



PLANTA





UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN®

Una publicación de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Dr. Med. Santos Guzmán López
Rector

Dr. Juan Paura García
Secretario General

Dr. Jaime Arturo Castillo Elizondo
Secretario Académico

Dr. José Javier Villarreal Álvarez Tostado
Secretario de Extensión y Cultura

Lic. Antonio Jesús Ramos Revillas
Director de Editorial Universitaria

Dr. José Ignacio González Rojas
Coordinador de la Facultad de Ciencias Biológicas

Dr. Marco Antonio Alvarado Vázquez
Dr. Sergio Manuel Salcedo Martínez
Editores Responsables

Dra. Alejandra Rocha Estrada
Editora Invitada

Dr. Jorge Luis Hernández Piñero
Circulación y Difusión

PLANTA, Año 19, N° 29, Agosto 2024. Es una publicación semestral editada por la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Facultad de Ciencias Biológicas. Domicilio de la publicación: Ave. Pedro de Alba y Manuel Barragán, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, C.P. 66451. Teléfono: + 52 81 83294110 ext. 6456. Fax: + 52 81 83294110 ext. 6456. Editores responsables: Dr. Marco Antonio Alvarado Vázquez y Dr. Sergio Manuel Salcedo Martínez. Reserva de derechos al uso exclusivo: 04-2022-110813543200-102. ISSN 2007-1167, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Licitud de título y contenido No. 14,926, otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Registro de marca ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial: En trámite. Impresa por: Imprenta Universitaria, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, C.P. 66455. Fecha de terminación de impresión: 30 de agosto de 2024. Tiraje: 250 ejemplares. Distribuido por: Universidad Autónoma de Nuevo León a través de la Facultad de Ciencias Biológicas. Domicilio de la publicación: Ave. Pedro de Alba y Manuel Barragán, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, C.P. 66455.

Las opiniones y contenidos expresados en los artículos son responsabilidad exclusiva de los autores.

Prohibida su reproducción total o parcial, en cualquier forma o medio, del contenido editorial de este número.

Impreso en México

Todos los derechos reservados

® Copyright 2024

planta.fcb@gmail.com

Contenido

Editorial	3
Personajes	
Jhon Ray	4
Conoce Tú flora	
Conoce a <i>Dioon angustifolium</i>	6
Botánica Aplicada	
Algas Tóxicas	9
Microalgas de ambientes desérticos: Importancia, potencial y aplicaciones	18
Hongos comestibles de Nuevo León	23
Uso Potencial de <i>Artemisia annua</i> en el Tratamiento de la Malaria	28
El Huizache. Botánica y Biotecnología	34

Solo Ciencia

Efecto de los Bioestimulantes Fitomaxi® a base de Microalgas en la Floración y Amapolte en Cultivo de Chile Variedad Mixteco	40
Efecto de Radix® y Boost® en la Productividad y Calidad del Cultivo de Cebolla variedad Hornet	47
Estimación de los servicios ecosistémicos que ofrece un bosque urbano en la zona metropolitana de Monterrey	52
Restos del género <i>Hechtia</i> (Bromeliaceae) en un Contexto Arqueológico de Nuevo León, México	58

El Urbanita Verde

Jardines Nativos y su Importancia Ecológica. Una Reflexión Personal	72
---	----

Instrucciones a los autores

78

Para Reflexionar

El hombre y la naturaleza	80
---------------------------	----

Imagen portada

Macrorestos arqueológicos del género *Hechtia* en Nuevo León

Autores: R.E. Narváez Elizondo y A. Rivera Estrada

Agua potable, un derecho que se vuelve en un artículo de lujo

Jamás en la historia de Nuevo León habíamos tenido un verano con una escasez de agua tan aguda como el que vivimos en 2023 y de no ser por las lluvias que trajo consigo el huracán Alberto este 2024 (646.5 mm) muy probablemente hubiéramos vivido las más duras restricciones en el suministro de agua potable con largos cortes de este servicio.

¿Cómo están nuestras reservas actualmente?

Al 26 de agosto del 2024, el área metropolitana de Monterrey (AMM) cuenta con un almacenamiento de agua potable en las tres presas que dan el suministro (Cuchillo, Cerro Prieto y La Boca) de 1373.644 Hm³ (donde 1Hm³ equivale a mil millones de litros).

¿Cuánto duran estas reservas?

De acuerdo con el censo de 2020 el número de habitantes en el AMM sumó 5.34 millones, si consideramos un consumo promedio de 100 lt de agua para cada uno de ellos y sumamos a este consumo un 17% que se pierde por fugas, tendremos que este volumen debería alcanzar para cubrir durante 5 años y 310 días las necesidades de la población (considerando que no haya más escurrimientos, lluvias, trasvases o fugas y sin considerar los 37187 migrantes anuales que llegan o la tasa de crecimiento anual de alrededor del 8%) Pero, ya que el consumo diario per cápita es realmente de 136 lt el agua alcanzaría para 4 años y 18 días).

¿Cuánto cuesta el litro de agua de la llave y el litro de agua purificada?

Considerando la tarifa actual (Categoría 2 para Agosto 2024 de SAYDM) con un consumo de 20 metros cúbicos al mes con un costo de 367.38 pesos, cada litro cuesta 0.018 pesos. Mientras que por cada litro de agua purificada embotellada en garrafón de 20 litros pagamos entre 1.50 y 3.00 pesos (una diferencia de entre 83 y 166 veces más).

¿Cada cuánto tiempo tenemos huracanes que rellenen los niveles de nuestras presas?

Los huracanes que han afectado significativamente los niveles de las presas de Nuevo León han sido en 1967 el Beulah; en 1988 el Gilberto; en 2010 el Alex y en 2024 la tormenta tropical Alberto con un lapso de tiempo entre ellos de 21, 22 y 14 años, sucesivamente.

¿Qué tipo de agua podríamos tener al traer agua del Río Pánuco a Monterrey, con el proyecto Monterrey VI?

El anteproyecto tendrá un costo de 40,000 millones de pesos pero hay que considerar que la sequía de 2023 también afectó grandemente el caudal del Río Pánuco en Veracruz y que las aguas de este Río contienen contaminantes como mercurio, arsénico, cloruro de vinilo, Di(2-etilhexil) ftalato (DEHP) entre otros, pues recibe a lo largo de su recorrido desde sus afluentes descargas de aguas negras, alcantarillado, minería, fertilizantes, refineras y basura doméstica.

¿Qué otras alternativas tenemos?

Entre otras, podríamos buscar una mayor cobertura vegetal con reforestación de áreas públicas como plazas, parques, banquetas y camellones, así como de áreas suburbanas incendiadas o áreas agrícolas abandonadas, con la finalidad de aumentar la probabilidad de lluvia y recarga de acuíferos. En este mismo sentido si adecuáramos los parques públicos como áreas de captación y percolación de agua de lluvia los acuíferos se recargarían más rápidamente y habría menor caudal y riesgos de accidentes en vados y arroyos en el AMM.

Perspectivas

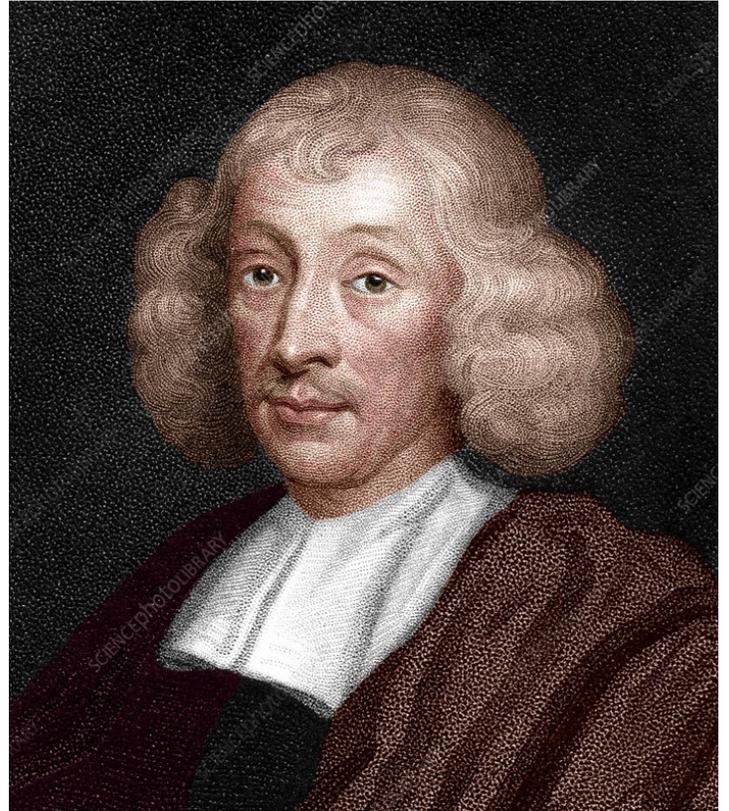
Si no queremos que Monterrey vuelva a padecer escasez de este líquido debemos fomentar la cultura del agua en toda la población, evitando fugas y desperdicios, sustituyendo las plantas exóticas por plantas nativas, optimizando sistemas de riego en áreas verdes y evitando malos hábitos en el uso de este recurso. Tratemos de llegar al promedio de uso de 100 litros de agua por persona, reusemos la mayor cantidad de ella y empecemos a implementar sistemas de captación de agua de lluvia en techos, azoteas y desagües de aires acondicionados, así como muros y techos verdes en casas y edificios.

Jhon Ray

Jhon Ray nacido el 27 de noviembre de 1627 en la villa de Black Notley situada en el condado de Essex, en Inglaterra del Reino Unido y fallecido el 17 de enero de 1705 en su misma villa, llegó a ser profesor en la Universidad de Cambridge,

misma universidad donde fue estudiante para ser uno de los primeros naturalistas, botánico y zoólogo inglés en desarrollar el concepto de especie en la biología, basándose principalmente en la capacidad reproductiva entre individuos de una misma especie en el estudio de animales, donde su principal contribución en la zoología fue incluir una clasificación de mamíferos, aves, peces e insectos, y dado a su gran interés por las plantas propuso este mismo concepto en la botánica basándose en que las plantas de una misma especie producirían semillas que darían lugar a plantas similares.

Además, realizó extensos estudios de plantas como contribuciones botánicas plasmándolas en su obra "*Historia Plantarum*" publicada en tres volúmenes entre 1686 y 1704, donde explica cómo fue clasificando y describiendo más de 18 mil especies de plantas dividiéndolas en grupos como hierbas, arbustos y árboles con base a sus características morfológicas



Jhon Ray (1627-1705)

como son sus hojas, flores, frutos, su distribución y usos.

Actualmente es considerado por muchos como el padre de la historia natural británica, además de ser uno de los principales precursores de la taxonomía moderna, también Ray es recordado por sus aportes científicos siendo otro de los más destacados su enfoque metódico y sistemático en el estudio de la naturaleza donde enfatizó en la importancia de la ob-

servación directa y la experimentación en el estudio de esta misma, sentando las bases para el desarrollo de la biología moderna.

Algo a destacar de Ray fue que intentó reconciliar sus creencias religiosas con sus observaciones científicas, algo que es posible de observar en otra de sus obras, "The Wisdom of God Manifested in the Works of the Creation" en 1691, obra en la que Ray busca entender y probar la existencia de Dios a través del estudio de la naturaleza, al igual que estas obras y muchas otras con las que Ray influyó significativamente en naturalistas posteriores como es el propio Carl Linnaeus, debido a que contribuyó significativamente en la estandarización de los nombres de las plantas al utilizar frases descriptivas en latín, siendo este el sistema binomial que terminaría perfeccionando Linnaeus, por otro lado Ray también influyó más directamente en el desarrollo de la tecnología natural en Inglaterra como fueron estudios detallados sobre la estructura interna de las plantas, contribuyendo en la anatomía vegetal, junto a esto se interesó por como funcionan las plantas estudiando sus procesos naturales como es el crecimiento, su nutrición, el desarrollo de frutos entre otros aspectos más.

También fue uno de los primeros botánicos en reconocer una distinción entre las monocotiledóneas y dicotiledóneas entre los grupos de plantas con flores, todo esto plasmándolo en "*Catalogus Plantarum Angliae*" en 1670 donde intentó exhaustiva-

mente catalogar la flora de Inglaterra.

Además de todo lo anterior, Ray sentó las bases para la realización de colecciones botánicas debido a su gusto por tener una extensa colección de plantas secas. Ray no solo describió el desarrollo de las plantas, sino también describió un concepto de adaptación para estas, pero no proponiendo una teoría evolutiva ya que observaba como las plantas se adaptaban a diferentes entornos.

Debido a sus creencias y extensos conocimientos de historia natural, Ray declaró que la complejidad y el diseño aparente en la naturaleza son pruebas de la existencia de un Creador divino, argumentando que dicha adaptación de los organismos a su entorno son el resultado de un diseño inteligente, un precursor del argumento del "diseño inteligente" criticando así al ateísmo, argumentando en contra de las visiones ateas y materialistas del mundo natural, ya que Ray creía firmemente que el estudio científico de la naturaleza no lo contradecía, sino que reforzaba la fe de un Creador divino, no obstante, las obras de Ray siempre lidiaban contra otros naturalistas quienes debatían filosófica y tecnológicamente sus descubrimientos descritos en estas, sin embargo, estas mismas declaraciones y argumentos sentaron las bases para estudios ecológicos posteriores, además de anticipar aspectos de la teoría evolutiva.



Conoce a *Dioon angustifolium*

M.M. Salinas-Rodríguez*

Universidad Autónoma de Nuevo León,
Facultad de Ciencias Biológicas, Depto. de Biología Vegetal. Herbario
Ave. Pedro de Alba s/n, Cd. Universitaria,
San Nicolás de los Garza, N.L. México. 66455.

* maria.salinasrdr@uanl.edu.mx

D*ioon angustifolium* es una especie de cycada de la familia Zamiaceae con una historia evolutiva en extremo interesante cuyo linaje tiene más o menos 27 millones de años. La filogenia revela que los ancestros de las cycadas se originaron hace más de 265 millones de años, lo que las convierte en las plantas con semillas más antiguas de México. Fueron abundantes en épocas geológicas como el Carbonífero y el Cretácico cuando los climas tropicales eran más extensos en América del Norte, sin embargo, debido a los cambios climáticos del pasado, su distribución actual es discontinua, pero llega hasta el estado de Nuevo León a través de la Sierra Madre Oriental y estudios recientes acerca de su morfología sugieren que se está adaptando a la aridez

Ha sido objeto de estudio debido a su belleza, su rareza y por ser una planta cuyas semillas son comestibles y fueron consumidas por los grupos humanos nómadas del noreste de México incluso antes de que se domesticara el maíz, de ahí su nombre como maíz viejo, mazorca vieja, maíz de los abuelos o simplemente chamal.

El “chamal” se distribuye en la Sierra Madre Oriental de Nuevo León y la Sierra de San Carlos en Tamaulipas en altitudes que van desde los 300 hasta los 1,200 metros sobre el nivel del mar, siendo su hábitat preferido el bosque templado y el matorral submontano, estando bien adaptada a la estacionalidad con temporadas húmedas y secas y pudiendo soportar heladas.

Es una especie sumamente longeva y perenne que puede vivir varios cientos de años. Su aspecto recuerda a la de una palma, con un caule (o tronco) robusto semileñoso con hojas en forma plumosa (pinnada), de pequeños foliolos delgados o angostos, rígidos formando una corona que a menudo cuelga como una falda cuando las hojas envejecen, es una planta que no da flores, en su lugar, se reproduce a través de gametos femeninos y masculinos alojados en una estructura llamada cono y como es una planta dioica (que quiere decir que tiene plantas hembras y plantas machos), los conos de los machos parecen precisamente una mazorca alargada que poseen el polen y la de las hembras es un cono más bien redondeado que tiene los óvulos



***Dioon angustifolium* en hábitat de bosque de encinos**

que al ser fertilizados y madurar se convertirán en decenas de semillas.

Aunque parezca mentira por la antigüedad de su linaje y por no tener flores, a *Dioon angustifolium* la polinizan algunas especies de escarabajos, insectos que al igual que ella tienen linajes sumamente viejos. Este mutualismo es vital para su reproducción, ya que facilita la transferencia de polen de los conos masculinos a los femeninos.

En cuanto a su ecología, *Dioon angustifolium* es una especie tóxica y de ella se alimentan las orugas de una mariposa que también es tóxica, llamada “mariposa alas de telaraña chamalina” (*Eumaeus childrenae*), además sus raíces coraloides forman re-

laciones simbióticas con hongos micorrízicos que mejoran la absorción de nutrientes, particularmente fósforo, lo que es esencial para el crecimiento en suelos pobres, además estabiliza los suelos de las laderas y los protege de la erosión. Es una planta sumamente resistente a los incendios y se regenera con rapidez.

Su corona de hojas se renueva de acuerdo con la disponibilidad de agua, siendo la primavera antes de las lluvias el momento en que lo hace, siguiendo así la polinización en las lluvias y posterior formación de conos en otoño y maduración al inicio del invierno, evitando así que al caer las semillas del cono madre al suelo se pudran con el exceso de humedad, una



Hembra de *Dioon angustifolium* con su cono.

adaptación más a la sequía. Así quedarán en latencia hasta la próxima temporada lluviosa que germinen.

Dioon angustifolium es una especie endémica del noreste de México, lo que significa que no se encuentra de forma natural en ningún otro lugar del mundo. Aunque es una especie que está protegida por las normas mexicanas e internacionales, su principal enemigo sigue siendo el saqueo y la ganadería, pues las vacas comen las hojas tiernas de la corona y al ser una planta tóxica terminan intoxicadas, sin posibilidad de aprovechar su carne o leche y eso significa pérdidas para los ganaderos.

Dioon angustifolium sería la planta con linaje más longevo de Nuevo León, su conservación es fundamental no solo por su valor per se, sino también por el papel ecológico que desempeña y su importancia cultural. Los esfuerzos continuos para proteger esta especie son esenciales para asegurar su supervivencia, es por eso que actualmente en el Herbario de la

Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL estamos desarrollando investigaciones en torno a esta especie fascinante.



Oruga de *Eumaeus childrenae* en hoja de *D. angustifolium*.

Algas Tóxicas

S.M. Salcedo-Martínez*, N.F. Puente-Quintanilla, L.V. Aguilar-Villegas
y J.L. Hernández-Piñero

Universidad Autónoma de Nuevo León,
Fac. de Ciencias Biológicas, Depto. de Biología Vegetal. Lab. de Criptógamas
Ave. Pedro de Alba s/n, Cd. Universitaria,
San Nicolás de los Garza, N.L. México. 66455.

* sergio.salcedomr@uanl.edu.mx

Resumen

Las algas son uno de los elementos más importantes de las comunidades acuáticas. Estas son organismos productores primarios y son consumidas ávidamente por el zooplancton u otros consumidores, sin embargo sus poblaciones sobreviven gracias a que poseen mecanismos de defensa que les permite modificar su ciclo de vida, de manera que sólo se presentan en las estaciones del año cuando las poblaciones de depredadores disminuyen; reduciendo su tamaño y aumentando la velocidad de división celular, dificultando el ser encontradas y consumidas; modificando su forma y estructura. Otras evaden a sus consumidores mediante movilidad o ahuyentándolos gracias a la bioluminiscencia, o a la presencia de sustancias químicas, las cuales pueden causar toxicidad tanto para depredadores como para otros organismos, incluyendo el hombre. En este trabajo se exploran los principales tipos de toxicidad causados por algas.

Palabras clave: Algas tóxicas, cianobacterias, ciguatera, envenenamiento, neurotóxico, amnésico, paralítico, diarreico.

Abstract

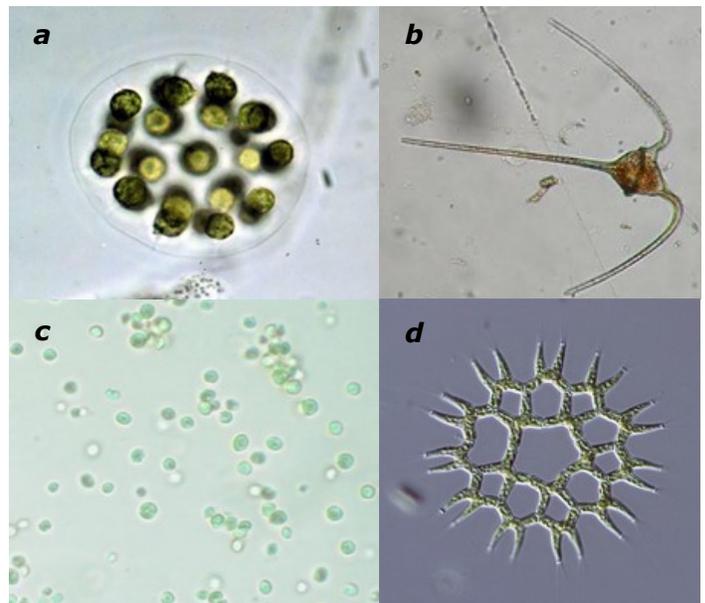
Algae are one of the most important elements of aquatic communities. These are primary producing organisms and are avidly consumed by zooplankton or other consumers, however their populations survive thanks to the fact that they have defense mechanisms that allow them to modify their life cycle, so that they only occur in the seasons of the year when the predator populations decline; reducing their size and increasing the speed of cell division, making it difficult for them to be found and consumed; modifying its shape and structure. Others evade their consumers through mobility or by scaring them away thanks to bioluminescence, or the presence of chemical substances, which can cause toxicity for both predators and other organisms, including humans. In this work, the main types of toxicity caused by algae are explored.

Key words: Toxic algae, cyanobacteria, ciguatera, poisoning, neurotoxic, amnesic, paralytic, diarrheal.

En las comunidades acuáticas los organismos fotosintéticos son los principales productores primarios, de manera que el resto de las poblaciones dependen en última instancia de la síntesis de biomoléculas que ellos realizan para subsistir. Las algas son un componente importante de esos productores acuáticos, son consumidas ávidamente por el zooplancton u otros consumidores y sus poblaciones sobreviven gracias a que poseen varios mecanismos de defensa para defenderse del herbivorismo.

Aquellas que como parte del fitoplancton viven en la columna de agua y además son pequeñas, logran evitar que sus poblaciones sean diezmadas mediante alguna de las siguientes estrategias: modificando su ciclo de vida, de manera que sólo se presentan en las estaciones del año cuando las poblaciones de depredadores disminuyen; reduciendo su tamaño y aumentando la velocidad de división celular, dificultando el ser encontradas y consumidas; modificando su forma y estructura, ya sea rodeándose de capas mucilaginosas, alargándose, aumentando el número de células en una colonia o bien desarrollando paredes celulares más duras o procesos espinosos en la superficie celular, de esta forma células pequeñas son percibidas de mayor tamaño por los herbívoros o al ser ingeridas obstruyen el tracto digestivo o simplemente pasan a través de él sin ser digeridas. Otras son capaces de evadir a sus consumidores al presentar movilidad gracias a la presencia de flagelos o ahuyentarlos gracias a la bioluminiscencia, o a la presencia de sustancias químicas (Graham & Wilcox, 2000).

Los envenenamientos se asocian con cambios de coloración del agua causados por los pigmentos contenidos en algas productoras de toxinas, cuyo número se ha acrecentado rápidamente debido a una elevada tasa de división y acumulación de individuos. Estas altas densidades celulares se deben comúnmente a la presencia en el agua de elevadas concentraciones de formas asimilables de nutrientes como nitró-



a) *Eudorina* colonia embebida en mucílago. <https://en.wikipedia.org/wiki/Eudorina>; b) *Ceratium*. <https://es.wikipedia.org/wiki/Ceratium>; c) *Nannochloropsis*. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a1/15_3klein2.jpg; d) *Pediatrum dúplex*. https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Pediatrum_duplex.jpg



FAN toxico en Florida <https://www.usgs.gov/media/images/aerial-view-lake-okeechobee>



Marea roja en Florida. <https://oceanservice.noaa.gov/hazards/hab/gulf-mexico.html>

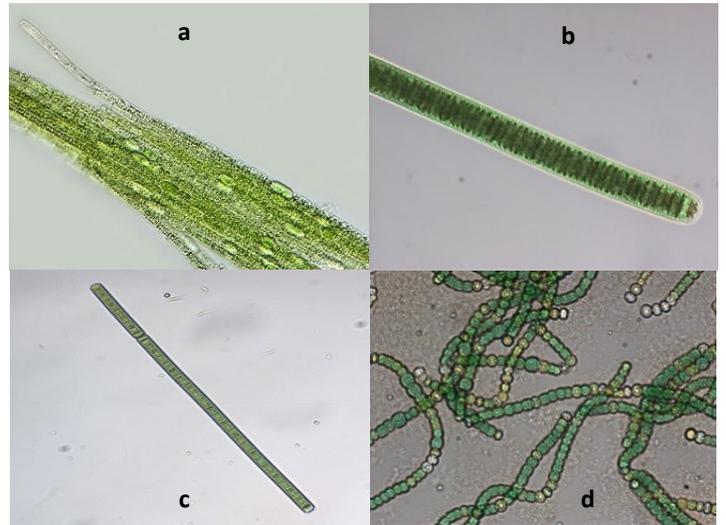


Consecuencias de los FAN. <https://www.whoi.edu/website/redtide/impacts/>



Marea verde causada por Ulvothrix. http://www.china.org.cn/government/focus_news/2008-07/04/content_15953482.htm.

geno y fósforo o vitaminas. Los cambios de coloración se conocen como mareas rojas, no obstante, las coloraciones que se pueden presentar pueden ser verdes, pardas, pardo amarillentas o rojas. El término que actualmente describe estos fenómenos es el de florecimiento algal nocivo (FAN). El número de especies capaces de causar florecimientos algales asciende a alrededor de 300, de ellas alrededor de 75 se conoce que producen toxinas (Hallegraef, 2003).

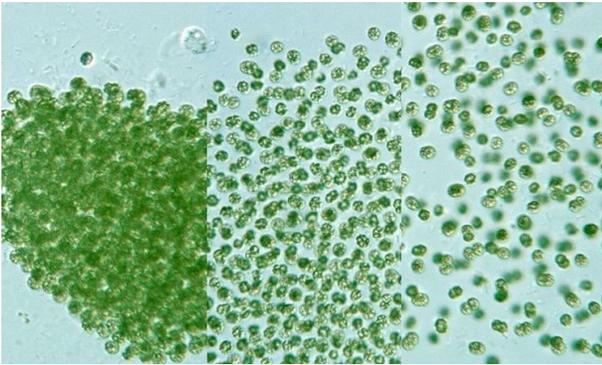


- a) *Aphanizomenon* http://cfb.unh.edu/phycokey/Choices/Cyanobacteria/cyano_filaments/cyano_unbranched_fil/tapered_filaments/APHANIZOMENON/Aphanizomenon_Image_page.html.
- b) *Oscillatoria* <http://oceandatacenter.ucsc.edu/PhytoGallery/Freshwater/Oscillatoria.html>.
- c) *Planktothrix* <http://oceandatacenter.ucsc.edu/PhytoGallery/Freshwater/planktothrix.html>.
- d) *Nodularia* <http://oceandatacenter.ucsc.edu/PhytoGallery/Freshwater/Nodularia.html>

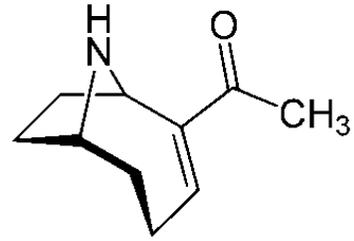
Más de 40 especies de cianobacterias se ha demostrado o sospecha que producen una o más toxinas. Estas pertenecen a los géneros *Anabaena*^{1,2}, *Aphanizomenon*, *Cylindrospermopsis*, *Microcystis*^{1,2}, *Nodularia*, *Nostoc*², *Oscillatoria*², *Planktothrix*³ y *Synechococcus*¹. Las toxinas son de tres clases: endotoxinas lipopolisacáridas (LPS), hepatotoxinas causantes de tumores (HT) y neurotoxinas (NT).

Las toxinas LPS se presentan dentro de las envolturas celulares de algunas cianobacterias¹, son similares, pero de menor toxicidad que las LPS de bacterias patógenas como *Salmonella* y se les asocia con casos de fiebre e inflamaciones en personas que se han bañado o duchado con agua donde ha ocurrido algún FAN cianobacterial.

Las HT se asocian con casos de envenenamiento por toxinas de cianobacterias² que crecen en depósitos de agua potable. Los síntomas que presentan anima-



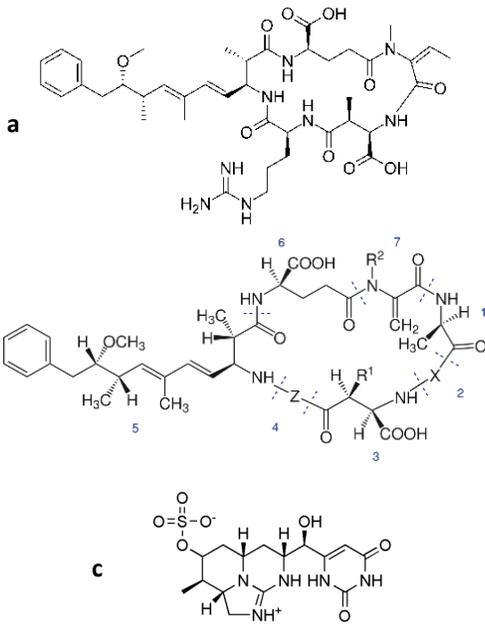
Microcystis. <https://alchetron.com/Microcystis>



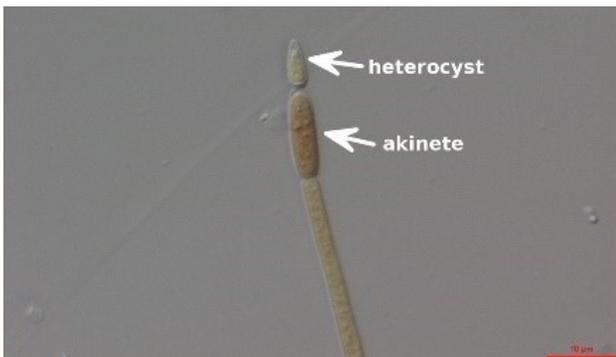
Anatoxina a <https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Anatoxin-a.svg>



Anabaena flos-aquae. <https://utex.org/products/utex-2557?variant=30991178760282>



a) Nodularina https://en.wikipedia.org/wiki/Nodularin#/media/File:Nodularin_R.svg. **b) Microcistina.** https://es.wikipedia.org/wiki/Microcistina#/media/Archivo:Microcystins_general_structure.svg. **c) Cylindrospermopsina.** https://en.wikipedia.org/wiki/Cylindrospermopsin#/media/File:Cylindrospermopsin_structure2.png



Cylindrospermopsis. https://www.inaturalist.org/guide_taxa/707295

les silvestres y domésticos envenenados de esta forma incluyen debilidad, dificultad para respirar, palidez, enfriamiento de las extremidades, vómito, diarrea y sangrado hepático masivo. La muerte puede presentarse a las 2-24 h de la ingestión. En humanos la ingestión puede causar los síntomas o el beber esta agua aumentar la probabilidad de desarrollar cáncer hepático. Las HT son péptidos cíclicos que inhiben las fosfatasa hepáticas, incluyen la microcistina (heptapéptido) y la nodularina (pentapéptido). La primera puede perdurar por dos o más semanas en el agua hasta degradarse por bacterias (Sphingomonas). Las plantas potabilizadoras de agua que utilizan carbón activado, cloración y ozonización pueden remover de un 80 a un 98% de la toxina, la cantidad que no es removida puede cuantificarse mediante ensayos por inmunoabsorción ligados a enzimas (ELISA). Los límites permitidos en el agua

potable por la EPA en los Estados Unidos son de 0.3 µg por litro para microcistina y 0.7 µg por litro de cilindrospermopsina para menores de 5 años y 1.6 y 3.0 µg por litro para el resto de las edades. En el caso de agua de ambientes recreativos se aconseja que se coloque un aviso a los nadadores cuando el agua contenga más de 8 y 15 µg por litro de microcistina y cilindrospermopsina, respectivamente (CDC, 2018).

Las NT bloquean los canales de sodio de las membranas celulares musculares y nerviosas impidiendo la actividad neuromuscular. Ejemplos de ellas son la Anatoxina-a (un alcaloide de aminos secundarias) producido por ciertas cepas de *Anabaena flos-aquae* y otras cianobacterias³ y las saxitoxinas (una trialkil tetrahidropurina). Los síntomas de envenenamiento incluyen tambaleo, jadeo, convulsiones, cianosis y la muerte por arresto respiratorio en minutos u horas después de ingerir agua contaminada.

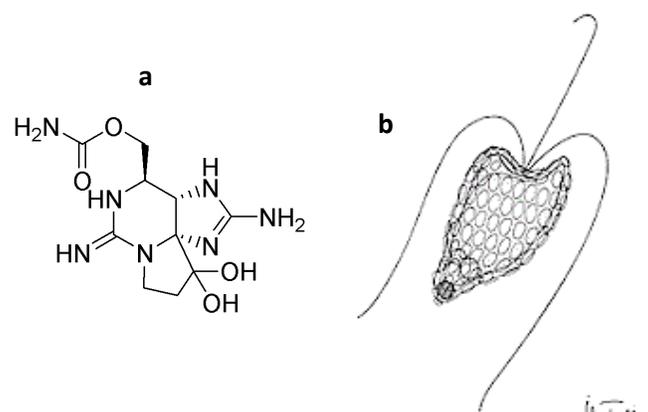
En el medio marino, las toxinas de los florecimientos algales nocivos debidas a algas eucariotas, pueden ocasionar la muerte masiva de vertebrados. Los peces mueren de asfixia al atravesar estas aguas debido a las neurotoxinas, la muerte de aves y ballenas ocurre cuando se han alimentado de peces como anchovetas o macarelas que a su vez han consumido algunas de las especies de algas tóxicas del fitoplancton (comúnmente diatomeas o dinoflagelados, ocrofitas o haptofitas). En el caso del hombre, la presencia de toxinas puede causar irritación de ojos y mucosas o enfermedades respiratorias por caminar en la playa, o casos más graves de envenenamiento debido al consumo de peces de lagunas arrecifales tropicales que a su vez se han alimentado de dinoflagelados (ciguatera) o bien, por el consumo de moluscos (ostión, almeja, mejillones y escalopas) en cuyos tejidos se han acumulado las toxinas, en cuyo caso se puede presentar envenenamiento neurotóxico, paralítico, amnésico o diarreico dependiendo del tipo de toxinas.



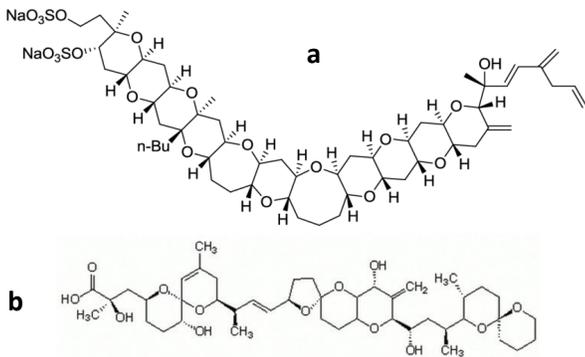
Alexandrium catenella <http://www.marinespecies.org/photogallery.php?album=1033&pic=33859>



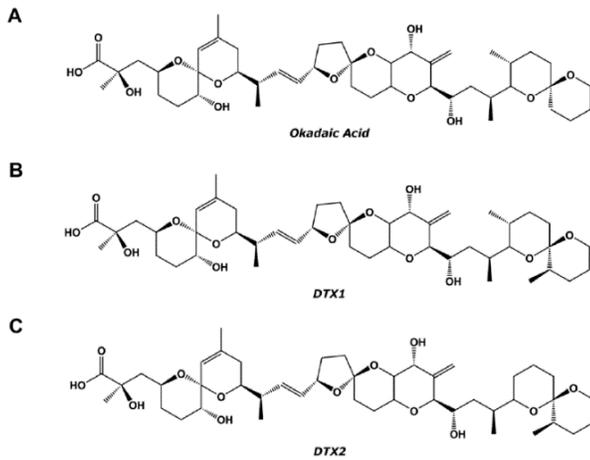
Gymnodinium catenatum <http://www.marinespecies.org/aphia.php?>



a) Saxitoxina CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=120823>.
b) *Chrysochromulina polylepis* https://www.eea.europa.eu/publications/report_2002_0524_154909/maps-and-graphs/N0_illustration_Chrysochromulina_polylepis.gif



a) Yessotoxina cianobacteriana https://www.researchgate.net/figure/Structure-of-yessotoxin_fig3_275545836. b) Acido Okadaico <https://www.fishersci.com/shop/products/okadaic-acid-prorocentrum-sp/495604500ug>



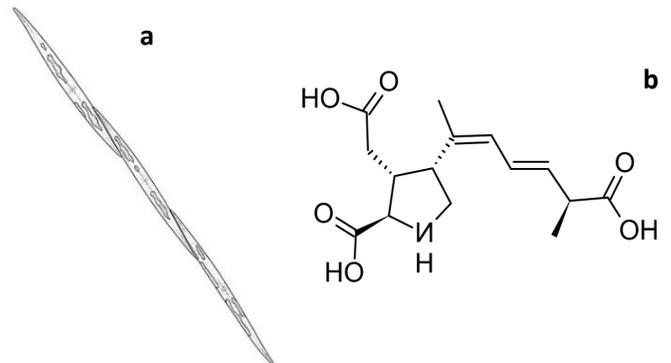
A) Estructura química del ácido okadaico. B) *Dinophysis* toxina 1 (DTX1). C) *Dinophysis* toxina (DTX2).



Dinophysis acuminata https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Dinophysis_acuminata.jpg

El envenenamiento paralítico puede deberse a saxitoxinas o brevitoxinas. Aunque de diferente estructura, ambas toxinas actúan de igual manera, causando parálisis al bloquear los canales de sodio neuromusculares y desacoplando su comunicación. Las brevitoxinas son producidas por especies de los dinoflagelados *Alexandrium*, *Gymnodinium catenatum* y *Pyrodinium bahamense*. Las saxitoxinas comprenden más de 18 compuestos, son similares a las de cianobacterias y son producidas entre otras algas, por varias especies de dinoflagelados, como *Alexandrium* o *Gonyaulax* y la haptofita *Chrysochromulina polylepis*. *A. tamarensis* se presenta en la costa del pacífico y noratlántica. El envenenamiento afecta a leones marinos, nutrias marinas, aves acuáticas, peces cangrejos, moluscos, zooplancton e invertebrados bénticos. Los síntomas aparecen rápidamente y duran pocos días en casos no letales, incluyen hormigueo, entumecimiento y ardor de la boca, ataxia, vértigo, somnolencia, fiebre, erupción cutánea, escalofríos y arresto respiratorio antes de 24 h. Aunque no hay antídoto la terapia de soporte lleva a recuperación completa en los sobrevivientes.

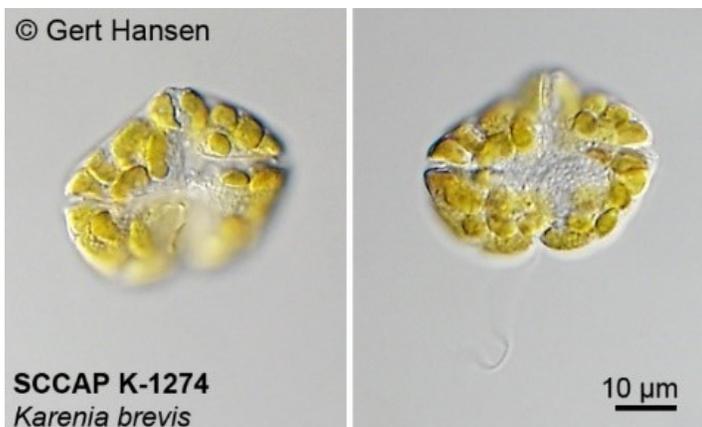
El envenenamiento diarreico no es mortal y es provocado por compuestos polieter, como el ácido okadaico (AO), la dinophysis toxina-1 (DTX-1) y yessoto-



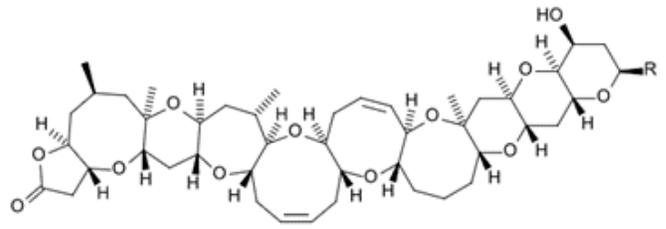
a) *Pseudo-nitzschia* <http://oceandatacenter.ucsc.edu/PhytoGallery/Diatoms/pseudo%20nitzschia.html>. b) Acido domoico https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Domoic_acid.png

xinas cianobacterianas. De igual manera a las hepatotoxinas de cianobacterias, estas toxinas son potentes inhibidores de fosfatasa serina- y treonina-específicas requeridas en procesos esenciales en eucariotas, de manera que se ha sugerido que ofrecen una ventaja competitiva a las algas que las producen (como los dinoflagelados *Prorocentrum lima* y 10 especies de *Dinophysis*), inhibiendo el crecimiento de otras algas que no. Los síntomas de envenenamiento inician a los 30 min o unas horas después del consumo de moluscos e incluyen diarrea, náusea, vómito y dolor abdominal. Se ha sugerido que la exposición crónica aumenta la probabilidad de cáncer en tracto digestivo. *Prorocentrum lima* y *D. ovum* se presentan en ostiones en el Golfo de México y otras especies de *Dinophysis* en ambas costas de Estados Unidos.

El envenenamiento amnésico o encefalopatía tóxica, al igual que el paralítico si es de riesgo mortal. Se debe al ácido domoico (AD), un tipo de neurotoxinas producidas por 5 especies de la diatomea *Pseudo-nitzschia* que se acumula en ciertos moluscos, cangrejos y peces. En mejillones, cuando su concentración alcanza 20 µg/g de tejido se declara su veda. 24 h después de consumir moluscos tóxicos se puede presentar náusea, vómito, dolor abdominal y diarrea y antes de 48 h mareos, dolor de cabeza, desorienta-



Karenia (Gymnodinium) brevis <http://www.marinespecies.org/photogallery.php?album=1033&pic=33875>

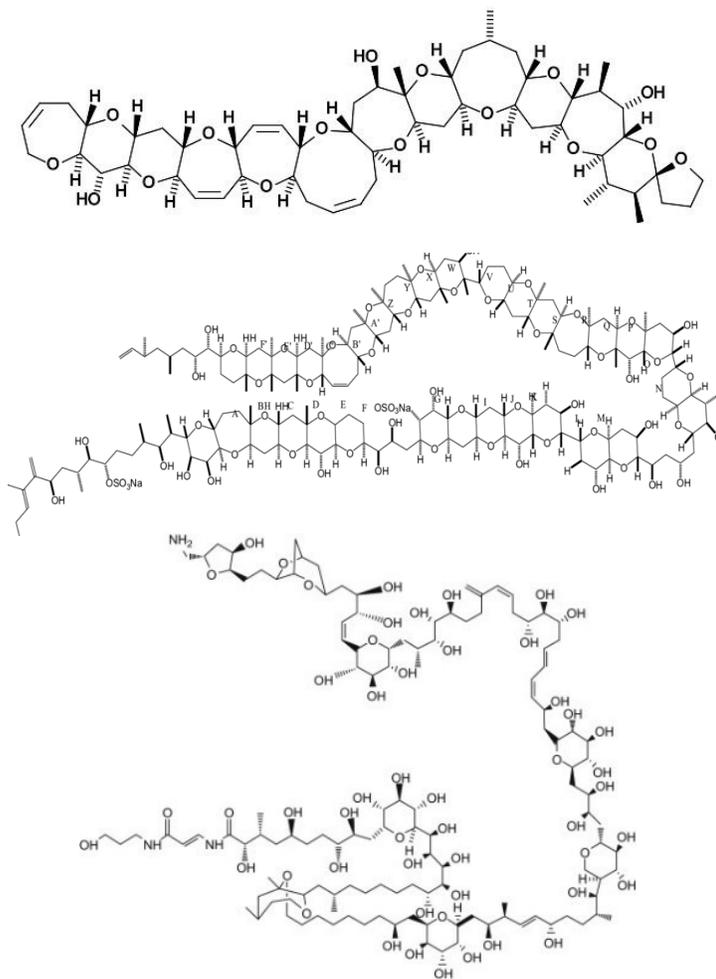


Brevetoxina https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/10/Brevetoxin_A.svg

ción, pérdida de memoria a corto plazo, convulsiones, dificultad respiratoria y coma. El AD al unirse a los receptores de kainato causa la despolarización de las neuronas, su degeneración y muerte. El hipocampo es rico en receptores de kainato por lo que al lesionarse ha ocurrido la pérdida de memoria. Al menos en tres especies del dinoflagelado *Pfiesteria* se han detectado cepas cuya presencia se asocia con alta mortandad de peces y pérdida de memoria y dificultad para aprender en ratas y humanos, estos efectos se han atribuido a la presencia de toxinas, pero no se ha podido demostrar su existencia, excepto por una toxina de vida muy breve capaz de matar a peces generando radicales libres identificada en 2007.

El envenenamiento neurotóxico es causado por brevetoxinas y produce un síndrome casi idéntico al de la ciguatera pero más leve, con recuperación en pocos días y donde predominan síntomas gastrointestinales y neurológicos. Es producida por el dinoflagelado *Karenia brevis* en el Golfo de México y afecta a moluscos, peces, aves marinas, tortugas, manatíes y delfines. Aparte, el rocío del oleaje causa aerosoles que provocan síntomas parecidos al asma en humanos.

La ciguatera es causada por ciguatoxinas, como maitotoxina, ácido okadaico, análogos de palytoxina y otras producidas por dinoflagelados del género *Gambierdiscus* y probablemente especies de los géneros *Prorocentrum* y *Ostreopsis*, *Thecadinium*, *Coolia mo-*



Gambierdiscus spp. https://www.researchgate.net/figure/Gambierdiscus-spp-the-ciguatera-causing-dinoflagellate-seen-through-an-optical_fig1_309418826

- a) Ciguatoxina <https://alchetron.com/Ciguatoxin>. b) Maitotoxina de *Gambierdiscus toxicus* https://www.researchgate.net/figure/Structure-of-maitotoxin-from-the-dinoflagellate-G-toxicus-120_fig3_23195382. c) Palytoxina <https://www.sciencedirect.com/topics/biochemistry-genetics-and-molecular-biology/palytoxin>

notis y *Amphidinium carterae*. Los síntomas se presentan después de comer peces de arrecifes tropicales como barracuda, pargo, mero y loro, entre otros y son gastrointestinales, neurológicos y cardiovasculares. Estos incluyen diarrea, vómito, dolor abdominal, dolor muscular, comezón, mareo, sudoración, entumecimiento y hormigueo de la boca y dedos, inversión de la sensación térmica, debilidad severa, parálisis y muerte. La recuperación toma de 6 hasta 12 semanas para que desaparezca la comezón y el dolor.

Repercusiones socioeconómicas de la presencia de afloramientos algales nocivos

La presencia de espuma, esteras o nata de diferentes colores en el agua y los diferentes síntomas de enfermedad causados por toxinas se asocian con los FAN. Los impactos económicos derivados de estos fenómenos nacen de los costos asociados con enfermedades, cierres de pesquerías comerciales y mortalidades de peces, disminución del turismo y la recreación en playas, lagunas, estuarios, ríos y lagunas y los costos de monitoreo y manejo. Estos FAN pueden obstruir las vías de navegación, dañar el aspecto estético de playas y el agua, ahuyentar a bañistas y practicantes de deportes acuáticos, causar enfermedades a las poblaciones turísticas flotantes y las nativas de zonas afectadas y provocar mortalidades de especies pesqueras importantes o establecimiento de vedas para otras. El costo económico de los FAN asciende anualmente a millones de dólares en Estados Unidos, llegando a afectar primordialmente a las industrias pesquera y turística, al sector salud y gobierno. Esto explica porque tan sólo la Administración atmosférica y oceánica nacional (NOAA) del De-



Prorocentrum lima. <http://www.marinespecies.org/photogallery.php?album=1033&pic=33860>

partamento de Comercio de ese país haya destinado 10.2 millones de dólares para la investigación de los FAN. En México es posible que llegue también a una cifra millonaria.

En octubre del 2014 con el financiamiento del CONA-CyT se fundó en México la Red FAN, donde participan los sectores académico, de salud pública, productor y gubernamental y cuyos objetivos son comprender las causas que originan los florecimientos algales nocivos marinos (FAN), su impacto en la salud pública y los ecosistemas, y proponer acciones de mitigación de sus efectos y planes para su manejo en el país. Las líneas generales de actividades de la Red son propuestas por un Comité Técnico Académico, conformado por investigadores miembros de la Red y adscritos a diferentes universidades y centros de investigación del país, entre otros CICESE, CIBNOR, CICY, IPN-CICIMAR, UCol, UV y UABC. El órgano de difusión de la Red es el boletín informativo, en cuyo número de diciembre de 2019 invita a participar en la próxima conferencia internacional sobre algas nocivas

(ICHA), que tendrá lugar del 11-16 de octubre del 2020 en La Paz, BCS.

Si bien los FAN ponen en riesgo la salud de la vida silvestre, los animales domésticos y el ser humano, el estudio de las aplicaciones de las ficotoxinas es un área de oportunidad promisorio. Basten algunos ejemplos de ello: en dinoflagelados, el ácido okadaico de *Dinophysis* se ha usado en estudios de los efectos terapéuticos de drogas antipsicóticas en el tratamiento de esquizofrenia e impedimento cognitivo; las pectentoxinas de este género han mostrado actividad citotóxica contra varias líneas celulares de cáncer, las toxinas de *Amphidinium* han mostrado actividad contra células L1210 de linfoma murino y KB de carcinoma epidermoide humano. La curacina A de la cianobacteria *Lyngbya majuscula* tiene actividad citotóxica contra líneas celulares L1210 de leucemia y su Kalkitoxina es una herramienta para entender la transmisión neural. Por otra parte, ciertos péptidos inhibidores de proteasas de cianobacterias como la aeruginosina de *Microcystis aeruginosa* que se detecta en FAN, podrían en un futuro cercano emplearse en el tratamiento de oclusiones arteriales coronarias, ataques cardíacos y enfisema pulmonar.

Referencias

- Centros para el control y prevención de enfermedades (CDC). (2018). Harmful Algal Bloom (HAB Associated Illness) En línea en [cdc.gov/habs/general.html](https://www.cdc.gov/habs/general.html) consultado el 2 de septiembre 2019
- Hallegraef GM. (2003). Harmful algal blooms: a global overview. In: Hallegraef GM, Andersen DM, Cembella AD, eds. Manual on harmful marine microalgae. Paris: UNESCO Publishing, 25-49.
- NOAA/CSCOR. (2019). Harmful Algae en línea en [whoi.edu/website/redtide/impacts/freshwater/](https://www.whoi.edu/website/redtide/impacts/freshwater/) consultada el 3 de septiembre 2019.
- RedFAN. (2020). En línea en <https://redfan.cicese.mx/Secciones/inicio> consultada el 25 de agosto 2019.

Microalgas de ambientes desérticos: Importancia, potencial y aplicaciones

R.A. Flores-Villarreal, D.E. Aguirre-Cavazos* y A.A. Orozco-Flores

Universidad Autónoma de Nuevo León,
Facultad de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Inmunología y Virología,
Ave. Pedro de Alba s/n, Cd. Universitaria,
San Nicolás de los Garza, N.L. México. 66455.

*deac_83@hotmail.com

Resumen

Las microalgas son microorganismos fotosintéticos de organización sencilla, los cuáles son los responsables de generar más de la mitad del oxígeno que respiramos; el surgimiento de un grupo en particular, las cianobacterias o algas verde azules, fue lo que modificó la atmósfera terrestre permitiendo el desarrollo de la vida como la conocemos. La mayoría de las microalgas son estrictamente acuáticas y todas necesitan este medio para su reproducción, sin embargo, también son capaces de subsistir en cualquier medio terrestre ejerciendo algunas de las funciones más importantes en los ciclos biogeoquímicos, aportando materia orgánica y en el caso de las cianobacterias participando en la fijación de nitrógeno. Hoy en día sabemos podemos encontrar comunidades de microalgas en los suelos desérticos sobreviviendo mediante mecanismos de resistencia que les permiten subsistir en condiciones adversas, los cuáles en el caso de las cianobacterias, consisten en la producción de compuestos como polisacáridos y aminoácidos. Entre las aplicaciones de las microalgas destaca su utilización en la industria alimenticia, cosmética y agrícola, así como en medicina y biotecnología. La producción de estos microorganismos para su cultivo comercial ha ido al alza desde 1960 y se estima siga en aumento debido a sus propiedades y potencial económico.

Palabras clave: Microalgas, desierto, desecación, cianobacteria, nitrógeno.

Abstract

Microalgae are photosynthetic microorganisms of simple organization, which are responsible for the generation of more than half of the oxygen in earth. Cyanobacteria, also called blue-green algae, have the ability of generate and participate in the development of life as it currently stands. Most microalgae are strictly aquatic, and all of them need this medium for their reproduction. However, they are also able to survive in any terrestrial environment, performing some of the most important functions in biogeochemical cycles, providing organic matter and contributing to nitrogen fixation. Nowadays, we know we can find communities of microalgae in desert soils surviving through resistance mechanisms that allow them to persist in adverse conditions, which as is the case of cyanobacteria, comprise the production of several specific compounds such as polysaccharides and amino acids. Some of the applications of microalgae towards human consumption and exploitation have been their use in food, cosmetic and agricultural industries, as well as in medicine and biotechnology. The production of these microorganisms for commercial culture has been increasing since 1960 and it is estimated to continue to increase due to their particular properties and economic potential.

Keywords: Microalgae, desert, desiccation, cyanobacteria, nitrogen



**Figura 1. Ambiente desértico. Laguna (seca) de Mayrán, San Pedro de las Colonias, Coahuila.
Fotografía: Dr. Alonso Orozco Flores**

¿Qué son las microalgas?

Todos conocemos la importancia de plantar y conservar un árbol, ya que mediante la fotosíntesis generan el oxígeno (O_2) que respiramos y captan el dióxido de carbono que, por nuestro modo de vida su cantidad aumenta alarmantemente, sin embargo, las plantas no son los únicos organismos que pueden realizar esta importante labor. Debemos considerar que probablemente más de la mitad del oxígeno que respiramos proviene de las microalgas.

Según diversos autores, el término microalga está desprovisto de significado taxonómico por lo que no corresponde a ninguna categoría, en su mayoría pertenecen al reino protista, pero también se consideran a las cianobacterias, ya que tienen en común su tamaño microscópico y la capacidad de realizar fotosíntesis (López-Padrón *et al.*, 2020).

En el caso de las cianobacterias o algas verde azules, es preciso destacar que su surgimiento en la tierra fue lo que modificó la atmosfera terrestre, al generar grandes cantidades de O_2 , disminuyendo la tempera-

tura y permitiendo el desarrollo de la vida oxigénica.

¿Se pueden encontrar microalgas en ambientes desérticos?

La mayoría de las microalgas son estrictamente acuáticas y todas necesitan este medio para su reproducción. Estas se pueden encontrar en aguas marinas, agua dulce, salinas, aguas residuales, no obstante, las microalgas también son capaces de subsistir en cualquier medio terrestre; se encuentran en el suelo, rocas o superficies planas y sobre animales (Izco *et al.*, 2004), sobreviviendo rangos amplios de temperatura, pH y disponibilidad de nutrientes, ejerciendo algunas de las funciones más importantes en los ciclos biogeoquímicos, aportando materia orgánica y en el caso de las cianobacterias participando en la fijación de nitrógeno (Izco *et al.*, 2004).

Los desiertos se caracterizan por sus condiciones extremas como alta temperatura, baja humedad y disponibilidad de contenido de materia orgánica (Saul-Tcherkas *et al.*, 2013) (Figura 1). En este entorno las microalgas resultan de vital importancia debido a que pueden aportar diferentes subproductos que los

demás microorganismos aprovechan. En los suelos desérticos pueden presentarse costras o cortezas microbianas, las cuales son la parte superficial del suelo compuestas por comunidades de microalgas, cianobacterias, hongos y bacterias (Perera *et al.*, 2018), dichos microorganismos forman consorcios que les permiten resistir las condiciones antes mencionadas (Megharaj *et al.*, 2011), y de esta manera obtienen energía a través de la oxidación de nitritos, monóxido de carbono, hierro, o azufre.

Importancia ecológica de las cortezas microbianas

Como ya se ha mencionado, por increíble que parezca, podemos encontrar comunidades de microalgas en los suelos desérticos; en dichos consorcios, las cianobacterias juegan un papel importante, pues ayudan a la formación de micro agregaciones fundamentales en la fijación de nitrógeno, contribuyen a la estabilización del suelo, aumentan el contenido orgánico de la arena y ayudan a la retención del agua promoviendo o retardando el crecimiento de las plantas vasculares (Perera *et al.*, 2018) (Figura 2). Cabe mencionar que estas interacciones se podrían aprovechar para mitigar el efecto del cambio climático protegiendo los suelos de la desertificación y erosión

(Zhang *et al.*, 2013).

Pero ¿Cómo sobreviven en los desiertos?

Entre los organismos fotoautótrofos que generalmente se encuentran en las cortezas biológicas de ambientes desérticos, podemos destacar las cianobacterias *Chroococcidiopsis* sp, las cuales presentan alta tolerancia a la radiación y la desecación, también se ha reportado que *Nostoc* sp. ha mostrado la capacidad de mantenerse en estado de desecación por meses e inclusive años. Estas microalgas pueden considerarse extremófilas ya que suelen activar ciclos de desecación como estrategias para sobrevivir a condiciones adversas, principalmente la producción de una capa extracelular de polisacáridos (EPS), la cual regula la retención y pérdida de agua, funciona como una matriz que inmoviliza los componentes celulares producidos por la célula y se cree protege a la célula del encogimiento e hinchazón; esta capa de EPS, no solo es beneficiosa para las microalgas, sino que también ayudan a mantener estas micro agregaciones donde las comunidades microbianas ya mencionadas se mantienen vivas en uno de los ecosistemas más adversos. En estos EPS se pueden encontrar numerosas moléculas que son producidas en respuesta a la desecación y exposición a radiación UV, por ejem-

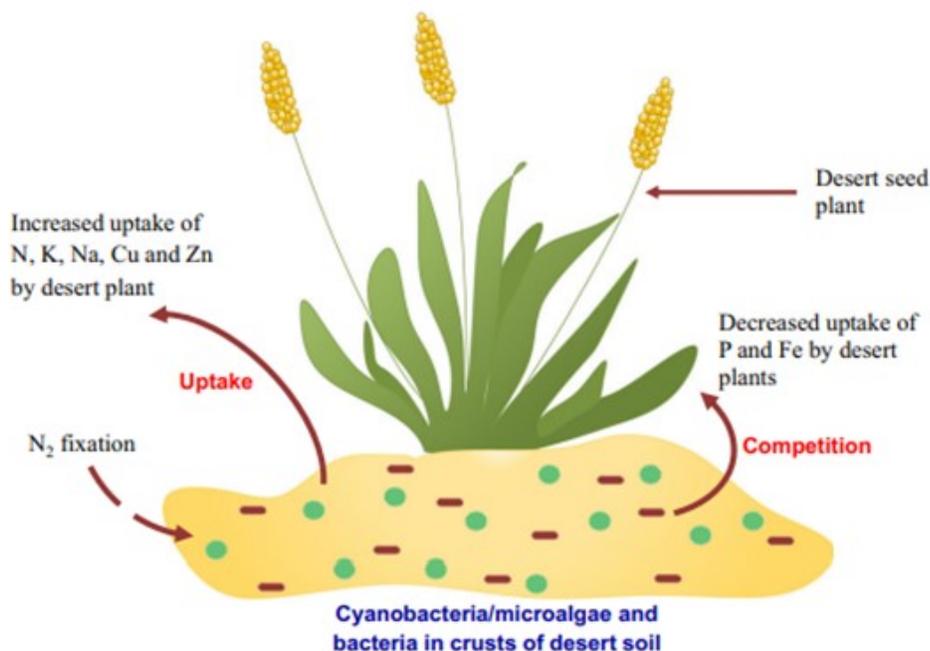


Figura 2. Absorción de nutrientes por plantas del desierto en presencia de cianobacterias/microalgas y bacterias en las cortezas biológicas del suelo (Perera *et al.*, 2018).

plo, compuestos que absorben la luz UV como algunos aminoácidos, así como metabolitos secundarios como la micosporina, scytonemina, carotenoides y enzimas desintoxicantes que proporcionan protección contra el estrés hídrico. Las proteínas de estrés hídrico son muy estables, comprenden hasta el 70% de las proteínas solubles en muestras ambientales de *Nostoc commune* (Figura 3); además las células de esta especie contienen trehalosa y sucrosa, las cuales tienen la habilidad de estabilizar proteínas y proteger la integridad de la membrana durante la desecación. Aunque la desecación y la tolerancia a los rayos UV en las cianobacterias han sido estudiadas, las interacciones son complejas y aún se necesita un trabajo considerable para comprender completamente los mecanismos involucrados (Pepper *et al.*, 2014).

Aplicaciones

Cada día, los productos con base en microalgas se integran más a nuestro modo de vida, ya sea en suplementos alimenticios, mascarillas y cremas hechas con la biomasa de *Spirulina* o *Chlorella*, son cada vez más fáciles de comprar y su publicidad es más visible desde nuestros celulares, hasta en las calles y televisión; estos productos aprovechan el contenido de proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas, minerales e incluso pigmentos de estas microalgas (Spolaore *et al.*, 2006). Pero su aprovechamiento no se restringe solamente a estas aplicaciones, son cultivadas industrialmente para su uso en la agricultura como biopesticidas o biofertilizantes (Murata *et al.*, 2021); se ha reportado que la inoculación artificial de cianobacterias a manera de fertilizante mejora las propiedades físicas y bioquímicas del suelo aumentando su fertilidad (Zheng *et al.*, 2011). En biorremediación, se emplean para el tratamiento de aguas residuales, detoxificación biológica y control de metales pesados (Molazadeh *et al.*, 2019); también en biomedicina y salud debido a su capacidad de producir compuestos bioactivos como antibióticos, anticuerpos monoclonales, compuestos hepatotóxicos y neurotóxicos, hormonas, enzimas y otros (Rizwan *et*



Figura 3. *Nostoc commune*. fotografía de algaebase.org.

al., 2018). Además, desde hace algunos años se han estado desarrollando tecnologías que permiten aprovechar estos organismos como materia prima para producir biocombustibles, debido a su alto contenido de azúcares y lípidos se pueden utilizar para la producción de bioetanol, biodiésel, biogás, biohidrógeno y bioaceite (Jeon *et al.*, 2016).

El cultivo comercial de microalgas comenzó a principios de 1960 en Japón con la producción de *Chlorella* por Nihon Chlorella, 10 años más tarde se estableció una instalación en Texcoco (Ciudad de México, México) para la cosecha y cultivo de *Arthrospira* para la producción de suplemento alimenticio en humanos y animales. Para 1980, alrededor de 46 fábricas operaban a gran escala en Asia donde producían más de 1000 kg de microalgas (principalmente *Chlorella*) por mes. De esta manera, en un período de 30 años, la industria de la biotecnología de microalgas mostró un amplio crecimiento y diversificación. En la actualidad, el mercado produce alrededor de 5000 t de biomasa seca por año con un costo promedio de \$125 mil millones de dólares por año (Sen *et al.*, 2020), estas cifras ponen de manifiesto el potencial económico de estos microorganismos y la importancia de su estudio y de los ecosistemas en los que se encuen-

tran.

Conclusión

Es bien sabido que las algas son utilizadas para su producción y consumo desde hace ya algunos años; en el caso de las microalgas, existen actualmente un gran número de estudios al respecto, sin embargo, la mayoría de estos se centran en ambientes acuáticos o de agua dulce, mientras que a las microalgas de suelo y particularmente de suelos desérticos apenas se les está reconociendo para su investigación. Debido a las características que estos microorganismos presentan, las cuales se han recalado en este escrito, además de su relevancia económica, creemos que las algas de ambientes desérticos cuentan con un gran potencial de aprovechamiento en distintas áreas, y que es de vital importancia la realización de estudios y bioprospecciones que permitan un aprovechamiento sustentable de este valioso recurso.

Referencias

- Guiry, M.D. y Guiry, G.M. (2022). AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org>.
- Izco, J. E., Barreño, M., Brugues, M., Costa, J. A., Devesta, F., Fernández, T., Gallardo, X.C., Llimona-Prada, S., Talavera, y Valdés, B. (2004). Botánica. Editado por Editorial McGraw-Hill Interamericana. 2a ed. Aravaca. Madrid.
- Jeon, S., Jeong, B., y Chang, Y. (2016). Chemicals and fuels from microalgae. Consequences of microbial interactions with hydrocarbons, oils, and lipids: production of fuels and chemicals, 1–21. doi:10.1007/978-3-319-31421-1_384-1f
- López-Padrón, I., Martínez-González, L., Pérez-Domínguez, Y., Reyes-Guerrero, Núñez-Vázquez, M., y Cabrera-Rodríguez, J.A. (2020). Las algas y sus usos en la agricultura. Una visión actualizada. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Cultivos Tropicales, vol. 41, no. 2, e10.
- Megharaj, M., Venkateswarlu, K., y Naidu R. (2011). Effects of carbaryl and 1-naphthol on soil population of cyanobacteria and microalgae and select cultures of diazotrophic cyanobacteria. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 87(3):324- 329. <https://doi.org/10.1007/s00128-011-0347-3>.
- Molazadeh, M., Ahmadzadeh, H., Pourianfar, H., Lyon, S., y Rampelotto, P. (2019). The use of microalgae for coupling wastewater treatment with CO₂ biofixation. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 7. doi:10.3389/fbioe.2019.00042.
- Murata, M., Ito, L., Da Silva, J., Bosso, A., y Hiroshi, H. (2021). ¿What do patents tell us about microalgae in agriculture? AMB Express, 11:54. <https://doi.org/10.1186/s13568-021-01315->
- Pepper, I.L., Gerba, C.P., y Gentry, T.J. (2014). Chapter 7. Extreme Environments. Elsevier. 3ª ed. Environmental Microbiology. pp 143-146.
- Perera, I., Subashchryabose, S., Venkateswarlu, K., Naidu, R., y Megharaj, M. (2018). Consortia of cyanobacteria/microalgae and bacteria in desert soils: An underexplored microbiota. Applied Microbiology and Biotechnology, 102:7351-7363.
- Rizwan, M., Mujtaba, G., Memon, S.A., Lee, K., y Rashid, N. (2018). Exploring the potential of microalgae for new biotechnology applications and beyond: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 92:394-404.
- Saul-Tcherkas, V., Unc, A. y Steinberger, Y. (2013). Soil Microbial Diversity in the Vicinity of Desert Shrubs. Microb Ecol 65, 689–699. <https://doi.org/10.1007/s00248-012-0141-8>.
- Sen, J., Ying, S., Wayne, K., Kee, M., Wei, J., Ho, S., y Loke, P. (2020). A review on microalgae cultivation and harvesting, and their biomass extraction processing using ionic liquids. BIOENGINEERED. 11(1):116-129. <https://doi.org/10.1080/21655979.2020.1711626>
- Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duram, E., y Isambert, A. (2006). Commercial Applications of Microalgae. Journal of Bioscience and Bioengineering. 101(6):201-221.
- Zhang, B., Zhang, Y., Su, Y., Wang, J., y Zhang, J. (2013). Responses of microalgal-microbial biomass and enzyme activities of biological soil crusts to moisture and inoculated *Microcoleus vaginatus* gradients. Arid Land Research and Management, 27(3):216- 230. <https://doi.org/10.1080/15324982.2012.754514>.
- Zheng, Y., Xu, M., Zhao, J.C., Bei, S., y Hao L. (2011). Effects of inoculated *Microcoleus vaginatus* on the struc-

Hongos comestibles de Nuevo León

P.S. Ramírez-González, M.A. Vélez-Castro, M.A. Alvarado-Vázquez y S.M. Salcedo-Martínez*

Universidad Autónoma de Nuevo León,
Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Biología Vegetal
Ave. Pedro de Alba s/n, Cd. Universitaria,
San Nicolás de los Garza, N.L. México. 66455.
*sergio.salcedomr@uanl.edu.mx

Resumen

México ocupa el primer lugar en la producción de hongos comestibles en América Latina. Además de su valor culinario este recurso renovable posee un alto valor nutricional y frecuentemente, medicinal. Esta cadena agroalimentaria genera 25,000 empleos directos e indirectos y más de 200 millones de dólares anualmente. De las más de 400 especies comestibles descritas para México, 83 son consideradas de calidad excelente en los mercados internacionales incluyendo a *Amanita caesarea*, *Boletus edulis*, *Cantharellus cibarius* y *Tricholoma magnivelare*, mientras para Nuevo León se registran 24 hongos con calidad excelente o superior que representan un 21.81% de las especies.

Palabras Clave: Hongos comestibles, micofagia, cadena alimenticia, micológica.

Abstract

Mexico occupies first place in the production of edible mushrooms in Latin America. In addition to its culinary value, this renewable resource has a high nutritional and often medicinal value. This agri-food chain generates 25,000 direct and indirect jobs and more than 200 million dollars annually. Of the more than 400 edible species described for Mexico, 83 are considered of excellent quality in international markets including *Amanita caesarea*, *Boletus edulis*, *Cantharellus cibarius* and *Tricholoma magnivelare*, while for Nuevo León 24 mushrooms are recorded with excellent or superior quality that represent 21.81% of the species.

Key words: Edible mushrooms, mycophagy, food chain, mycology.

La tendencia en el siglo XXI en la alimentación humana es el consumo de alimentos naturales, que sean nutritivos, de buen sabor, de inocuidad probada y preferentemente que además tengan propiedades benéficas para la salud.

Dentro de los alimentos naturales, los hongos comestibles representan un recurso forestal renovable con elevado valor culinario, medicinal y nutricional, pues son recolectados, consumidos y vendidos en más de 85 países.

La producción anual mundial de los hongos cultivados supera los 6.2 millones de toneladas, con un valor aproximado a los 30 billones de dólares y gracias a la investigación, confirmación y difusión de sus propiedades medicinales y nutritivas tiene una la tasa de incremento anual del 11% (Boa, 2005).

En México el sistema de producción comercial de hongos comestibles, funcionales y medicinales tanto frescos como procesados e incluyendo silvestres y cultivados, alcanzó en 2011 las 62,374 toneladas, siendo el estado de Guanajuato el productor principal. El monto anual de las operaciones comerciales nacionales supera los 200 millones de dólares, generando alrededor de 25 mil empleos directos e indirectos. Esta cadena agroalimentaria es rentable, eficiente en el uso del agua y tiene importantes repercusiones sociales, ecológicas y económicas. Socialmente representa una



Boletus sp

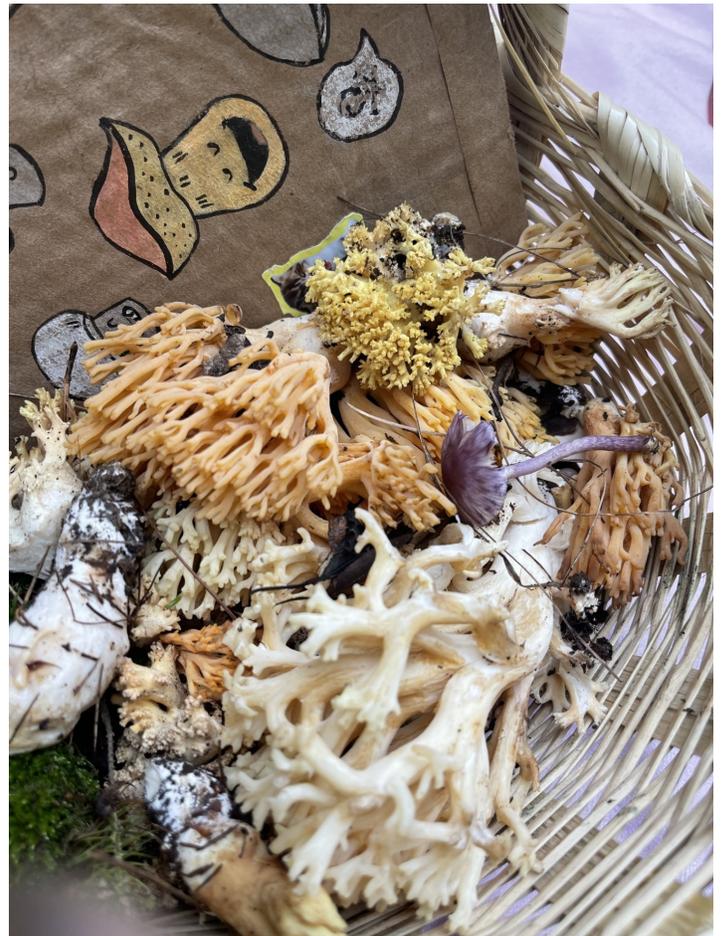
fuerza complementaria importante de ingresos económicos para las comunidades rurales del país y ecológicamente esta actividad económica utiliza y recicla más de 500,000 toneladas anuales de subproductos agrícolas, agroindustriales y forestales. Además, al asegurar el manejo sustentable de estos hongos también se promueve la conservación de los ecosistemas forestales donde se desarrollan (Martínez Carrera *et al.*, S.F.; Martínez Carrera *et al.*, 2010).

Nuestro país genera alrededor del 58.9% de la producción total de hongos, setas y champiñones de Latinoamérica, colocándolo como el principal productor de esta región y el 16o. a nivel mundial.

Los hongos contribuyen a lograr una alimentación apropiada y diversa. Constituyen un alimento sano con un valor nutricional alto, pues son fuente de fibra, proteína, vitaminas y minerales y son bajos en grasas.

Combinada con otras fuentes de proteína vegetal, como las leguminosas, pueden sustituir a la carne en la dieta vegana, pues una quinta a una tercera parte de su peso es proteína (Mayett-Moreno & Martínez-Carrera, 2010). Además de contener todos los aminoácidos esenciales, su consumo aporta vitaminas A (Retinol), B1 (Tiamina), B2 (Riboflavina), B6 (Piridoxina), B12 (Cobalamina), C (Acido Ascórbico), D2 (Ergocalciferol), D3 (Colecalciferol), niacina, pro-vitamina D2, minerales como el potasio, fósforo, hierro, cobre, selenio, calcio, magnesio, manganeso y zinc, fibra dietética, bajo contenido de grasas y de carbohidratos digeribles (Martínez-Carrera *et al.*, 2022).

Los hongos comestibles son ampliamente consumidos en el mundo por su excelente sabor, aroma y textura. Su ingesta ha acompañado a la humanidad posiblemente desde su origen. De las 50,000 especies de hongos registradas en el mundo, se estima que 2,000 son co-



Canasta de *Ramaria sp*



Canasta de hongos comestibles

mestibles, pero sólo 50 se cultivan globalmente para consumo, mientras otros son apreciados solo en ciertos países o regiones o se utilizan para sazonar alimentos.

Boa (2004) ha reportado que suman 350 las especies de setas colectadas, consumidas y comercializadas a nivel mundial con una derrama anual de 42 billones de dólares. Entre ellas, las trufas (*Tuber spp.*) son las más caras, las especies comestibles más importantes son los porcini (*Boletus edulis*) y matsukake (*Tricholoma magnivelaris*) y entre los silvestres más ampliamente colectados y comercializados como alimento están las especies de los géneros *Russula*, *Lactarius*, *Cantharellus*, *Amanita* y *Boletus*.

Los macrohongos descritos para México suman entre 2,135 y 4,000 especies (Aguirre-Acosta *et al.*, 2014). De ellas 405 a 421 corresponden a especies silvestres comestibles y aproximadamente la mitad de ellas estable-

cen ectomicorrizas con árboles de importancia forestal. De las especies comestibles 83 (19.57%) son consideradas de calidad excelente y 27(6.36%) de buena calidad en los mercados internacionales, como *Amanita caesarea*, *Boletus edulis*, *Cantharellus cibarius* y *Tricholoma magnivelare* (Sánchez y Mata, 2012).

En la plataforma Naturalista (<https://mexico.inaturalist.org/>) se registran para Nuevo León 14,314 observaciones de 1007 especies. De ellas, 24 hongos no sólo son comestibles, sino están considerados internacionalmente de calidad buena o superior (Tabla 1). Estas 24 especies representan un 5.66% de las 424 especies comestibles reportadas para México e incorporan un 21.81% de las 110 consideradas internacionalmente como de excelente o buena calidad culinaria (Sánchez y Mata, 2012).

Los hongos comestibles que se cultivan comercialmente en México pertenecen a los géneros *Agaricus*, *Pleurotus*, *Lentinula*, *Ganoderma*, *Grifola* (SADR, 2016) y dentro de los silvestres que son recolectados destacan las patitas de pájaro (*Ramaria spp.*), las pancitas (*Boletus edulis*) o yemitas, también conocidos como



Flammulina velutipes

Tabla 1. Lista de especies de hongos comestibles de Nuevo León y apreciación de su calidad gastronómica.

Especie	Calidad Excelente	Calidad Buena
<i>Agaricus arvensis</i>	X	
<i>Agaricus augustus</i>	X	
<i>Agaricus bisporus</i>	X	
<i>Agaricus campestris</i>	X	
<i>Amanita caesarea</i>	X	
<i>Armillariella mellea</i>	X	
<i>Boletus edulis</i>	X	
<i>Boletus regius</i>	X	
<i>Cantharellus cibarius</i>	X	
<i>Cantharellus lateritus</i>	X	
<i>Coprinus comatus</i>	X	
<i>Helvella crispa</i>	X	
<i>Hericium erinaceus</i>	X	
<i>Hypomyces lactifluorum</i>	X	
<i>Laccaria laccata</i>	X	
<i>Lactarius rufulus</i>	X	
<i>Laetiporus sulphureus</i>	X	
<i>Marasmius oreades</i>	X	
<i>Morchella rufobrunnea</i>	X	
<i>Neoboletus erythropus</i>	X	
<i>Russula cyanoxantha</i>	X	
<i>Russula olivácea</i>	X	
<i>Leucoagaricus americanus</i>		X
<i>Sarcoscypha coccinea</i>		X

Fuente: Naturalista. Clasificación gastronómica de acuerdo con diferentes consultas en la red mundial de información.

tecomates u hongos amarillos (*Amanita caesarea*) y el huitlacoche (*Ustilago maydis*) (López y García, 2018).

La importancia funcional de los hongos comestibles radica en sus propiedades anticancerígenas, antibióticas, antioxidantes, hipocolesterolémicas y antihipertensivas, antitrombóticas y antidiabéticas (Anusiya *et al.*, 2021). Por ejemplo, el contenido de selenio en el champiñón funciona como antioxidante que ayuda a preve-



Laetiporus sulphureus

nir ciertos tipos de cáncer, el lentinano y la eritadenina del shiitake, fortalece la actividad inmunitaria y reduce altos niveles de colesterol en sangre respectivamente. Las setas por su parte contienen polisacáridos anticancerígenos y eritadenina (Espinosa & Munguía, 2017).

En conclusión, la microbiota que se encuentra en el estado comprende especies de excelente calidad gastronómica que podrían domesticarse y comercializarse. Con la probable ventaja que estas cepas locales tendrían una mejor capacidad de resistir las condiciones climáticas regionales que otras provenientes de áreas más húmedas y templadas. Finalmente, al promover la micofagia en la sociedad neoleonesa se tendría acceso a una fuente proteica más económica y ecológicamente más amigable con el ambiente que la carne y a un alimento funcional de alto valor nutricional, lo que ayudaría a mejorar la nutrición y la salud de la población.



Morchella sp

Referencias

Aguirre-Acosta, E., Ulloa, M., Aguilar, S., Cifuentes, J., & Valenzuela, R. (2014). Biodiversidad de hongos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85 Supl. ene), S76-S81. <https://doi.org/10.7550/rmb.33649>

Anusiya, G., Gowthama Prabu, U., Yamini, N.V., Sivarajasekar, N., Rambabu, K., Bharath, G., & Banat, F. (2021). A review of the therapeutic and biological effects of edible and wild mushrooms. *Bioengineered*. 12(2):11239-11268. doi: 10.1080/21655979.2021.2001183

Boa, E. (2004). Wild edible fungi a global overview of their use and importance to people. *NON-WOOD FOREST PRODUCTS* 17. FAO. ROMA. ISBN 92-5-105157-7 consultado el10/04/2021 en línea en: Wild edible fungi a global overview of their use and importance to people (fao.org)

Espinosa, F., & Munguía, A. C. (2017). El Poder de los hongos comestibles. En: *El poder del consumidor*. Sitio web: <https://elpoderdelconsumidor.org/2017/10/poder-los-hongos-comestibles/>

Lopez, A. & Garcia, J. (2018). Guía ilustrada de los hongos comestibles silvestres de los mercados de Xalapa, Veracruz, México. I FUNGA VERACRUZANA 162. En línea en: (PDF) Guía ilustrada de los hongos comestibles silvestres de los mercados de Xalapa, Veracruz, México. I FUNGA VERACRUZANA 162. (researchgate.net).

Martínez-Carrera, D., Curvetto, N., Sobal, M., Morales, P., & Mora, V.M. (Eds.). (2010). *Hacia un Desarrollo Sostenible del Sistema de Producción-Consumo de los Hongos Comestibles y Medicinales en Latinoamérica: Avances y Perspectivas en el Siglo XXI*. Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales-COLPOS-UNSCONACYT-AMC-UAEM-UPAEP-IMINAP, Puebla. 648 p.

Martínez-Carrera D., Mayett Moreno, Y., & Maimone Celorio, M.R. (2022). Los hongos comestibles, funcionales y medicinales aportación a la dieta, la salud, la cultura, al ambiente, y al sistema agroalimentario de México. Editorial del Colegio de Postgraduados. ISBN: 978-607-715-447-17

Martínez-Carrera, D., Morales, P., Sobal, M., Bonilla, M., Martínez, W., & Mayett Y. (S.F.) Los hongos comestibles, funcionales y medicinales: su contribución al desarrollo de las cadenas agroalimentarias y la seguridad alimentaria en México. P. 1-25. Consultado el 9 junio 2024. En línea en: D. Martínez-Carrera et al. Los hongos comestibles, funcionales y (aprenderly.com)

Mayett-Moreno, Y., & Martínez-Carrera, D. (2010). El consumo de los hongos comestibles y su relevancia en la seguridad alimentaria de México. En: Martínez-Carrera, D., N. Curvetto, M. Sobal, P. Morales, & V. M. Mora (Eds.). 2010. *Hacia un Desarrollo Sostenible del Sistema de Producción-Consumo de los Hongos Comestibles y Medicinales en Latinoamérica: Avances y Perspectivas en el Siglo XXI*. Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales-COLPOS-UNSCONACYT-AMC-UAEM-UPAEP-IMINAP, Puebla. Cap.18, Pp. 291-329.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADR) (28 agosto, 2016). Los hongos y setas , tradición de buena alimentación. Blog. Gobierno de México. En línea en: Los hongos y setas, tradición de buena alimentación | Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural | Gobierno | gob.mx (www.gob.mx)

Sánchez, J.E., & G. Mata (Eds.). (2012). *Hongos comestibles y medicinales en Iberoamérica*. El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chis., México. 393 p. ISBN 978-607-7637-73-8

Uso Potencial de *Artemisia annua* en el Tratamiento de la Malaria

E.E. Yáñez-Obregón*

Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ciencias Biológicas
Ave. Pedro de Alba s/n, Cd. Universitaria,
San Nicolás de los Garza, N.L. México. 66455.
*elvia.yanezob@uanl.edu.mx

Resumen

La malaria es una enfermedad causada por protistas parásitos del género *Plasmodium*, la cual afecta a grandes poblaciones alrededor del mundo, mayormente a las zonas rurales. En esta investigación se planeó encontrar las influencias que puede tener la planta *Artemisia annua* en contra de dicha enfermedad, mediante una revisión de 15 artículos seleccionados de la base de datos PubMed. Los resultados indican que la planta tiene una influencia benéfica considerable en el combate de la malaria gracias a la artemisinina, un compuesto antipalúdico. En diversos estudios se encontró que la respuesta al componente varía dependiendo de las diferentes alternativas en que se ingiera, dando como resultado que el consumo de hojas secas es más efectivo en comparación con la ingesta de la planta encapsulada.

Palabras clave: Micetismos, envenamiento por hongos, síndrome hepatotóxico, síndrome gastrointestinal.

Abstract

Malaria is a disease caused by parasitic protists of the genus *Plasmodium*, which affects large populations around the world, mostly in rural areas. In this research, it was planned to find the influences that

the *Artemisia annua* plant may have against this disease, through a review of 15 articles selected from the PubMed database. The results indicate that the plant has a considerable beneficial influence in the fight against malaria thanks to artemisinin, an anti-malarial compound. In various studies it was found that the response to the component varies depending on the different alternatives in which it is ingested, resulting in the consumption of dry leaves being more effective compared to the ingestion of the encapsulated plant.

Key words: Mycetisms, fungal poisoning, hepatotoxic syndrome, gastrointestinal syndrome.

Introducción

La malaria o paludismo es una enfermedad causada por parásitos del género *Plasmodium*, los cuales son transmitidos por las hembras de los mosquitos del género *Anopheles*. *Plasmodium falciparum* son los plasmodios que causan los síntomas más severos al infectar a un ser humano (Figura 1 y 2). En 2017, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estimó que hubo cerca de 435,000 muertes por malaria alrededor del mundo, siendo los niños menores de 5 años donde se registró cerca del 61%

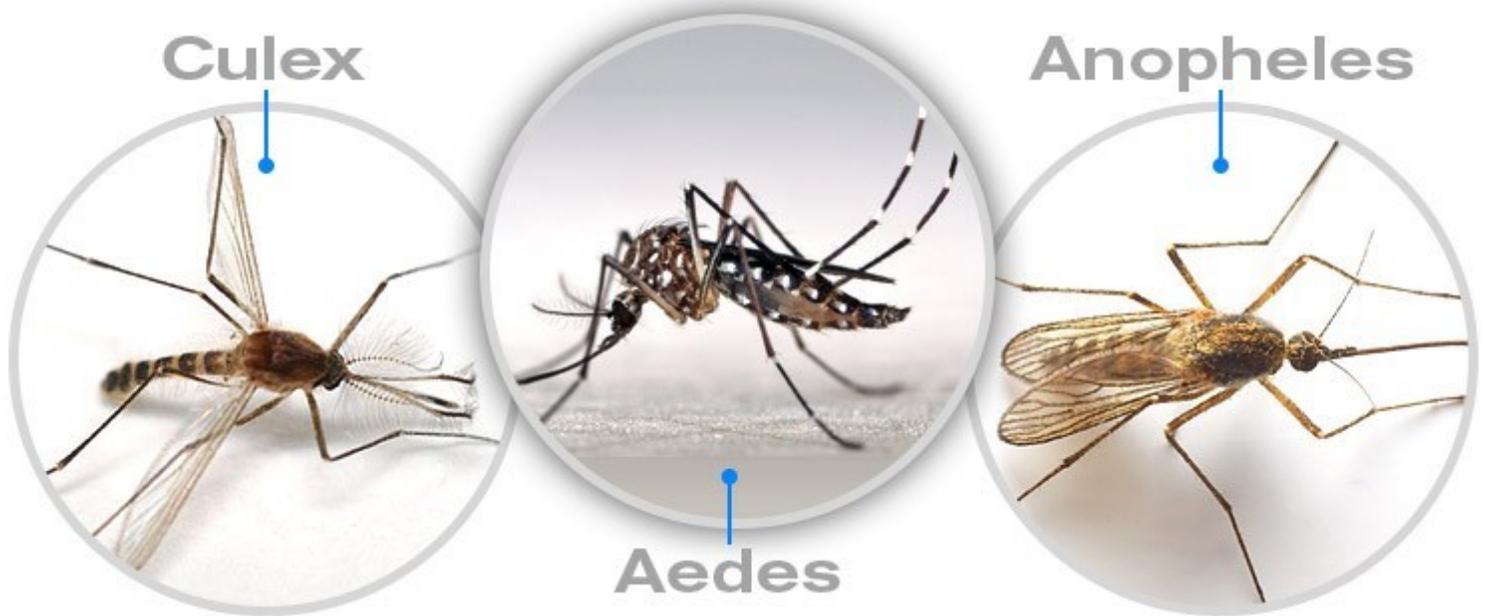


Figura 1. Mosquitos hematófagos vectores <http://fabianorsouza.blogspot.com/2018/11/olha-um-mosquito-sera-o-mosquito-da.html>

de las muertes. Esto nos refiere que los niños son el grupo con más riesgo de fallecer al contraer malaria (WHO, 2019).

En zonas rurales como Ghana, la planta *Artemisia annua*, nativa de Asia, se ha usado para tratar la malaria y sus síntomas secundarios (Laryea & Borquaye, 2019), puesto que se cree tiene propiedades curati-



Figura 2. *Plasmodium falciparum* en sangre de paciente con paludismo. Photo Credit:Content Providers(s): CDC/Dr. Mae MelvinTranswiki approved by: w:en>User:Dmcdevit - This media comes from the Centers for Disease Control and Prevention's Public Health Image Library (PHIL), with identification number #2704.

vas en contra del paludismo. El uso de los remedios naturales provee a las personas de un tratamiento barato y rápido en contra de los malestares, lo que explicaría la popularidad de la planta para tratar el padecimiento.

La aceptación por las personas durante muchos años de la planta *Artemisia annua* como tratamiento de la malaria, indica una relación en cuanto a los efectos benéficos vistos en los pacientes. Se desconoce si dicha planta tiene influencias ante la malaria, por lo que se busca encontrar la relación que podría tener la planta con el tratamiento de la malaria mediante una búsqueda de datos con certificación científica la cual pueda explicar el hecho de que las personas estén tan apegadas a la planta y siga teniendo la popularidad que hasta ahora tiene.

Material y métodos

En la presente investigación se utilizaron como herramientas de trabajo la computadora e internet, dichas herramientas tuvieron como objetivo el conocer si la planta *Artemisia annua* posee propiedades en contra



Figura 3. *Artemisia annua* o ajenojo dulce estado vegetativo y en floración

de la malaria y de ser así, a que componentes activos se atribuye esta actividad. La búsqueda de los artículos científicos se realizó durante 2019 en la base de datos PubMed, donde se utilizaron “*Artemisia*”, “*Artemisia annua*”, “Artemisinin” y “Malaria”, como palabras claves. Además, se utilizaron frases booleanas tales como “*Artemisia annua* AND Malaria” donde se obtuvieron 314 resultados, de los cuales 15 artículos fueron seleccionados por contener la información más relevante y reciente sobre la influencia de la planta en la enfermedad.

Resultados y discusión

Artemisia annua es una planta que tiene efectos confirmados en contra de la malaria (Figura 3). Dicha planta es un remedio eficaz tal como se mencionó en la Tabla 1, puesto que se ve referido en los resultados de diversas publicaciones, siendo esto una concordancia de los efectos benéficos que esta presenta. La planta tiene un compuesto llamado artemisinina, el cual es el principal compuesto que le da a ésta la eficacia antipalúdica, tratándose así del único com-

puesto con resultados ya comprobados en contra de la malaria (Figura 4).

Se ha observado que la planta *A. annua* tiene una gran influencia benéfica para los pacientes con malaria gracias a sus componentes activos en contra del paludismo. La artemisinina, principal componente de la *A. annua*, resulta ser efectiva en los tratamientos palúdicos en pacientes con síntomas controlados y sin síntomas secundarios a la malaria. El uso de hojas secas de la planta es efectivo para tratar la enfermedad, puesto que tiene el componente antiparasitario que ayuda al tratamiento antipalúdico (Elfawal *et al.*, 2012).

La mayor parte de los artículos utilizados en esta investigación demostraron tener concordancia con relación a los efectos benéficos que ofrecen la planta y su componente artemisinina contra el paludismo. Pacientes tratados con la planta seca *A. annua*, evidenciaron tener eliminación de fiebre y parásitos en la sangre del paciente, donde la presencia del gametocito fue indetectable entre los días 14 a 28, lo cual ayudó a que la transmisión del mosquito se viera interrumpida, además de haber una baja probabilidad

Tabla 1. Resumen cronológico de los hallazgos sobre la actividad de *Artemisia annua* sobre la malaria.

Autor/Año	Hallazgos
(Fry, 1991)	Se concluyó que las mitocondrias son el blanco de la artemisinina, produciendo daños irreparables.
(Wang <i>et al.</i> , 2010)	La artemisinina tiene especificidad en las mitocondrias de los parásitos, produciendo la muerte de estos.
(Pylayeva-Gupta, 2011)	El uso de terapia de combinación de artemisinina reduce riesgo de un nuevo brote de malaria.
(Zanto, Hennigan, Östberg, Clapp, & Gazzaley, 2011)	Evidencia en eficacia terapéutica a base de plantas para tratar el paludismo.
(Elfawal <i>et al.</i> , 2012)	Se demostró que la ingesta de hojas secas de <i>Artemisia annua</i> , vía oral, mata los parásitos en ratones.
(Mouton, Jansen, Frédéric, & Van Der Kooy, 2013)	El compuesto antipalúdico artemisinina podría ser el único compuesto antiplasmodial en el té.
(Weathers <i>et al.</i> , 2015)	La artemisinina se ve afectada por la digestión. La artemisinina tiene mayor efecto si se suministra por hojas secas
(Sowunmi <i>et al.</i> , 2016)	Después del paludismo, es común que los pacientes jóvenes contraigan anemia persistente asintomática.
(Daddy <i>et al.</i> , 2017)	Se demostró que la ingesta de hojas secas puede rescatar a los pacientes que tengan resistencia a la terapia de combinación de artemisinina.
Gillentine <i>et al.</i> , 2017)	La detección del marcador molecular K13 ayuda a combatir la resistencia a la artemisinina.
(Kirkman <i>et al.</i> , 2018)	El desarrollo del proteosoma favorecerá para maximizar la potencia y elevar la barrera a la resistencia de artemisinina.
(Obboh <i>et al.</i> , 2018)	Único antipalúdico sobreviviente y eficaz en el programa de control de muchos países endémicos.
(Laryea & Borquaye, 2019)	El estudio confirma el uso de plantas medicinales como tratamiento para malaria y síntomas similares a la malaria.
(Heller & Roepe, 2019)	Existen dos líneas de parásitos resistentes que emplean factores moleculares distintos para crear resistencia contra la artemisinina.
(Munyangi <i>et al.</i> , 2019)	Hay eliminación de fiebre y parásitos. Poco probable que se haya una resistencia al consumir artemisinina.

que la planta genere resistencia pues se ha postulado que la propiedad se debe a 10 moléculas activas que trabajan en un sinergismo (Munyangi *et al.*, 2019), lo cual es apoyado por Teuscher *et al.* (2010) quien escribe acerca de la reducción de una recrudescencia.

Otro de los efectos a nivel celular es el daño oxidativo en la mitocondria de *Plasmodium*, así como el de-

bilitamiento y apertura en la membrana celular, afectando al potencial de membrana, lo cual explica los efectos antimalarios que la artemisinina logra en contra del parásito (Fry, 1991).

Estudios han revelado que el efecto de la artemisinina se potencia dependiendo de la manera de su consumo, puesto que al ingerir un suministro de hojas

secas vía oral tiene mejor pronóstico de eficacia en la persona en comparación con un consumo del componente artemisinina encapsulado. Existen pruebas de ello realizadas en ratones (Elfawal *et al.*, 2012), pero se debe considerar la probabilidad de diferencias en la eficacia total por la diferencia de especies. Por el contrario, la prueba más allegada a un sistema humano es una simulación del sistema digestivo, donde la eficacia de la muestra es afectada por la digestión en el cuerpo humano del componente activo en un 87% (Weathers *et al.*, 2018).

Además de tener mayor componente activo cuando se consume mediante hojas secas, la ingesta de estas tiende a tener un gran efecto en el paciente que puede llegar a mostrar resistencia a la artemisinina (Nsengiyumva *et al.*, 2017), puesto que ha habido mutaciones en los parásitos del suroeste de Nigeria (Aigbiremo *et al.*, 2018), prediciéndose así una resistencia a la genética básica de la artemisinina. Contrario a una predicción, en Mekong se observó una resistencia a la artemisinina, la cual se puede tratar con el uso del marcador molecular K1 puesto que se refiere a la mutación creada para la resistencia (Gikkentube *et al.*, 2017).

En el uso de terapia de combinación de la artemisinina, se ha avistado una considerable reducción en el riesgo de un brote agudo del paludismo, que pueda sobrevenir después de estar en vías de mejora. Es importante mencionar que esto lo apoya la investigación realizada por Teuscher *et al.* (2010), con parásitos in vitro expuestos a diferentes concentraciones de artemisinina y mefloquina, donde la recuperación del parásito fue 10 veces menor combinando ambos productos en comparación de aquella usando solamente artemisinina.

Conclusiones

En conclusión, se ha registrado que *Artemisia annua*,

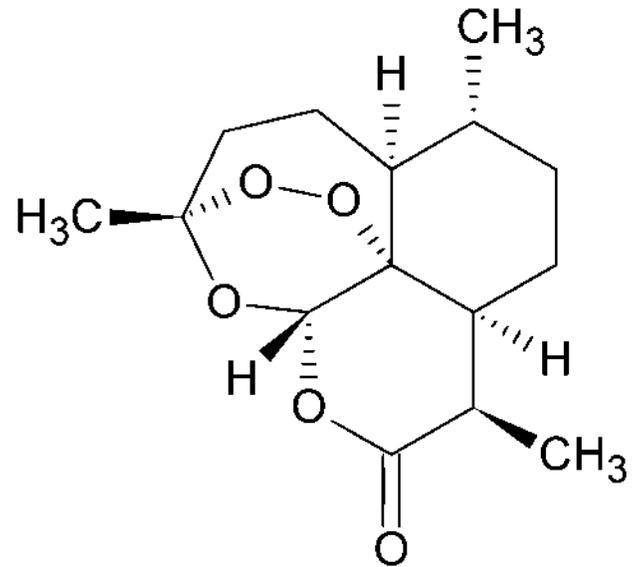


Figura 4. Artemisinina fórmula química De Lukáš Mižoch - Trabajo propio, Dominio público, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1004998>

planta nativa de Asia, tiene propiedades antipalúdicas, además de tener mejores cualidades cuando se toma en forma de hoja seca y en infusiones de té, en comparación con los medicamentos que están en el mercado encapsulando su principal componente, la artemisinina.

Las hojas secas de la planta demostraron mayor efecto en contra de la malaria, siendo este efecto observado en la eliminación de los parásitos y síntomas de la enfermedad con mayor eficacia, puesto que su blanco principal es específicamente la mitocondria del parásito *Plasmodium* dañándola y evitando la supervivencia del parásito.

Referencias

- Daddy, N. B., Kalisya, L. M., Bagire, P. G., Watt, R. L., Towler, M. J., & Weathers, P. J. (2017). *Artemisia annua* dried leaf tablets treated malaria resistant to ACT and i.v. artesunate: Case reports. *Phytomedicine*, 32, 37–40. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2017.04.006>
- Elfawal, M. A., Towler, M. J., Reich, N. G., Golenbock,

- D., Weathers, P. J., & Rich, S. M. (2012). Dried Whole Plant *Artemisia annua* as an Antimalarial Therapy. *PLoS ONE*, 7(12), 1–7. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0052746>.
- Fry, M. (1991). Mitochondria of *Plasmodium*. (100700), 154.
- Gillentine, M.A. Berry, L.N., Goin-Kochel, R.P. Ali, M.A., Ge, J., Guffey, D., Rosenfeld, J.A., Hannig, V., Bader, P., Proud, M., Shinawi, M., Graham, B.H., Lin, A., Lalani, S.R., Reynolds, J., Chen, M., Grebe, T., Minard, C.G., Stankiewicz, P., Beaudet, A.L. and Schaaf C. (2017). HHS Public Access. *J Autism Dev Disord*, 47(3), 549–562. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e31823da96d>.Hydrogen
- Heller, L.E., & Roepe, P.D. (2019). Artemisinin-Based Antimalarial Drug Therapy: Molecular Pharmacology and Evolving Resistance. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 4(2), 89. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed4020089>
- Kirkman, L.A., Zhan, W., Visone, J., Dziedziech, A., Singh, P. K., Fan, H., Lin, G. (2018). Antimalarial proteasome inhibitor reveals collateral sensitivity from intersubunit interactions and fitness cost of resistance. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(29), E6863–E6870. <https://doi.org/10.1073/pnas.1806109115>
- Laryea, M. K., & Borquaye, L.S. (2019). Antimalarial Efficacy and Toxicological Assessment of Extracts of Some Ghanaian Medicinal Plants. *Journal of Parasitology Research*, 2019, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2019/1630405>
- Manuscript, A. (2015). Consumed as a Treatment (pACT) for Malaria. 151(2), 858–863. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.11.043>.Simulated
- Mouton, J., Jansen, O., Frédérick, M., & Van Der Kooy, F. (2013). Is artemisinin the only antiplasmodial compound in the *Artemisia annua* tea infusion? An in vitro study. *Planta Medica*, 79(6), 468–470. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1328324>
- Munyangi, J., Cornet-Vernet, L., Idumbo, M., Lu, C., Lutgen, P., Perronne, C., Weathers, P. (2019). *Artemisia annua* and *Artemisia afra* tea infusions vs. artesunate-amodiaquine (ASAQ) in treating *Plasmodium falciparum* malaria in a large scale, double blind, randomized clinical trial. *Phytomedicine*, 57(December 2018), 49–56. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2018.12.002>
- Oboh, M. A., Ndiaye, D., Antony, H. A., Badiane, A. S., Singh, U. S., Ali, N. A., Das, A. (2018). Status of Artemisinin Resistance in Malaria Parasite *Plasmodium falciparum* from Molecular Analyses of the Kelch13 Gene in Southwestern Nigeria. *BioMed Research International*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/2305062>
- Pylayeva-Gupta, Y. (2011). NIH Public Access. *Bone*, 23(1), 1–7. <https://doi.org/10.1038/jid.2014.371>
- Sowunmi, A., Akano, K., Ayede, A. I., Ntadom, G., Ade-royeje, T., Adewoye, E. O., & Fatunmbi, B. (2016). Clinical illness and outcomes in Nigerian children with late-appearing anaemia after artemisinin-based combination treatments of uncomplicated falciparum malaria. *BMC Infectious Diseases*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s12879-016-1565-4>
- Teuscher, F., Gatton, M.I., Cheng, Q. (2010). Artemisinin induced dormancy in *Plasmodium falciparum*: Duration, recovery rates and implications in treatment failure. *Journal of infectious diseases* 202(9): 1362-1368
- Wang, J., Huang, L., Li, J., Fan, Q., Long, Y., Li, Y., & Zhou, B. (2010). Artemisinin directly targets malarial mitochondria through its specific mitochondrial activation. *PLoS ONE*, 5(3), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009582>
- World Health Organization. (2018). Paludismo. Recuperado 1 noviembre, 2019, de <https://www.who.int/malaria/media/world-malaria-report-2018/es/>
- Zanto, T. P., Hennigan, K., Östberg, M., Clapp, W.C., & Gazzaley, A. (2011). NIH Public Access. 46(4), 564–574. <https://doi.org/10.1016/J.cortex.2009.08.003>.Predictive

El Huizache. Botánica y Biotecnología

S. Pérez-Álvarez¹, L.P. Uranga-Valencia¹, J. Hernández-Salas¹,
J.A. Chávez-Medina² y M.A. Magallanes-Tapia²

¹ Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Km 2.5 carretera a Rosales, Campus Delicias, C. P. 33000, Delicias, Chihuahua, México, spalvarez@uach.mx, luranga@uach.mx, jhernans@uach.mx

² Instituto Politécnico Nacional-CIIDIR Unidad Sinaloa, Juan de Dios Bátiz Paredes No. 250, CP 81101 Guasave, Sinaloa, México. aliciachavez@hotmail.com, mmagallanes@ipn.mx

Resumen

El huizache (*Vachellia farnesiana*) es una especie de planta ampliamente distribuida en México, conocida por su adaptabilidad a diversas condiciones ecológicas, incluyendo climas estacionales y hábitats perturbados. Es una parte integral de la vegetación secundaria y forma asociaciones densas llamadas "huizachales". Desde una perspectiva botánica, el huizache muestra una notable resistencia a la sequía y la capacidad de crecer en diferentes tipos de suelos, desde arcillas pesadas hasta suelos arenosos bien drenados. La reproducción de esta planta se realiza principalmente por medios sexuales mediante semillas, sin embargo, la germinación de estas semillas en condición es naturales es limitada debido a la impermeabilidad de las vainas al agua y la dureza de la cubierta seminal. Por lo tanto, la aplicación de biotecnología emerge como una solución efectiva para abordar este desafío.

Palabras clave: Cultivo in vitro, medicina tradicional, *Vachellia farnesiana*, vaina.

Abstract

Huizache (*Vachellia farnesiana*) is a plant species widely distributed in Mexico, known for its adaptability to various ecological conditions, including seasonal climates and disturbed habitats. It is an integral part of the secondary vegetation and forms dense associations called "huizachales". From a botanical perspective, huizache shows notable drought resistance and the ability to grow in different soil types, from heavy clays to well-drained sandy soils. The reproduction of this plant is carried out mainly by sexual means through seeds, however, the germination of these seeds in natural condition is limited due to the impermeability of the pods to water and the hardness of the seed coat. Therefore, the application of biotechnology emerges as an effective solution to address this challenge.

Key words: In vitro culture, traditional medicine, *Vachellia farnesiana*, pod.

Introducción

A *Acacia* s.l. es un grupo de plantas ampliamente distribuido en regiones tropicales de Asia, África, Australia y América, comprendiendo alrededor de 1,450 especies (Lewis *et al.*, 2005). Entre estas especies se encuentra *Acacia farnesiana* (también conocida como *Vachellia farnesiana*) (Bell *et al.*, 2017), un arbusto típico de áreas áridas y semiáridas en México, que pertenece a la familia Fabaceae (Morales-Domínguez *et al.*, 2019).

El huizache (*Vachellia farnesiana* Wright) y el mezquite (*Prosopis glandulosa* Torr.) son explotados en exceso, principalmente para la fabricación de carbón, lo que resulta en una pérdida de alrededor de 600 hectáreas por año (Foroughbakhch-Pournavab *et al.*, 2005). Por esta razón, la preservación de estos ecosistemas se convierte en una prioridad crucial.

La reproducción de esta planta se realiza principalmente por medios sexuales mediante semillas, sin embargo, la germinación de estas semillas en condiciones naturales es limitada debido a la impermeabilidad de las vainas al agua y la dureza de la cubierta seminal (Rivas-Medina *et al.*, 2005). Por lo tanto, la aplicación de biotecnología emerge como una solución efectiva para abordar este desafío.

Descripción botánica del huizache

Acacia farnesiana (L.) Willd, es un árbol tipo arbusto de origen nativo con alturas que oscilante entre los 3 y 9 metros. Comúnmente es conocido como huizache, aramo, aroma, huechachin, cascalote, colita, corteza de curtidora, espino blanco, acacia dulce, flor de niño, como se puede observar en la Figura 1 (Villarreal *et al.*, 2013).

Esta especie se distribuye desde los Estados Unidos de América hasta Argentina principalmente en el pa-



Figura 1. *Acacia farnesiana* (L.) Willd (Vibrans, 2009).

cífico seco. Sin embargo, la especie también se encuentra en regiones similares en Australia y África del Sur (Rodríguez y Córdoba, 2012). En México se encuentra ampliamente distribuido en las regiones áridas y semiáridas, así como en las áreas de contacto entre las zonas áridas, encinares y pinares. Su distribución abarca desde Sonora hasta Chiapas por el Pacífico, y desde Tamaulipas y Nuevo León hasta la Península de Yucatán por el Golfo de México. Se encuentra también en el desierto sonorense y chihuahuense, se presenta con mayor abundancia en los estados de Nuevo León, Coahuila, Tamaulipas, San Luis Potosí, Zacatecas, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Aguascalientes, Estado de México, Hidalgo, Puebla, Oaxaca, Guerrero y Chiapas (FAO, 1998).

Es una especie fácil de identificar, ya que su corteza es de color gris, agrietada y se desprende en tiras y el tronco presenta espinas pequeñas de aproximadamente 6 a 25 mm de longitud (Figura 2a, 2b), las hojas son largas de entre 11.5-15 cm y pinnas de 2-3 cm de largo, con folíolos 30-50 pares por pinna (Figura 2c), sus flores se encuentran en cabezuelas de color amarillo y son muy perfumadas, de 5 milímetros de largo aproximadamente (Figura 2d) y su fruto es una vaina lisa cilíndrica algo encorvada, son

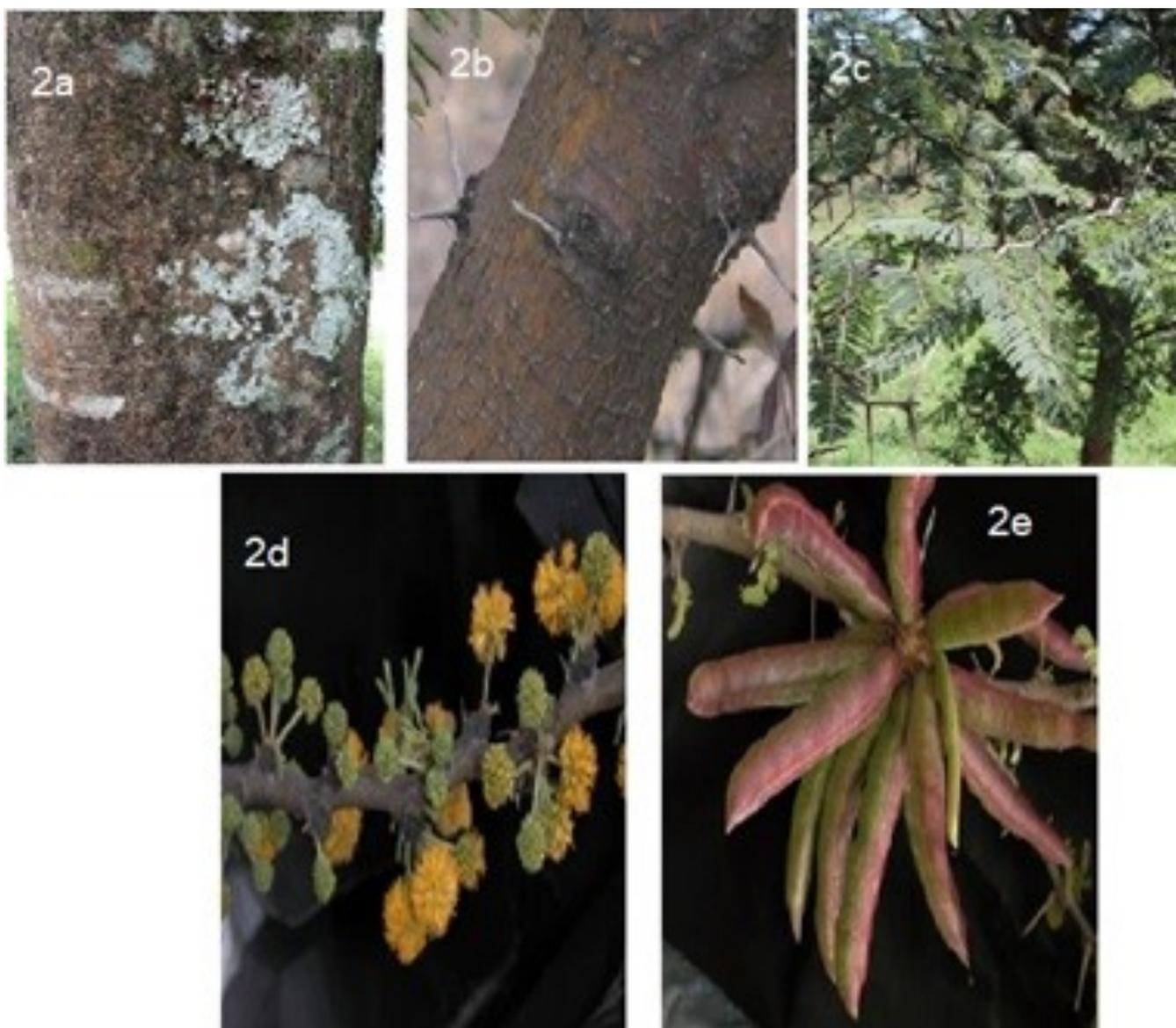


Figura 2. Morfología de *Acacia farnesiana* (L.) Willd (Huizache), donde: a) corteza, b) tronco, c) hojas, d) flores, e) Fruto.

indehiscente de color negro, con 6 a 12 semillas reniformes de 6 a 8 milímetros de largo, de color pardo-amarillentas (Figura 2e) (López *et al.*, 2012).

Beneficios o prejuicios del huizache

El huizache tiene varios usos entre ellos se pueden mencionar la madera se usa para postes, construcciones rurales, leña y carbón por su combustión lenta y alto contenido calórico, artículos torneados, parquet. fija nitrógeno del aire y controla la erosión. En

medicina tradicional mexicana se emplea para aliviar molestias digestivas, dolor de muelas, curar heridas y tratar inflamaciones por traumatismos e irritaciones de garganta. Las vainas se usan para engordar ganado. Sirve también como adhesivo exudado, ya que la goma que mana del tronco se usa como sustituto de la goma arábiga y se utiliza como mucílago; el jugo de las vainas inmaduras se utiliza para pegar porcelana rota. Sirve como aromatizante para perfumar pomadas, polvos, roperos, ropa, su principal utilidad radica en el uso del aceite o esencia en la industria

de la perfumería. Al contar con pigmentos las flores y frutos, se usan para teñir telas de seda y papel tapiz; la vaina pulverizada y hervida produce un líquido negro que puede ser utilizado como tinta. Cuenta entre 12 a 18 % de taninos que sirven para curtir y teñir cueros y redes. Las hojas, vainas, flores y vástagos se emplean como forraje para ganado vacuno y caprino, especialmente durante el invierno.

La raíz, flor, fruto y corteza tiene usos medicinales ya que las flores se utilizan como remedio en casos de dispepsia y las hojas como ungüento utilizado como remedio para el dolor de cabeza. Con el fruto verde, que es muy astringente, se prepara una infusión para las inflamaciones de la piel y de las membranas mucosas (fuegos, hemorragias) y para calmar trastornos del sistema nervioso. La cocción de la raíz es para tratar disentería, tuberculosis y dolor de abdomen, mientras que el tallo es útil para tratar estado bilioso, evacuaciones amarillas, ictericia, dolor de muelas. Las hojas secas y pulverizadas, se aplican como vendaje en las heridas.

La planta por ser astringente se usa en la medicina casera para combatir problemas de fiebre tifoidea, hemorragias, problemas menstruales, artritis y dolores reumáticos, tónico digestivo, diarrea, irritación de mucosas, conjuntivitis y malaria (Granados-

Sánchez *et al.*, 2011; Limones-Rubio *et al.*, 2015).

Biotechnología del huizache

El cultivo in vitro es una técnica de clonación que se basa en la totipotencia celular enunciada por Haberlandt (1902) la cual plantea que todas las células vegetales (somáticas) son capaces de regenerarse, dando lugar a una planta completa, esto constituye el principio básico del cultivo de tejidos.

Las semillas del huizache por tener una cubierta seminal muy dura deben de tratarse química o físicamente (escarificación). Pérez-Álvarez *et al.* (2023), utilizaron agua caliente durante 24 h (T1), ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado durante 1 h (T2) y lijar las semillas sumergiéndolas en agua por 12 h (T3) obteniéndose que en los tratamientos 2 y 3 el 100% de las semillas germinaron in vitro (medio agar-agua) (Figura 3).

Odirile *et al.* (2019), utilizaron cuatro tratamientos [escarificación mecánica (cortar la semilla), agua caliente, agua hirviendo (1, 3 y 5 minutos) y H_2SO_4 concentrado al 98.00 % (15, 30, 45 y 60 minutos)] en semillas de *Vachellia erioloba* y un control, obteniéndose los mayores porcentajes de germinación con el corte de las semillas y el H_2SO_4 45 min seguido de 60 min y agua caliente por 24 h.

Varios trabajos han informado diferentes porcenta-



Figura 3. Germinación in vitro del huizache (*Vachellia* sp) en medio agar-agua, donde A: T1 (inmersión en H_2O durante 20 min), B: T2 (H_2SO_4 concentrado 1 h y cortar semilla con el bisturí) y C: T3 (lijar las semillas y sumergirla en agua durante 12 h) (Pérez-Álvarez *et al.*, 2023).

jes de germinación de semillas en varias especies de *Vachellia* por medio de lijado. Godínez-Álvarez y Flores-Martínez (2000), lograron 86.7 % de germinación en *V. farnesiana* y Maldonado-Arciniegas *et al.* (2018), obtuvieron 45 % de germinación con la especie sudamericana *V. macracantha*.

Una vez germinadas las semillas se pasan a medios de cultivo con hormonas (reguladores del crecimiento vegetal) para su multiplicación. En esta fase es donde de cada explante (planta *in vitro*) se obtienen entre 3 y 4 brotes en cada subcultivo.

En el experimento realizado por Pérez-Álvarez *et al.* (2023), una vez germinadas las semillas se subcultivaron en medio Murashige y Skoog (MS, 1962) con diferentes reguladores del crecimiento siendo T1-6BAP (6-bencilaminopurina) 0.5 mg L⁻¹+ Kin (Kinetina) 0.5 mg L⁻¹+Quitosano 60 mg L⁻¹; T2-6BAP 1 mg L⁻¹+ Kin 0.5 mg L⁻¹+Quitosano 60 mg L⁻¹; T3-6BAP 0.5 mg L⁻¹+ Kin 0.5 mg L⁻¹; T4-6BAP 1 mg L⁻¹+ Kin 0.5 mg L⁻¹, siendo el T4 el mejor tratamiento en cuanto a altura de los explantes, número de hojas, y coeficiente de multiplicación (tres brotes por explante) (Figura 4).

Morales-Domínguez *et al.* (2019), utilizaron como material vegetal nódulos cotiledonales de *A. farnesiana* y para la multiplicación de los explantes utilizaron el medio MS suplementado con 6BAP y 2.4 D (ácido diclorofenoxiacético) obteniendo 5.42 ± 0.98

brotes/explante en el medio con 4.4 µM 6BAP. Otras investigaciones muestran mejores resultados al combinar una citoquinina y una auxina, tal es el caso de Abbas *et al.* (2010), quienes realizaron la micropropagación de *A. nilotica* desde segmentos nodales en medio MS suplementado con 6BAP y ANA (ácido naftaleno acético) obteniendo el mayor promedio de brotes por explante (43.2%) en un medio suplementado con 2.0 mg L⁻¹ de BAP y 0.5 mg L⁻¹ de ANA.

Conclusiones

La descripción botánica realizada proporciona detalles específicos sobre las características morfológicas del huizache, como la forma de las hojas, el tipo de flor, frutos, etc. Esto permite una identificación precisa de la especie, lo cual es crucial para la taxonomía y la clasificación adecuada de las plantas, aunque es necesaria la identificación molecular para complementar el resultado. El huizache, además tiene múltiples usos en la medicina tradicional mexicana, para fijar nitrógeno al suelo por la asociación con bacterias fijadoras (*Rhizobium*), sirve como forraje para el ganado y su madera se utiliza en la construcción. Por otra parte, la biotecnología permite, mediante el cultivo *in vitro*, realizar procedimientos de escarificación y de esta forma facilitar la germinación de las semillas y al utilizar hormonas vegetales en medios de cultivo obtener una gran cantidad de plantas que podrían utilizarse para la reforestación.

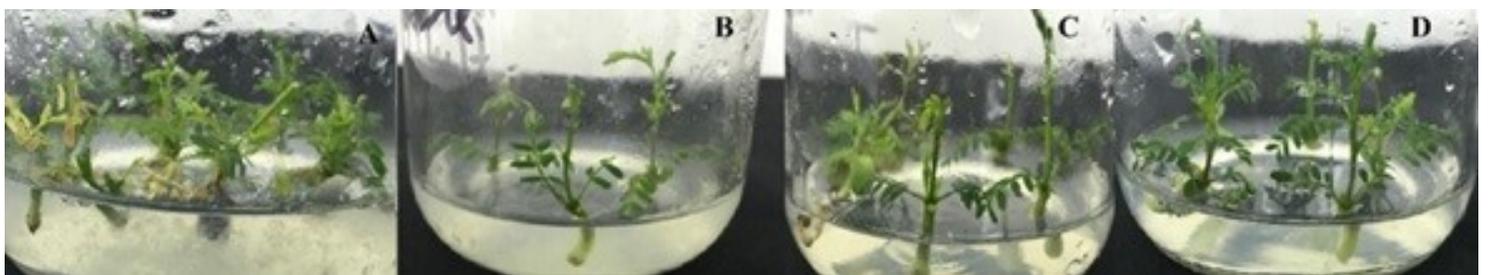


Figura 4. Multiplicación de los explantes de *Vachellia* sp donde A: T1-6BAP 0.5 mg L⁻¹+ Kin 0.5 mg L⁻¹+Quitosano 60 mg L⁻¹; B: T2-6BAP 1 mg L⁻¹+ Kin 0.5 mg L⁻¹+Quitosano 60 mg L⁻¹; C: T3-6BAP 0.5 mg L⁻¹+ Kin 0.5 mg L⁻¹; D: T4-6BAP 1 mg L⁻¹+ Kin 0.5 mg L⁻¹.

Referencias

- Abbas H., Qaiser M. & Naqvi B. (2010). Rapid in vitro multiplication of *Acacia nilotica* subsp. *hemispherica*, a critically endangered endemic taxon. *Pakistan Journal of Botany*, 42: 4087-4093.
- Bell KL., Rangan H., Fernandes MM., Kull CA. & Murphy DJ. (2017). Chance long-distance or human-mediated dispersal? How *Acacia* s. l. *farnesiana* attained its pan-tropical distribution. *Royal Society Open Science*, 4:1-18. <https://doi.org/10.1098/rsos.170105>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (1998). Especies arbóreas y arbustivas para las zonas áridas y semiáridas de América Latina. *Acacia farnesiana*. Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Sistemas Agroforestales.
- Foroughbakhch-Pournavab R., Reyes G., Alvarado-Vázquez MA., Hernández-Piñero JL. & Rocha Estrada A. (2005). Use of quantitative methods to determine leaf biomass on 15 woody shrub species in northeastern Mexico. *Forest Ecology and Management*, 216: 359-366.
- Granados-Sánchez D., Sánchez-González, A., Granados-Victorino RL. & Borja de la Rosa A. (2011). Ecología de la vegetación del desierto chihuahuense. *Revista Chapingo serie zonas áridas*, XVII: 111-130. <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/5015?show=full>
- Lewis G., Schrire B., MacKinder B. & Lock M. (2005). *Legumes of the World*. Kew, UK: Royal Botanic Gardens, p. 577.
- Limones-Rubio D, Aguirre-Ureña EA, Fonseca-Espino J, Muro G. & Sánchez J. (2015). Aprovechamiento de los recursos maderables y no maderables de la zona semiárida de Durango. *CIENCIA UANL / AÑO 18*, No. 74.
- López R, González, R. & Cano M. (2012). *Acacia farnesiana* (L.) Willd. (Fabaceae: Leguminosae), una especie exótica con potencial invasivo en los bosques secos de la isla de Providencia (Colombia). *Biota Colombiana*, 232-246.
- Morales-Domínguez JF., Sabás-Díaz de León DC., Garcidueñas-Piña C. & Pérez-Molphe-Balch E. (2019). Germination, in vitro propagation and soil acclimatization of *Acacia farnesiana* and *Prosopis laevigata*. *South African Journal of Botany*, 124: 345-349. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.05.034>.
- Murashige T. & Skoog F. (1962). A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Plant Physiology*, 15:473-497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>.
- Pérez-Álvarez S., Villarreal-Ramírez VH., Carrasco-Rivera EO., Sánchez-Chávez E., Grijalva-Martínez I., Terrazas-Gómez MI. (2023). In vitro micropropagation of huizache: Preliminary results. *Brazilian Journal of Business*, 5(1): 708-715. <https://doi.org/10.34140/bjbv5n1-046>
- Rivas-Medina G., González-Cervantes G., Valencia-Castro CM., Sánchez-Cohen I. & Villanueva Díaz J. (2005). Morfología y escarificación de la semilla de mezquite, huizache y ahuehuete. *Técnica Pecuaria en México*, 43: 441-448.
- Rodríguez F. & Córdoba G. (2012). Aromo (*Acacia farnesiana*). *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 66-67.
- Vibrans HP. (2009). *Malezas de México, Acacia Farnesiana* (L.) Willd. México: CONABIO.
- Villarreal GJ., Rocha EA., Cárdenas ÁM., Limón SM., López M., Álvarez G. & Vargas, V. (2013). Caracterización morfolométrica, viabilidad y germinación de semillas de mezquite y huizache en el noreste de México. *Revista Internacional de Botánica Experimental PHYTON*, 82: 169-174.

Efecto de los Bioestimulantes Fitomaxi[®] a base de Microalgas en la Floración y Amarre en Cultivo de Chile variedad Mixteco

J.G. Uresti-Porras¹, L.A. Sumuano-Barragán¹, F. Flores-García² y D.M. Garza-García^{2*}

Universidad Autónoma de Nuevo León,

¹Facultad de Agronomía. Av. Francisco I. Madero S/N, Ex Hacienda el Canada, 66050, General Escobedo, N.L. México

²Facultad de Ciencias Biológicas

Av. Pedro de Alba s/n, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, N.L. México. 66455.

* misael.garzagr@uanl.edu.mx

Resumen

El uso de bioestimulantes a base de microalgas es una estrategia novedosa que permite incrementar la producción agrícola de forma sostenible, además contribuye a una agricultura más resiliente. Las microalgas y cianobacterias son microorganismos que han tenido gran relevancia en la agricultura en los últimos años, debido a su amplia variedad de compuestos de alto valor como aminoácidos, vitaminas, antioxidantes, fitorreguladores, enzimas y lípidos que coadyuvan a un mejor desarrollo y fortalecen a los cultivos frente a las distintas condiciones de estrés biótico y abiótico. El cultivo de chile en México es una actividad económica importante y un alimento esencial en la dieta de los mexicanos. A pesar de su gran importancia en la economía y en la gastronomía, presenta diversos retos asociados a factores climáticos y pérdida de la capacidad productiva de los suelos, ocasionando importantes pérdidas que disminuyen de manera considerable su productividad. La inclusión de bioestimulantes basados en microalgas y cianobacterias en el sistema de producción agrícola representa una estrategia innovadora y sostenible para el incremento de la producción agrícola y que contribuir a un sistema agroalimentario más resiliente y productivo.

Palabras clave: Microalgas, cianobacterias, bioestimulante, agricultura, chile.

Abstract

The use of biostimulants based on microalgae is a novel strategy that allows increasing agricultural production in a sustainable way, and also contributes to more resilient agriculture. Microalgae and cyanobacteria are microorganisms that have had great relevance in agriculture in recent years, due to their wide variety of high-value compounds such as amino acids, vitamins, antioxidants, phytochemicals, enzymes and lipids that contribute to better development and strengthen crops against different biotic and abiotic stress conditions. The cultivation of chili in Mexico is an important economic activity and an essential food in the diet of Mexicans. Despite its great importance in the economy and gastronomy, it presents various challenges associated with climatic factors and loss of the productive capacity of the soil, causing significant losses that considerably reduce its productivity. The inclusion of biostimulants based on microalgae and cyanobacteria in the agricultural production system represents an innovative and sustainable strategy for increasing agricultural production and contributing to a more resilient and productive agri-food system.

Keywords: Microalgae, cyanobacteria, biostimulant, agriculture, chile.

Introducción

La agricultura moderna enfrenta grandes desafíos, principalmente relacionados al aumento de la demanda de alimentos de mejor calidad y en contra parte un incremento en pérdidas agrícolas causados por factores bióticos y abióticos, así como resultado de la alteración de los ecosistemas naturales, a pesar de la tendencia global en reducir el uso de fertilizantes sintéticos debido a los problemas medioambientales asociados, su uso sigue siendo amplio y en la mayoría de los casos indiscriminado. Así mismo, la agricultura moderna se ha visto obligada a reconsiderar sus estrategias integrando nuevas prácticas, así como agrotecnologías más sostenibles que ofrezcan rendimientos sostenidos y confiables (Frioni *et al.*, 2018). Con base en las estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la demanda global de alimentos aumentará un 50% para 2029 (Chittora *et al.*, 2020). Por lo que uno de los objetivos principales es mejorar el rendimiento de los cultivos actuales para satisfacer la creciente demanda de alimentos.

Recientemente, las microalgas y cianobacterias han tenido gran relevancia por su capacidad de generar efectos elicitors, favorecer un mayor crecimiento, así como en el fortalecimiento en las defensas del cultivo frente a condiciones de estrés causado por factores bióticos. Las microalgas y cianobacterias poseen compuestos como aminoácidos, polisacáridos, vitaminas, antioxidantes, lípidos y enzimas que poseen un impacto positivo en la fisiología vegetal y favorecen una mejor respuesta del cultivo ante diversos factores de estrés (Shedeed *et al.*, 2022).

Así mismo, por su amplia y alta composición de compuestos los bioestimulantes a base de *Spirulina* spp poseen diversos efectos positivos, principalmente sobre la fisiología de la planta al mejorar la permeabilidad de la pared celular, aumento de la absorción de nutrientes, incremento de la clorofila y macromoléculas e indirectamente poseen efectos sobre la calidad química, física y microbiana del suelo. Las aplica-

ciones vía foliar y suelo actúan en sinergia favoreciendo un mejor y mayor desarrollo en la planta (Mógor *et al.*, 2018).

La empresa de agrobiotecnología GEXUS© con sede en el Estado de Nuevo León, México, busca suplir esta necesidad de nuevas agrotecnologías que permitan producir de manera más eficiente y sostenible. Así mismo, GEXUS© ha desarrollado tras una década de investigación y desarrollo una gama de bioestimulantes de última generación diseñados con tecnología exclusiva a base de microalgas para cada etapa fenológica del cultivo (Miranda *et al.*, 2024). Por consiguiente, México es líder en la producción de chile verde con una producción estimada para el 2023 de un millón 237 mil toneladas con una superficie estimada de siembra en el 2022 de 165 mil 226 hectáreas. Siendo los estados de Sinaloa, Chihuahua y Zacatecas con cerca del 60% del volumen de producción (SIAP, 2022). A pesar de que representa una importante contribución en el mercado mexicano de hortalizas, presenta importantes retos asociados a la productividad asociado a factores climáticos extremos, mayor prevalencia de plagas y disminución de la capacidad productiva de los suelos. En este estudio se evaluó los resultados de las aplicaciones de tres bioestimulantes FLORUS©, BOOST© y RADIX© de la empresa GEXUS© con la finalidad de incrementar la productividad en cultivos de chile variedad mixteco en el municipio de Santiago, Nuevo León, México.

Material y métodos

Localización

El presente estudio se realizó en la localidad de “Las Lajitas” ubicada en el municipio de Santiago Nuevo León, México. El inicio de las evaluaciones fue el 26 de marzo del 2024 y culminó el 14 de junio del 2024. La ubicación del área de estudio presenta una altitud de 460 msnm, una temperatura máxima promedio de 33°C y una temperatura mínima promedio de 10°C, el suelo que predomina en la región es franco-

arcilloso.

Datos del cultivo

Cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annuum*) variedad mixteca, establecido por siembra indirecta (trasplante) el día 20 de febrero del 2024, con una distancia entre plantas de 30 centímetros y distancia entre surcos de 1.50 metros, una densidad de población de 40,000 plantas por hectárea, se utilizó acolchado color blanco en todos los surcos.

Tratamiento

En la Figura 1 se muestra las áreas de tratamiento y testigo. Se realizó una doble repetición del tratamiento incorporando los bioestimulantes de la marca FLORUS[®], BOOST[®] y RADIX[®] de la empresa GEXUS[®] (Tabla 1).

Toma de variables

El cultivo de chile jalapeño se encuentra distribuido en surcos en los cuales se realizó la toma de muestras en lugares representativos, seleccionando puntos de muestreo en las partes centrales de los tratamientos (surcos) para así evitar interacciones con algún factor biótico o abiótico externo que pudiera interferir con las mediciones del tratamiento y los testigos (Figura 1). Así mismo, se empleó el diseño

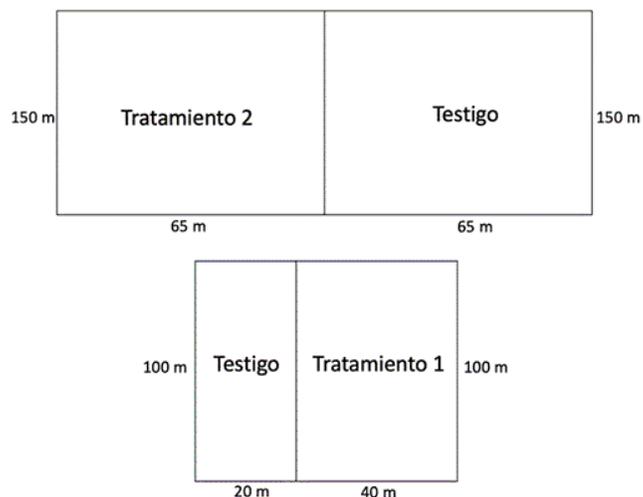


Figura 1. Croquis del cultivo en campo, se muestra la distribución de los tratamientos y el área de cada tratamiento.

de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con una comparación de medias por la Prueba de Tukey para el análisis comparativo.

Número de flores por planta

Para determinar que el cultivo se encontraba en la etapa de floración se realizó una evaluación para determinar que más de un 60% de la población presentara floración el día 13 de abril del 2024. Para la toma de muestras se eligieron 16 plantas representati-

Tabla 1. Frecuencia y aplicaciones de los bioestimulantes a base de microalgas de la empresa GEXUS[®]

Marca	Función	Dosis	Frecuencia	Aplicación
FLORUS [®]	Ofrece una solución nutritiva a base de microalgas enriquecida con Boro-Molibdeno-Silicio, la cual favorece un efecto intensivo en las etapas pre-floración y la floración. Previene el aborto de flores y optimiza los procesos fisiológicos permitiendo una mayor asimilación de nutrientes.	0.5L	3 aplicaciones quincenales	Foliar
BOOST [®]	Activa los sistemas naturales de defensa, favoreciendo una mayor resistencia ante ataque de fitopatógenos. Así mismo, coadyuva y acelera el proceso de recuperación ocasionado por efectos de estrés biótico y abiótico, permitiendo restaurar la homeostasis celular y por ende restablecer la fisiología.	0.5L	3 aplicaciones quincenales	Foliar
RADIX [®]	Coadyuva al desarrollo y fortalecimiento del sistema radicular a través de una solución nutritiva balanceada con macro y micronutrientes, integrando una alta concentración de compuestos bioactivos. Posee actividad con acción inhibitoria de patógenos en el sistema radicular y fortalecimiento de los sistemas de defensa de las plantas.	0.5L	2 aplicaciones quincenales	Suelo

vas por tratamiento las cuales fueron marcadas con un listón, posteriormente para cada una de ellas se contabilizaron las flores maduras. Las características para considerar una flor completamente madura se basan en una coloración blanca o blanco amarillenta, con cinco a siete dientes y anteras con polen.

Número de frutos amarrados

Las 16 plantas previamente marcadas para la evaluación de la floración fueron nuevamente utilizadas para contabilizar el número de frutos amarrados. La medición se realizó el día 23 de abril del 2024. Para efectos de un mejor resultado se descartó todo aquel fruto mayor a 5 milímetros.

Medición de largo y peso de fruto

Se realizó la medición de las variables largo y peso de los chiles utilizando una muestra de 12 plantas para cada tratamiento seleccionadas de manera aleatoria. La medición del largo del chile se realizó 12 días después del conteo de frutos amarrados. Se empleó un flexómetro de la marca PRETUL® para la medición del largo del fruto. Se seleccionaron chiles con una medida mínima de 7 centímetros de largo. Posteriormente, se midió la variable peso empleando una báscula portátil de la marca MESVIER®.

Resultados y discusión

Número de flores

La Tabla 2 presenta los resultados de la comparación de medias para la variable número de flores en cultivos de chile tratados con los bioestimulantes a base de microalgas previamente descritos en la tabla 1. Los resultados muestran que el tratamiento T1 tuvo la media más alta con 11.88 flores, seguido por T2 con 10.63 flores. Los tratamientos testigo; Testigo 1 y Testigo 2, tuvieron medias significativamente menores, con 9.81 y 9.25 flores, respectivamente. Con base a las pruebas estadísticas, T1 mostró una diferencia significativa en comparación con los tratamientos testigo, mientras que T2 no fue significativamente diferente de T1, pero sí mostró una diferencia inter-

Tabla 2. Comparación de medias para la variable número de flores.

Tratamiento	Medias
T1	11.88 a
T2	10.63 ab
Testigo 1	9.81 b
Testigo 2	9.25 b

media con los testigos. El tratamiento T1, con la media más alta de 11.88 flores, sugiere una alta eficacia de los bioestimulantes a base de microalgas en la promoción de la floración en cultivos de chile. La menor respuesta observada en T2, aunque aún superior a los testigos, indica que hay factores adicionales que pueden estar modulando la efectividad del bioestimulante, tales como la uniformidad en la aplicación y las condiciones ambientales. Los tratamientos testigos, que no recibieron el bioestimulante, mostraron significativamente menos flores, lo que confirma el impacto positivo de las microalgas como bioestimulante en el aumento de la floración (Figura 1). Estos resultados son consistentes con la literatura existente que documenta los efectos positivos de los bioestimulantes a base de microalgas en la promoción del crecimiento y la floración de las plantas. Por ejemplo, el estudio de Rachidi *et al.* (2020), encontraron que los bioestimulantes a base de microalgas incrementan significativamente el número de flores en cultivos hortícolas.

Amarre de frutos

La Tabla 3 presenta los resultados de la comparación de medias para la variable amarre de frutos en cultivos de chile tratados con la aplicación de los bioestimulantes a base de microalgas. Los tratamientos T1 y T2, que recibieron la misma dosis y frecuencia del

Tabla 3. Comparación de medias para la variable amarre de frutos.

Tratamiento	Medias
T1	10.25 a
T2	10.25 a
Testigo 1	8.00 b
Testigo 2	6.0 c

bioestimulante, mostraron medias iguales de 10.25 frutos. Por otro lado, los tratamientos Testigo 1 y Testigo 2, que no recibieron la aplicación de los bioestimulantes, presentaron medias de 8.00 y 6.0 de frutos amarrados, respectivamente. Los análisis estadísticos indican que T1 y T2 son significativamente diferentes de los testigos, con Testigo 1 siendo significativamente mejor que Testigo 2 (Figura 2).

El hecho de que T1 y T2, ambos con la misma dosis del bioestimulante, presenten las mismas medias de amarre de frutos (10.25), sugiere una alta eficacia del bioestimulante en la promoción de amarre. Los tratamientos testigo, que no recibieron el bioestimulante, mostraron significativamente menor amarre, confirmando el impacto positivo de la bioestimulación a base de microalgas. La diferencia significativa entre los testigos (Testigo 1 y Testigo 2) también indica variaciones en las condiciones del campo o en otros factores ambientales que pueden influir en el amarre de frutos. Estos resultados son congruentes con la literatura existente que documenta los efectos beneficiosos de los bioestimulantes a base de microalgas en la mejora del amarre de frutos en diversas especies de plantas. Estudios previos, (Yanni *et al.*, 2020; Godleswska *et al.*, 2019) encontraron que el uso de bioestimulantes de microalgas mejora significativamente el rendimiento de frutos en cultivos hortíco-



Figura 2. Contabilización de frutos amarrados por planta.

las.

Medición de las variables largo y peso de fruto

La Tabla 4 presenta los resultados de la comparación de medias para la variable peso en cultivos tratados con los bioestimulantes a base de microalgas aplicados foliarmente. Los tratamientos T1 y T2, que recibieron la misma dosis y frecuencia del bioestimulante, presentaron medias de 52.45 g y 47.25 g, respectivamente (Figura 3). Por otro lado, los tratamientos Testigo 2 y Testigo 1, que no recibieron el bioestimulante, mostraron medias de 45.38 g y 39.51 g, respectivamente. Los análisis estadísticos revelaron que T1 es significativamente diferente de los testigos y de T2, mientras que T2 mostró una media significativamente mayor que Testigo 1 pero no significativamente diferente de Testigo 2.

El tratamiento T1, con la media más alta de 52.45 g por chile, sugiere una alta eficacia de la bioestimulación en la promoción del peso de los frutos en cultivos de chile. La menor, pero aún significativa respuesta de T2 (47.25 g) indica que, aunque ambos tratamientos recibieron la misma dosis y frecuencia del bioestimulante, pueden existir factores adicionales que influyen en la variabilidad de los resultados, como diferencias en la absorción del producto o condiciones ambientales específicas de cada parcela. Los tratamientos testigo, que no recibieron la bioestimulación, presentaron significativamente menos peso en los frutos, lo que confirma el impacto positivo de las microalgas como bioestimulante.

En la Tabla 5 se muestran los resultados de la variable de largo de chiles. Los tratamientos T1 y T2 recibieron la misma dosis y frecuencia de los bioestimu-

Tabla 4. Comparación de medias para la variable largo de chiles.

Tratamiento	Medias
T1	9.49 a
T2	9.30 a
Testigo 2	8.72 b
Testigo 1	8.64 b



Figura 3. Contabilización de flores maduras.

lantes a base de microalgas, mientras que los testigos no recibieron ningún tratamiento. Las medias obtenidas para el largo del fruto fueron 9.49cm para T1 y 9.30 cm para T2, mientras que los tratamientos testigo; Testigo 2 y Testigo 1, mostraron medias de 8.72 cm y 8.64 cm, respectivamente. Los análisis estadísticos indican que T1 y T2 son significativamente diferentes de los testigos, pero no entre sí. El tratamiento T1, con una media de 9.49 cm, y el tratamiento T2, con una media de 9.30 cm, demuestran la efectividad de la bioestimulación en incrementar la longitud del fruto en comparación con los testigos (8.72 y 8.64 cm). La diferencia significativa entre los tratamientos y los testigos indica que los bioestimulantes empleados en el tratamiento a base de microalgas tiene un impacto positivo en el rendimiento del cultivo de chile. La ausencia de diferencias significativas entre T1 y T2 sugiere que la misma dosis y frecuencia del bioestimulante produce resultados con-

sistentes y efectivos. Estos resultados concuerdan con estudios previos que han demostrado los beneficios de los bioestimulantes a base de microalgas en el aumento del rendimiento y calidad de los cultivos. Investigaciones como la Morsy (2019) han documentado aumentos significativos en la productividad tras la aplicación de bioestimulantes a base de microalgas.

Conclusiones

Los resultados de este estudio demuestran que la aplicación foliar de bioestimulantes a base de microalgas en cultivos de chile puede incrementar significativamente el número de flores y el peso de los frutos, en comparación con los cultivos que no recibieron dicho tratamiento. Estos hallazgos sugieren que los bioestimulantes a base de microalgas no solo pueden mejorar el rendimiento del cultivo de chile al aumentar el número de flores y el peso de los frutos, sino que también pueden contribuir a una agricultura más sostenible. Los bioestimulantes de microalgas son una alternativa prometedora a los fertilizantes químicos tradicionales, ya que pueden mejorar la eficiencia del uso de nutrientes, estimular el crecimiento de las plantas y aumentar la resistencia al estrés ambiental.

El uso de bioestimulantes a base de microalgas puede reducir la necesidad de fertilizantes químicos y pesticidas, disminuyendo así el impacto ambiental de las prácticas agrícolas. Esto no solo mejora la sostenibilidad de los cultivos, sino que también puede aumentar la rentabilidad para los agricultores al reducir los costos de insumos y mejorar la calidad y cantidad

Tabla 5. Comparación de medias para la variable peso de chiles.

Tratamiento	Medias
T1	52.45 a
T2	47.25 ab
Testigo 2	45.38 bc
Testigo 1	39.51 c

Efecto de Radix[©] y Boost[©] en la Productividad y Calidad del Cultivo de Cebolla variedad Hornet

J. G. Uresti-Porras¹, L.A. Sumuano-Barragán¹, F. Flores-García² y D.M. Garza-García^{2*}

Universidad Autónoma de Nuevo León,

¹Facultad de Agronomía. Av. Francisco I. Madero S/N, Ex Hacienda el Canada, 66050, General Escobedo, N.L. México

²Facultad de Ciencias Biológicas

Av. Pedro de Alba s/n, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, N.L. México. 66455.

* misael.garzagr@uanl.edu.mx

Resumen

Las microalgas y cianobacterias son microorganismos fotosintéticos de gran relevancia por sus múltiples aplicaciones debido a su amplia capacidad de sintetizar múltiples compuestos de alto valor como aminoácidos, polisacáridos, vitaminas, antioxidantes y promotores naturales del crecimiento vegetal. Recientemente las microalgas y cianobacterias han sido aprovechadas como una novedosa estrategia para la formulación de productos como bioestimulantes para la agricultura debido a su capacidad de promover cultivos más sanos y productivos. El cultivo de cebolla en México es una importante actividad económica, siendo además parte importante de la gastronomía del país. Sin embargo, a pesar de ser un cultivo de importancia actualmente enfrente diversos retos en materia ambiental que ponen en riesgo su producción. La integración de bioestimulantes basados en microalgas y cianobacterias en los sistemas agrícolas representa un avance significativo hacia prácticas agrícolas más ecológicas y sostenibles.

Palabras clave: Microalgas, cianobacterias, bioestimulante, agricultura, cebolla

Abstract

Microalgae and cyanobacteria are photosynthetic microorganisms of great relevance for their multiple applications due to their broad capacity to synthesize multiple high-value compounds such as amino acids, polysaccharides, vitamins, antioxidants and natural plant growth promoters. Recently, microalgae and cyanobacteria have been used as a novel strategy for the formulation of products as biostimulants for agriculture due to their ability to promote healthier and more productive crops. Onion cultivation in Mexico is an important economic activity, and is also an important part of the country's gastronomy. However, despite being an important crop, it currently faces various environmental challenges that put its production at risk. The integration of biostimulants based on microalgae and cyanobacteria in agricultural systems represents a significant advance towards more ecological and sustainable agricultural practices.

Keywords: Microalgae, cyanobacteria, biostimulant, agriculture, onion

Introducción

La seguridad alimentaria es uno de los grandes retos que enfrenta la civilización moderna. Para el 2030 más de 840 millones de habitantes en el planeta serán severamente afectados por la hambruna. A pesar de la apremiante necesidad de producir mayor cantidad de alimentos, cada vez se cuenta con menos disponibilidad de recursos (Kumar *et al.*, 2022).

Los fertilizantes sintéticos como el Nitrógeno, Fosforo y Potasio son aplicados en cantidades desmedidas con la finalidad de incrementar la producción agrícola, sin embargo, tan sólo es aprovechado por la planta entre un 30 a 40%, mientras que la acumulación excesiva de fertilizantes en los suelos es responsable de severos daños, generando impactos negativos en la estructura físico-química del suelo, eliminación de microorganismos benéficos, pérdida de la fertilidad, acumulación de metales pesados y compuestos

inorgánicos en el suelo (Sharma *et al.*, 2021). Los bioestimulantes son un nuevo enfoque que coadyuva a incrementar la productividad agrícola de manera más sostenible. Los bioestimulantes a base de microalgas y cianobacterias son una opción más limpia y segura para incrementar la producción agrícola debido a su amplia y variada presencia de compuestos de alto valor nutricional que favorecen un mayor efecto enraizador, incremento en la absorción de nutrientes, mayor germinación, así como una mayor tolerancia a factores de estrés biótico y abiótico (Shedeed *et al.*, 2022). Recientemente, la *Spirulina* spp ha tomado gran relevancia debido a la presencia de moléculas bioactivas como polisacáridos, fitorregulares, vitaminas, antioxidantes, así como moléculas con propiedades antifúngicas y antibacterianas. Así mismo, la incorporación de *Spirulina* spp en la formulación de productos como bioestimulantes favorecen un mayor desarrollo, así como una capacidad de respuesta más robusta para hacer frente a los efectos de estrés biótico y abiótico (Hlima *et al.*, 2019). En el Estado de Nuevo León, México, la empresa de agrobiotecnología GEXUS© líder en el uso y aplicación de microalgas cuenta con tecnología única desarrollada tras una década de investigación y desarrollo con bioestimulantes a base microalgas para el incremento de la productividad agrícola de forma limpia y

sostenible (Miranda *et al.*, 2024). Actualmente en México, el cultivo de cebolla es la tercera hortaliza de mayor producción representando hasta el 9.3% de la producción nacional de hortalizas con una producción en el 2020 de un millón 499 mil 740 toneladas, siendo el Estado de Chihuahua con la mayor entidad en producción a nivel nacional con 21.6% (SIAP, 2021). Sin embargo, a pesar de su relevancia, el cultivo de cebolla enfrenta retos en temas de productividad como cambios en las condiciones climáticas, estrés hídrico, mayor presencia de plagas y pérdida de fertilidad en los suelos. En este estudio se evaluó los resultados de las aplicaciones de los bioestimulantes RADIX© y BOOST© de la empresa GEXUS© en cultivos de cebolla variedad Hornet en el municipio de Parras, Coahuila, México.

Material y métodos

Localización

El presente estudio se llevó a cabo en el rancho San Jorge ubicado en el municipio de Parras, Coahuila, México. La ubicación del área del estudio presenta una altitud de 1007 msnm. Las evaluaciones se realizaron el 19 de abril del 2024. El municipio de Parras se caracteriza por un clima seco semicálido durante la mayor parte del año, mientras que la temporada de lluvias comprende los meses de junio a septiembre, con una temperatura promedio de 25°C.

Datos del cultivo

Cultivo de cebolla (*Allium cepa*) variedad Hornet. Establecido por siembra directa, una densidad de población de 200,000 plantas por hectárea con 4 hileras por surco.

Tratamiento

En la Tabla 1 se muestra la frecuencia de aplicación del tratamiento con una frecuencia de cuatro aplicaciones de BOOST© y cuatro aplicaciones RADIX© de la empresa GEXUS© vía suelo cada quince días.

Toma de variables

El cultivo de cebolla se encuentra distribuido en surcos en donde se realizaron las tomas de datos basado en un muestreo de cuadrante en lugares representativos,

Tabla 1. Frecuencia y aplicaciones de los bioestimulantes a base de microalgas de la empresa GEXUS®.

Marca	Función	Dosis	Frecuencia	Aplicación
BOOST®	Activa los sistemas naturales de defensa, favoreciendo una mayor resistencia ante ataque de fitopatógenos. Así mismo, coadyuva y acelera el proceso de recuperación ocasionado por efectos de estrés biótico y abiótico, permitiendo restaurar la homeostasis celular y por ende restablecer la fisiología.	0.5L	4 aplicaciones quincenales	Suelo
RADIX®	Coadyuva al desarrollo y fortalecimiento del sistema radicular a través de una solución nutritiva balanceada con macro y micronutrientes, integrando una alta concentración de compuestos bioactivos. Posee actividad con acción inhibitoria de patógenos en el sistema radicular y fortalecimiento de los sistemas de defensa de las plantas.	0.5L	4 aplicaciones quincenales	Suelo

seleccionando puntos de muestreo en las partes centrales de los tratamientos (surcos) para así evitar afectaciones en las mediciones con algún factor biótico o abiótico externo que se pudieran presentar al encontrarse en los límites del área del tratamiento.

Evaluación de variables agronómicas

En el presente estudio, no se emplearon análisis estadísticos formales. Las comparaciones entre el área de tratamiento y el área testigo con los bioestimulantes se realizaron utilizando mediciones porcentuales. Este enfoque descriptivo permite evaluar de manera preliminar el impacto de los bioestimulantes en diversas variables de interés. Las diferencias observadas se expresaron en términos de porcentajes para proporcionar una visión inicial del efecto del tratamiento, en el peso de bulbo, diámetro, altura de bulbo y peso de tallo. Se emplearon 12 plantas por tratamiento las cuales se extrajeron del suelo de manera manual y aleatoria teniendo cuidado de no dañar la planta, por lo que se extrajeron con tierra y raíz (cepellón) posteriormente se sumergieron en agua para disminuir la cantidad de sustrato adherido al bulbo, posteriormente se realizó la medición de las variables de diámetro y altura del bulbo, utilizando una flexómetro de bolsillo de la marca Truper® y una báscula digital de la marca Gavedad Wuanpu® fue empleada para la medición del peso de bulbo y tallo. En la Figura 1 se pueden observar ejemplares del cultivo realizado.

Resultados y discusión

Los resultados presentados en la Tabla 2 muestran el impacto de la aplicación de los bioestimulantes BOOST® y RADIX® a base de microalgas en el cultivo de cebolla en comparación con el tratamiento testigo. El peso del bulbo es una de las métricas clave en la evaluación del rendimiento de cebolla. Los bulbos tratados con los bioestimulantes a base de microalgas mostraron un peso promedio de 465.80 g, lo que representa un incremento de 47.36 g (11%) en comparación con el tratamiento testigo. Este aumento significativo sugiere que el bioestimulante a base de microalgas favorece la acumulación de biomasa en el bulbo, posiblemente debido a una mejora en la eficiencia fotosintética y en la absorción de nutrientes.

En contraste con el peso del bulbo, el peso del tallo en las plantas tratadas con los bioestimulantes a base de microalgas fue ligeramente menor que en el testigo, con una diferencia de -4.32 g (-2%). Aunque esta reducción es pequeña, podría indicar una redistribución de recursos hacia el bulbo, promoviendo un mayor desarrollo de esta parte de la planta a expensas del tallo.

El peso fresco total, que incluye tanto el bulbo como el tallo, fue mayor en las plantas tratadas con la bioestimulación de microalgas, con un incremento de 18.88 g (3%) en comparación con el testigo. Este resultado refuerza el planteamiento de que el bioestimulante mejora el crecimiento general de la planta, aunque el efecto sea más pronunciado en el bulbo.

Tabla 2. Diferencias entre los tratamientos de los bioestimulantes a base de microalgas y testigo.

Variables agronómicas	Testigo (g)	GEXUS® (g)	Diferencia (g)	Aumento (%)
Peso bulbo	418.44 ± 0.02	465.80 ± 0.03	47.36	11.31%
Peso tallo	224.92 ± 0.01	220.60 ± 0.01	-4.32	-1.92%
Peso fresco total	643.36 ± 0.03	686.40 ± 0.04	43.04	6.69%
Diámetro de bulbo	31.16 ± 0.65	33.18 ± 1.01	2.016	6.47%
Largo tallo	87.02 ± 1.07	91.05 ± 1.30	4.03	4.63%
Altura de bulbo	8.532 ± 0.16	9.57 ± 0.25	1.03	12.16%

El diámetro del bulbo es otro indicador importante del tamaño y la calidad del bulbo. Los bulbos tratados con los bioestimulante a base de microalgas presentaron un diámetro promedio de 33.18 mm, lo que representa un aumento de 2.016 mm (6%) en comparación con el testigo. Este incremento en el diámetro del bulbo puede estar asociado con un mejoramiento en las condiciones de crecimiento y una mayor disponibilidad de nutrientes esenciales.

El largo del tallo también se vio beneficiado con el tratamiento, con un aumento de 4.03 mm (5%) en comparación con el testigo. Aunque el aumento no es tan significativo como en otras variables, sugiere que el bioestimulante contribuye al alargamiento del tallo, posiblemente mejorando la robustez y la capacidad de soporte de la planta.

Así mismo, la altura del bulbo mostró un incremento notable en las plantas tratadas, con un aumento de 1.03 mm (12%) en comparación con el testigo. Este aumento en la altura del bulbo puede estar relacionado con una mayor acumulación de reservas en el bulbo, lo cual es beneficioso para la calidad y el rendimiento del cultivo.

El tratamiento con el bioestimulante a base de microalgas de la línea de bioestimulantes FITMAXI® de la empresa GEXUS® ha demostrado ser efectivo en mejorar varias características importantes del cultivo de cebolla. El aumento en el peso y diámetro del bulbo, junto con la mejora en el peso fresco total y la altura del bulbo, sugieren que la bioestimulación a base de microalgas puede ser una herramienta valiosa para los agricultores que buscan aumentar la productividad y calidad

de sus cultivos. La ligera reducción en el peso del tallo y el modesto incremento en el largo del tallo no parecen tener un impacto negativo significativo y pueden ser considerados dentro de las variaciones normales de crecimiento. Estos resultados son concordantes con investigaciones en las cuales se evidencia la capacidad de las microalgas de impulsar de manera favorable las variables agronómicas de cultivos de cebolla (El-Sayed, 2018; Gemin *et al.*, 2019).

Conclusiones

El estudio demuestra que el uso del bioestimulante a base de microalgas, mejora porcentualmente el rendimiento del cultivo de cebolla en comparación con el tratamiento testigo. Las plantas tratadas con RADIX® y BOOST® presentaron un incremento notable en el peso y diámetro del bulbo, así como en el peso fresco total y la altura del bulbo. Estos resultados indican que la bioestimulación a base de microalgas favorece la acumulación de biomasa y optimiza la redistribución de recursos en la planta, promoviendo un mayor desarrollo del bulbo sin afectar negativamente otras partes de la planta. Además, el uso de bioestimulantes a base de microalgas contribuye a una agricultura más sostenible al reducir la dependencia de fertilizantes químicos y mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes. Por tanto, no solo se aumenta la productividad y calidad del cultivo de cebolla, sino que también contribuye a fortalecer prácticas agrícolas sostenibles, alineándose con los objetivos de la agricultura moderna de producir más con un menor impacto ambiental.



Figura 1. Medición de las variables agronómicas a partir de las muestras del tratamiento con los bioestimulantes.

Referencias

El-Sayed SAA. (2018). Effect of potassium fertilization levels and algae extract on growth, bulb yield and quality of onion (*Allium cepa* L.). Middle East J 7:625–638

Gemin LG, Mógor ÁF, De Oliveira AJ, Mógor G. (2019). Microalgae associated to humic acid as a novel biostimulant improving onion growth and yield. Sci Hortic 256:108560. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108560>

Hlima HB, Bohli T, Kraiem M *et al.* (2019). Combined effect of *Spirulina platensis* and *Punica granatum* peel extracts: phytochemical content and antiphytopathogenic activity. Appl Sci 9:5475.

Kumar, S.; Diksha; Sindhu, SS; Kumar, R. (2022). Biofertilizers: An Ecofriendly Technology for Nutrient Recycling and Environmental Sustainability. Curr. Res. Microb. Sci. 3, 100094.

Miranda, A.M.; Hernandez-Tenorio, F.; Villalta, F; Var-

gas, GJ; Sáez, AA. (2024). Advances in the Development of Biofertilizers and Biostimulants from Microalgae. Biology 13, 199.

Sharma, GK; Khan, SA; Shrivastava, M; Bhattacharyya, R; Sharma, A; Gupta, DK; Kishore, P; Gupta, N. (2021). Circular Economy Fertilization: Phycoremediated Algal Biomass as Biofertilizers for Sustainable Crop Production. J. Environ. Manag. 287, 112295.

Shedeed ZA, Gheda S, Elsanadily S *et al.* (2022). *Spirulina platensis* biofertilization for enhancing growth, photosynthetic capacity and yield of *Lupinus luteus*. Agriculture 12:781.

SIAP. Enlace de acceso: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/aporta-mexico-una-de-cada-50-toneladas-de-cebolla-que-se-consumen-en-el-mundo?idiom=es#:~:text=Con%20una%20producci%C3%B3n%20de%20un,de%20Agricultura%20y%20Desarrollo%20Rural.> (Fecha de consulta: 10/06/2024).

Estimación de los servicios ecosistémicos que ofrece un bosque urbano en la zona metropolitana de Monterrey

M.A. Flores-Ulloa^{1*}, A. Rocha-Estrada¹, S.M. Salcedo-Martínez¹,
F. Zubieta-Méndez² y M.A. Alvarado-Vázquez¹

¹ Universidad Autónoma de Nuevo León,
Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Botánica
Ave. Pedro de Alba s/n, Cd. Universitaria,
San Nicolás de los Garza, N.L. México. 66455.

² Dirección de Impacto y Riesgo Ambiental.
Secretaría de Medio Ambiente, Gobierno del Estado de Nuevo León.

*mayela.floresulloa@gmail.com

Resumen

El propósito del presente estudio es el de estimar los servicios ecosistémicos que aporta el arbolado de un bosque urbano en la zona metropolitana de Monterrey. El sitio de estudio se encuentra en la Provincia fisiográfica Llanura Costera del Golfo Norte, su geología es de roca sedimentaria, su climatología correspondiente a BS1hw conocido como estepario semiseco, se encuentra dentro de la cuenca Río Salinas y la subcuenca Bajo Salinas. Se identificaron 15 especies arbóreas y se llevó a cabo la estimación de los servicios ecosistémicos utilizando la herramienta i-Tree Eco. Los principales beneficios aportados por el arbolado se clasifican en servicios de regulación como la eliminación de la contaminación, el almacenamiento y secuestro de carbono, la producción de oxígeno y la escorrentía evitada. A partir de los resultados obtenidos en este estudio se podrá mejorar el manejo y mantenimiento del arbolado, además de servir como antecedente para la planeación de proyectos de reforestación y desarrollo urbano.

Palabras clave: Arbolado, servicios ecosistémicos, i-Tree Eco, Nuevo León

Abstract

The purpose of this study is to estimate the ecosystem services provided by the trees of an urban forest in the metropolitan area of Monterrey. The study site is located in the North Gulf Coastal Plain physiographic province, its geology is sedimentary rock, its climatology corresponds to BS1hw known as semi-dry steppe, it is located within the Río Salinas basin and the Bajo Salinas sub-basin. 15 tree species were identified and the estimation of ecosystem services was carried out using the i-Tree Eco tool. The main benefits provided by trees are classified into regulatory services such as the elimination of pollution, carbon storage and sequestration, oxygen production and avoided runoff. Based on the results obtained in this study, the management and maintenance of trees can be improved, in addition to serving as a background for the planning of reforestation and urban development projects.

Key words: Trees, ecosystem services, i-Tree Eco, Nuevo León

Introducción

Las actividades humanas han transformado áreas naturales en sistemas agropecuarios, industriales y habitacionales (Balvanera y Cotler, 2009), lo que ha reducido los espacios verdes en ciudades densamente pobladas (Jiménez Pérez *et al.*, 2013). La modificación y deterioro de los ecosistemas pueden abordarse mediante actividades de mitigación y restauración, restaurando áreas naturales o creando nuevas áreas verdes (Concha *et al.*, 2018). Los beneficios que obtenemos de la naturaleza se les conoce como servicios ecosistémicos y estos se dividen en cuatro categorías, provisión, regulación, sustento y culturales (Food Agriculture Organization-FAO, 2020; Alcamo *et al.*, 2003).

En las ciudades obtenemos estos beneficios del Bosque urbano. Los bosques urbanos, comprenden rodales y árboles individuales en áreas urbanas y periurbanas, son fundamentales para la calidad de vida, proporcionando espacios de recreación, generando empleos y mejorando la calidad del aire y el agua (Benavides, 1989; Benavides y Fernández, 2012; Nowak *et al.*, 2006). Además, previenen desastres naturales en áreas marginales y enriquecen la biodiversidad (Sorensen *et al.*, 1998). Este estudio estima los beneficios del arbolado urbano en la zona metropolitana de Monterrey, Nuevo León, para garantizar un ambiente sano y el bienestar de sus ciudadanos, conforme a la ley.

Material y métodos

El Bosque urbano objeto del presente estudio, también conocido como bosque temático, está ubicado en el Campo Militar Número 7-A en Apodaca, Nuevo León. Para estimar la población de árboles, se utilizó un muestreo aleatorio estratificado, dividiendo la población en subgrupos homogéneos y realizando un muestreo aleatorio simple dentro de cada subgrupo (Mostacedo y Fredericksen, 2000). Se establecieron parcelas circulares de 250 m² con un radio de 8.92 m, ya que esta figura minimiza problemas de borde y reduce los puntos de referencia necesarios (Gadow y Hui, 1999; Corral Rivas *et al.*, 2013). Este tamaño de parcela es adecuado para evaluar árboles con diámetros meno-

res a 10 o 15 cm (Romahn de la Vega y Ramírez, 2010).

Las variables medidas para cada árbol dentro de la parcela incluyeron identificación del predio, coordenada central de la parcela, identificación del árbol, categoría (plantado, crítico, muerto o natural), especie, uso de suelo, diámetro a la altura del pecho (DAP), porcentaje de condición de la copa, altura, altura superior de la copa viva, altura de la base de copa, ancho y largo de copa, porcentaje de copa faltante, exposición a la luz, coordenada del árbol, tareas de mantenimiento y anidaciones. Para determinar el número necesario de sitios de muestreo, se realizó un muestreo piloto considerando la altura y diámetro normal. A partir de estas variables se calculó el volumen, la desviación estándar (s^2) y el coeficiente de variación (CV). Estos datos se usaron en un modelo matemático para estimar la población de árboles (Alanís Rodríguez *et al.*, 2020), de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$n = \frac{t^2 * CV^2}{E^2}$$

A partir de la información del volumen forestal se aplicó el modelo matemático para obtener el número de parcelas a muestrear, obteniendo un total 59 parcelas (Cuadro 1).

Resultados y discusión

Durante la estratificación y muestreo piloto, se logró identificar especies propias de matorral tamaulipeco y

Cuadro 1. Número de parcelas por estrato.

Estrato	Descripción	Superficie (ha)	No. de parcelas
1	Encinos diversas espe-	13.666	23
2	Encinos siempre verde	12.827	14
3	Especies propias de	12.768	22

de matorral submontano (Alanís Flores *et al.*, 1996). El bosque temático se compone de 15 especies arbóreas. Las especies presentes en el bosque son especies nativas de Nuevo León, sin embargo, algunas no corresponden al tipo de vegetación como *Quercus fusiformis*, *Q. canbyi* y *Q. polymorpha*, ya que pertenecen a bosques de encinos, bosque pino-encino, matorral submontano y chaparral (Alanís Flores *et al.*, 1996; INEGI, 2017). Las especies que presentaron mayor tamaño de copa, diámetro y mejor condición son *Vachellia farnesiana*, *Prosopis glandulosa*, *Parkinsonia aculeata* y *P. texana*, debido a que son especies adaptadas a los hábitats áridos o semiáridos (Alanís Flores *et al.*, 1996). Sin embargo, dichas especies solo representan el 23.17% del bosque, siendo *Q. fusiformis* la especie con mayor población que corresponde al 54.37% del bosque urbano. Se inventariaron un total 432 árboles, registrando 150 árboles para el estrato 1, 114 árboles para el estrato 2 y 168 árboles para el estrato 3. La estimación de los servicios ecosistémicos se realizó por estrato, mediante la extrapolación del resultado de cada estrato. En el Cuadro 2 se presenta el número de árboles y especies estimadas por estrato.

El software i-Tree Eco se utilizó para cuantificar los servicios ecosistémicos proporcionados por cada estrato del bosque urbano. Los resultados muestran que los árboles eliminaron un total de 359.02 kg de contaminantes del aire al año, incluyendo ozono (O₃), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂) y dióxido de sulfuro (SO₂), con un valor asociado de \$9,518.85 pesos mexicanos (Figura 1).

El almacenamiento de carbono en el bosque urbano es de 140.27 toneladas por año. El estrato que mayor almacenamiento de carbono presentó fue el estrato 3 (Cuadro 3), con *Vachellia farnesiana*, *Prosopis glandulosa* y *Quercus fusiformis* como las especies más destacadas (Figura 2). El secuestro y almacenamiento de carbono dependerá de la tasa de crecimiento y la densidad de madera, los cuales son aspectos que le permiten acumular más carbono por unidad de volumen (Domínguez Madrid, 2016). Los árboles no solo almacenan el dióxido de carbono en el tronco, también son un depósito importante de otros gases de efecto invernadero (GEI) y contribuye al almacenamiento de carbono en el suelo a través de la acumulación de la materia orgánica (Schneider, 1989; Dávalos *et al.*, 2008).

El secuestro de carbono estimado es de 19.01 tonela-

Cuadro 2. Especies, número de árboles y porcentaje estimado por estrato.

Estrato	Especies	Número de	%
1	<i>Cordia boissieri</i>	24	1
	<i>Ebenopsis ebano</i>	120	3
	<i>Parkinsonia texana</i>	96	3
	<i>Prosopis glandulosa</i>	120	3
	<i>Quercus fusiformis</i>	2979	83
	<i>Senegalia greggii</i>	72	2
	<i>Vachellia farnesiana</i>	192	5
2	<i>Celtis laevigata</i>	188	4
	<i>Parkinsonia aculeata</i>	75	2
	<i>Platanus occidentalis</i>	37	1
	<i>Prosopis glandulosa</i>	37	1
	<i>Quercus canbyi</i>	37	1
	<i>Quercus fusiformis</i>	3390	79
	<i>Quercus polymorpha</i>	301	7
	<i>Vachellia farnesiana</i>	226	5
3	<i>Celtis laevigata</i>	791	19
	<i>Cordia boissieri</i>	395	10
	<i>Diospyros texana</i>	24	1
	<i>Ebenopsis ebano</i>	74	2
	<i>Ehretia anacua</i>	24	1
	<i>Parkinsonia aculeata</i>	889	21
	<i>Parkinsonia texana</i>	49	1
	<i>Platanus occidentalis</i>	24	1
	<i>Prosopis glandulosa</i>	865	21
	<i>Prosopis laevigata</i>	24	1
	<i>Quercus fusiformis</i>	321	8
	<i>Senegalia greggii</i>	49	1
	<i>Vachellia farnesiana</i>	617	15

das por año. El estrato 2 es el que más contribuye al secuestro de carbono (Cuadro 4), con *Q. fusiformis* como la especie principal debido a su mayor población, seguida de *V. farnesiana* y *P. aculeata* (Figura 3).

En cuanto a la producción total de oxígeno del bosque temático es de 30.8 toneladas/m³ al año, siendo el estrato 3 generador de 17.3 toneladas/m³ de oxígeno,

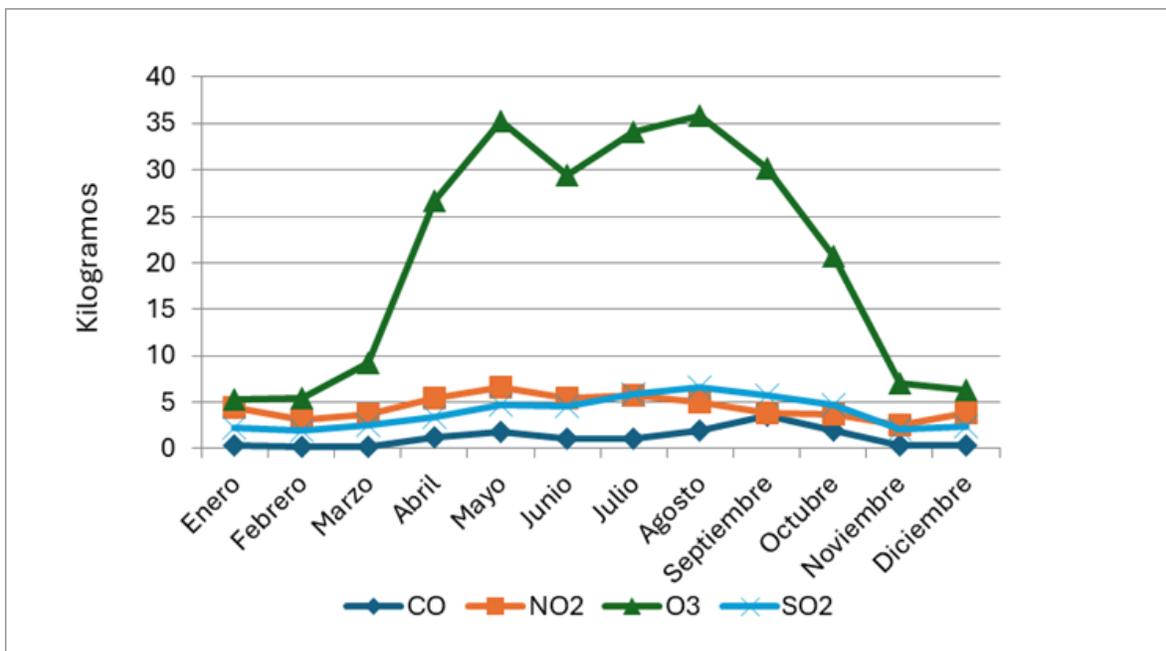


Figura 1. Eliminación de contaminación anual

seguido por el estrato 2. Las especies que más oxígeno producen son *Q. fusiformis*, *V. farnesiana* y *P. leavigata*. A este respecto Arroyave *et al.* (2019), mencionan que, si los árboles no están en buena condición, se ve disminuida la capacidad de prestar este beneficio.

Por otro lado, los árboles del bosque urbano contribuyeron a reducir el escurrimiento de agua en casi 298.89m³/año, con un valor de \$13,431.69 pesos. Basándose en los resultados, el estrato 1 fue el que evitó mayor escorrentía, debido a que presenta mayor superficie plantada. Sin embargo, tomando en cuenta toda el área de estudio, son *V. farnesiana* y *P. glandulosa* las especies que mayor escorrentía reducen.

Cuadro 3. Almacenamiento de carbono total y su valor por estrato (\$)

Estrato	Almacenamiento de carbono	Valor
1	90.59	334,232.21
2	9.75	414,41.44
3	39.93	98,451.85
Total	140.27	474,125.51

Conclusión

El bosque temático se evaluó en \$35,500,177.01 pesos, aunque este valor podría ser mayor ya que no se cuantificaron todos los beneficios ecosistémicos y algunas especies no se incluyeron. También se omitieron beneficios relacionados con la biodiversidad, como polinización y refugio, por ejemplo, *Celtis laevigata* sirve de refugio para la mariposa *Asterocampa celtis* y *Quercus fusiformis* es la especie con más nidos de aves. Se destacaron los servicios de regulación, como la eliminación de contaminación, almacenamiento y secuestro de carbono, producción de oxígeno y escorrentía evitada, es-

Cuadro 4. Secuestro bruto de carbono y su valor por estrato (\$)

Estrato	Secuestro de	Valor
1	7.69	29560.41
2	4.89	16831.68
3	6.43	23705.57
Total	19.01	\$70,097.65

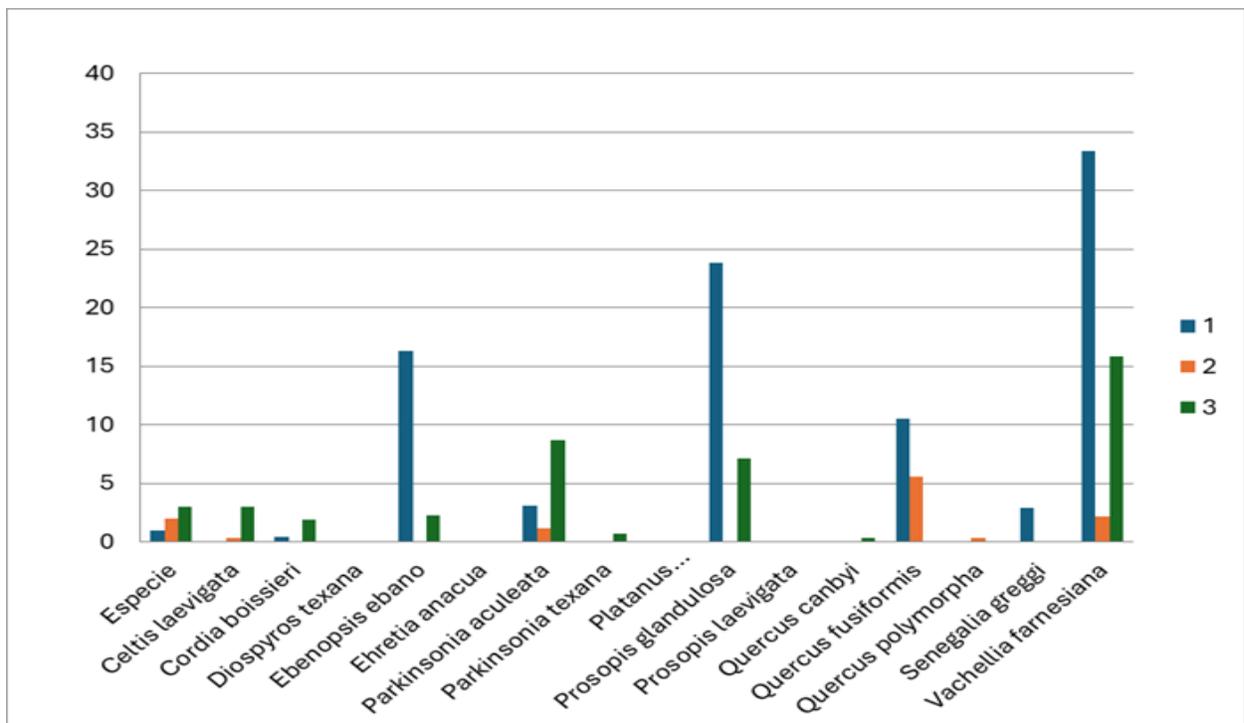


Figura 2. Almacenamiento de carbono total por estrato (tonelada métrica).

tos beneficios dependen de la condición del arbolado. Se calculó cuantitativamente los servicios de regulación, demostrando su potencial en la mitigación de la contaminación con la absorción de 359.02 kg de contaminantes por año (O_3 , CO y NO_2), el almacenamiento de 140.27 toneladas de carbono por año, el secuestro de 19.01 toneladas de carbono y la reducción de escorrentía en 298.89 m^3 anuales. En cuanto a los servicios ecosistémicos de apoyo y culturales, se identificó su presencia. El bosque tiene potencial para albergar diversas especies de flora y fauna, y atrae visitantes que realizan actividades recreativas. El bosque urbano contribuye a mejorar la calidad de vida de las personas y de la flora y fauna silvestre. Este proyecto establece un precedente para comprender los beneficios del arbolado urbano y destaca la importancia de una planificación adecuada de reforestación. Es fundamental considerar las condiciones y las interacciones ecológicas del sitio para maximizar los servicios ecosistémicos. Además, se debe tener en cuenta que un buen manejo y mantenimiento de los árboles aumentará los beneficios ecosistémicos a largo plazo. Con este estudio se demostró que el bosque urbano evaluado ofrece los cuatro tipos de servicios ecosistémicos; además conocer los servicios ecosistémicos del arbolado urbano promueve la educación ambiental y la participación ciudadana en los

procesos ecológicos del bosque urbano.

Referencias

- Alanís Rodríguez E., Mora Olivo A. y Marroquín de la Fuente J.S. (2020). Muestreo ecológico de la vegetación. Editorial Universitaria UANL. 249.
- Alanís Rodríguez E., Rubio Camacho E.A., Canizales Velázquez P.A., Mora Olivo A., Pequeño Ledezma M.Á. y Buendía Rodríguez E. (2020). Estructura y diversidad de un bosque de galería en el noreste de México. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 11(58): 134-153.
- Alanís Flores G.J., Cano G. y Róvalo M. (1996). Vegetación y flora de Nuevo León: Una Guía Botánico-Ecológica. Nuevo León, México. Impresora Monterrey S.A. de C.V. 265.
- Alcamo J., Ash N., Butler C.D., Callicott J.B., Capistrano D., Carpenter S.R., Zurek M. (2003). Ecosistemas y bienestar humano: Marco para la evaluación. Washington: Evaluación de Ecosistemas del Milenio. https://www.unescoetxea.org/dokumentuak/Ecosistemas_bienestar.pdf
- Arroyave M., Posada M., Nowak D. y Hoehn R. (2019). Remoción de contaminantes atmosféricos por el bosque urbano en el Valle de Aburrá. *Colombia Forestal*, 22(1): 5-16.
- Balvanera P., Cotler H. (2009). Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos. En Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Ed.), *Capital natural*

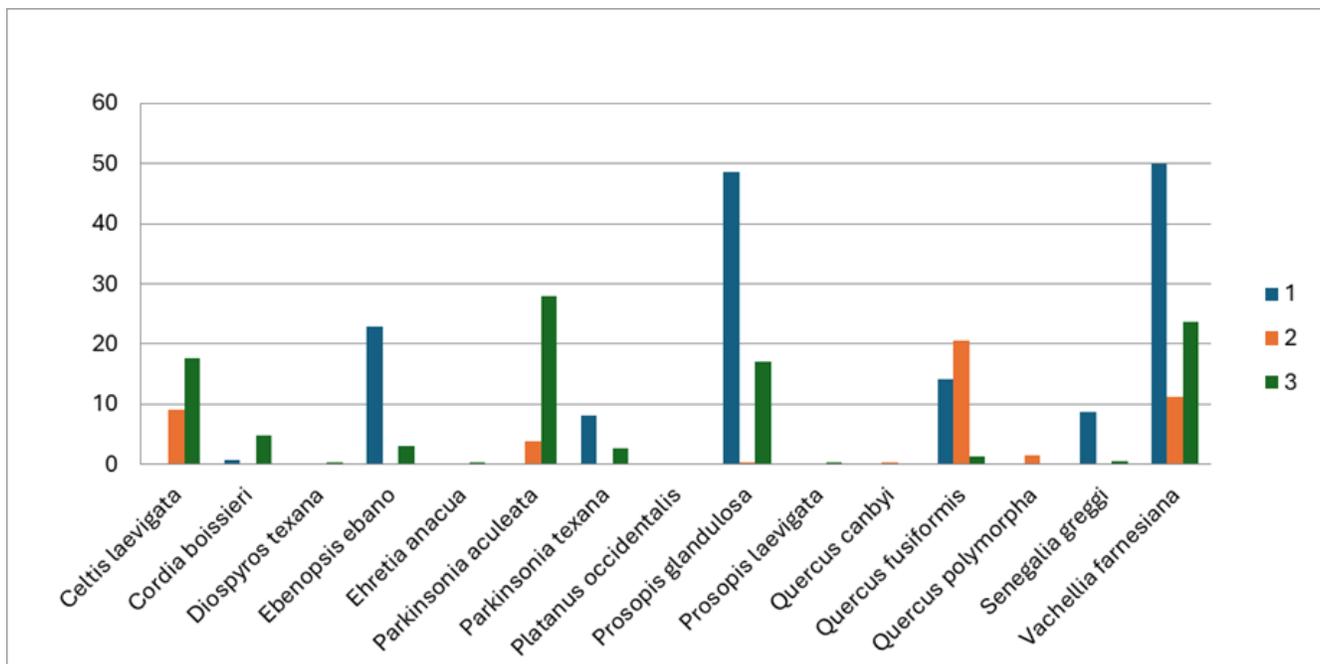


Figura 3. Esgurrimiento evitado por especie (m³/año).

de México. 2: 185-245.

Benavides H.M. (1989). Bosque urbano: la importancia de su investigación y correcto manejo. Gobierno del Estado de México, Academia Nacional de Ciencias Forestales, A. C. Estado de México. 966-992.

Benavides H.M, Fernández D.Y. (2012). Estructura del arbolado y caracterización dasométrica de la segunda sección del Bosque de Chapultepec. Madera y Bosques, 18 (2): 51-71.

Concha H., Roche M.A., García A. (2018). Inventario del arbolado urbano de la ciudad de Mérida. Yucatán, México: Ayuntamiento de Mérida, Yucatán. 57.

Corral Rivas J.J., Vargas Larreta B., Wehenkel C., Aguirre Calderón O.A., Crecente Ocampo F. (2013). Guía para el establecimiento, seguimiento y evaluación de sitios permanentes de monitoreo en paisajes productivos forestales. Comisión Nacional Forestal-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. http://forestales.ujed.mx/monafor/archivos/descargas/guias_manuales/Guia_para_el_Establecimiento_Seguimiento_y_Evaluaci%C3%B3n_de_Sitios_Permanentes_de_Monitoreo.pdf

Dávalos R., Rodríguez M., Martínez E. (2008). Almacenamiento de carbono. Manson R.H., Hernández-Ortiz V., Gallina S. y Mehlreter K. (Eds). Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación (223-233). Instituto de Ecología A.C. (INECOL) e Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). 223-233.

Domínguez Madrid A.Y. (2016). Estimaciones de captura

de los parques y emisiones de CO₂ vehicular en Tijuana, B.C. Tesis de Maestría, El Colegio De La Frontera Norte. Tijuana, México. 110.

Food and Agriculture Organization. (2020). Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. <http://www.org/agriculture/crops/core-themes/theme/biodiversity0/es/#bio1>

Gadow K.V., Hui G. (1999). Modelling forest development. Kluwer Academic Publishers. 27-63.

I-Tree. (2015). Manual del Usuario. https://www.itreetools.org/documents/196/EcoV6_UsersManual.es.pdf

Jiménez Pérez J., Cuellar G., Treviño E. (2013). Áreas verdes del municipio de Monterrey. Universidad Autónoma de Nuevo León. 21.

Nowak D.J., Crane D.E., Stevens J.C. (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. Urban Forestry & Urban Greening, 4(3-4): 115-123.

Romahn de la Vega C.F., Ramirez H. (2010). Dendrometría. Universidad Autónoma de Chapingo. Estado de México, México. 309.

Schneider S.H. (1989). The greenhouse effect: science and policy. Science 243(10):271-281.

Sorensen M., Barzetti V., Keipi K., Williams J. (1998). Manejo de las áreas verdes urbanas. Inter-America Development Bank. Washington, D.C. 56.

Restos del género *Hechtia* (Bromeliaceae) en un Contexto Arqueológico de Nuevo León, México

R.E. Narváez-Elizondo^{1*}, A. Rivera-Estrada¹ y R. Quirino-Olvera²

¹Centro INAH (Instituto Nacional de Antropología e Historia) Nuevo León. Calle Rafael José Verger s/n., Col. Obispado, Monterrey, N.L. México. 64060.

²Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Botánica. Av. Pedro de Alba s/n, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, N.L. México. 66455

*biol.raul.ernesto@gmail.com

Resumen

En este trabajo se reporta el registro arqueobotánico del género *Hechtia* encontrado en el sitio El Morro Orgánico, ubicado al sur de Nuevo León, México. Dicho registro está conformado mayoritariamente por hojas fragmentadas, así como por algunos restos de cogollos (conjuntos de hojas jóvenes agrupadas y comprimidas). En ambos tipos de macrorrestos se presentan ejemplares con evidencia de exposición al fuego. Asimismo, la asociación de algunos macrorrestos con otros materiales datados por métodos radiométricos y relativos permite estimar que este registro arqueobotánico se remonta hacia el período arqueológico del Arcaico Medio y se extiende hasta el Histórico. La presencia de restos de hojas y cogollos en el sitio se interpreta como resultado del uso de esta planta para fines comestibles. Estos hallazgos aportan nuevas evidencias para comprender con más detalle la antigua relación entre la humanidad y la naturaleza en la región serrana de Nuevo León.

Palabras clave: Aramberri, arqueobotánica, El Morro Orgánico, guapilla, plantas rosetófilas.

Abstract

This work reports the archaeobotanical record of the genus *Hechtia* found at the El Morro Organico site, lo-

cated in the south of Nuevo Leon, Mexico. This record mainly comprises fragmented leaves, as well as some remains of cogollos (sets of young leaves grouped and compressed). In both types of macroremains there are specimens with evidence of exposure to fire. Likewise, the association of some macroremains with other materials dated by radiometric and relative methods makes possible to estimate that this archaeobotanical record cover a long time span, from the Middle Archaic to Historic period. The presence of leaves and cogollos remains at the site is interpreted as result of the use of this plant for edible purposes. These findings provide new evidence to understand in more detail the ancient relationship between humankind and nature in the mountain region of Nuevo Leon.

Keywords: Aramberri, archaeobotany, El Morro Organico, guapilla, rosetophyllous plants.

Introducción

El género *Hechtia* agrupa una serie de especies de plantas de la familia Bromeliaceae, de hábitat terrestre o rupícola, conocidas en México como guapillas (Figura 1). Algunas de las características morfológicas de estas plantas son las hojas en forma de roseta, semi-suculentas con márgenes aserrados o espinosos; tallos acaulescentes o caulescentes; inflores-



Figura 1. Ejemplar de una guapilla (género *Hechtia*) en el noreste de Nuevo León. Imagen de R.E. Narváez Elizondo.

cencias paniculadas terminales o laterales con flores unisexuales, siendo la gran mayoría de las especies dioicas; con frutos a modo de cápsulas (Espejo Serna *et al.*, 2010; Ramírez Morillo y Jiménez Nah, 2011).

En el año 2018 se estimó que el género *Hechtia* contaba con 71 especies distribuidas a lo largo de México, principalmente en zonas de matorrales xerófilos y bosques tropicales caducifolios (Espejo Serna y López Ferrari, 2018). No obstante, el descubrimiento y descripción de nuevas especies de guapillas ha continuado (Hernández Cárdenas *et al.*, 2019, 2020, 2022; Ramírez Morillo *et al.*, 2023).

Asimismo, este género de plantas cuenta con una notoria importancia cultural tanto en México como en otras partes de Latinoamérica, puesto que varias de sus especies han sido utilizadas tradicionalmente como fuente de alimento, cercas vivas, para elaborar champús

contra piojos, fibras para cordelería, forraje y medicina (Hernández Sandoval *et al.*, 1991; Felger y Yetman, 2000; González de la Rosa *et al.*, 2010; Salcedo Martínez *et al.*, 2010; Hornung Leoni, 2011a, 2011b; Ramírez Morillo, 2012; Estrada Castellón *et al.*, 2014; Kopfstein, 2015).

En lo que respecta al estado de Nuevo León, en el noreste de México, se han reportado dos especies, *Hechtia glomerata* Zucc. y *Hechtia texensis* S. Watson (Villarreal Quintanilla y Estrada Castellón, 2008; Espejo Serna y López Ferrari, 2018). Asimismo, algunos trabajos etnobotánicos han documentado el uso tradicional (champús, forraje y obtención de fibras) de estas dos especies en comunidades de las zonas rurales del estado (González de la Rosa *et al.*, 2010; Salcedo Martínez *et al.*, 2010; Estrada Castellón *et al.*, 2014).

Por otro lado, el origen del aprovechamiento tradicio-

nal del género *Hechtia* se remonta a tiempos prehispánicos de acuerdo con el registro arqueobotánico de algunos sitios en México (MacNeish, 1958; C. Smith, 1967, 1986; Hanselka, 2017), en su mayoría del área cultural de Mesoamérica. No obstante, las evidencias sobre esto son escasas puesto que son muy pocos los contextos arqueológicos en los que se han encontrado restos de estas plantas.

En relación con lo anterior, una serie de hallazgos arqueológicos realizados entre los años 2010-2017, en el sitio El Morro Orgánico, ubicado al sur de Nuevo León, revelan nuevas evidencias que sugieren que el aprovechamiento de la guapilla también se ha realizado desde tiempos prehispánicos en dicha región.

De esta manera, en el presente trabajo se reporta el registro arqueobotánico del género *Hechtia* encontrado en el sitio El Morro Orgánico, abordando la diversidad de macrorrestos que lo componen, su antigüedad, así como sus implicaciones paleoetnobotánicas.

Material y métodos

Área de estudio

El Morro Orgánico se localiza a una distancia de 6 km hacia el sur de la cabecera municipal de Aramberri, Nuevo León (Figura 2), y a 300 km de Monterrey, la capital del estado. Además, se sitúa a una altura de 1270 msnm, mientras que, a casi 100 m del sitio en dirección este se encuentra un cauce del río Blanco, el cual es parte de la región hidrológica de San Fernando-Soto La Marina, misma que desemboca en el Golfo de México (INEGI, 1983). Además, a 200 m con dirección hacia el este se ubica el cerro El Morro (Figura 3a).

El sitio es considerado un abrigo rocoso (Figura 3b), cuyo largo es de unos 11.64 m, mientras que su altura en sus puntos más altos y bajos es de 2 m y 72 cm respectivamente (Rivera Estrada, 2014, 2016). Dicho sitio se localiza dentro de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, la cual se caracteriza por ser un conjunto de sierras menores de estratos plegados de rocas sedimentarias datadas para los periodos geológicos del Cretácico y Jurásico (INEGI, 1983). La secuencia estratigráfica en la zona corresponde a la formación Olvido (Jurásico Superior), compuesta por rocas calizas (Rivera Estrada, 2016).

El tipo de suelo de la localidad es el litosol, cuyas variaciones de profundidad oscilan desde los 0 a 10 cm con afloramientos del material parental, siendo muy pedregoso. El clima es árido templado BSoK(x'), el cual tiene una temperatura media anual de 18°C, siendo la más fría de -3°C (diciembre-enero) y la más caliente de 38°C (mayo-junio). Además, se presentan lluvias en todo el año, alcanzando una precipitación media anual de 300-400 mm (INEGI, 1983).

La vegetación actual en la zona inmediata es el matorral submontano, siendo las especies dominantes la barreta (*Helietta parvifolia* [A. Gray ex Hemsl.] Benth.), el guajillo (*Acacia berlandieri* Benth.), chaparro prieto (*Acacia rigidula* Benth.), lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.), anacahuita (*Cordia boissieri* A. DC.), sangre de drago (*Jatropha dioica* Sessé ex Cerv.), granjeno (*Celtis pallida* Torr.), coyotillo (*Karwinskia humboldtiana* [Schult.] Zucc.) y algunos nopales (*Opuntia* spp). Sin embargo, también es posible encontrar elementos del matorral xerófilo micrófilo, como lo son la biznaga burra (*Echinocactus platyacanthus* Link & Otto) y la guapilla (*H. glomerata*), así como en menor medida elementos de vegetación riparia debido a la cercanía del río Blanco.

Afiliación cultural

Las evidencias materiales encontradas en El Morro Orgánico indican que el sitio fue habitado por grupos humanos que combinaban sistemas de subsistencia como la agricultura incipiente y la cacería-recolección (Rivera Estrada 2014, 2016; Narváez Elizondo *et al.*, 2019).

Por otro lado, conocer cómo se denominaban así mismos los habitantes de este sitio es una tarea complicada, puesto que no existe algún documento escrito u otro tipo de evidencia al respecto elaborada por dicho grupo. No obstante, de acuerdo con algunos documentos históricos realizados por mestizos y españoles tras el inicio de las misiones franciscanas en lo que hoy en día son los municipios de Aramberri y General Zaragoza, la región alrededor del río Blanco fue habitada por indígenas conocidos como boçalos (Rivera Estrada, 2007; Gutiérrez Cañada, 2022).

Antigüedad del sitio

Para conocer la antigüedad de la ocupación del sitio se dataron muestras de carbón de distintos niveles de la excavación, a través de pruebas de carbono-14 realiza-

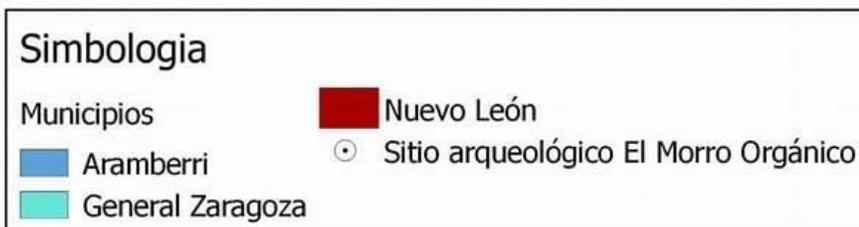
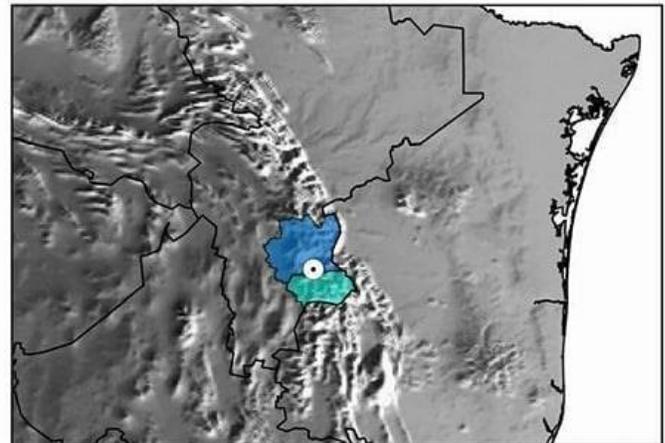
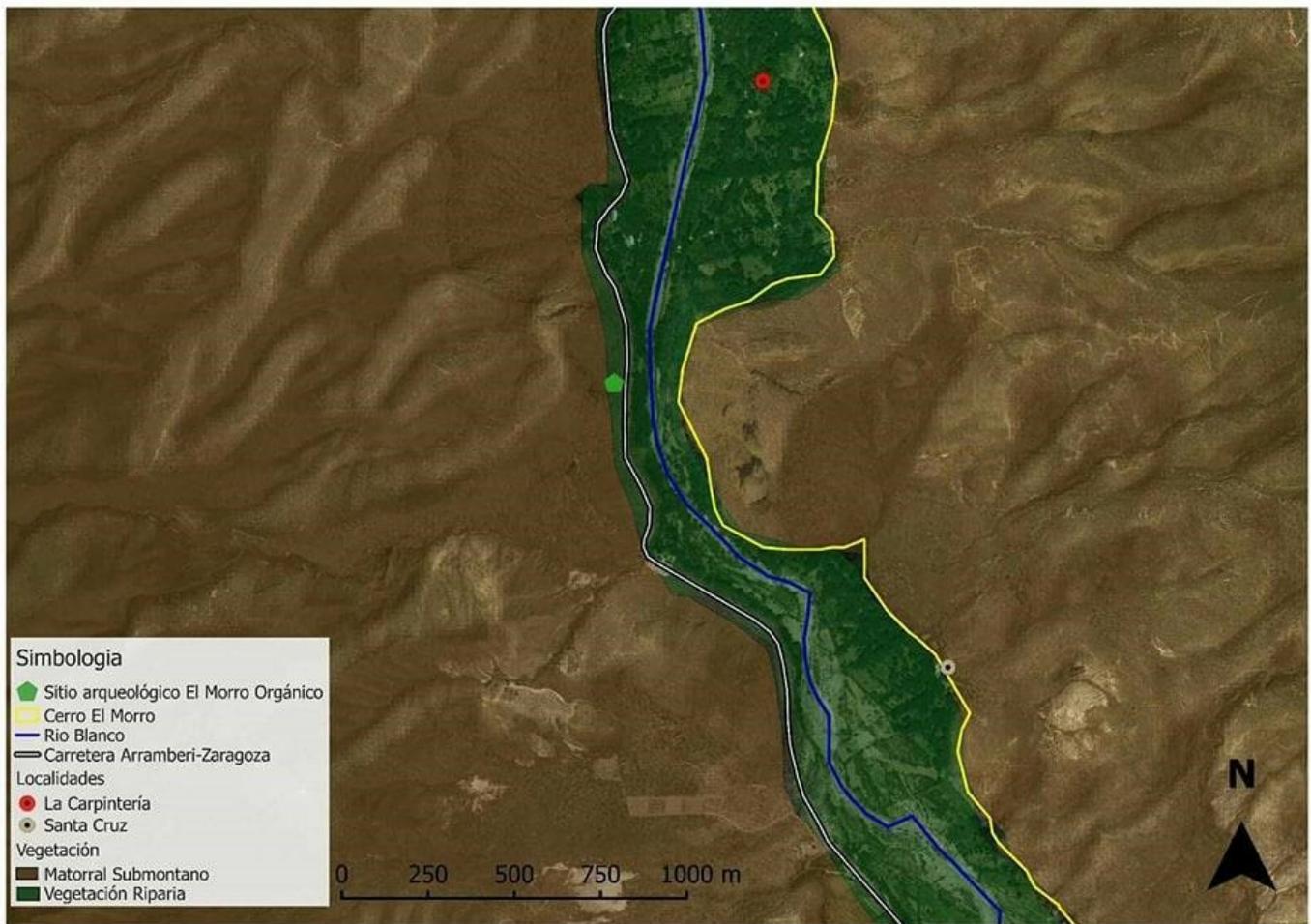


Figura 2. Ubicación geográfica del sitio El Morro Orgánico. Imagen de R.E. Narváez Elizondo.



A)



B)

Figura 3. A) vista panorámica del cerro El Morro (izquierda) y parte del caudal del río Blanco (derecha) desde El Morro Orgánico; B) vista frontal del sitio El Morro Orgánico. Imagen de R.E. Narváez Elizondo.

das en el Laboratorio de Radiocarbono de la Subdirección de Laboratorios y Apoyo Académico del INAH. Dichas muestras señalan una ocupación que se extiende hacia fechas que abarcan un lapso ubicado entre los períodos Arcaico Medio (2500-1000 a.C.), Arcaico Tardío (1000 a.C. - 700 d.C.), Prehistórico Tardío (700 d.C. -

Siglo XVI) e Histórico (Siglo XVI a fechas posteriores), tomando en cuenta los criterios de periodización para la prehistoria e historia empleados en Texas (EUA) y el noreste mexicano (Turpin, 1994; Turner *et al.*, 2011; Turpin y Eling, 2014).

Las fechas más antiguas son: 3640±39 a.p. (2140-1900

cal. a.C.; carbón; INAH-3359; 2 σ , 95.4%; cuadro NE-7, nivel XX) y 3570 \pm 36 a.p. (2030-1870 cal. a.C.; carbón; INAH-3310; 2 σ , 82.9%; cuadro NE-2, nivel XXIV). Entre las fechas más recientes están: 888 \pm 59 a.p. (1020-1260 cal. d.C.; carbón; INAH-3302; 2 σ , 95.4%; cuadro NE-2, nivel XVII); 842 \pm 56 a.p. (1040-1280 cal. d.C.; carbón; INAH-3361; 2 σ , 95.4%; cuadro NE-8, nivel XV); así como 263 \pm 41 a.p. (1480-1680 cal. d.C.; carbón; INAH-3315; 2 σ , 79.5%; entierro 1 A, nivel I-II), esta última asociada a restos de una osamenta humana localizados por fuera del abrigo rocoso, al pie de un bloque grande de caliza.

Excavación y recuperación del material arqueológico

La exploración del sitio comenzó con la fijación de un banco de nivel y un ordnance datum, continuando con la delimitación de una cuadrícula finita orientada hacia el norte magnético y demarcada por cuadros de 1 m por 1 m para referir a esta el control espacial de la excavación. Para ello se clavaron estacas en los extremos del espacio y se instalaron hilos conformando la retícula sobre el piso. El interior se dividió en dos secciones, este y oeste, considerando la topografía del mismo sitio. Al norte de la línea base se situó el nivel del piso actual, quedando el sector sur hacia la línea de goteo. Al sector este (nivel inferior o nivel II) se asignaron las coordenadas del sector NE, en tanto que, para el eje norte-sur se señalaron valores numéricos positivos (Figura 4).

Posteriormente se fijaron niveles estratigráficos con la finalidad de lograr determinar la secuencia cultural del sitio, así como la toma y registro de los materiales arqueológicos por cuadro y nivel. En general, la estratigrafía del sitio es irregular y difícil de determinar por capas ya que esto dependió de factores como el talud con dirección este-oeste del afloramiento (25°); el relleno, en parte natural y cultural, con enormes lozas de calizas hacia la parte media, posiblemente para nivelar el piso del abrigo; la sedimentación producto del transporte eólico; la presencia apreciable de gravas o fragmentos mayores resultado del tipo de suelo definido como litosol; así como la constante acumulación de una gran cantidad de materiales arqueológicos. Las actividades dentro del sitio también fueron condicionadas por la morfología de las paredes y rocas que delimitan el interior de este, por lo que las excavaciones en algunos casos resultaron menores a 1 m² (para más deta-

lles técnicos de la excavación consultar los informes de Rivera Estrada, 2014, 2016).

Los macrorrestos del género *Hechtia* (al igual que los de otros taxones) se obtuvieron in situ mediante muestras totales del sedimento de cada nivel, el cual fue cribado en seco con mallas de 1 mm de diámetro, así como por la realización de recuperaciones directas de la excavación, debido a la variedad de parámetros como la profundidad, tipo de sedimento, abundancia y tamaño del mismo material en los distintos niveles estratigráficos. Las muestras se depositaron en bolsas herméticas etiquetadas con los siguientes datos: nombre del proyecto; nombre del sitio; sector de la excavación; cuadro; nivel; fecha de recuperación; e identidad taxonómica del ejemplar (siendo esta última asignada en el laboratorio). Al finalizar las actividades se rellenó y niveló el área de muestreo con el mismo sedimento (arena, grava y cantos rodados) resultante de la excavación. Asimismo, se depositó un testigo.

Identificación taxonómica e interpretación paleoetnobotánica

Para la identificación taxonómica de los macrorrestos vegetales se realizaron comparaciones anatómicas a ojo desnudo y mediante el empleo de un microscopio estereoscópico (aumento de 10x a 20x), con ejemplares colectados de la flora actual en el área de estudio y material del Herbario UNL de la Facultad de Ciencias Biológicas, UANL.

Dado que el registro arqueobotánico de esta planta consiste en restos de hojas y cogollos (conjuntos de hojas jóvenes agrupadas y apretadas entre sí), algunos de los caracteres diagnósticos para la identificación del género fueron la presencia de hojas glabras, en forma lineal-recurvadas, con margen dentado, agrupadas en roseta. Cabe mencionar que las estructuras anatómicas conservadas en este registro no son suficientes para una identificación más específica a nivel de especie, pues para esto se suele analizar estructuras reproductivas (Espejo Serna *et al.*, 2010; Hernández Cárdenas *et al.*, 2022; Ramírez Morillo *et al.*, 2023).

Una vez identificadas las muestras se realizó un registro cuantitativo para cada unidad de la excavación, tomando en cuenta para esto cada fragmento con características diagnósticas sobre dicha entidad taxonómica como un espécimen, independientemente de su estado

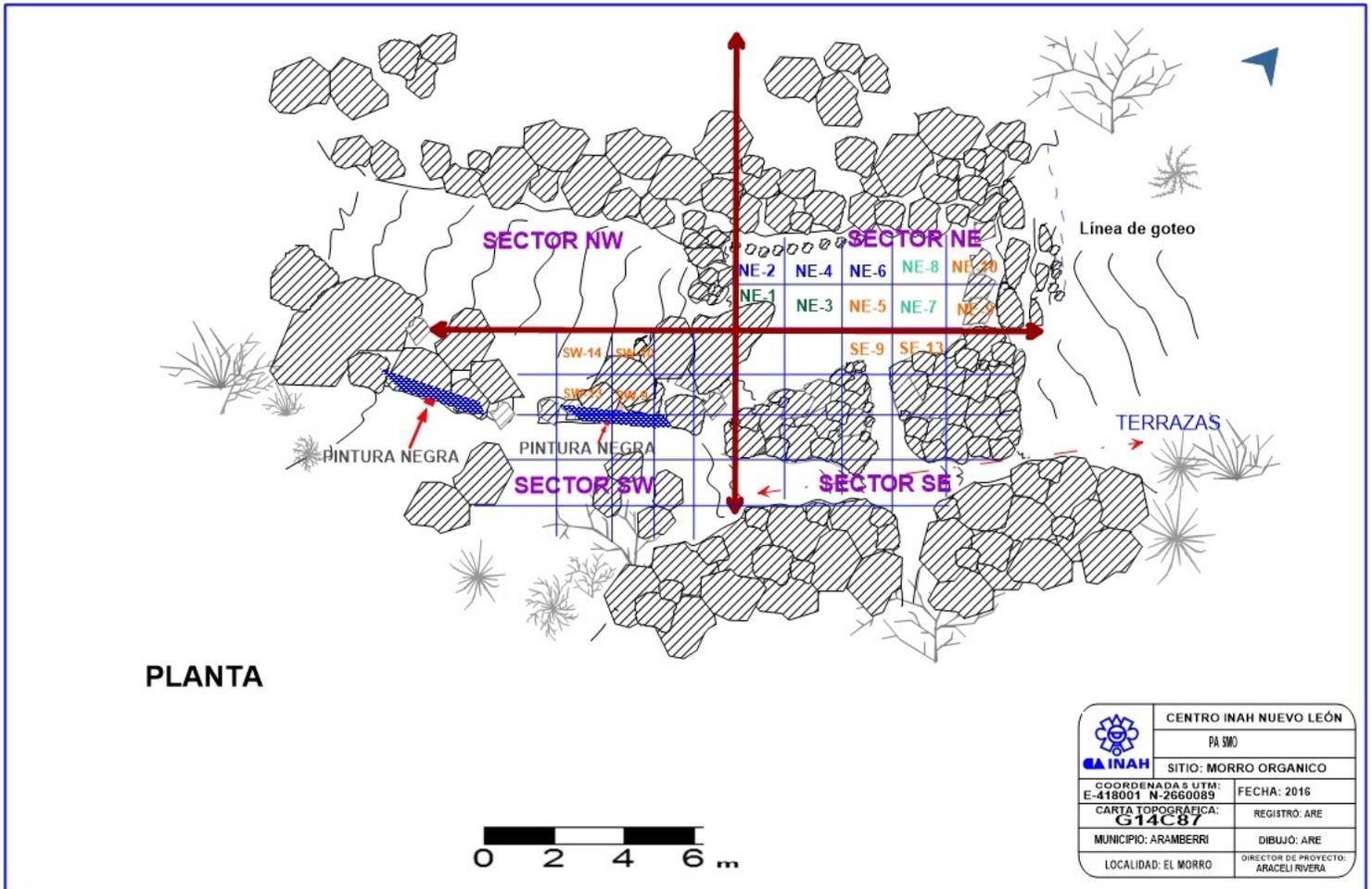


Figura 4. Dibujo en planta de las unidades de excavación en El Morro Orgánico. Imagen de A. Rivera Estrada.

estructural (entero o fragmentado) y tamaño, tal como se sugiere en otros trabajos (Badal *et al.*, 2003; Petrucci y Tarragó, 2015).

Para indagar sobre el uso potencial del género *Hechtia* por los habitantes del sitio, se consideró el estado estructural de su registro arqueobotánico (por ejemplo: tipo de parte anatómica conservada, evidencia de exposición al fuego, marcas de corte u otra forma de trabajo, etc.), así como su asociación con otros elementos del mismo contexto arqueológico. También se revisó información arqueobotánica (MacNeish, 1958; Smith, 1967, 1986; Hanselka, 2017) y etnobotánica (Hernández Sandoval *et al.*, 1991; Felger y Yetman, 2000; Hornung Leoni, 2011a, 2011b; Ramírez Morillo, 2012; Estrada Castellón *et al.*, 2014; Kopfstein, 2015) sobre este mismo grupo de plantas para realizar analogías.

Resultados y discusión

El registro arqueobotánico del género *Hechtia* encontrado en El Morro Orgánico está conformado mayoritariamente por hojas fragmentadas, así como por algunos restos de cogollos (Tabla 1). En ambos tipos de macrorestos se presentan ejemplares con evidencia de cierto grado de exposición al fuego (Figura 5). Los sectores de la excavación en los que se recuperaron más macrorestos fueron: SW-13, nivel 1b, n = 769; SW-18, nivel II, n = 348; y SW-13, nivel 1a, n = 320 (Tabla 1).

La asociación de algunos macrorestos con muestras de carbón datadas permite estimar que este registro arqueobotánico se remonta hacia los períodos arqueológicos del Arcaico Tardío y Prehistórico Tardío, siendo la fecha más antigua asociada a restos de guapilla ubicada entre los años 540-600 d.C. (Tabla 1).

No obstante, si también se consideran los ejemplares que pueden asociarse con artefactos líticos para hacer

dataciones relativas, como las puntas de proyectil del tipo La Rana, Matamoros y Guerrero, este rango de tiempo se extiende desde el período Arcaico Medio hasta el Histórico, es decir, posiblemente a lo largo de casi toda la ocupación del sitio, dado que los primeros dos artefactos se han encontrado en otros contextos del noreste mexicano y Texas, rondando entre fechas como las de los años 1500-300 a.C. y 1000 a.C. - 1600 d.C. respectivamente, mientras que la punta Guerrero corresponde a los años 1700-1800 d.C. (Valadez Moreno, 1999; De los Ríos Paredes, 2007; Turner *et al.*, 2011).

Por otro lado, el género *Hechtia* también está presente en el registro arqueobotánico de otros sitios en México, siendo estos: las cuevas de Coxcatlán y San Marcos, en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Smith, 1967); Guilá Naquitz, en la región de los Valles Centrales de Oaxaca (Smith, 1986); así como en las cuevas Armadillo, La Perra y Romero, en la Sierra Madre Oriental, en Ocampo, Tamaulipas (MacNeish, 1958; Hanselka, 2017). En todos los sitios previamente mencionados, los macrorrestos de guapilla consisten sólo en hojas, sin reportes sobre ejemplares con evidencia de exposición al fuego o agrupados en cogollos, a diferencia de lo encontrado en El Morro Orgánico.

Los restos de *Hechtia* de El Morro Orgánico no resultan ser los más antiguos a nivel nacional, si se comparan con los presentes en: las zonas B1 y B2 de Guilá Naquitz, estimadas para los años 6500-5800 a.C. (Smith, 1986; Smith, 2000); la cueva de San Marcos durante la fase Abejas, entre los años 3500-2300 a.C. (Smith, 1967; MacNeish, 1967); así como los encontrados en la ocupación 2 relacionada con la fase Ocampo (6000-5200 a.p.) de la cueva de Romero (Hanselka, 2017).

Cabe mencionar que, un aspecto que tienen en común los hallazgos de guapilla en El Morro Orgánico y la mayoría de los otros casos en México, es que estos proceden de contextos caracterizados por la presencia de grupos humanos relativamente pequeños, que no eran completamente sedentarios ni habitantes de grandes asentamientos, sino que más bien solían moverse a través de sus territorios en distintas épocas del año, combinando la agricultura incipiente con la cacería y la recolección.

Las excepciones con respecto a lo anterior, podrían ser los hallazgos pertenecientes a las fases Palo Blanco

(200 a.C. -700 d.C.) y Venta Salada (700-1540 d.C.) de los sitios del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Smith, 1967), puesto que se ha señalado que durante esas fases los grupos humanos de la región ya habían experimentado un incremento en su densidad poblacional, solían habitar aldeas y practicaban la agricultura con canales de irrigación (MacNeish, 1967).

En cuanto al uso que se le daba a la guapilla en El Morro Orgánico, tras la revisión del estado estructural de los macrorrestos, así como de información arqueobotánica y etnobotánica, se sugiere que estas plantas se aprovecharon como un recurso alimenticio. En algunas zonas rurales de México se ha reportado el uso alimenticio de algunas especies de *Hechtia*, ya sea de la parte basal de las hojas y el tallo (Hernández Sandoval *et al.*, 1991; Felger y Yetman, 2000; Ramírez Morillo, 2012; Kopfstein, 2015), o bien, preparando bebidas con las raíces (Hernández Sandoval *et al.*, 1991).

Posiblemente la presencia en el sitio de restos de hojas y cogollos fragmentados o con cierto grado de exposición al fuego, es un reflejo del consumo de hojas y tallos. A favor de lo anterior y a modo de analogía sobre cómo pudo aprovecharse la guapilla, puede enunciarse el reporte de Felger y Yetman (2000) sobre el uso de *Hechtia montana* Brandegees entre los guarijíos de Sonora. En dicho trabajo, se comenta que las plantas se exponen al fuego por cerca de 20 minutos, removiendo las láminas de las hojas tanto de forma física como a través de su incineración, para así poder masticar y raspar con los dientes las bases de las hojas y consumir el tallo, el cual presenta una textura parecida a la de una cebolla con un sabor ligeramente picante. De esta manera, los macrorrestos de El Morro Orgánico podrían ser desechos de un tipo de práctica similar a la de este reporte.

Otra forma plausible de consumo pudo ser el sólo absorber la savia de los tallos, una vez que estos son expuestos tras retirarse algunas hojas, sin exponerse al fuego, tal y como lo hacen actualmente algunas personas en Mina (noreste de Nuevo León) cuando buscan hidratarse durante la realización de actividades en campo (Narváez Elizondo, obs. pers., 2023). Independientemente de si se comía cruda o asada, los habitantes del sitio podían acceder prácticamente durante todo el año a esta planta, ya que tanto las hojas como los tallos siempre están presentes.



Figura 5. Macrorrestos del género *Hechtia* encontrados en El Morro Orgánico. A) cogollo con evidencia de exposición al fuego del NE-2, nivel IX; B) hoja quemada del NE-2, nivel IV; C) cogollo parcialmente quemado del NE-4, nivel XI; D) hojas del sector SW-13, nivel Ib. Imágenes de R.E. Narváez Elizondo y A. Rivera Estrada.

En otros sitios arqueológicos se ha propuesto que la guapilla se aprovechó principalmente para obtener fibras que podían emplearse en la elaboración de cordeles y textiles (Smith, 1967, 1986; Hanselka, 2017). En el caso de El Morro Orgánico, si bien se han encontrado artefactos líticos relacionados con la obtención de fibras vegetales, estos han sido relacionados más bien

con otra especie muy abundante en este contexto arqueológico y de gran importancia para este fin en la actualidad, la cual es *A. lechuguilla* (Narváez Elizondo et al., 2019), puesto que sus hojas son más grandes por lo que puede obtenerse una mayor cantidad de fibras por cada planta, además, dada su amplia distribución en la zona pudo ser un recurso de fácil acceso. Asimismo, la

Tabla 1. Registro arqueobotánico del género *Hechtia* en el sitio El Morro Orgánico.

Tipo de macrorestos	Número de macrorestos	Procedencia estratigráfica	Antigüedad	Método de datación	Material datado
hojas	5	cuadro NE-1, nivel V	sin información	sin información	sin información
hojas	15	cuadro NE-1, nivel VI	sin información	sin información	sin información
hojas	70	cuadro NE-1, nivel VII	sin información	sin información	sin información
hojas	15	cuadro NE-1, nivel IX	995±21 a.p. / 990-1050 d.C.	carbono-14	carbón (INAH-3230-2)
hojas	8	cuadro NE-2, nivel II	sin información	sin información	sin información
cogollos	2	cuadro NE-2, nivel III	1200-1600 d.C.	relativa	punta Starr
cogollos	2	cuadro NE-2, nivel IV	sin información	sin información	sin información
hojas	121	cuadro NE-2, nivel IV	sin información	sin información	sin información
cogollos	12	cuadro NE-2, nivel V	sin información	sin información	sin información
hojas	84	cuadro NE-2, nivel V	sin información	sin información	sin información
cogollos	4	cuadro NE-2, nivel VI	sin información	sin información	sin información
hojas	153	cuadro NE-2, nivel VI	sin información	sin información	sin información
cogollos	28	cuadro NE-2, nivel VII	sin información	sin información	sin información
hojas	156	cuadro NE-2, nivel VII	sin información	sin información	sin información
cogollos	5	cuadro NE-2, nivel VIII	sin información	sin información	sin información
hojas	182	cuadro NE-2, nivel VIII	sin información	sin información	sin información
cogollos	16	cuadro NE-2, nivel IX	sin información	sin información	sin información
hojas	16	cuadro NE-2, nivel IX	sin información	sin información	sin información
cogollos	8	cuadro NE-2, nivel X	sin información	sin información	sin información
hojas	29	cuadro NE-2, nivel X	sin información	sin información	sin información
cogollos	2	cuadro NE-2, nivel XI	sin información	sin información	sin información
hojas	12	cuadro NE-2, nivel XI	sin información	sin información	sin información
hojas	5	cuadro NE-2, nivel XIV	sin información	sin información	sin información
hojas	38	cuadro NE-2, nivel XVI	1500-300 a.C.	relativa	punta La Rana

Tabla 1. (continuación). Registro arqueobotánico del género *Hechtia* en el sitio El Morro Orgánico.

Tipo de macrorestos	Número de macrorestos	Procedencia estratigráfica	Antigüedad	Método de datación	Material datado
hojas	46	cuadro NE-2, nivel XXI	1998±39 a.p. / 760-900 d.C.	carbono-14	carbón (INAH-3304)
hojas	32	cuadro NE-2, nivel XXII	1169±24 a.p. / 770-900 d.C.	carbono-14	carbón (INAH-3305)
hojas	3	cuadro NE-3, nivel V	1000-1500 d.C.	relativa	punta McGloin
hojas	120	cuadro NE-3, nivel VII	sin información	sin información	sin información
hojas	156	cuadro NE-3, nivel VIII	1200-1600 d.C.	relativa	punta Toyah
hojas	85	cuadro NE-3, nivel IX	1000 a.C. - 1600 d.C.	relativa	punta Matamoros
hojas	18	cuadro NE-3, nivel XI	sin información	sin información	sin información
hojas	7	cuadro NE-4, nivel I	sin información	sin información	sin información
hojas	6	cuadro NE-4, nivel II	sin información	sin información	sin información
hojas	10	cuadro NE-4, nivel IV	sin información	sin información	sin información
hojas	29	cuadro NE-4, nivel V	sin información	sin información	sin información
hojas	18	cuadro NE-4, nivel VI	1700-1800 d.C.	relativa	punta Guerrero
hojas	41	cuadro NE-4, nivel VII	sin información	sin información	sin información
cogollo	1	cuadro NE-4, nivel IX	sin información	sin información	sin información
hojas	54	cuadro NE-4, nivel IX	sin información	sin información	sin información
hojas	24	cuadro NE-4, nivel X	sin información	sin información	sin información
cogollo	1	cuadro NE-4, nivel XI	sin información	sin información	sin información
hojas	37	cuadro NE-4, nivel XVII	sin información	sin información	sin información
hoja	1	cuadro NE-4, nivel XVIII	sin información	sin información	sin información
hoja	1	cuadro NE-4, nivel XXI	1459±39 a.p. / 540-600 d.C.	carbono-14	carbón (INAH-3308)
hojas	2	cuadro NE-10, nivel I	sin información	sin información	sin información
hojas	24	cuadro NE-10, nivel III	sin información	sin información	sin información
hojas	2	cuadro NE-10, nivel IV	sin información	sin información	sin información
hojas	9	cuadro NE-10, nivel V	sin información	sin información	sin información

Tabla 1. (continuación). Registro arqueobotánico del género *Hechtia* en el sitio El Morro Orgánico.

Tipo de macrorres-tos	Número de macrorres-tos	Procedencia estratigráfica	Antigüedad	Método de data-ción	Material datado
hojas	12	cuadro NE-10, nivel IX	sin información	sin información	sin información
cogollo	1	cuadro NW-1, sup.	sin información	sin información	sin información
hojas	9	cuadro SE-1, nivel XI	sin información	sin información	sin información
hojas	3	cuadro SE-13, nivel I	sin información	sin información	sin información
hojas	9	cuadro SE-13, nivel II	sin información	sin información	sin información
hojas	39	cuadro SE-13, nivel III	sin información	sin información	sin información
hojas	43	cuadro SE-13, nivel IV	sin información	sin información	sin información
hojas	54	cuadro SE-13, nivel V	sin información	sin información	sin información
hojas	4	cuadro SE-13, nivel VII	sin información	sin información	sin información
hojas	14	cuadro SE-13, nivel VIII	sin información	sin información	sin información
hojas	4	cuadro SE-13, nivel IX	sin información	sin información	sin información
hojas	15	cuadro SE-13, nivel XI	sin información	sin información	sin información
hojas	2	cuadro SW-1, nivel III	sin información	sin información	sin información
hojas	2	cuadro SW-1, nivel IV	sin información	sin información	sin información
hoja	1	cuadro SW-1, nivel VIII	sin información	sin información	sin información
hojas	65	cuadro SW-10, nivel IX	sin información	sin información	sin información
hojas	256	cuadro SW-13, sup.	sin información	sin información	sin información
hojas	320	cuadro SW-13, nivel Ia	sin información	sin información	sin información
hojas	769	cuadro SW-13, nivel Ib	sin información	sin información	sin información
hojas	192	cuadro SW-13, nivel II	sin información	sin información	sin información
hojas	2	cuadro SW-14, nivel 80 cm	sin información	sin información	sin información
hojas	2	cuadro SW-18, nivel I	sin información	sin información	sin información
hojas	348	cuadro SW-18, nivel II	sin información	sin información	sin información

presencia de restos quemados no parece ser compatible con la extracción de fibras, pues esto podría dañarlas.

Conclusiones

El registro arqueobotánico de la guapilla (género *Hechtia*) en El Morro Orgánico revela que esta planta representó un recurso alimenticio para los antiguos habitantes del sitio, el cual pudo estar disponible durante cualquier época del año si se considera que las guapillas siempre presentan tanto hojas como tallos. Además, posiblemente este uso fue practicado por un lapso de tiempo que abarcó desde el período Arcaico Medio hasta el Histórico. Estos hallazgos aportan nuevas evidencias para comprender con más detalle la antigua relación entre la humanidad y la naturaleza en la región serrana de Nuevo León.

Referencias

- Badal E., Carrión Y., Rivera D. & Uzquiano P. (2003). La arqueobotánica en cuevas y abrigos: objetivos y métodos de muestreo. En R. Buxó & R. Piqué (coords.), La recogida de muestras en arqueobotánica: objetivos y propuestas metodológicas. La gestión de los recursos vegetales y la transformación del paleopaisaje en el Mediterráneo occidental (pp. 19-30). Publicación del Primer encuentro del Grupo de Trabajo de Arqueobotánica de la Península Ibérica. Museo de Arqueología de Catalunya. Barcelona, España.
- De los Ríos Paredes M. (2007). Informe de fechamientos. En A. Rivera Estrada (coord.), Cultura Indígena Serrana: Cañada Alardín, General Zaragoza, Nuevo León (pp. 121). Academia de Investigaciones Históricas Regionales A.C. y Centro INAH Nuevo León. Monterrey, México.
- Espejo Serna A., López Ferrari A.R. & Ramírez Morillo I. (2010). Bromeliaceae. Flora del Bajío y Regiones Adyacentes, 165: 1-82. DOI: 10.21829/fb.81.2010.165
- Espejo Serna A. & López Ferrari A.R. (2018). La familia Bromeliaceae en México. Botanical Sciences, 96(3): 533-554. DOI: 10.17129/botsci.1918
- Estrada Castellón E., Garza López M., Villarreal Quintanilla J.Á., Salinas Rodríguez M.M., Soto Mata B.E., González Rodríguez H., González Uribe D.U., Cantú Silva I., Carrillo Parra A. & Cantú Ayala C. (2014). Ethnobotany in Rayones, Nuevo León, México. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine, 10: 62. DOI: 10.1186/1746-4269-10-62
- Felger R.S. & Yetman D. (2000). Roasting the *Hechtia* out of it: The use of *Hechtia montana* (Bromeliaceae) as a food plant in Sonora, Mexico. Economic Botany, 54(2): 229-233. DOI: 10.1007/BF02907827
- González de la Rosa M.C., Foroughbakch Pournavab R., Guzmán Lucio, M.A. & Cadena López S.M. (2010). Flora útil de Nuevo León. En M.A. Alvarado Vázquez, A. Rocha Estrada & S. Moreno Limón (eds.), De la lechuguilla a las biopelículas. Las plantas útiles de Nuevo León (pp. 613-646). Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México.
- Gutiérrez Cañada D. (2022). De guachichiles a boçalos: la reinención e integración de los indios del río Blanco a la estructura de la Monarquía Hispánica. Sillares. Revista de Estudios Históricos, 2(3): 107-143. DOI: 10.29105/sillares2.3-40
- Hanselka J.K. (2017). Revisiting the Archaeobotanical Record of Romero's Cave in the Ocampo Region of Tamaulipas, Mexico. Journal of Ethnobiology, 37(1): 37-59. DOI: 10.2993/0278-0771-37.1.37
- Hernández Cárdenas R.A., López Ferrari A.R. & Espejo Serna A. (2019). Two new species of *Hechtia* (Bromeliaceae; Hechtioideae) from Oaxaca, Mexico. Phytotaxa, 397(4): 280-290. DOI: 10.11646/phytotaxa.397.4.2
- Hernández Cárdenas R.A., Siekkinen A., López Ferrari A.R. & Espejo Serna A. (2020). Five new species of *Hechtia* (Bromeliaceae; Hechtioideae) from Guerrero, Mexico. Systematic Botany, 45(3): 466-477. DOI: 10.1600/036364420X15935294613608
- Hernández Cárdenas R.A., Siekkinen A., Espejo Serna A. & López Ferrari A.R. (2022). Seven new species of *Hechtia* (Bromeliaceae; Hechtioideae) from Puebla, Mexico. Systematic Botany, 47(1): 190-207. DOI: 10.1600/036364422X16442668423518
- Hernández Sandoval L. González Romo C. & González Medrano F. (1991). Plantas útiles de Tamaulipas. Anales del Instituto de Biología, 62(1): 1-38.
- Hornung Leoni C.T. (2011a). Avances sobre Usos Etnobotánicos de las Bromeliaceae en Latinoamérica. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 10(4): 297-314.

Hornung Leoni C.T. (2011b). Bromeliads: traditional plant food in Latin America since prehispanic times. *Polibotánica*, 32(16): 219-229.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (1983). Síntesis Geográfica de Nuevo León. Secretaría de Programación y Presupuesto, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, D.F.

Kopfstein R.W. (2015). An Ethnobotanical Note: *Hechtia edulis*. *Journal of the Bromeliad Society*, 64(4): 258-263.

MacNeish R.S. (1958). Preliminary Archaeological Investigations in the Sierra de Tamaulipas, Mexico. *Transactions of the American Philosophical Society*, 48(6): 1-210.

MacNeish R.S. (1967). An Interdisciplinary Approach to an Archaeological Problem. In D.S. Byers (ed.), *The Prehistory of Tehuacan Valley. Environment and Subsistence* (pp. 14-24). Vol. 1. The Robert S. Peabody Foundation, Phillips Academy Andover and University of Texas Press, Ltd. Londres, Great Britain.

Narváez Elizondo R.E. Rivera Estrada A., Quirino Olvera R. & González Álvarez M. (2019). Crónica del aprovechamiento de recursos bióticos por poblaciones indígenas serranas en el sur de Nuevo León. En E. Gallaga Murrieta (comp.), M.A. Martínez Santillán, C.E. Grajeda Valdez & E.M. Ahedo Rodríguez (coords.), *Sociedad, cultura y medio ambiente en el norte de México* (pp. 307-318). Instituto Nacional de Antropología e Historia. México.

Petrucci N. & Tarragó M. (2015). Restos arqueobotánicos del sitio Rincón Chico 1. Una aproximación a los posibles escenarios de procesamiento, uso y consumo. *Comechingonia. Revista de Arqueología*, 19(1): 67-86.

Ramírez Morillo I.M., Hornung Leoni C.T. & Romero Soler K.J. (2023). A long-flowering *Hechtia* (Bromeliaceae): *Hechtia sanchezii*, a new species from San Luis Potosí, Mexico. *Botanical Sciences*, 101(1): 313-323. DOI: 10.17129/botsci.3172

Ramírez Morillo I. & Jiménez Nah C. (2011). ¡Todos los machos son iguales!. *Desde el Herbario CICY*, 3: 76-77.

Ramírez Morillo I. (2012). Los hábitos alimenticios de los Tarahumaras y la nomenclatura botánica. *Desde el Herbario CICY*, 4: 13-14.

Rivera Estrada A. (2007). Las primeras fundaciones del río Blanco en el sur del Nuevo Reyno de León. En A. Rivera Estrada (coord.), *Cultura Indígena Serrana: Cañada Alardín*, General Zaragoza, Nuevo León (pp. 14-17). Academia de Investigaciones Históricas Regionales A.C. y Centro INAH Nuevo León. Monterrey, México.

Rivera Estrada A. (2014). Proyecto Arqueológico "Sierra Madre Oriental". Informe 3a - 4a Temporadas, 2012-2013. Centro INAH Nuevo León. Monterrey, México.

Rivera Estrada A. (2016). Proyecto Arqueológico "Sierra Madre Oriental". Informe Técnico Temporadas, 2014-2015. Centro INAH Nuevo León. Monterrey, México.

Salcedo Martínez S., González Álvarez M. & Moreno Limón S. (2010). Plantas productoras de fibras de importancia económica. En M.A. Alvarado Vázquez, A. Rocha Estrada & S. Moreno Limón (eds.), *De la lechuguilla a las biopelículas. Las plantas útiles de Nuevo León* (pp. 199-220). Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México.

Smith B. (2000). Guilá Naquitz revisited: Agricultural origins in Oaxaca, Mexico. In G. Feinman & L. Manzanilla (eds.), *Cultural Evolution: Contemporary Viewpoints* (pp. 15-60). Kluwer Academic/Plenum Publishers. New York, EUA.

Smith C.E. (1967). Plant Remains. In D.S. Byers (ed.), *The Prehistory of Tehuacan Valley. Environment and Subsistence* (pp. 220-255). Vol. 1. The Robert S. Peabody Foundation, Phillips Academy Andover and University of Texas Press, Ltd. Londres, Great Britain.

Smith C.E. (1986). Preceramic Plant Remains from Guilá Naquitz. In K. Flannery (ed.), *Guilá Naquitz. Archaic Foraging and Early Agriculture in Oaxaca, Mexico* (pp. 265-273). Academic Press, Inc. London, United Kingdom.

Turner E.S., Hester T.R. & McReynolds R.L. (2011). *Stone artifacts of Texas Indians*. Third edition. Taylor Trade Publishing. United States of America.

Turpin S. (1994). Lower Pecos Prehistory: The view from the caves. In W.R. Elliott & G. Veni (eds.), *The Caves and Karst of Texas* (pp. 68-99). National Speleological Society. Huntsville, Alabama, USA.

Turpin S. & Eling H.H. (2014). Trance and Transformation on the Northern Shores of the Chichimec Sea, Coahuila, México. In D.L. Gillette, M. Greer, M.H. Hayward & W.B. Murray (eds.), *Rock Art and Sacred Landscapes* (pp. 177-191). Springer. New York, USA.

Valadez Moreno M. (1999). *La arqueología de Nuevo León y el noreste*. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México.

Villarreal Quintanilla J.Á. & Estrada Castellón E. (2008). *Listados florísticos de México XXIV. Flora de Nuevo León*. Instituto de Biología, UNAM. México, D.F.

Jardines Nativos y su Importancia Ecológica. Una Reflexión Personal

A.J. Rodríguez-Rangel*

Universidad Autónoma de Nuevo León,
Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Botánica
Ave. Pedro de Alba s/n, Cd. Universitaria,
San Nicolás de los Garza, N.L. México. 66455.
*ana.esy2@gmail.com

Resumen

Este artículo nos habla acerca de los jardines urbanos, particularmente en los tiempos actuales donde el cambio climático está causando importantes estragos en el ambiente. Se enfatiza la importancia del uso de plantas nativas de nuestra región, destacando su belleza y beneficios que nos ofrecen, además de su importancia dentro del ecosistema donde brindan un sinnúmero de servicios ecológicos.

Palabras clave: Plantas nativas, mezquite, anacahuita, cenizo, huizache, ecosistema, México.

Abstract

This article tells us about urban gardens, particularly in current times where climate change is causing significant damage to the environment. The importance of using native plants from our region is emphasized, highlighting their beauty and benefits they offer us, in addition to their importance within the ecosystem where they provide a multitude of ecological services.

Key words: Native plants, mesquite, anacahuita, cenizo, huizache, ecosystem, Mexico.

Desde pequeña me ha interesado tener un jardín grande, lleno de flores y arboles. La pasión por las plantas la tomé de mi abuela, ella siempre ha tenido muchas plantas, así que empecé a ir a los viveros. Compraba las flores más bonitas, sin importarme las condiciones necesarias para que la planta estuviera sana, así que terminaban secándose por exceso de luz y falta de agua. En mi casa hay mucho sol, y el único árbol que tenía era pequeño, así que no daba suficiente sombra como para reducir la exposición solar de las demás plantas. La situación empeoró con la sequía que estamos viviendo desde el año pasado, no tenía acceso a suficiente agua para mantener mi jardín, comenzaron a morirse las plantas que necesitaban riego abundante. Debido a todo esto comenzó mi búsqueda por un jardín de bajo mantenimiento, con plantas nativas adaptadas al clima de Nuevo León.

Para seleccionar las plantas nativas que se quieren utilizar hay que considerar el ecosistema en el que vivimos. Hay que tener claro que la división territorial es diferente a la división de los ecosistemas, en Nuevo León hay dos tipos de ecosistemas: matorrales y bosques templados (CONABIO, 2022). La secretaria de medio ambiente del estado de Nuevo León

divide estos dos ecosistemas en cinco ecorregiones, matorral espinoso tamaulipeco como Anáhuac y China, matorrales de ambientes secos del desierto chihuahuense como Mina y García, matorral submontano de Tamaulipas y Nuevo León como San Pedro Garza García y Monterrey, bosques de coníferas y encinos de la Sierra Madre Oriental como Rayones e Iturbide, por último los Matorrales de ambientes secos del norte de la meseta central como Doctor Arroyo y Mier y Noriega. El clima de Nuevo León según la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2022) indica que la temperatura mínima anual promedio del estado es alrededor de los 14°C y como máxima de 29.9°C promedio anual. Durante la estación de verano se pueden alcanzar temperaturas mayores de 36°C y en invierno mínimas promedio de 14.7 grados como mínima anual. La precipitación es alrededor de 400 mm anuales, siendo septiembre el mes mas lluvioso.

Considerando las características de Nuevo León, específicamente de Apodaca que entra en la ecorregión Matorral Espinoso Tamaulipeco, comencé la búsqueda de plantas nativas, el primer paso fue la observación: prestaba atención a las plantas que crecían en los baldíos, en camellones y en mi propio jardín. Los arboles que seleccione para mi jardín fueron encino (*Quercus fusiformis* Small), anacahuita (*Cordia boissieri*), huizache (*Acacia farnesiana* Willd), mezquite (*Prosopis glandulosa* Torr.), tronadora (*Tecoma stans* Juss.) y el cenizo (*Leucophyllum frutescens*).

El árbol que ya tenia es un encino, este esta ubicado en la banqueta frente a mi casa. El año pasado comencé a elevarle la copa, cortando las ramas que están muy bajas (NADF-001-RNAT-2015) para permitir que las personas caminen sin problemas por la banqueta. Actualmente es un árbol pequeño, con una copa de unos dos metros y aun así se siente la diferencia en la temperatura cuando descanso debajo de su sombra (Calaza-Martínez & Iglesias-Díaz,



Figura 1. Cenizo (*Leucophyllum frutescens*).

2016). Tener un árbol que cubra la fachada de los rayos del sol puede disminuir la temperatura de la casa mas de cuatro grados centígrados, lo que eventualmente resulta en menor uso de aires acondicionados. La sombra generada disminuye la cantidad de rayos solares que llegan al suelo y las paredes; y la disminución de la temperatura debajo de su copa es dada por la transpiración de la planta.

En la banqueta también sembré tres cenizos (Figura 1), este arbusto lo veía cada que pasaba por la autopista, mide alrededor de dos metros así que tengo pensado darle forma cuadrada de manera que queden como una valla. Dentro de las razones para elegirlo es que es un arbusto muy resistente a alta exposición solar y no requiere mucho riego, además de que el contraste del color de su corteza color grisáceo con el verde de sus hojas es muy llamativo, aunque lo mas bonito de este arbusto son sus flores, estas son en forma de trompeta de color morado. La



Figura 2. Hojas y flores de Anacahuita (*Cordia boissieri*).

floración es entre marzo y junio, pero también va a florear después de las lluvias, la cantidad de flores depende de la cantidad de sol que recibe, entre mayor es la exposición solar habrá mayor cantidad de flores.

El primer árbol que yo sembré en mi casa fue la anacahuita (Figura 2), mi abuela me lo regaló. Lo sembré aproximadamente en el mes de septiembre, y ese fue mi error: no aguantó las heladas enero; se congeló. Cabe aclarar que es un árbol, representativo de Nuevo León, es muy resistente a las temperaturas de todo el año, pero mi árbol no estaba bien establecido para cuando llegó la helada. Después de esa helada, pensé que mi anacahuita estaba perdida, pero me dije, estos árboles son muy resistentes y después de una poda, para la primavera ya tenía sus primeros brotes. Este árbol lo sembré enfrente de la ventana de la sala, y en esta ventana tengo macetas colgantes

con plantas aromáticas, así que su sombra me ayudó a controlar la exposición al sol de estas plantas. Además, moví algunas macetas con plantas de sombra debajo de la copa de la anacahuita, se redujo la frecuencia de riego y ya no se les queman las hojas por el sol. Una de sus ventajas al igual que muchos árboles nativos, es que necesita riego mínimo y es capaz de sobrevivir solamente con las lluvias. Si las condiciones del suelo son las óptimas puede llegar a crecer entre cuatro y seis metros de altura. En los extremos de algunas ramas se encuentran las flores de color blanco con forma de trompeta, y he tenido la suerte de ver polinizadores en sus flores, como las abejas, colibríes y mariposas. Además, produce frutos comestibles para las aves, mamíferos silvestres; puede llegar a ser tóxico si se ingiere inmaduro, causando mareos.



Figura 3. Foliolos de huizache (*Vachellia farnesiana*).

En la parte trasera del jardín creció un huizache (Figura 3), decidí dejarlo, tiene casi un año y ya casi llega a los dos metros. Porque el tronco es delgado, le ganaba el peso de las ramas y se ladeaba, por lo que le tuve que poner un tutor para que crezca derecho. Casi no lo regamos, con las lluvias que ha habido en el año ha sido mas que suficiente para que crezca. El huizache es un árbol muy bien adaptado a la región, y necesita muy poca agua. Algo que se podría considerar como no deseable es la cantidad de espinas que tiene, pero este es una rasgo de arboles que se desarrollan en ecosistemas áridos (Elizondo, 2009). Mi mamá también tiene uno en su casa, ese árbol ya tiene mas tiempo y ha de medir unos cinco metros de altura, y algo que pude observar es que el tronco ya no tiene espinas, así que las espinas solo serian un inconveniente en los primeros años de cre-

cimiento. Otra de las características del huizache es su flor esta es de forma esférica que mide aproximadamente 1.5 centímetros de color amarillo y su aroma, muy dulce, atrae a los polinizadores.

Por último, sembré un mezquite (Figura 4), este árbol puede llegar a medir entre tres y nueve metros de altura y un ancho de copa de unos seis a siete metros. El que yo tengo apenas mide como un metro y el diámetro de su tronco son unos dos centímetros; aunque es un árbol resistente a las altas temperaturas lo recomendado es regarlo cada dos semanas durante un año después de ser trasplantado (Elizondo, 2009). Cuando el mezquite ya esta establecido solo será necesario regarlo una o dos veces durante el verano, aunque siempre dependerá de las condiciones en las que se encuentre el árbol. Es importante revisar las plantas al menos una vez a la semana para



Figura 4. Foliolos de Mezquite (*Prosopis glandulosa* Torr.)

poder determinar la cantidad de riego, se puede notar en las hojas si les hace falta; se empiezan a caer, se tornan de color amarillento y por ultimo se caen las hojas. La cantidad de riego también depende del tipo de suelo, aunque en el caso del mezquite necesita suelos con buen drenaje, el exceso de agua puede dañar sus raíces. Lo ideal para los arboles que se han mencionado es mantenerlos con el agua que obtienen de las lluvias para permitir que las raíces sean profundas, en el caso del mezquite las raíces pueden bajar alrededor de 40 metros en búsqueda de aguas subterráneas. Debido a esto el mezquite es una buena opción para sembrarse en climas áridos, además de proporcionar sombra y reducción de la temperatura en nuestras casas, atrae a polinizadores y aves, el periodo de floración empieza desde marzo y puede extenderse hasta noviembre. En algunas

ocasiones es difícil diferenciar entre un mezquite y un huizaches, bueno, al menos a mi me costo al inicio, la forma que me facilito identificarlos fue por la forma de su flor, ambas flores son de color amarillo pero la del mezquite es en racimos y la del huizache es esférica (Elizondo, 2009).

Aunque ya tengo varios arboles en mi casa ando en búsqueda de la tronadora (*Tecoma stans* Juss.), tengo pensado sembrarlo en un lateral de la casa, se que es un árbol pequeño que puede medir unos cuatro metros de altura. Se puede ver este árbol en terrenos baldíos, no es exigente con el tipo de suelo ni con el riego, por lo que es ideal para nuestro jardín, he visto que este árbol se da bien en macetas grandes. Este árbol es muy vistoso, sus flores con forma de trompeta son de color amarillo y su época de floración es de abril a noviembre, debido a esto atrae a

polinizadores. Las veces que me ha tocado caminar por donde hay tronadoras he logrado ver escarabajos en sus flores, pero se sabe que puede haber muchos otros organismos, algunos de ellos son caracoles, arañas, aves e insectos (Zea-Rosario & Cano-Santana, 2023). Espero pronto poder ir algún vivero y conseguirla, aunque posiblemente ya sea algo que deje para el 2024.

Tener árboles o plantas me hace sentir en paz, es una forma en la que siento que regreso algo que le hemos quitado a la naturaleza, tal vez no logre hacer un cambio grande. Trato de generar conciencia en las personas con las que convivo sobre la importancia de conservar el ecosistema en el que vivimos. Además de que se dice que las áreas verdes como los parques y plazas ayudan a la relación que los humanos tienen con la naturaleza. La convivencia con la naturaleza puede ayudar a la salud mental de las personas, produciendo un estado de relajación, mejora el estado del ánimo y genera conexión con nuestro entorno. Entonces, si la interacción con las plantas nos beneficia también a nivel emocional, ¿Por qué no tener estos beneficios en nuestras casa?

Además de los beneficios emocionales, los árboles ayudan a mejorar la salud física de los humanos, reducen los problemas respiratorios: debido a que captan las partículas contaminantes que se encuentran en el aire como el ozono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, dióxido de carbono y materia particulada. También previenen golpes de calor en las temperaturas extremas de verano, reposar debajo de la sombra de un árbol reduce la exposición a los rayos solares y permite que el cuerpo regule su temperatura (Wolf *et al.*, 2020).

No solo los humanos nos vemos beneficiados, el suelo también se beneficia ya que los árboles ayudan a fertilizar los suelos, evitan la erosión, captan el agua del suelo, además los animales también tienen relación con estos, ya que fungen como refugio para

aves, insectos y pequeños mamíferos. Algunos árboles atraen a los polinizadores, como algunas especies de moscas, escarabajos, abejas, mariposas, polillas, colibríes y murciélagos.

Así que, los árboles mejoran la salud de los humanos, interactúan con los animales y mejoran el ecosistema, pero yo recomendaría el uso de plantas nativas, con esto me refiero a las plantas que hay de forma natural en la región, que no han sido introducidas por el humano. Las plantas nativas son una parte importante de nuestro ecosistema, elegir las para nuestro jardín ayuda a su conservación. Debido a que son parte del ecosistema en el que vivimos, al usarlas se obtienen mayores beneficios que usando otras plantas. Las plantas nativas ya están adaptadas al clima, a la composición del suelo y plagas por lo que son más resistentes, además de que ya hay una relación con los animales de la región. Debido a estas características el tiempo y dinero que se invierte en mantenimiento es menor, se reduce el riego, insecticidas y fertilizantes usados. Por lo que las plantas nativas se pueden considerar de bajo mantenimiento, siendo ideales para las personas con poco tiempo disponible para la jardinería.

Referencias

- Calaza-Martínez, P., & Iglesias-Díaz, M. I. (2016). El riesgo del arbolado urbano. Contexto, concepto y evaluación. Ediciones Mundi-Presa.
- CONAGUA. (2022). Resúmenes Mensuales de Temperaturas y Lluvia.
- Elizondo, R. (2009). Guía de árboles y otras plantas nativas en la zona metropolitana de Monterrey. Fondo Editorial de Nuevo León.
- Wolf, K. L., Lam, S. T., McKeen, J. K., Richardson, G. R., Van Den Bosch, M., & Bardekjian, A. C. (2020). Urban trees and human health: A scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(12).
- Zea-Rosario, H. G., & Cano-Santana, Z. (2023). La tronadora (*Tecoma stans*) en la Ciudad de México.



INSTRUCCIONES A LOS AUTORES QUE DESEAN SOMETER ARTÍCULOS O CONTRIBUCIONES PARA SU PUBLICACIÓN EN LA REVISTA PLANTA DE LA UANL (ISSN 2007-1167)

PLANTA UANL es el órgano de difusión y divulgación del Cuerpo Académico y departamento de Botánica de la Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. El objetivo principal de la revista es difundir el conocimiento botánico del noroeste de México en la comunidad académico-científica e interesar al público en general en los temas botánicos. La revista recibe para su publicación todo tipo de artículos que aborden algún aspecto de la Botánica, tanto conocimiento empírico, como resultados de estudios científicos, notas técnicas, etc. sin discriminación alguna respecto a las ideologías, creencias, raza o filiación política de los autores para su publicación.

ESPECIFICACIONES

Para someter un artículo o participación en la revista, todos los escritos deberán elaborarse en procesador de textos con formato Microsoft WORD. El título deberá ser acorde al contenido del artículo o contribución. El título de los artículos debe ser breve, su longitud no deberá ser mayor a dos renglones al escribirlo en mayúsculas con letra: ARIAL EN NEGRITAS Y TAMAÑO 14. El cuerpo del artículo deberá presentarse en hoja tamaño carta con márgenes normales (superior e inferior 2.5 cm, izquierdo y derecho de 3 cm) e interlineado de 1.5 renglones, con un espacio entre párrafos y sin sangría al inicio del párrafo. La letra a usar en el texto será: Calibri tamaño 12 sin negrita y éste deberá justificarse en ambos márgenes.

Se recomienda el uso de apoyos visuales (gráficos, ilustraciones, tablas o fotografías) que atraigan la atención del lector y faciliten la comprensión de la lectura. En el caso de gráficos, fotografías o ilustraciones, estas se agruparán bajo el término genérico de Figuras. Todas ellas deberán contar con un pie de figura que contenga el número de la misma y su descripción como sigue: Fig. 1 en letra Calibri 10 en negritas. A diferencia de las figuras, las tablas tendrán una numeración independiente, consecutiva de

acuerdo a su aparición y contarán con una descripción en la parte superior de la misma. Esta descripción tendrá el mismo formato que las figuras. Los pies de figuras deberán aparecer al final del artículo, al igual que las tablas con sus encabezados. Su posición deberá especificarse claramente en el texto. Todas las figuras, sin importar el formato deberán incluirse en archivo aparte (El formato de las figuras debe ser JPEG, GIF, BMP, TIF o similar), no deberá tener ningún tipo de liga con páginas de la red y deberá estar plenamente identificada. Para cada imagen deberá indicarse si proviene de un archivo propiedad del autor y de no ser así, deberá especificarse su procedencia y autor. Se sugiere Identificar los archivos de imágenes con el número de figura, por ejemplo figura1.jpg, figura2.bmp, etc.

TIPOS DE CONTRIBUCIÓN

A continuación se presenta un listado de las secciones básicas de que consta la revista y posteriormente se presenta una descripción del contenido que se incluye en cada una de ellas. Favor de indicar en que sección desea que se incluya su contribución al momento de enviarla a los editores.

Editorial

Comúnmente la extensión de esta sección es de una cuartilla o menos. Aunque la labor de edición de la revista es responsabilidad de los editores y comúnmente son ellos los que escriben el editorial de cada número, Ud. puede ser editorialista invitado si así lo desea y hacer llegar su propuesta por escrito a nuestro correo, junto con el mensaje, reflexión u opinión personal sobre algún aspecto de la Ciencia Botánica, referente a su estado actual o algún aspecto relacionado con su ejercicio como profesión, su regulación, desarrollo, tendencia, etc. El escrito será revisado por los editores y se le hará saber si resulta aproba-

do para su publicación y el número en el que aparecerá. También puede coordinar la edición de un número completo de la revista, ya sea: a) proponiendo el tema principal e invitando a los autores que participarán aportando el material para cada una de las secciones en el mismo, o bien b) desarrollando un número especial, en cuyo caso pueden aparecer sólo algunas de las secciones como son la agenda y otras acordes al tema de ese número.

Conoce tu flora

Comprende escritos principalmente, aunque no exclusivamente, sobre especies vegetales que habitan el noreste de México. En ellos se debe incluir al menos una diagnosis o descripción breve de la especie, grupo o tipo de vegetación que se aborda, su distribución y resaltar su importancia ecológica, etnobotánica, comercial, industrial o de otra índole. Se sugiere acompañar las contribuciones para esta sección con imágenes acordes al objeto de estudio.

Solo Ciencia

En esta sección se publican contribuciones relacionadas con la botánica en todas sus áreas (taxonomía, sistemática, morfología, anatomía, fisiología, genética, biotecnología, reproducción, ecología, fitogeografía, aprovechamiento, usos, etc.). Son por lo general trabajos originales donde se presentan resultados de investigación o revisiones bibliográficas de temas botánicos o afines. La extensión puede ser variable, pero se sugieren al menos seis cuartillas incluyendo tablas y figuras. Ver plantilla anexa para elaboración de manuscrito. Los artículos de esta sección son revisados inicialmente por los editores en términos de formato y pertinencia de la contribución, si el trabajo es adecuado para la revista se turna para su revisión a dos árbitros especialistas y de reconocida trayectoria científica, quienes emitirán un dictamen respecto al trabajo en cuestión.

La estructura recomendada para estos artículos es la siguiente:

- 1.- Título (mayúsculas, letra arial negrita tamaño 14)
- 2.- Autores (altas y bajas, letra arial negrita tamaño 12)
- 3.- Adscripción de los autores (altas y bajas, letra arial normal tamaño 12)
- 4.- Autor para correspondencia con datos de contacto (altas y bajas, letra arial normal tamaño 12)
- 5.- Resumen (letra calibri normal tamaño 12, interlineado

1.5 espacios, justificado, subtítulo de la sección en negrita: Resumen)

6.- Introducción*

7.- Material y Métodos*

8.- Resultados y discusión*

9.- Conclusiones*

10.—Referencias*.

El formato y tipografía de estas secciones es similar al del Resumen. Dejar un espacio entre párrafos y no utilizar sangría al inicio de los mismos. En caso de que sean necesarios subtítulos dentro de las secciones de introducción, material y métodos y Resultados y discusión se sugiere utilizar letra calibrí normal tamaño 12.

Botánica Aplicada

Para esta sección se consideran contribuciones de trabajos de revisión y análisis bibliográfico sobre todas las aplicaciones de la botánica, así como usos potenciales y perspectivas. El formato sugerido puede ser tipo ensayo o considerar la estructura de los artículos de la sección Solo Ciencia.

Etnobotánica

En esta sección se hace énfasis en el uso tradicional de las plantas y sus saberes históricos y ancestrales. Las contribuciones pueden incluir descripciones de una o más plantas y los beneficios o perjuicios que representa(n) para el hombre o sus animales domésticos, ya sea que se trate de plantas de uso tradicional en rituales o ceremonias, comestibles, medicinales, tóxicas, o de las que se extraen productos, como fibras, resinas, aceites, etc.

ENVIO DE TRABAJOS Y/O CONTRIBUCIONES

Preparar su documento en formato WORD (*.DOC, preferentemente versión 2003) de acuerdo a las especificaciones antes mencionadas y enviarlo junto con los archivos de figuras a planta.fcb@gmail.com, una vez recibido se le enviará una confirmación de recibido en un plazo no mayor a tres días hábiles.

EDITORES

Dr. Marco Antonio Alvarado Vázquez,

Dr. Sergio M. Salcedo Martínez

Teléfono de contacto:

8329-4110 extensiones 6456 y 6426

El hombre y la naturaleza (ensayo breve)

Juan Pablo Martínez Pineda

Con el pasar de los años y a lo largo de toda la historia, hemos podido conseguir y crear cosas que antes parecían imposibles, hemos evolucionado como especie humana de una forma rápida, impensada y muy extendida, la tecnología, las industrias, los nuevos procesos, las nuevas formas que el ser humano cada día ha creado para pasar su estadía en el planeta tierra, muestran de manera muy clara, lo capaz e innovador que puede llegar a ser el hombre, la forma de evolución tan increíble que hemos tenido y eso debe ser un motivo de orgullo, ya que hemos hecho que la vida pueda ser más práctica, hemos querido desarrollarnos y desarrollar todos los procesos de nuestra vida cotidiana en cada uno de los ámbitos. Pero en todo esto, lastimosamente hay un gravísimo problema, dicho problema e inconveniente radica en que al estar evolucionando, cambiando y tratando de mejorar nuestra vida en general, hemos estado pasando por encima de nuestro entorno, nos hemos olvidado que tenemos un medio ambiente que nos rodea, una naturaleza que nos ha brindado todo desde un principio, se nos olvida que no somos la única especie con vida en la tierra, y no nos ha importado atacarlas y hasta llegar al punto de destruirlas solo con tal de conseguir el objetivo individual que el humano se propone. Hemos llegado a tal punto que entre las mismas personas nos quitamos y nos atacamos, el humano hoy en día y con el pasar del tiempo ha establecido un pensamiento muy egoísta donde no le importa ni su propia especie.

Pero nos olvidamos que la naturaleza a la cual hemos vulnerado y despreciado en algunos casos, tiene virtudes y capacidades extraordinarias, que a día de hoy ya nos ha demostrado que nos pueden acabar en un instante, que todo ese comportamiento tan inconsciente que tenemos con ella, ha tenido como consecuencia desastres naturales que dejan miles de tragedias, cambios climáticos y fenómenos naturales que el humano por muy evolucionado que esté, aun no puede contener. Es hora de ser un poco más analíticos y conscientes de que no somos los únicos y que así como muchas personas ya lo han ido entendiendo, debemos de parar esas acciones tan extremas y tan poco morales con el resto del planeta, para así tratar de evitar catástrofes o destrucciones que pueden llegar a ser inimaginables y letales.