua de lluvia, la toman y la retienen en su cuerpo para sus funciones. Al formar parte de una comunidad y por su asociación con micorrizas (las cuales forman una red en el suelo interconectando a las plantas de una comunidad a través de sus raíces), **pueden transferir agua y nutrientes a otras plantas y disminuir el estrés de agua en la comunidad**. Su sistema de raíces retiene agua en el suelo y la filtra lentamente hacia los mantos acuíferos reteniendo contaminantes para evitar su paso al manto freático.

El papel predominante que los encinos presentan en los ecosistemas, los ha hecho acreedores a recibir el término de *Keystone* (piedra clave), ya que **su presencia es fundamental para el equilibrio**. Su desaparición podría provocar que varias especies asociadas con ellos también desaparecieran o se vieran seriamente amenazadas, conduciendo a un efecto dominó en todo el ecosistema y, por tanto, en la disminución de la diversidad de otras

especies, e incluso a un colapso de los ecosistemas de los que forman parte.

### Importancia como grupo modelo en estudios de diversidad

Desde su aparición en Paleoceno tardío (ca. 55 Ma), los encinos no solo han sobrevivido a grandes cambios y períodos desfavorables, sino que también han incrementado su diversidad, la cual sobrepasa las **cuatrocientas especies a nivel mundial**, a la vez que han expandido su distribución a la mayoría de las montañas templadas del hemisferio norte. Su diversidad y distribución, son motivo de curiosidad entre los investigadores que quieren conocer los factores que favorecieron este éxito, generándose una gran cantidad de conocimiento importante en el campo de la genética, la fisiología, la evolución y la ecología, lo que puede ayudar a entender lo que pasa en otros grupos de organismos, considerando así a los encinos como un «grupo modelo».

En México es frecuente encontrar árboles o arbustos pertenecientes a encinos rojos (sección *Lobatae*) y encinos blancos (sección *Quercus*) creciendo juntos. En estas condiciones, es común



<https://pixabay.com/es/photos/barril-bebida-de-madera-cl%a1sico-2691178/>

que las especies del mismo grupo (rojos o blancos) formen flores al mismo tiempo, lo que aunado a la polinización por viento (anemofilia) y a las barreras de fecundación débilmente formadas, favorece la hibridación y la **crusa entre un híbrido con sus progenitores** (retrocruzamiento). La hibridación se puede presentar no solo entre un par de especies, sino entre varias especies de una misma sección que cohabitan en la misma zona por un período prolongado, incrementando así la diversidad genética. Cuando más especies de la misma sección están presentes en un sitio, se infiere que estas pueden participar en fenómenos de hibridación a lo largo de varias generaciones, lo cual se ha relacionado con más variación observada. **La variación genética en los encinos les permitió enfrentar períodos desfavorables**, sobrevivir, adaptarse a cambios y diversificarse en distintos ambientes.

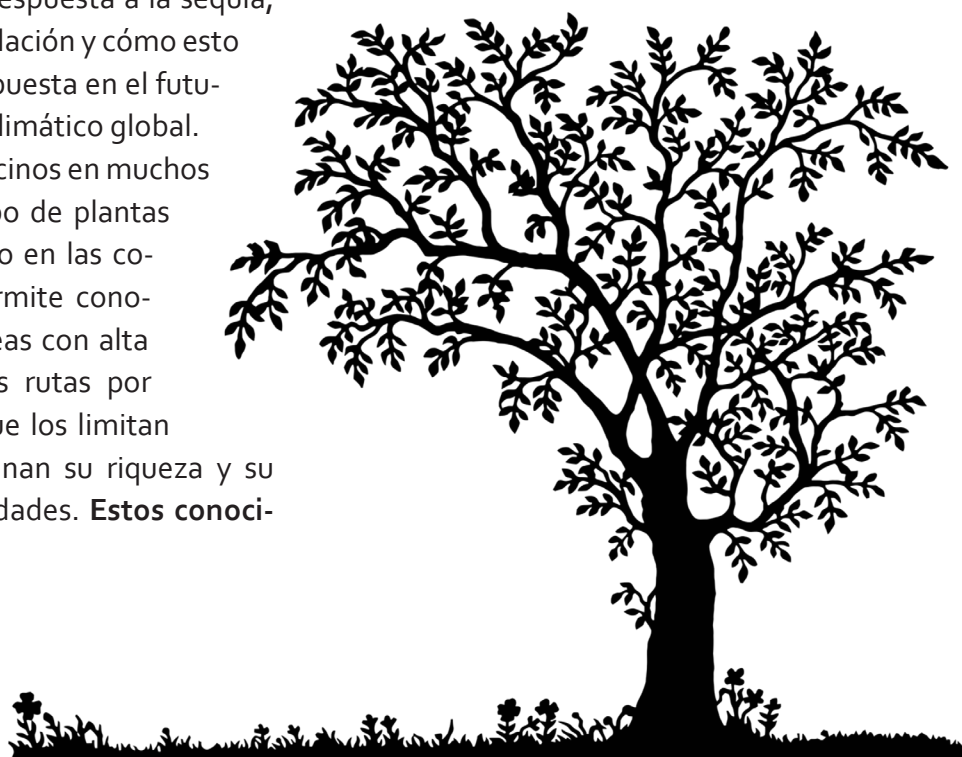
Los robles también son estudiados con el propósito de encontrar evidencia de caracteres adaptados evolutivamente como respuesta a la sequía, a inviernos marcados, a congelación y cómo esto puede predecir su posible respuesta en el futuro en el contexto del cambio climático global.

La dominancia de los encinos en muchos ecosistemas los hace un grupo de plantas bien colectado y representado en las colecciones científicas, esto permite conocer su distribución, definir áreas con alta riqueza de especies, posibles rutas por las que migró, las barreras que los limitan y otros factores que determinan su riqueza y su presencia en muchas comunidades. **Estos conoci-**

**mientos y su potencial aplicación en otros grupos, permiten tomar decisiones de conservación y manejo de áreas.**

### Algunas consideraciones

Los robles o encinos engloban aspectos de gran importancia en tres contextos: para la humanidad, en los ecosistemas y en el contexto evolutivo, lo que repercute en la generación de información para este grupo de plantas. Sin embargo, todavía falta mucho por conocer, muchas preguntas por responder y aún hay sitios de donde no se conoce qué especies están creciendo y puede que muchas de ellas se extingan antes de conocerse. Las respuestas a las interrogantes permitirán, sin duda, tomar mejores decisiones en cuanto a la conservación y el manejo de ecosistemas montañosos, con lo cual la importancia de los encinos podrá trascender en beneficio de otros organismos y comunidades.



Cavender-Bares, J. (2019). Diversification, adaptation, and community assembly of the American oaks (*Quercus*), a model clade for integrating ecology and evolution. *New Phytologist*, 221(2), 669-692. <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/nph.15450>  
García-Molina, J.G. (2008). Carbón de encino: Fuente de calor y energía CONABIO. *Biodiversitas*, 77, 7-9.

[https://www.ccmss.org.mx/wp-content/uploads/Carbon\\_de\\_encino\\_fuente\\_de\\_calor\\_y\\_energia.pdf](https://www.ccmss.org.mx/wp-content/uploads/Carbon_de_encino_fuente_de_calor_y_energia.pdf)

National Geographic. (2014). Los druidas, los misteriosos filósofos de La Galia. [https://historia.nationalgeographic.com.es/a/druidas-misteriosos-filosofos-galia\\_7918](https://historia.nationalgeographic.com.es/a/druidas-misteriosos-filosofos-galia_7918)

# TECNOLOGÍA

## Semillas: De ricas botanas hasta su conservación

Salvador Sampayo-Maldonado y Cesar Mateo Flores-Ortiz



Imagen de PublicDomainPictures en Pixabay

**Salvador Sampayo-Maldonado.** Investigador Posdoctoral del Laboratorio de Fisiología Vegetal, FES Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.  
[ssampayom@hotmail.com](mailto:ssampayom@hotmail.com)

**Cesar Mateo Flores-Ortiz.** Investigador del Laboratorio Nacional de Salud, FES Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.  
[cmflores@unam.mx](mailto:cmflores@unam.mx)

Más del 90 % de las plantas conocidas producen semillas. Las semillas tienen la capacidad de germinar y formar una planta nueva, son la unidad básica para su dispersión. Además, son la base de la alimentación de la humanidad. Hay **dos tipos de semillas**, las **ortodoxas** que por sus características se pueden almacenar a largo plazo y las **recalcitrantes** que no se pueden almacenar debido a la susceptibilidad que tienen a la desecación y, por ende, a la pérdida de la viabilidad del embrión.

Ante tantas amenazas que enfrentan los bosques y las selvas, **la conservación *ex situ* es la mejor estrategia para la conservación de los recursos naturales.** Un banco de semillas proporciona un ambiente controlado libre de plagas y enfermedades. Los bancos de semillas reciben las colectas de semillas donde son limpiadas para eliminar impurezas, se deshidratan y se almacenan en contenedores herméticos a bajas temperaturas. La importancia de conservar semillas es la posibilidad de **resguardar la diversidad de las especies existentes.** Es una estrategia para la conservación de la vida en el futuro. Por eso, en este artículo, veremos a las semillas no como las ricas botanas que a muchos nos gustan, sino su necesidad de conservación.

### **Semillas, ricas botanas que requieren ser conservadas**

Las semillas son esa rica botana que disfrutamos en compañía de amigos. Las podemos encontrar en nuestras alacenas, en las tiendas grandes y en las tiendas de la esquina, también en los cines y en los parques. Pueden estar condimentadas con sal, chile y limón, caramelo, o cubiertas con chocolate, ideales para un regalo especial. Pero, no olvi-

demos que son la base de la producción de alimentos en el mundo. Es un **alimento nutritivo, rico en vitaminas y minerales, que aportan gran cantidad de fibra.**

Las semillas están compuestas por una cubierta protectora llamada testa, la cual cubre al tejido nutritivo que rodea al embrión, mismo que genera una nueva planta. La radícula formará la raíz y la plúmula el tallo y la copa. Hace aproximadamente diez mil años se dieron cuenta de esto y nació la agricultura; la humanidad cambió para siempre, el humano se hizo sedentario y florecieron los pueblos y ciudades, lo que motivó el desarrollo de las artes y la ciencia.

Las semillas pueden ser la parte interna de un fruto, como sucede en las angiospermas o estar desnudas en estructuras llamadas conos, en las gimnospermas. **Más del 90 % de las plantas producen semillas** y son llamadas espermatofitas. Lo extraordinario es que cada semilla tiene la capacidad de formar una planta, puede ser una hierba de 20 centímetros o un árbol de 50 metros de altura. Por lo que, si conservamos las semillas bajo un eficiente método, tendremos la capacidad de ponerlas a germinar y formar nuevos bosques.



Imagen de ashish choudhary en Pixabay



Semillas recalitrantes de *Inga jinicuil*: A) Semillas en proceso de germinación; B) Semillas mostrando la radícula. Fotografía propia de autores.

### La recolecta de semillas para su conservación

Actualmente, **los bosques enfrentan amenazas**, entre las que sobresalen el cambio de uso de suelo, el pastoreo, las especies invasoras, los incendios, las plagas y las enfermedades. Pero recientemente se ha agregado una nueva amenaza: el **cambio climático**, que consiste en un aumento de la temperatura promedio y una disminución de la precipitación. Todo esto está alterando el lugar donde habitan las plantas y está **modificando la época en que producen flores y frutos**. Lo anterior pone en peligro la existencia de todos los recursos naturales y con ellos a las semillas, las cuales son la unidad básica de reproducción y de dispersión de las plantas, a la vez que son la opción de conservar las plantas y árboles en riesgo de extinción. En este sentido, las semillas son la mejor opción para recolectar, transportar, almacenar y estudiar.

Son un insumo clave para la conservación y restauración de bosques y selvas. Pero, **¿por qué recolectar semillas?** Existen varias respuestas, entre ellas, que la mayoría de las plantas estudiadas

producen semillas y se conocen muchas, unas 304 419 especies de angiospermas y 1 104 de gimnospermas. Las colectas de semillas de un amplio número de árboles representan las diferentes formas de la población que conocemos como diversidad genética. Una gran cantidad de tipos de semillas **pueden conservarse por mucho tiempo**.

### ¡Silencio, las semillas deben dormir!

Para que una semilla germine necesita principalmente agua, oxígeno y temperatura. En la germinación se distinguen tres fases: en la primera, la semilla absorbe agua y aumenta la respiración de las células. En la segunda, el embrión comienza el desarrollo y con la aparición de la radícula, termina la tercera fase y comienza el desarrollo de la plántula. **Pero si una semilla teniendo agua, oxígeno y temperatura no germina, es porque está dormida**. La dormancia o latencia de las semillas, es un periodo en el que la actividad celular se detiene y es una **característica importante para almacenar semillas**. La latencia se debe a que la testa no per-

mite la entrada de agua, así como a la fisiología del embrión, y muchas semillas tienen estas características.

Sin embargo, **en la naturaleza, la latencia o dormancia son controladas** para que ocurra la germinación. Para romper la cubierta o testa dura, los microorganismos del suelo la degradan, se rompe al pasar por el estómago de animales y los incendios en los bosques es un factor que ayuda a la germinación. Además, las lluvias remueven sustancias que pueden inhibir la germinación. Pero tener latencia es una ventaja para las semillas, ya que pueden permanecer almacenadas en el sotobosque y ahí pueden estar por semanas, meses o años hasta que se vuelvan a reactivar.

### ¿Todas las semillas se pueden almacenar?

Es común escuchar noticias de científicos que encuentran semillas antiguas que son puestas a germinar y las semillas responden germinando. En 1960, científicos chinos encontraron en un lago semillas de loto (*Nelumbium nuciferum*) de 1300 años de antigüedad. Asimismo, en Dinamarca, al realizar la remodelación de una casa antigua, encontraron semillas de 1700 años que pertenecían a dos especies de plantas herbáceas (*Chenopodium album* y *Spergula arvensis*). En Israel, al realizar excavaciones arqueológicas en 1970, encontraron semillas de

dátiles (*Phoenix dactylifera*) de 2000 años de antigüedad. Más recientemente, en 2006, se encontraron en Londres semillas de acacia (*Acacia* sp.) con 200 años de antigüedad, las cuales habían llegado por barco desde Sudáfrica. En todos estos casos, las condiciones secas de los lugares en que fueron encontradas ayudó a conservarlas, así como el hecho de que tenían una testa dura. Pero con **el problema del deshielo de los glaciares y nieve de los polos, es cada vez más común encontrar semillas antiguas**. En Alaska, por ejemplo, encontraron semillas de una herbácea (*Lupinus arcticus*) de más de diez mil años de antigüedad, misma que se encontraba en una madriguera de roedores ya extintos. Y cada vez escucharemos más noticias sobre semillas antiguas.

Pero contestando la pregunta, **¿todas las semillas se pueden almacenar?**, la respuesta es **NO**. Antes mencionamos que solo las clasificadas como ortodoxas pueden ser bien conservadas, ya que tienen la capacidad de perder agua o desecarse hasta en un 95 % sin que el embrión pierda su viabilidad. Pero, además, soportan bajas temperaturas, por lo que pueden ser conservadas en grandes congeladores hasta -18 °C. Se cree que el 92 % de las plantas tienen semillas ortodoxas. Las semillas y cereales que son nuestro alimento, son ejemplo de este tipo de semillas.



Semillas ortodoxas conservadas en contenedores herméticos en un refrigerador a -20 °C. Fotografía propia de autores.



Las semillas recalcitrantes no pueden ser almacenadas fácilmente debido a que los embriones no resisten perder humedad y no toleran temperaturas menores a 10 °C. La pérdida de humedad daña el embrión y disminuye su viabilidad, por lo cual, las semillas no pueden sobrevivir. Como ejemplos de semillas recalcitrantes tenemos los granos del café, la papaya, los encinos y de muchos frutos tropicales como el aguacate, el mango, el mamey, entre otros. **También existen semillas que se encuentran entre las ortodoxas y las recalcitrantes, las cuales son llamadas semillas intermedias, estas pueden conservarse a mediano plazo.**

### ¿Dónde se pueden conservar las semillas?

Para proteger a las especies, una estrategia es conservarlas en su hábitat natural, también llamada **conservación *in situ***. Sin embargo, esta estrategia se encuentra amenazada por varios factores, por lo que se está impulsando la protección de las especies fuera de su ambiente natural, la llamada **conservación *ex situ***. Como parte de la conservación *ex situ*, la conservación de semillas se identifica como la acción más eficaz, por lo que los bancos de semillas son una herramienta importante para conservar los recursos naturales debido a su alta capacidad de almacenamiento y a la disposición de accesiones para realizar investigación. Un **banco de semillas proporciona un ambiente controlado** libre de plagas y enfermedades, implica la deseca-

ción de las semillas y el almacenamiento en frío en recipientes herméticos. **Se centra en el almacenamiento de semillas ortodoxas**, ya que, por su resistencia a la desecación y congelación, pueden conservarse en el largo plazo. El tiempo que pueden permanecer en almacenamiento y después germinar se llama longevidad. Existen bancos de semillas para conservar especies de importancia alimenticia o agrícola, también de especies de importancia forestal y los de especies silvestres. Te invitamos a que visites el banco de semillas más cercano.

### La importancia de conservar semillas

La importancia de las diversas acciones para conservar semillas, recae en:

**Salvaguardar** la diversidad genética para evitar la extinción de una población o especie.

**Proteger** especies de importancia alimenticia y evitar hambrunas.

**Conservar** la fuente de germoplasma para reforestación de bosques y selvas.

**Permitir** la restauración ecológica de un hábitat degradado.

**Proporcionar** información y datos para la investigación en semillas ortodoxas.

**Investigar** métodos de conservación en semillas recalcitrantes.

**Divulgar** información y promover la educación ambiental.



Di-Sacco, A., Way, M., León-Lobos, P., Suárez-Ballesteros, C.I. y Díaz-Rodríguez, J.V. (2020). *Manual de recolección, procesamiento y conservación de semillas de plantas silvestres*. Royal Botanic Gardens, Kew e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (PDF) Manual de recolección, procesamiento y conservación de semillas de plantas silvestres (researchgate.net)

Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su

producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos tropicales*, 31(1), 74-85. CT31(1)2010 (sld.cu)

Sampayo-Maldonado, S., Castillo-Martínez, C.R., Jiménez-Casas, M., Sánchez-Molsalvo, V., Jasso-Mata, J. y López-Upton, J. (2017). Germinación *in vitro* de semillas de *Cedrela odorata* L. de genotipos extintos. *Agroproductividad*, 10(8), 53-58. (PDF) GERMINACIÓN IN VITRO DE CEDRELA ODORATA L. SEMILLAS DE GENOTIPOS EXTINTOS (researchgate.net):

# LA CIENCIA EN POCAS PALABRAS

## ¿Qué son los productos naturales de origen vegetal?

David Calderón-Rangel y Hugo A. García-Gutiérrez



<https://pixabay.com/es/photos/search/productos%20plantas/>

**David Calderón-Rangel.** Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

[0617356b@umich.mx](mailto:0617356b@umich.mx)

**Hugo A. García-Gutiérrez.** Profesor-Investigador, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

[hgarcia@umich.mx](mailto:hgarcia@umich.mx)

### Productos naturales ¿Qué son?

El término «producto natural» se utiliza para designar a los compuestos aislados de una fuente natural sin que sufran modificaciones en su estructura química, y pueden extraerse de plantas, animales o microorganismos; son **mejor conocidos como metabolitos secundarios** y estos se diferencian de los metabolitos primarios (carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos) debido a que no son estrictamente esenciales para que el organismo que los biosintetiza subsista. **Las plantas son consideradas como la principal y la fuente más diversa de metabolitos secundarios en nuestro planeta.**

Los productos naturales o **metabolitos secundarios** se pueden clasificar principalmente con base en cuatro criterios: **estructura química, biogénesis, actividad farmacológica y taxonomía**. Existen tres intermediarios químicos principales como: la acetil-Coenzima A, el ácido shikímico y el ácido mevalónico, a partir de los cuales se generan los principales grupos de productos naturales vegetales, como son los ácidos grasos (1), antraquinonas (2), terpenos (3), esteroides (4), alcaloides (5), cumarinas (6) y lignanos (7) (Figura 1). Algunos de los metabolitos secundarios se biosintetizan utilizando fragmentos que provienen de más de una ruta específica, como es el caso de los flavonoides que se forman a partir de la ruta de la acetil-Coenzima A y del ácido shikímico. Estos compuestos provienen de una biogénesis mixta.

### Hablemos de su función

Muchos de estos metabolitos vegetales juegan un papel ecológico importante para interaccionar con otros organismos, es decir, como **atrayentes de insectos polinizadores** o como **mecanismo químico de defensa** con la finalidad de evadir el ataque de parásitos y herbívoros, algunos otros son los **responsables de los colores característicos de las especies**, de sus flores, hojas, e incluso tallos. Por otro lado, su implementación y estudio viene de tiempos ancestrales transmitiendo el conocimiento de generación en generación para ser usados como **venenos para la caza, narcóticos, estimulantes, perfumes o especias**. Hoy en día, gracias a los avances tecnológicos, se puede decir que se tiene un enfoque o estudio quimiotaxonómico, enzimático y ecológico, pero principalmente utilizados con fines terapéuticos o medicinales.

En un principio era común utilizar plantas enteras, después se hizo frecuente utilizar solo partes de ellas, lo que implicaba tener conocimiento acerca del uso de las especies empleadas con fines curativos, pero con la limitación de que no se sabía a qué compuestos químicos atribuirle esos efectos benéficos, de aquí surge la necesidad de llevar a cabo la extracción y determinación de las posibles **sustancias responsables de las actividades farmacológicas**.

### Análisis químico de estos productos

Desde el punto de vista de un Químico Orgánico, lo primero que se tiene que considerar es si lo que se quiere realizar es un análisis o estudio fitoquímico de todos los compuestos presentes en las diferentes partes de una planta, o si ya se tiene algún estudio al respecto de la presencia de uno o varios metabolitos de interés, dicho esto, lo siguiente a tomar en cuenta es cómo

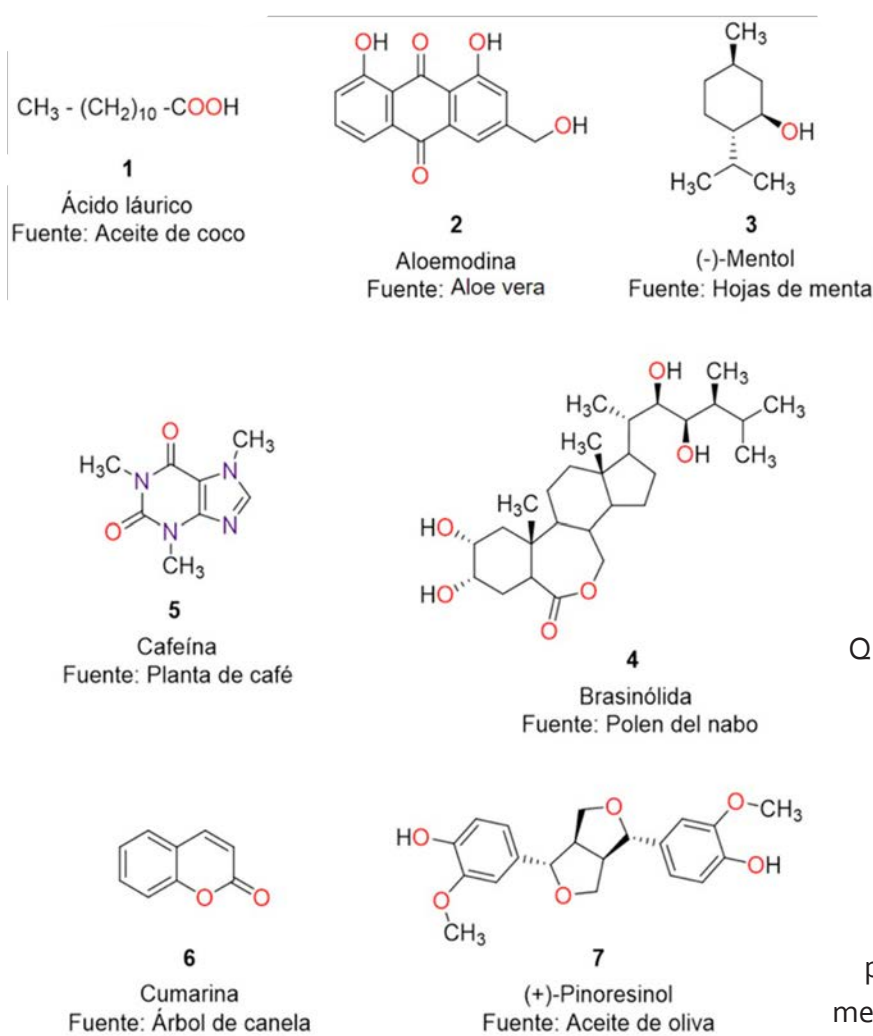


Figura 1. Ejemplos de estructuras químicas de metabolitos secundarios de origen vegetal.



[https://pixabay.com/es/photos/search/flor%20mariposa/?manual\\_search=1](https://pixabay.com/es/photos/search/flor%20mariposa/?manual_search=1)

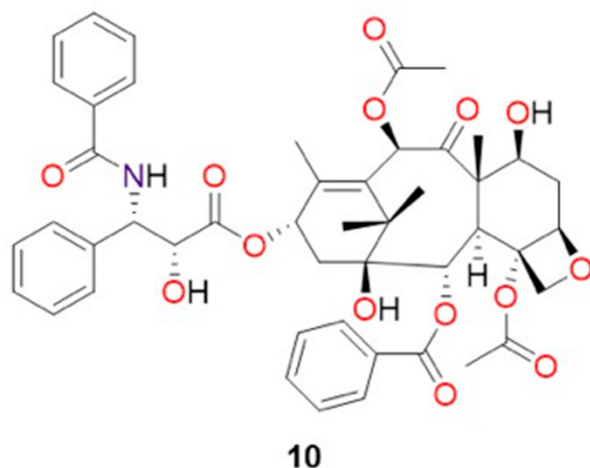
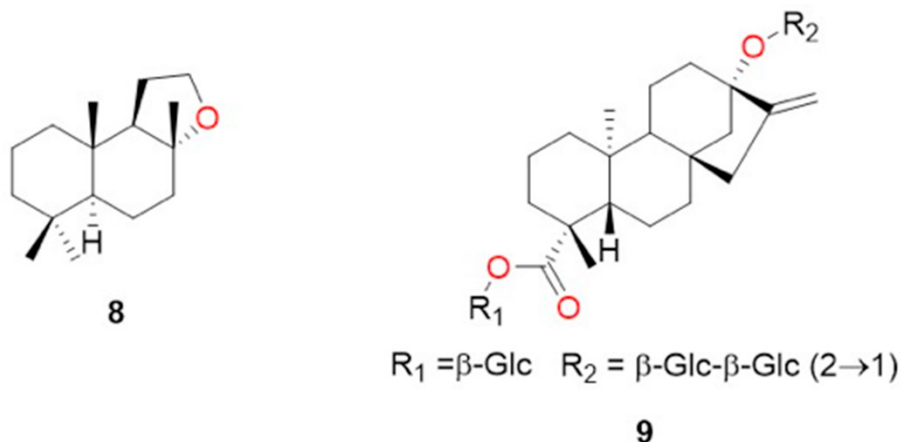
procesar cada parte de la planta, debido a que pueden llegar a necesitarse técnicas específicas para determinadas partes. En el caso de que se trate de un estudio fitoquímico, lo primero a realizar son extracciones o macerados de las plantas empleando diferentes disolventes en orden ascendente de polaridad, esto para hacer una extracción fraccionada; a continuación, la metodología a seguir depende de la naturaleza, estructura química y propiedades de los metabolitos secundarios, para lo cual se pueden emplear ya sean métodos físicos (destilación, extracción, cristalización, cromatografía) o químicos (transformar el compuesto natural en un derivado que facilite su purificación).

Finalmente, ya obtenidos los metabolitos secundarios, estos tienen que ser caracterizados, es decir, determinar su estructura química mediante técnicas como Resonancia Magnética Nuclear (RMN), Espectrometría de Masa (EM), Espectrofotometría de Infrarrojo (IR), Difracción de Rayos X si fuera el caso, entre otras. Los resultados deben ser comparados con los reportes de literatura para verificar si se trata de compuestos previamente descritos o si son nuevos compuestos.

### Aplicaciones de algunos productos naturales de plantas

Los metabolitos secundarios se pueden encontrar implicados en diversas áreas como la industria farmacéutica, la alimentaria, la perfumería, la agroquímica, entre otras. También pueden ser utilizados como materias primas para la obtención de nuevos derivados que se caractericen por presentar mejoras respecto a la sustancia original. Existen productos naturales que son representativos y conocidos a nivel mundial debido a sus usos o efectos que producen, como ejemplos podemos mencionar a:

- **Ambrox (8):** aislado de la secreción producida del cachalote e implementado como fijador en la industria de la perfumería.
- **Esteviósido (9):** aislado de las hojas de *Stevia rebaudiana*, es un edulcorante 300 veces más dulce que la sacarosa (azúcar de mesa).
- **Paclitaxel (Taxol®, 10):** aislado de la corteza del árbol *Taxus brevifolia*, considerado como el mejor agente anticanceroso y utilizado en el tratamiento de diversos tipos de cáncer.



Productos naturales de plantas, representativos de interés mundial.

Por el simple hecho de ser obtenidos de una fuente natural, la explotación del organismo en exceso puede llevar a una considerable disminución de la especie, e incluso su extinción, por lo que debemos trabajar en encontrar alternativas que permitan **disminuir la explotación de las fuentes naturales o cultivarlas de manera sustentable**.

Por lo general, los compuestos obtenidos de fuentes naturales, en este caso de las plantas, se presentan en pequeñas cantidades (en el orden de los miligramos), de tal manera que a nivel industrial en determinado momento no es suficiente el aislamiento a partir de una fuente natural, y aquí es donde entra su producción en laboratorios mediante síntesis química de manera sustentable.

De ahí que podemos distinguir a los productos naturales de origen vegetal que provienen directamente de las plantas, de los sintéticos, los cuales se sintetizan actualmente para producir estructuras químicas con propiedades lo más cercano a las encontradas en plantas.



Claramunt-Vallespí, R. M., Farrán-Morales, M. A., López-García, C., Pérez-Torralba M., Santa María-Gutiérrez, M. D. (2013). *Química Bioorgánica y Productos Naturales*. UNED. [https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=wUdGAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=productos+naturales&ots=geyqJ2ky5K&sig=TWOH\\_bYO\\_hg5O3SWFFgoCGmgI6Q#v=onepage&q=productos%20naturales&f=false](https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=wUdGAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=productos+naturales&ots=geyqJ2ky5K&sig=TWOH_bYO_hg5O3SWFFgoCGmgI6Q#v=onepage&q=productos%20naturales&f=false)

Martínez, M.A. (2020), *Química de Productos Naturales*. UDEA. [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/16148/1/MartinezAlejandro\\_2020\\_QuimicaProductosNaturales.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/16148/1/MartinezAlejandro_2020_QuimicaProductosNaturales.pdf)

Ringuelet, J. y Viña, S. (2013). *Productos Naturales Vegetales*. Libros de Cátedra. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, EDULP, Univ. Nac. De La Plata. 1ª. Ed. 261 p. <https://core.ac.uk/download/pdf/15784539.pdf>

