

ECOFRONTERAS

ISSN 2007-4569

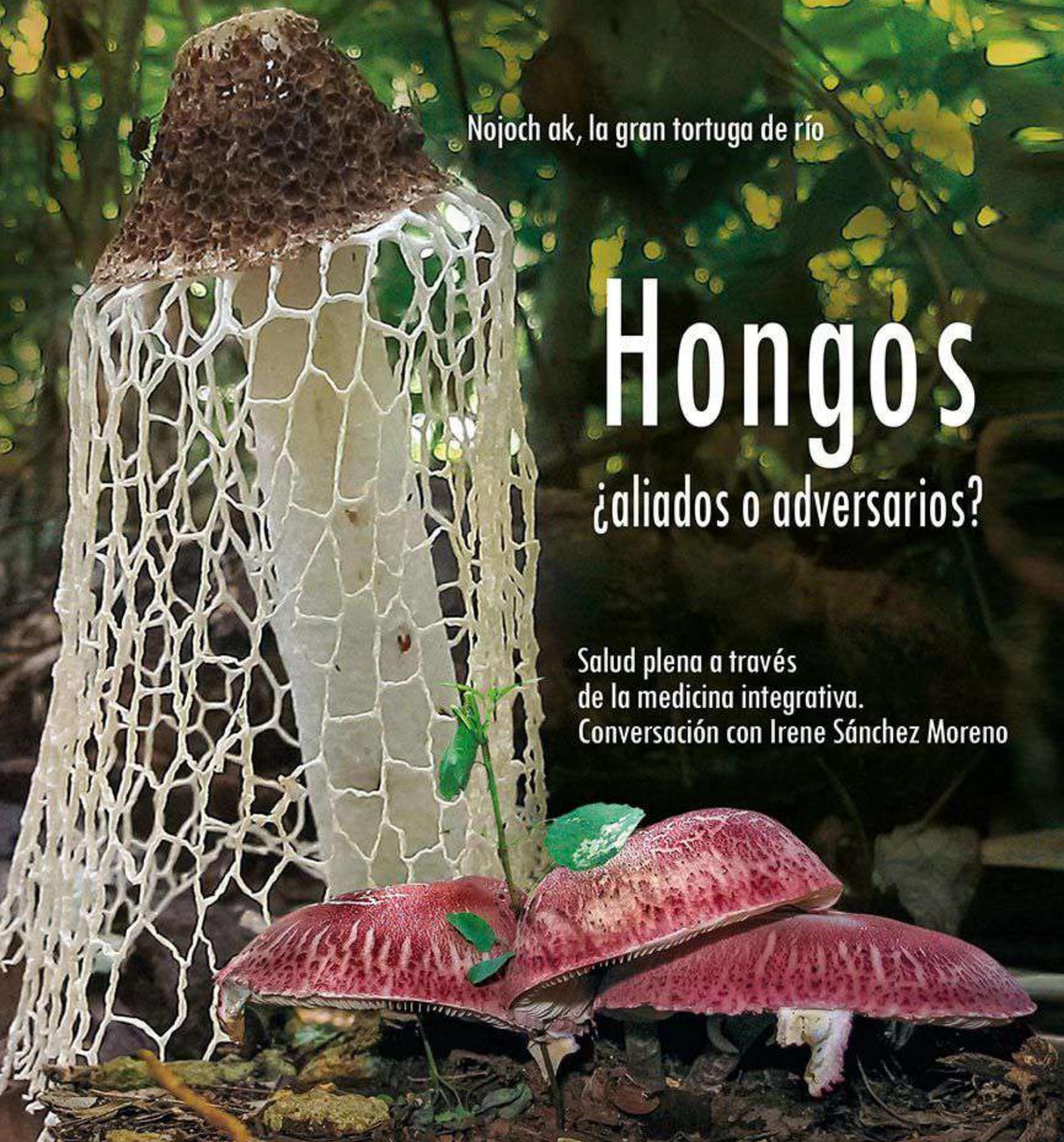
Revista cuatrimestral de divulgación de la ciencia · ECOSUR · vol. 29 · N° 83 · enero/abril 2025

Nojoch ak, la gran tortuga de río

Hongos

¿aliados o adversarios?

Salud plena a través
de la medicina integrativa.
Conversación con Irene Sánchez Moreno



Antonio Saldívar Moreno

Director General

Adriana Alicia Quiroga Carapia

Coordinadora General de Vinculación

Laura López Argoytia

Dirección editorial

Trinidad Alemán Santillán

Editor asociado

Rina Pellizzari Raddatz

Diseño de portada, ilustraciones y diagramación interior

Laura Rubio Delgado y Carla Quiroga Carapia

Edición técnica

Esthefania Munguía Sánchez

Asistencia editorial

Zendy Olivo-Vidal, Carlos Alberto Lobato Tapia y Víctor Macuil

Asesoría temática

Martha Duhne Backhaus

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Rocío Ledesma Saucedo

Instituto Politécnico Nacional (revista *Conversa*)

Rolando Riley Corzo

Universidad Autónoma de Chiapas

Consejo Consultivo

Trinidad Alemán (ECOSUR San Cristóbal)

Griselda Escalona (ECOSUR Campeche)

Martha García (ECOSUR Chetumal)

Alma Grajeda (ECOSUR Campeche)

Azahara Mesa (ECOSUR Villahermosa)

Dolores Molina (ECOSUR Campeche)

Georgina Sánchez (ECOSUR San Cristóbal)

Juan Jacobo Schmitter (ECOSUR Chetumal)

Birgit Schmoak (ECOSUR Chetumal)

Listie Solís (ECOSUR Tapachula)

Consejo Editorial

Corrección de estilo: Julio Roldán.

Traducción: Karina Puc (maya) y Toribio Arias (tsotsil).

Documentación fotográfica de portada: Humberto

Bahena. Distribución general: El Colegio de la Frontera Sur, Laura Rubio. *Ecofronteras*, Vol. 29, Número

83, enero-abril de 2025, es una publicación cuatrimestral

de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), con

domicilio en Carretera Panamericana y Periférico Sur

s/n, Barrio María Auxiliadora, C.P. 29290, San Cristóbal

de Las Casas, Chiapas, Teléfono: 967.674.9000.

www.ecosur.mx.

Reserva de Derechos al Uso Exclusivo núm. 04-2010-

121518142600-102. ISSN 2007-4549. Ambos otorgados

por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Certificado de Licitud de Título núm. 13743, y Licitud

de Contenido núm. 11316. Ambos otorgados por la

Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas

Ilustradas de la Secretaría de Gobernación.

Editora responsable: Laura López Argoytia.

Publicación impresa por SEPRIM, calle Siembra N°1,

Int. S-S, colonia San Simón Culhuacán, alcaldía Iztapalapa,

C.P. 09800, Tel. 555 443 7753, CDMX. Este número

se terminó de imprimir el 20 de diciembre

de 2024, con un tiraje de 1,000 ejemplares. El

contenido de los artículos es responsabilidad de autoras

y autores. La adecuación de materiales, títulos, sub-

títulos y resúmenes, corresponde a los editores. La

reproducción total o parcial de los textos e imágenes

contenidos en esta publicación requiere autorización:

llopez@ecosur.mx

Ecofronteras pertenece al Índice de Revistas Mexi-

canas de Divulgación Científica y Tecnológica del

CONACYT, y está integrada al catálogo de Latindex

(Sistema Regional de Información en Línea para

Revistas Científicas de América Latina, el Caribe,

España y Portugal), así como a la base de datos

con formato de colección a texto completo LatAm

Studies (Estudios especializados en América Latina

y el Caribe).

www.ecosur.mx

CONTENIDO

Editorial

Zendy Evelyn Olivo-Vidal, Carlos Alberto Lobato Tapia y Víctor Macuil Tiachino

ARTÍCULOS DEL POZO

Trichoderma en las historias de héroes y villanos

Sandra Lizveth Enriquez López y Yajaira Baeza Guzmán

Colmenitas comestibles y sin abejas

Martha E. Espin-Reza y Maura Téllez-Téllez

Huitlacoche: no siempre de la vista nace el amor

Luz Noyola Méndez y Xariss Miryam Sánchez Chino

¿Buenos o malos en el mundo de los hongos?

Víctor Macuil Tiachino, Abel Arce Ortiz y Zendy Evelyn Olivo-Vidal

ARTÍCULOS APUERTAS ABIERTAS

Nojoch ak, la gran tortuga de río

Eduardo Reyes Grajales, Norma Chambor Gómez y Matteo Cazzanelli

Microalgas en los pulmones del planeta

Francisco Javier Choix Ley

LEYENDO EL SUR

Hongos del Tacaná

René Humberto Andrade Gallegos y José Ernesto Sánchez Vázquez

ENTREVISTA

Salud plena a través de la medicina integrativa.

Conversación con Irene Sánchez Moreno

Elena Anajanci Burguete Zúñiga

DEL LITERARIO Y OTROS ASUNTOS

¿Cómo nombrar una especie?

En la piel de un explorador marino

Laura Sanvicente-Añorve

Corazón y mente clara

en la traducción a lenguas originarias

Laura López Argoytia



1

2

6

10

14

18

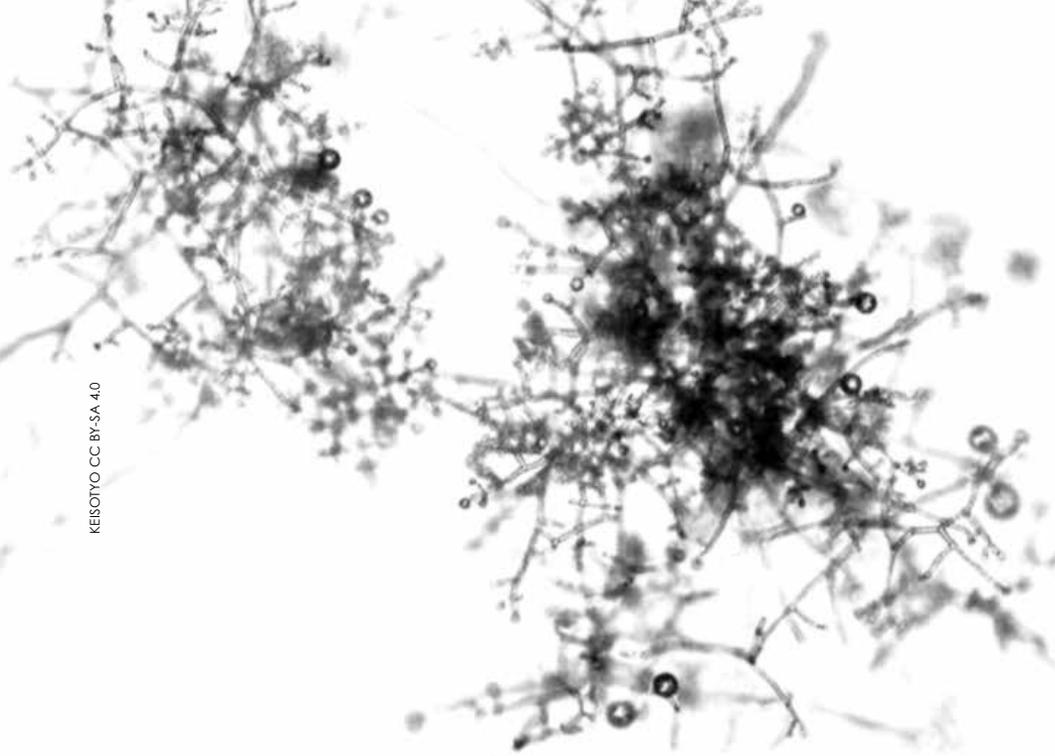
24

28

30

34

38



Editorial

México es un país que alberga una vasta diversidad de organismos vivos (animales, plantas, bacterias, virus y hongos), muchos de los cuales no han sido identificados ni estudiados. Todos poseen características que nos concierne describir con el fin de conocerlos y salvarlos, o al menos iese debe ser el objetivo primordial!

Cada grupo de organismos contribuye al equilibrio de la naturaleza. Las plantas capturan la energía solar y la transforman en biomasa, liberando oxígeno como subproducto, un elemento esencial para la casi totalidad de los seres vivos. Los animales ayudan a regular las poblaciones de plantas, o facilitan la dispersión de semillas y la polinización. Las bacterias son fundamentales en el ciclo de nutrientes de animales y plantas. Pero ¿y los hongos?, ¿qué hacen?

Los hongos son uno de los principales grupos degradadores de la materia orgánica; en simbiosis con las plantas, influyen directamente en el ciclo de nutrientes y la salud del suelo. El interés creciente de estudiarlos surge por su capacidad para producir metabolitos secundarios, algunos con propiedades medicinales como los antibióticos, de modo que son fuentes valiosas para el desarrollo de fármacos. También ayudan a comprender la evolución de patógenos y mecanismos de resistencia, lo que resalta

su importancia en investigaciones científicas y aplicaciones industriales.

En este número de *Ecofronteras* nos aproximaremos a la visión dual con la que percibimos a los hongos. Este es el cometido del artículo sobre *Trichoderma*, en el que las autoras nos hacen ver que, a pesar de su reputación negativa debido a que puede atacar hongos comestibles e incluso a personas inmunodeprimidas, su papel en la agricultura y la medicina es fundamental.

También conoceremos dos referencias de hongos para consumo humano. Por un lado, los del género *Morchella*, que nos asombran por su peculiar forma parecida a las colmenas de las abejas. Según descubriremos, son un manjar de sabor y textura únicos que forman asociaciones micorrícicas con las plantas, ayudándolas en la absorción de nutrientes y promoviendo suelos saludables. La segunda referencia es la especie *Mycosarcoma maydis* o *Ustilago maydis*, que se conoce como huitlacoche, un hongo que cumple su ciclo de vida en los elotes del maíz, por lo que muchos lo consideran una plaga; sin embargo, representa una fuente rica en proteínas de alta calidad, con un contenido proteico superior al de varios vegetales y cercano al de productos de origen animal.

Esta sección concluye con una pregunta: ¿los hongos son buenos o malos?, ¿aliados

o adversarios? Para terminar de comprender el doble rol de los hongos, los autores nos describen en dónde crecen y nos dan ejemplos de algunos con efectos benéficos y de otros que pueden perjudicarnos, resaltando así su importancia en el equilibrio natural y que su preservación debe ser prioritaria.

En este número también encontramos artículos sobre la gran tortuga de río o tortuga blanca; las microalgas capaces de reducir las emisiones de dióxido de carbono, y sobre el explorador marino Francisco Solís y sus andanzas taxonómicas. En la sección "Leyendo el Sur" se nos invita a leer un útil libro sobre los hongos macromicetos del Tacaná, en el Soconusco, Chiapas; en tanto que en una entrevista con Irene Sánchez nos acercamos a la medicina integrativa y su importancia en términos de prevención. Para terminar, la revista ofrece un sencillo homenaje a Eduardo Gómez, quien fuera su traductor al tsotsil, y a quien reconocemos sus valiosos aportes tanto para *Ecofronteras* como para la valoración y fortalecimiento de las lenguas originarias.

Zendy E. Olivo-Vidal y Víctor Macuil Tlachino, El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa; Carlos A. Lobato-Tapia, Universidad Politécnica Metropolitana de Puebla.

Trichoderma en las historias de héroes y villanos

Sandra Lizveth Enriquez López y Yajaira Baeza Guzmán

Resumen: Trichoderma es un hongo que, a pesar de su reputación negativa, juega un papel crucial en la agricultura y la medicina. Sus compuestos bioactivos, como terpenos y péptidos, combaten patógenos y promueven el crecimiento de las plantas, mejorando su absorción de nutrientes y fortaleciendo sus defensas. Aunque en general es beneficioso, puede también actuar como villano al atacar hongos comestibles o causando infecciones en humanos inmunodeprimidos. Su interacción con micorrizas es positiva o negativa dependiendo del contexto, lo que resalta su dualidad como protector o potencial adversario.

Palabras clave: agricultura, compuestos bioactivos, hongos benéficos, salud.

Maayat'aan (maya): *Trichoderma* ich u tsikbalilo'ob máaxo'ob ku yáantajo'ob yéetel máaxo'ob k'asa'ano'ob
Kóom ts'íibil meyaj: *Trichoderma jump'éeel kuuxum kex k'ajóola'an ku loobile', jach ku yáantaj xan ti' u meyajil k'áax yéetel ti' ts'aak. Le ba'ax xak'a'an yaan ichil ku ya'ala'al bioactivo'ob, je'ex terpeno'ob yéetel péptido'ob, ku yáantik ti'al ma' u tsa'ayal k'oja'anilo'ob yéetel u ch'íijil páak'alo'ob, ti'al u yutsil tsentikubaj yéetel u t'a'ajtal u yantal u muuk'. Kex túun jach ku yáantaje', ku béeytal xan u loobil tumen je'el u kínsik kuuxumo'ob ku jantalo'ob wáaj ku k'oja'ankuntik wíiniko'ob ma' jach t'a'ajo'ob. U xa'ak'tikubaj moots yéetel kuuxume', le ku ya'ala'al micorriza'ob, je'ebix yanik wale' ku yáantaj wáaj ku loobil, lebetik kek ilike' ka'ap'éeel ich tumen ku kanáan wáaj bíin suutuk k'asa'anil.*

Áantaj t'aano'ob: meyajil k'áax, xak'a'an bioactivo'ob, kuuxumo'ob ku yáatajo'ob, toj óolal.

Bats'i k'op (tsotsil): *Trichoderma* ta slo'il ya'yejal jpojvanejetik xchi'uk j-uts'intavanejetik

Smelolal vun albil ta jbel cha'bel k'op: *Trichoderma ja' jun chikinte' ti manchuk me chopol tabil ta ilel, pe tsots jtunel ta ts'unub ovolil xchi'uk ta poxiletike. Ti k'usitik stak' ta spoxtaan jechik k'usitik ta skap sbaik ta ik', ja' jech ta smilik k'usitik bik'tal chonetike xchi'uk ja' jech ta xch'ian lek yu'un ti ts'unubiletike, ja' jech ta xyaxub lek yu'un xchi'uk jech mu toj k'unuk ta xtae ta chamel. Manchuk me lek ya'el ti ta skotole, ja' te ta spas ta chopol k'alal ta xuts'inta ti yantik lekil chikinte'etik butik stak'an lajesele xchi'uk ja' te ta staik chamel yu'un ti jch'ieletike. Ti k'u x-elan ta xich' sbaik me ta lek o me ta chopole ja' venta k'u x-elan ti yosilale, jayo' jech tsots sk'oplal stael ta ilel slekil xchi'uk ti xchopolile.*

Jbel cha'bel k'opetik tunesbil ta vun: Ts'unub ovolil, k'usi stak' xpoxtavan, lekil chikinte'etik, kuxlejilil.

Cuando escuchamos la palabra “hongos” es posible que pensemos en algo desagradable, perjudicial, dañino, o que solo sirve para descomponer y desintegrar madera muerta y restos vegetales, pues quizá desconocemos el alto valor ecológico, económico, gastronómico y farmacéutico de estos organismos. En realidad, los hongos producen una gran cantidad de compuestos bioactivos con importante potencial médico y con efectos beneficiosos para el control de bacterias y otros hongos causantes de enfermedades en los cultivos agrícolas.

Estos compuestos pueden ser terpenoides, flavonoides, taninos, alcaloides y polisacáridos, mismos que los hongos utilizan cotidianamente para defenderse de sus depredadores naturales. Los flavonoides, por ejemplo, tienen propiedades antimicrobianas, anticancerígenas y antibacterianas, mientras que los alcaloides actúan como armas químicas contra herbívoros o competidores; además, algunas hormonas facilitan la colonización de nuevos hábitats o establecen relaciones simbióticas con otros organismos.

Interacciones entre hongos y plantas

Se estima que existen más de 2.5 millones de especies de hongos, aunque solo se han identificado entre 200 mil y 400 mil, lo que representa una pequeña fracción del total.

Su diversidad en términos de formas, colores, tamaños y modos de vida es impresionante; hay especies visibles a simple vista, otras microscópicas, y las que son capaces de emitir luz, como algunas del género *Mycena* que tienen un importante rol en la descomposición de la madera.

Gran parte de su relevancia radica en su capacidad para producir sustancias bioactivas de impacto significativo en la salud humana y en la agricultura. Como ya señalamos, se trata de compuestos con propiedades antimicrobianas y antifúngicas que han sido fundamentales en el desarrollo de medicamentos y en la protección de cultivos. Por lo tanto, el estudio de los hongos y sus metabolitos es fundamental para la

medicina y la agricultura, campos en donde ayudan a combatir enfermedades y mejoran la resistencia de los cultivos.

Aquí abordaremos la interacción entre hongos y plantas, y para ilustrar dichas relaciones diremos que hay dos grupos principales: los hongos patógenos, que podríamos denominar “villanos”, y los benéficos, que actúan como los “héroes” en esta historia de la naturaleza. Los primeros son responsables de colonizar y penetrar en los tejidos de las plantas provocándoles enfermedades. Por ejemplo, *Hemileia vastatrix* es el causante de la roya del café, una plaga que ha generado fuertes pérdidas para este sector económico en diversas partes del mundo. El patógeno vive y se repro-



Hemileia vastatrix, roya del café.

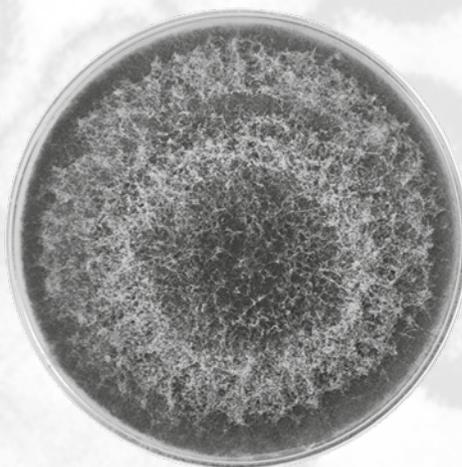
duce en los cafetos, su hospedero natural, pero cuando penetra y coloniza sus tejidos foliares, aparecen manchas polvorientas de color naranja en las hojas, para luego dar lugar a la caída de ramas, frutos y, en la etapa más avanzada de la enfermedad, a la muerte de la planta.

En contraste, los hongos héroes nos brindan una amplia gama de beneficios para los cultivos agrícolas y para los ecosistemas en general. Aquí encontramos a *Lecanicillium lecanii*, *Metarhizium sp.* y *Trichoderma sp.* Este último no solo descompone la materia orgánica muerta, como las hojas caídas, convirtiéndola en nutrientes para el suelo, sino que también presenta mecanismos de acción útiles para proteger a las plantas contra patógenos.

Trichoderma como héroe

Las especies de *Trichoderma* son conocidas principalmente por su papel beneficioso en sistemas agrícolas, y a menudo se utilizan como agentes de biocontrol contra patógenos que causan pérdidas económicas significativas y amenazan la producción mundial de alimentos; se han usado principalmente en cultivos como el maíz, tomate, papa, pepino y en diferentes hortalizas. Esto es posible porque producen compuestos bioactivos tóxicos, como terpenos y péptidos, con actividad antimicrobiana que permite controlar y competir entre espacios y nutrientes contra los patógenos. *Trichoderma* combate la fusariosis o marchitez causada por hongos como *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani*, *Macrophomina phaseolina* y *Sclerotium rolfsii*, tanto en cultivos tropicales como en los de zonas más templadas. Es una nueva práctica para el control de plagas y enfermedades en la agricultura.

Estos beneficios se deben a las interacciones antagonicas de *Trichoderma* con otros organismos a través de varios mecanismos. En primer lugar, el hongo establece una relación simbiótica con las plantas, en la que ambos se benefician. Hablamos de un proceso que ocurre en las raíces,



Aislamiento de *Trichoderma* en la caja petri.



Estructuras microscópicas de *Trichoderma*.



Trichoderma "héroe", *Fusarium oxysporum*.

donde el micelio del hongo, una estructura semejante a una telaraña, crece y se ramifica bajo el suelo. Esta red de filamentos se comunica con las raíces de otras plantas, árboles u otros hongos.

Trichoderma ayuda a las plantas a absorber nutrientes de manera más eficiente solubilizando fósforo, minerales y agua. Además, las protege de hongos patógenos, promueve su crecimiento, mejora su nutrición y fortalece sus defensas y respuesta inmunológica. También produce sustancias que actúan como estimulantes; conocidas como hormonas de crecimiento, se trata de auxinas, citoquininas y giberelinas, las mismas que promueven un mayor vigor y rápido crecimiento de la vegetación.

Por su parte, las raíces de las plantas liberan azúcares, aminoácidos y otros nutrientes que son fuente de alimento para *Trichoderma*. Es como si la flora le ofreciera una comida para mantenerlo contento y cerca de sus raíces. Estamos ante una relación benéfica en la que planta y hongo salen ganando.

El micoparasitismo es un método eficaz que utilizan las especies de *Trichoderma* para combatir hongos patógenos. Definido como una interacción antagonista entre organismos, este proceso se caracteriza por tener varias etapas. Todo inicia cuando *Trichoderma* crece buscando un hospedador. Entonces, este antagonista detecta y se adhiere a las hifas del patógeno mediante estructuras especializadas en su pared celular. Posteriormente, sus hifas se enrollan alrededor del hospedador y, en algunos casos, penetran sus estructuras; una vez establecido el contacto, libera enzimas que rompen al patógeno. Esto debilita al hongo dañino casi por completo, limitando su crecimiento y expansión.

Trichoderma también ha demostrado ser eficaz contra nematodos del suelo, pequeños gusanos microscópicos que se alimentan de raíces y tejidos vegetales; esto sugiere que su uso puede extenderse como una estrategia prometedora para el control de plagas y enfermedades en diversos cultivos.

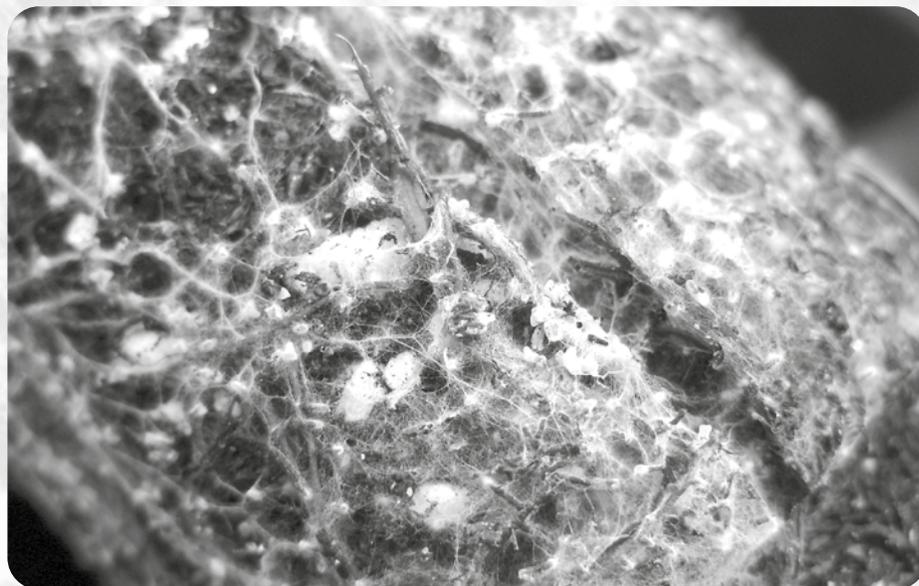


Algunas especies de *Trichoderma* pueden funcionar en el control de plagas del maíz.

Trichoderma como villano

Hay que reconocer que *Trichoderma* en ocasiones causa infecciones en humanos, especialmente en personas inmunodeprimidas (sistemas inmunológicos debilitados). Estas infecciones, conocidas como tricodermosis, son raras, pero pueden ser graves y se manifiestan de diversas formas, incluyendo respiratorias, en la piel y sistémicas. La especie patógena más reportada es *Trichoderma longibrachiatum*.

En cuanto a la interacción con plantas, las especies *Trichoderma* también pueden actuar de villanos cuando se dan las circunstancias. En entornos de alta humedad y sustratos ricos en nutrientes, atacan a otros hongos de aprovechamiento comestible o económico, incluyendo al champiñón y la seta (*Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus* y *Lentinula edodes*), obstaculizando su crecimiento y produciendo toxinas.



Micelio de hongos micorrízicos.

Interacción con micorrizas

En los ecosistemas agrícolas, las especies de *Trichoderma* juegan un papel fundamental como aliados en la promoción del desarrollo de las plantas. Cuando se combinan con hongos micorrízicos, potencian su colonización y actividad, mejorando la absorción de nutrientes y favoreciendo un crecimiento vegetal robusto. Esto es un ejemplo perfecto de sinergia natural: mientras *Trichoderma* actúa como protector dinámico combatiendo patógenos transmitidos por el suelo, las micorrizas amplifican la capacidad de la planta para absorber nutrientes esenciales. Así, integran un equipo de héroes naturales que contribuye a plantas más fuertes, saludables y con mayores rendimientos, por lo que son un pilar esencial en la agricultura sostenible.

Sin embargo, esa interacción no siempre es beneficiosa. En ciertos contextos, en particular para algunos tipos de cultivos o

suelos, la presencia de *Trichoderma* inhibe el desarrollo de las micorrizas o compete con ellas por recursos, lo que resulta contraproducente para las plantas. Esta dualidad nos hace ver que, si bien puede actuar como superhéroe, también puede convertirse en villano cuando las condiciones no son las adecuadas o cuando no se seleccionan correctamente las especies compatibles para un cultivo específico. Esto ilustra su naturaleza dual, pues pueden competir agresivamente con otros microorganismos o plantas. Entonces, ¿quién es tu villano favorito en el mundo de los hongos? La respuesta es que todo depende del contexto y de cómo decidamos utilizar y manejar estos poderosos aliados de la naturaleza. 🦸

Bibliografía

- Alfiky, A., y Weisskopf, L. (2021). Deciphering *Trichoderma*-Plant-Pathogen Interactions for Better Development of Biocontrol Applications. *Journal of Fungi (Basel, Switzerland)*, 7(1), 61. <https://doi.org/10.3390/jof7010061>
- Alvarado-Castillo, G., Benítez-Badillo, G., Lozada-García, J. A., et al. (2017). Uredospores' Mycelium Germination Inhibition of Coffee Rust (*Hemileia vastatrix*) Through Three Alternative Compounds: First Study. *Wulfenia Journal*, 24(2), 65-78.
- Mukherjee, P. K., Mendoza-Mendoza, A., Zeilinger, S., y Horwitz, B. A. (2022). Mycoparasitism as a Mechanism of *Trichoderma*-Mediated Suppression of Plant Diseases. *Fungal Biology Reviews*, 39, 15-33. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2021.11.004>

Sandra Lizbeth Enriquez López es estudiante de doctorado en la Universidad Veracruzana (Xalapa-Enríquez, Veracruz, México) | sandy_28_07@hotmail.com | <https://orcid.org/0000-0001-6187-8499>
 Yajaira Baeza Guzmán es académica en la Universidad Veracruzana (Xalapa-Enríquez, Veracruz, México) | ybaeza@uv.mx | <https://orcid.org/0000-0003-1509-978X>



MARHTA ESPIN

Colmenitas comestibles y sin abejas

Martha E. Espin-Reza y Maura Téllez-Téllez

Resumen: Los hongos del género Morchella, conocidos como "colmenitas", no solo comparten la apariencia del panal de las abejas, sino que ambos grupos (abejas y hongos) presentan una vasta lista de beneficios para la salud humana debido a que contienen moléculas bioactivas. Los dos organismos también son de gran importancia ecológica. Los hongos reciclan la materia orgánica y ayudan a la formación de los suelos; por su parte, las abejas son los principales polinizadores del planeta, de modo que unos y otras contribuyen a salvaguardar la biodiversidad y el equilibrio de los ecosistemas.

Palabras clave: bioactividad, hongo comestible, hongo medicinal, *Morchella*.

Maayat'aan (maya): Mejen jobono'ob ku janta'alo'ob yéetel mina'an u yik'el kaabi'

Kóom ts'íibil meyaj: Le muuch' kuuxumo'ob Morchella, k'ajola'an beey "colmenitas" mejen jobono'ob, ma' wa chéen jach beey u naajil kaabo'ob, bey xan le ka'ap'éeel muuch'a' (yik'el kaab yéetel Morchella) jach ya'ab ba'alo'ob u bii-lal tumen ku yáantaj ti' u toj óolal wíinik tumen yaan mejen ba'alo'ob molécula'ob bioactiva'ob. Le ka'ap'éeel kuxa'an ba'alo'oba' jach k'a'ana'ano'ob way yóokol kaabe'. Le kuuxumo'obo' ku ka'a k'a'ana'akuntiko'ob tuláakal ba'ax yaan lu'um yéetel ku yáantajo'ob ti'al u k'exbesiko'ob le lu'umo'obo'; kali'ikil túun, u yik'el kaabe' leti' ku yáax bisik yéetel ku táasik u ta'anil loolo'ob ts'o'ok u k'antal way yóok'ol kaabe', lebetik túun lelo'oba' yéetel u jeelo'obo' ku táakpajalo'ob ti'al u kanáanta'al ma' u ch'eejel jejeláas ba'alo'ob kuxa'ano'ob tek ba'apach bey xan ti'al u yantal jeets' óolal yóok'ol kaab.

Áantaj t'aano'ob: bioactividad, kuuxum ku janta'al, kuuxum ku ts'aak, *Morchella*.

Bats'i k'op (tsotsil): Bik'tal pometik stak'an lajesel xchi'uk mu'yuk xchanul spomal

Smelolal vun albil ta jbel cha'bel k'op: Ti chikinte'etik sbiik Morchella, ojtikinbilik k'ucha'al "colmenitas", mu ja'uk no'ox xko'olaj k'ucha'al jun pom, yu'un ta xcha'tosalik (chanul pom xchi'uk Morchella) ep k'usitik lek ta xak'beik slekikal skuxlejal ti jch'ieletike, ja' ta skoj ti oy k'usitik lekilal ta xak'ike. Ta xcha'tosalik ti va'ay chikinte'etike jech lek jtunelik ta stojol osil banamil ek xtok. Ti chikinte'etike ta sk'a'esik ti yaxalaltike xchi'uk ja' jech te ta spas yu'unik ta lum; yanuk ti chanul pometike, ja' no'ox stukik ech'em ep ta xak'ik satinuk te'etik ta sbejel banamil, jayo' jech o ti ta xcha'tosalike ja' ta yu'unik k'ucha'al mu xljaj xtup' sts'unubal ti ep ta tosol vomol a'amaletike xchi'uk jech lekuk o stalela ti osil banamile.

Jbel cha'bel k'opetik tunesbil ta vun: slekikal ta xak', stak' lajesel chikinte', poxil chikinte', *Morchella*.

En qué se parecen los hongos y las abejas? Las abejas son las grandes polinizadoras en el planeta, lo que es fundamental para la alimentación humana, ¿qué pueden tener en común con los hongos? Sin duda, que ambos organismos cumplen funciones ecológicas sustantivas, y por extrañamiento que suene ilos une la apariencia de las colmenas!

Entonces, existen dos tipos de colmenas... Por una parte están las construidas por las abejas melíferas: celdas de cera y paredes compartidas hechas para criar las larvas y contener la miel y el polen. Por otro lado, están los hongos "colmenitas", que pertenecen al Phylum Ascomycota del reino Fungi; los del género *Morchella* constituyen uno de los productos forestales no maderables más preciados en el mundo, y son un valioso recurso natural de gran interés gastronómico local, nacional e internacional. En México, a estos hongos también se les conoce como "elotitos", "mazorquitas" o "morillas", y de ellos hablaremos en este texto.

Colmenitas y aportes al ambiente

Los hongos *Morchella* tienen ascocarpos (cuerpo fructífero o parte visible de un hongo ascomiceto, filo Ascomycota) de tamaño, forma y colores variables según la

especie (figura 1), con una morfología de huecos (alveolada). Pueden ser negros (grupo Elata), blanquecinos (grupo Rufobrunnea) o amarillos (grupo Esculenta). Las investigaciones reportan 78 especies del género *Morchella* en el mundo, todas comestibles y distribuidas en América, Asia, Europa y Oceanía. En México se tiene registro de 13 especies (cuadro 1).

Cuadro 1. Especies del género *Morchella* en México

M. angusticeps, M. conica, M. costata, M. crassipes, M. deliciosa, M. elata, M. esculenta, M. guatemalensis, M. rotunda, M. rufobrunnea, M. tridentina, M. umbrina y M. vulgaris.

Los hongos colmenitas son muy cotizados por su sabor y consistencia, lo que ha provocado que algunas de sus especies estén sobreexplotadas y que incluso varias se encuentren bajo amenaza. En México (zona central), los ascomas silvestres frescos de *Morchella* spp. se comercializan en mercados locales y el precio promedio es de 300 pesos por kilogramo en estado fresco, por lo que es un ingreso adicional estacional para los recolectores. En otros



MARTHA ESPIN

Figura 1. Ascocarpo de *Morchella* sp. en el Jardín Botánico de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.



Colmenita negra. Fuente: GRANADA NATURAL *Morchella elata*.

países, como en China, su producción se da a gran escala, llegando a comercializarlo hasta en 160 dólares por kilogramo en peso seco. El valor de los hongos colmenitas va más allá de su importancia culinaria y comercial, por lo que en las últimas décadas se han estudiado las condiciones ecológicas en las que crecen.

En este sentido, los hongos son uno de los principales recicladores de la materia

orgánica, con lo que evitan que los residuos forestales se acumulen en el ambiente. En 2012, el grupo de investigación de Taşkin logró determinar que algunos hongos colmenita forman micorrizas, es decir, una simbiosis entre hongo y raíz, con árboles de *Pinus* (pinos), *Quercus* (encinos) y *Cedrus* (cedros), entre otros. La especie *M. exuberans* es estrictamente pirófila (está presente en ambientes destruidos

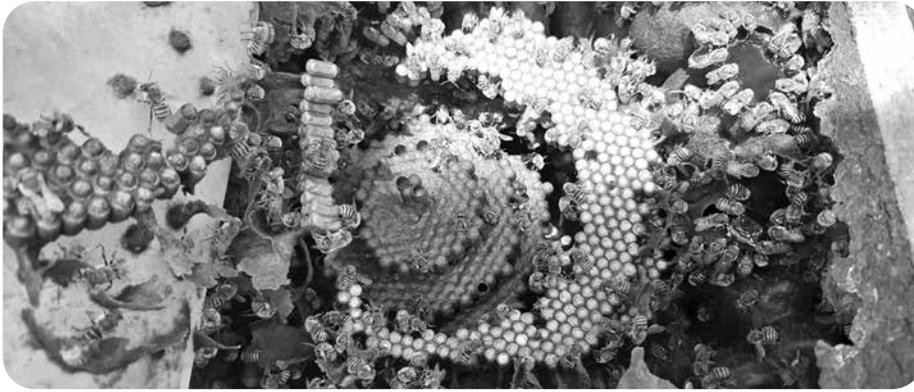
por el fuego), mientras que algunas, como *M. sextelata*, son endófitas (colonizan por dentro a la planta) y han sido encontradas, por ejemplo, dentro de la gramínea *Bromus tectorum*. Aún falta aclarar ciertos procesos biológicos, ya que varios factores ambientales influyen en la producción de los ascomas; sin duda, conocer más sobre su biología, ecología o aprovechamiento será de suma importancia para establecer estrategias de uso y manejo del recurso.

Colmenitas y biotecnología

Los hongos colmenitas y las colmenas de abejas juegan un papel relevante en la biotecnología. Las abejas usan la cera para construir sus nidos, un material que las juveniles segregan como líquido a través de sus glándulas cereras y que se endurece al contacto con el aire. Con la cera se elaboran los huecos hexagonales o celdas en donde se cría a las abejas, se conserva el polen y la miel, y conforman la colmena u hogar de estos insectos. Todas las especies de abejas melíferas producen cera, un producto utilizado para fabricar velas, ungüentos, medicinas y jabones, por lo que es de alta demanda en el mercado mundial. Otro producto de importancia económica de la colmena es el propóleo, y se ha planteado que contiene compuestos fenólicos responsables de actividad antioxidante y anticancerígena.

Por su parte, los hongos colmenitas cuentan con múltiples compuestos bioactivos y metabolitos secundarios benéficos para la salud humana, ya que actúan como antioxidantes, antibacteriales y anticancerígenos, aparte de que, como los ácidos orgánicos, son causantes del delicioso sabor que destaca al género.

Adicionalmente, al igual que la miel que producen las abejas —la cual presenta actividad antioxidante y compuestos fenólicos, lo que se suma a 70.5% de carbohidratos y elementos como potasio, calcio y magnesio—, estos hongos cuentan también con una extensa lista de compuestos de gran potencial farmacéutico y otros que brindan un alto valor nutricional, como las proteí-



Colmenas de abejas melíferas.

nas, que alcanzan valores de 35.8%, carbohidratos (39%), minerales (10%), ácidos grasos (1.9%) y fibra (13.3%). Esto confirma que son alimentos de calidad nutricional y pueden ser parte de la dieta para además asegurar un aporte de moléculas bioactivas que permitan prevenir o contrarrestar ciertos padecimientos. Sin embargo, no se recomienda que los ascomas de los colmenitas se consuman crudos, pues la ingestión de algunos de sus compuestos puede causar malestar. Esto explica que nuestros antepasados y las personas que los conocen los deshidraten o escalden a fin de eliminar los compuestos dañinos; desde luego hay otros géneros de hongos que también requieren de un tratamiento antes de comerlos.

Por otro lado, los hongos del género *Morchella* se han usado en la medicina tradicional en China desde hace siglos y, de acuerdo con el maestro en Ciencias, Joshua Bautista, en el año 2013, en México también se aprovechan en ese sentido: en localidades como La Cañada (Querétaro), San Antonio Detiña (Estado de México), San Isidro (Tlaxcala), San Pablo del Monte (Tlax-

cala) y Tenejapa (Chiapas), se les atribuyen efectos terapéuticos, como tónico energizante, nutritivo y que limpia la sangre, además de que se usan para tratar malestares y enfermedades que van de la anemia, granos e infecciones gastrointestinales, hasta problemas relacionados con los riñones, fiebre y debilidad.

En las últimas décadas se han incrementado las investigaciones respecto a la bioactividad de los hongos colmenitas y de sus posibles beneficios para el ser humano en todo el mundo. Gracias a ello, hoy sabemos de sus capacidades antioxidantes, anticancerígenas e inmunoprotectoras, que son resultado de la presencia, principalmente, de polisacáridos, metabolitos de los más destacables entre los hongos medicinales. De igual forma, su contenido de polifenoles promueve la inhibición bacteriana de especies de importancia médica, como *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, entre otras bacterias que han creado resistencia a los antibióticos.

En los países de Oriente son hongos muy solicitados, por lo que su cultivo se da a gran escala. Sin embargo, a pesar de la

considerable producción en China y la demanda a nivel mundial de *Morchella*, son especies consideradas todavía de difícil domesticación y cultivo.

Colmenitas amenazadas

Actualmente las abejas se enfrentan a amenazas que pueden ligarse a actividades humanas y cambios ambientales. Desafortunadamente los hongos colmenitas también están en condiciones vulnerables y cada año es más difícil encontrarlos. Debido a que aún se desconocen aspectos generales de su ciclo biológico y producción, su estudio se encuentra en ascenso, por lo que es importante seguir trabajando con la sociedad para tener conocimiento de los recursos naturales del país y que se busque la colaboración con las comunidades para conservar e incrementar los hongos en su ambiente natural.

Ahora bien, sabemos que las colmenas son vitales para el desarrollo óptimo y bienestar de las abejas, y que son fundamentales para el equilibrio ecológico del planeta. De la misma forma, los hongos colmenitas son esenciales para el funcionamiento y desarrollo de algunos ecosistemas, lo cual (en ambos casos) genera un impacto positivo en el medio ambiente y nos permite mirarlos desde otra perspectiva, entendiendo que, al igual que las colmenas de abejas, los colmenitas representan un gran valor para el mundo, por lo que es vital promover la conservación de ambos y estimular las investigaciones acerca del género *Morchella* para comprender mejor su biología, ecología y trascendencia. 🌱

Bibliografía

- Du, X. H., y Yang, Z. L. (2021). Mating systems in true morels (*Morchella*). *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, (85), e00220-20.
- Loizides, M. (2017). Morels: the story so far. *Field Mycology*, 18(2), 42-53. <https://doi.org/10.1016/j.fldmyc.2017.04.004>
- Talavera-Ortíz, A., Téllez-Télez, M., y Acosta-Urdapilleta, M. L. (2020). Distribución del género *Morchella*. *La Biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2*. (Vol. 1, pp. 368-371). México: CONABIO.

Martha E. Espin-Reza es estudiante de la Maestría en Manejo de Recursos Naturales en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (Cuernavaca, Morelos, México) | marthaelenae@hotmail.com | <https://orcid.org/0000-0002-7794-8305>

Maura Téllez-Télez es investigadora en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (Cuernavaca, Morelos, México) | maura.tellez@uaem.mx | <https://orcid.org/0000-0001-9461-7826>



Huitlacoche: no siempre de la vista nace el amor

Luz Noyola Méndez y Xariss Miryam Sánchez Chino

Resumen: El huitlacoche es un hongo parásito del maíz y del teocintle. A pesar de que en algunos países se le considera una plaga, su importancia histórica, cultural, nutricional y funcional en México es notable. En años recientes ha crecido el interés por este alimento y se ha fortalecido su producción; es interesante destacar que si bien su preparación conserva un carácter tradicional, también lo encontramos en platillos gourmet. Sin duda, conviene conocer qué nutrientes aporta su consumo, cómo se refleja esto en la salud de las personas y cuál es su potencial en el ámbito de la seguridad alimentaria.

Palabras clave: hongo comestible, maíz, gastronomía mexicana, nutrición.

Maayat'aan (maya): Huitlacoche: ma' mantats' ku síijil yaakunaj chéen yéetel paakati'

Kóom ts'íibil meyaj: Le huitlacocheo' jump'éeel kuuxum ku tsentikubaj yéetel ku jóok'ol ti' naal ma'ili' jo'ochki', bey xan ti' u jeel ch'í'ibal ixim, teocintle. Kex ti' wajayp'éeel táanxel noj lu'umilo'ob ku yila'al beey jump'éeel plagae', jach táaj k'a'ana'an ich u k'ajlayil, u miatsil, u yutsil janalil yéetel ti'al u k'a'abetkunsal way tu noj lu'umil México. Ma' úuchak ichil le ja'abo'oba' ka bin u ya'abtal u kaxta'al le janalbe'ena' lebetik ku séen pa'ak'al; jach k'a'abet k a'alike' kex ku mak'a'antal jantbil bix ka'ach úuchil ti' mejen kaaje', yaan xan janalo'ob ku meenta'al ti'al ts'uulo'ob wáaj gourmet. Jach k'a'ana'an k k'ajóoltik ba'ax t'a'ajkuntiko'on kéen k jantej, bix u yáantik u toj óolal wíiniko'ob yéetel ba'axten bíin u yáantaj ti'al ma' u xu'ulul janalbe'eno'ob.

Áantaj t'aano'ob: kuuxum ku janta'al, naal, janalil México, utsil janal.

Bats'i k'op (tsotsil): Stokal ixim: Mu o no'ox ta satiluk ta xvok' ti k'anbaile

Smelolal vun albil ta jbel cha'bel k'op: Ti stokal ixime ja' jun xchikinte'alil xchamel ixim xchi'uk teocintle. Manchuk me ja' jun xchamel ts'unubal ixim ta xalik ti yantik lumetike, ti ta jlumaltik mejikoe tsots jtunel yu'unik jech tsakal ta ta-lel kuxlejilil, ve'elil uch'umo'alil xchi'uk ta svo'nejal xch'iel sk'opojel jlumaltik. Ti li' ach' abiletik talele yantik epajem ti sk'anel slajesel ti li' ve'elile, jayo' jech te epajem ti sts'unel slok'esele; tsots sk'oplal xich' alet k'u x-elan ta xich'an meltsanel ta lajesel ti jech bisil ta xich' pasel k'u x-elan o no'ox ta vo'onej, xchi'uk oy ta tael ta yantik lekil ve'eliletik. Jayo' jech tsots sk'oplal xich' ojtikinel k'usi slekil yutsilal ta slajesel, jech k'u x-elan k'usi lek ta xak'be ta skuxlejalik vi-nik antsetike xchi'uk jech k'usi slekil yo' jech spasel ta jun lekil ve'elile.

Jbel cha'bel k'opetik tunesbil ta vun: Slajesel chikinte', ixim, ve'eliletik ta mejiko, slekil yutsilal.

El huitlacoche o huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*, antes *Ustilago maydis*) es un hongo parásito del maíz y del teocintle que forma agallas en lugar de granos en estas dos especies. Las agallas son tumores sin forma definida con un color que va de distintas tonalidades del gris al negro en la madurez del hongo; cuando esto último sucede, las agallas se rompen y liberan esporas, fundamentales para su reproducción. Al ser un parásito, el huitlacoche impide el crecimiento normal de los granos del elote, por ello en muchos países se ha considerado como una plaga, ya que, cuando aparece, la producción de maíz puede afectarse.

Las zonas centrales de México (Puebla, México, Morelos e Hidalgo) son ideales para el cultivo del huitlacoche. Se ha calculado que en la Central de Abasto de la Ciudad de México, durante la temporada de lluvias (aproximadamente de junio a octubre-noviembre) se comercializan al día 3,500 kg de este hongo, una cosecha que procede sobre todo de la zona centro. Actualmente lo tenemos disponible todo el año gracias a un proceso que induce su producción por inyección de esporas.

Aunque a primera vista el aspecto del huitlacoche no invita a probarlo, para quienes lo hacen, después del primer bocado se puede convertir en uno de sus platillos fa-

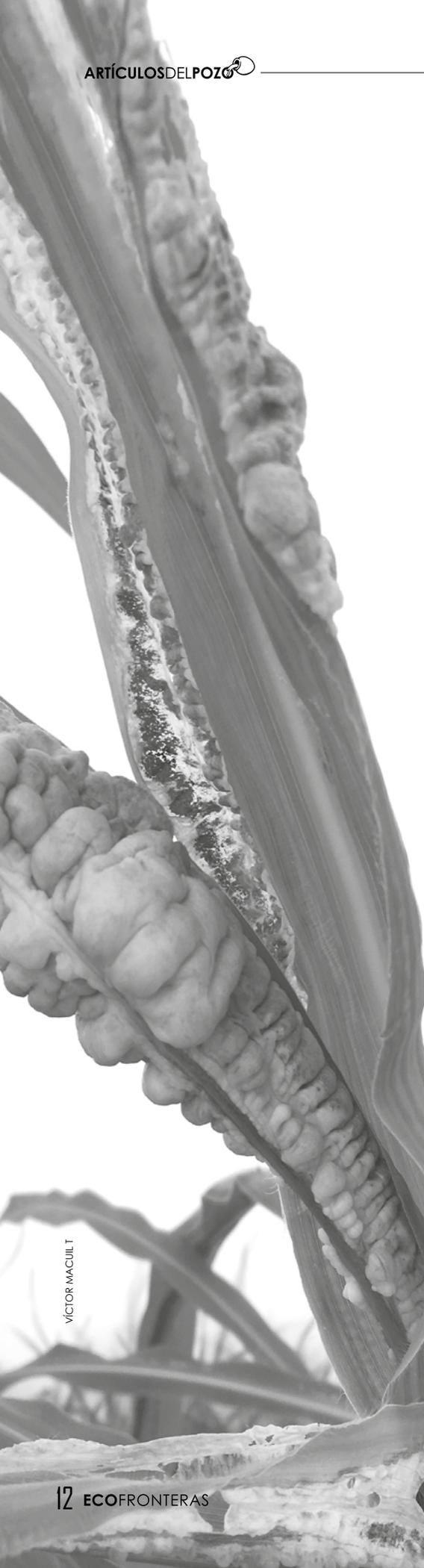
voritos, por ello tiene un creciente éxito en la gastronomía y actualmente se encuentra en muchas recetas *gourmet*; de hecho, se le ha llegado a considerar como una delicia o *delicatessen*, aunque su principal consumo todavía responde a las recetas tradicionales de la cocina mexicana.

El objetivo de este artículo es difundir la importancia del huitlacoche en la gastronomía y nutrición, así como su potencial biotecnológico en la salud y seguridad alimentaria.

El huitlacoche en la gastronomía

Existen algunos libros con recetas basadas en el huitlacoche, por ejemplo, en la colección de cocina indígena y popular del Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, el número 62, *Así se come en Tlaxcala*, explica cómo prepararlo en quesadillas, con cebolla, tomatillo y epazote. En *De hongo me como un taco*, se reúnen recetas de hongos de El Llanillo Redondo en Veracruz; entre ellas hay una en la que al huitlacoche se le da el nombre de "milpa" (aparece en el





ecosistema de la milpa) y se le categoriza como uno de los hongos silvestres menos populares. Allí se describe cómo prepararlo frito y en quesadillas. De manera especializada, en *Cujtlacocho: El Huitlacoche*, de Raúl Valadez-Azua y colaboradores, se tratan muchos de sus aspectos científicos, pero también se incluye un recetario que va de lo tradicional a lo *gourmet*, observando que gracias a su sabor se le ha incorporado de manera eficiente y combina con platillos salados o dulces. Entre los platillos *gourmet* se encuentran el budín de huitlacoche, la espuma de huitlacoche o el *omelette* relleno de este hongo con salsa de chile ancho, entre otros.

El huitlacoche en la nutrición

El huitlacoche es un excelente alimento, ya que contiene entre 11.5 y 16.4 g de proteínas por cada 100 g de hongo. Esta cifra dependerá tanto del sitio de cultivo como de la variedad de maíz de la cual proviene. Un estudio realizado en Hidalgo, México, basado en las variedades de maíz denominadas Tigre, Bengala y QPM (Quality Protein Maize, en español Maíz Proteico de Calidad), concluyó que la tercera es la que da una mejor calidad de huitlacoche. De los aminoácidos esenciales —biomoléculas presentes en las proteínas y que los seres humanos necesitamos consumir, pues son básicas para la formación de nuestras propias proteínas y además participan en otras vías metabólicas—, en el huitlacoche destacan la lisina y el triptófano.¹ Este último es un aminoácido precursor de la serotonina, un neurotransmisor relacionado con la sensación de felicidad. Otros aminoácidos identificados en el huitlacoche son: valina, treonina, arginina y ácido glutámico, los que además de ser importantes

¹ Los aminoácidos esenciales o indispensables para los seres humanos son aquellos que podemos sintetizar y que es necesario adquirir de la dieta: isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina; para los niños también se considera la histidina.

en la nutrición, desempeñan un papel destacado en el sabor. Algunos también están presentes en otros hongos comestibles, como el champiñón (*Agaricus bisporus*) y la seta (*Pleurotus ostreatus*). Sin embargo, a comparación de estos y otros más de tipo comestible, el huitlacoche es ligeramente dulce, un sabor que podría relacionarse con la presencia de carbohidratos o azúcares, de los cuales se han encontrado en el huitlacoche monosacáridos simples, como la glucosa y la fructosa; disacáridos, como la sacarosa (resultado de la unión de glucosa y fructosa); oligosacáridos (carbohidratos constituidos por más de tres monosacáridos), como rafinosa y estaquiosa; e inclusive en algunas muestras se ha reportado verbascosa, un tipo de carbohidrato que también se halla en leguminosas.

Como otros hongos, el huitlacoche es rico en fibra dietaria total (incluye polisacáridos, oligosacáridos y lignina) que representa entre 54 y 65%. Tiene bajas concentraciones de grasa, de la que se ha registrado un promedio de 2.9%, aunque hay quien sostiene que es hasta 6.5%. Sus principales ácidos grasos son el oleico (omega 3) y el linoleico (omega 6). En relación con los minerales, contiene potasio, magnesio, hierro, zinc, calcio, fósforo y cobre, los cuales son muy importantes y necesarios para que se puedan llevar a cabo de forma correcta diferentes funciones del organismo. Y por si fuera poco, es un alimento con bajo contenido de sodio, lo que es favorable pues si este se consume en grandes cantidades afecta la presión arterial.

El huitlacoche en la salud

En años recientes se ha estudiado el potencial del huitlacoche como alimento funcional (así se les llama a los alimentos que, además de nutrir, confieren beneficios a la salud). Por su contenido de compuestos fenólicos solubles, antocianinas y taninos condensados —que son moléculas que al tener dobles enlaces actúan como antioxidantes naturales—, el incluir huitlacoche en nuestra dieta contribuye a disminuir la inci-

dencia de enfermedades crónico-no transmisibles, como la diabetes. Por ejemplo, en una investigación publicada en 2016, Castañeda y sus colaboradores mostraron que los ácidos grasos del huitlacoche, además de que tienen un efecto prebiótico,² son precursores de otras moléculas que regulan la respuesta inflamatoria, así como otros procesos celulares.

Biotecnología en el cultivo de huitlacoche

El huitlacoche es delicioso, nutritivo y se considera saludable, pero lamentablemente encontrar una mazorca con este hongo es cuestión de suerte, ya que solo crece en temporada de lluvias, sobre todo cuando estas son intensas o hay granizo, condiciones que dañan a los elotes permitiendo la entrada de *Mycosarcoma maydis* y con esto el desarrollo del hongo. La cepa microscópica se interna por la herida en la planta, infectando a células y tejidos que con la madurez darán lugar a las agallas del huitlacoche.

Una buena noticia para los amantes de este producto es que, gracias a la biotecnología, se ha logrado cultivar esta deli-

² El efecto prebiótico se refiere a que sirven como alimento para nuestra microbiota, es decir, los microorganismos que habitan en nuestro cuerpo, como bacterias, hongos, arqueas, y que ayudan a estimular el sistema inmune y a protegerlo de microorganismos patógenos.



cia mediante inoculación, lo que se realiza controlando los parámetros de humedad (80-85%) y temperatura (16-32°C) y seleccionando las esporas y mazorcas tiernas adecuadas, pues para que el hongo se propague, necesita variedades de maíz susceptibles a infectarse para así garantizar la producción e incrementar el rendimiento, la calidad, y disponer de huitlacoche todo el año. En laboratorio se crea el inóculo, que se observa como un licuado gris, el cual se coloca en una jeringa y ya en el campo, se procede a inyectarlo en el jilote de la planta de maíz, para que cuando este madure y llegue a la fase de elote, lo que crezca sean las agallas del huitlacoche y no los granos.

Potencial en el sureste de México

Este hongo es muy apreciado en el centro del país, pero en el sureste parece no existir la tradición de su consumo, aunado a que se le percibe de forma muy variada: en algunas comunidades tsotsiles no se come, pero en otras tseltales se le aprecia

como alimento. Actualmente, en El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) se está llevando a cabo una investigación relacionada con la etnomicología del huitlacoche y su valor nutricional en el sureste de México, para ahondar en su conocimiento cultural, y analizar la composición nutricional y funcional de las muestras que se encuentren.

Así mismo, se ha destacado su relevancia desde la soberanía alimentaria, ya que la valoración de los productos locales contribuye a la protección alimentaria y cultural de una región. También se analizan sus implicaciones desde la seguridad alimentaria debido a que en Chiapas se le ha reportado como alimento de emergencia, es decir, que ante escasez de la comida que se consume habitualmente, como el maíz o alguna leguminosa, se ha acudido a otra no tan común, como el huitlacoche. Hay evidencia de que la combinación de huitlacoche y maíz provee de todos los aminoácidos esenciales, de modo que un taquito o una quesadilla de huitlacoche además de ser sabrosa es una buena fuente de proteínas de alta calidad.

En definitiva, el huitlacoche puede no encantar a primera vista, pero es un diamante en bruto en relación con sus características nutricionales, las cuales pueden tener un efecto positivo en la salud. Aunado esto a su potencial biotecnológico, farmacéutico, cosmético y agrícola. 🌱

Bibliografía

- Castañeda de León, V., Martínez-Carrera, D., Morales, P., Sobal, M., Gil, A., y Leal, H. (2016). El huitlacoche, producto de la interacción *Ustilago maydis*-maíz, una aportación de México al mundo en el sistema agroalimentario microbiano. En D. Martínez-Carrera y J. Ramírez (eds.), *Ciencia, Tecnología e Innovación en el Sistema Agroalimentario de México* (pp.193-222). San Luis Huexotla, Texcoco, México: Colegio de Postgraduados/AMC/CONACYT/UPAEP/IMINAP.
- Díaz-Cano, D., Vargas-Huesca, I., Chévez, E., y Pacheco-Cobos, L. (2016). *De hongo me como un taco: recetario-catálogo de hongos recolectados en El Llanillo Redondo*. Xalapa, México: Universidad Veracruzana.
- Méndez-López, A., Sánchez-Vega, M., Cruz-Salazar, J., Martínez-Amador, S., y Leal-Robles, A. (2019). El cultivo de huitlacoche: alimento nutritivo y sustentable. *Ciencias Agronómicas Aplicadas y Biotecnología*, 9-12.
- Ramos, Y. (2014). *Así se come en Tlaxcala*. (Cocina Indígena y Popular, núm. 62). Conaculta.
- Salazar-Torres, J., Méndez-López, A., Álvarez-Hernández, R., y Sánchez-Vega, M. (2021). *El huitlacoche, alimento prehispánico vigente en México. Historia, aprovechamiento y técnicas de producción*. Universidad Autónoma de Chapingo/Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.



¿Buenos o malos en el mundo de los hongos?

HÉCTOR MONTAÑO

Víctor Macuil Tlachino, Abel Arce Ortiz y Zandy Evelyn Olivo-Vidal

Resumen: Perceptibles a simple vista o solo con microscopio; ostentando colores y formas diversas, u ocultándose bajo tierra o dentro de otros organismos; beneficiando a las plantas al vivir en sus raíces o parasitando insectos, entre tantas otras características, la diversidad que presentan los hongos es sorprendente e insospechada. Los seres humanos los hemos aprovechado como alimento, como ayudantes en el control de plagas o por sus beneficios potenciales para la salud, sin olvidar que muchas especies contienen sustancias tóxicas y son muy dañinas. Más allá de si los hongos son "buenos" o "malos", es importante conocerlos y preservarlos.

Palabras clave: hongos comestibles, hongos entomopatógenos, compuestos bioactivos, diversidad fúngica.

Maayat'aan (maya): U yutsil ba'alo'ob wáaj u k'aasil ba'alo'ob ichil kuuxumo'ob

Kóom ts'íibil meyaj: Uts k cha'antik yéetel k ich wáaj chéen yéetel microscopio; ku jak'tiko'ob u boonilo'ob yéetel jejeláas bix u wíinkil, wáaj ku ta'akikuba'ob tu yáanal lu'um wáaj ichil u jeel kuxa'an ba'alo'ob; tu'ux ku yáantik páak'alo'ob tumen ku kuxtalo'ob ich u mootso'ob wáaj ku tsentikubaj yéetel tumen ku t'uchtal yóok'ol u jeel yik'elo'ob, séen ya'ab bixo'ob, le jejeláas ba'alo'ob ku táasik le kuuxumo'obo' jach jak'a'an óolil yéetel ma' jach k'ajóola'ani'. Wíiniko'one' kek k'a'ana'ankuntik tumen kek jantik, bey xan ti'al k ch'ejsik plaga'ob wáaj tumen ku ma'alobkuntik k toj óolal, ba'ale' ma'atáan k tu'ubsik ya'abach ch'í'ibalo'obe' yaan ba'al ti'ob ku kíinsaj yéetel jach ku loobil. Ma' wa jach k'a'abet k ilik wa "utsil ba'alo'ob" wáaj "k'aasil ba'alo'ob" le kuuxumo'obo', ba'ax k'a'ana'ane' k k'ajóoltiko'ob yéetel k nanáantiko'ob ma' u ch'eejelo'ob.

Áantaj t'aano'ob: kuuxumo'ob ku janta'al, kuuxumo'ob ku kíinsajo'ob, xak'a'an bioactivo'ob, jejeláas kuuxumo'ob.

Bats'i k'op (tsotsil): ¿Me lek me chopolik ti xch'ielik chikinte'etike?

Smelolal vun albil ta jbel cha'bel k'op: Oy stak' ilel ta stuk no'ox jsatik me ja' no'ox stak' ilel ta jun sk'elubil ch'uch'ulchonetik; jelel tosol yelanil sbon xchi'uk ep ta tos yelanil stalelalik, oy ta snak' sbaik ta yut banamil xchi'uk oy ta snak' sbaik ta stojolal yantik bik'tal chonetik; ja' te ta staik syaxal vomol a'maletik k'alal ta xch'iik ta yisimtak xchi'uk oy jech te ta xvok'an yu'un bik'tal chonetik, jech ep ta tos ti yelaniltake, ti k'u x-elan ep ta tos sts'unubal ti chikinte'etike yan sba o ta ilel xchi'uk mu'yuk bu tabilik ta na'el. Ti jch'ieletike te o no'ox slajesojik talel ta ve'el, tunesbil talel ta spoxtael xchamel ts'unub ovoolil xchi'uk ta sventa spoxtael chameletik, xchi'uk jech k'ucha'al xtok ti oy ep ta chop ti mu stak'ik lajesel ta sko'j oy yik'al xmilvanike. Yu'un mu tal o uk sna'el me lekik o me chopolik ti chikinte'etike, tsots sk'oplal xich' ojtiki-nel xchi'uk xich' tuk'ulanel ti sts'unubaltake.

Jbel cha'bel k'opetik tunesbil ta vun: Slajesel ta ti'el chikinte', chikinte' entomopatógenos, k'usi stak' spoxta, epal tos sts'unubalil.

¿Quién no ha pensado que los hongos son plantas? Es una confusión que tiene sus motivos: son variados en formas y colores, y se esparcen por esporas, las células reproductivas de los hongos que tienen una función parecida a las semillas de las plantas. Sin embargo, a diferencia de estas, los hongos no producen su alimento y requieren de otros organismos para vivir, tal como los animales. Es extraordinaria la diversidad de tipos, formas y lugares donde crecen y proliferan, y se les ha clasificado en su propio reino, que es completamente distinto al de las plantas o al de los animales. Los hongos son organismos esenciales en el ecosistema, pues son los principales recicladores de carbono, y muchas de sus especies han demostrado tener cualidades benéficas para la salud humana.

¿Dónde se encuentran los hongos?

Es común imaginarlos brotando del suelo húmedo como un tallo (estípite) con sombrero (pileo), un conjunto al que se le conoce como "cuerpo fructífero", aunque esta no es su única manera de habitar en la naturaleza. Cual si fueran corales, paraguas o seres con otras formas, muchos hongos

crecen en la madera en descomposición de diferentes especies de árboles; algunos más, llamados hipogeos, habitan en el subsuelo, como las trufas, muy cotizadas en la industria gastronómica.

También hay hongos que crecen dentro de otro ser vivo, como el *Ustilago maydis*, que se forma dentro de los granos de maíz dando origen al huitlacoche, o los hongos micorrízicos en las raíces de las plantas, a las que ayuda a absorber nutrientes, como *Rhizophagus irregularis*. A los que crecen en el interior de los animales se les llama

entomopatógenos, y un buen ejemplo es *Cordyceps*, capaz de ingresar al sistema nervioso de los insectos, desarrollarse dentro de ellos y brotar de sus cuerpos como si fuera una criatura rompiendo el cascarón.¹

Entonces, los podemos encontrar casi en cualquier parte, incluso en nuestra cocina! La capa verde, naranja, morada o negra que crece en la comida cuando pasa mucho tiempo sin consumirse es en rea-

¹ Véase "Cordyceps más allá de la ficción" en *Ecofronteras* 80, <https://revistas.ecosur.mx/ecofronteras/index.php/eco/article/view/2124>



Cordyceps sp.

VICTOR MACULLI

lidad un hongo llamado moho, una variedad microscópica que no desarrolla cuerpo fructífero, sino que prospera como hifas (micelio) ramificadas, de donde surgen las conidias, unas estructuras para la reproducción, parecidas a las esporas de los hongos macroscópicos.

Es por esta gran variedad y formas sorprendentes de crecimiento de los hongos que aún no se ha logrado identificar a todos, ni a todos los compuestos que producen, de los cuales algunos pueden ser tóxicos; esto último ha propiciado que se les perciba como perjudiciales, a pesar de que varios se emplean en la medicina tradicional y de que con el avance de la ciencia, se han identificado sus propiedades benéficas para la salud humana.

Efectos benéficos en la salud

Como sabemos, el pan, la cerveza y algunos quesos, se elaboran utilizando hongos microscópicos. En cuanto a México, existen registros que documentan el uso de



Ganoderma sp.

los hongos como alimento desde tiempos inmemoriales, y también en ceremonias. Siempre se han reconocido y diferenciado las especies comestibles y benéficas de las tóxicas. Este conocimiento ha pasado de generación en generación y actualmente son los pueblos indígenas y rurales quienes lo resguardan y ponen en práctica, de

modo los hongos conservan su papel de alternativa medicinal y como alimento.

Entre las especies macroscópicas más estudiadas tenemos las de los géneros *Pleurotus* (*P. djamor*, *P. eryngii*, *P. ostreatus*, y *P. cornucopiae*), *Lentinula* (*L. edodes*, *L. boryana*), *Agaricus* (*A. bisporus*), *Ganoderma* (*G. Lucidum*), *Ustilago* (*U. maydis*) y *Schizophyllum* (*Schizophyllum commune*), entre otros. La mayoría son comestibles y a veces representan una alternativa importante de azúcares, proteínas, vitaminas, minerales y compuestos bioactivos, es decir, que sus funciones pueden promover la salud.

Una vertiente en el estudio de los hongos consiste en identificar y caracterizar los compuestos que producen, y conocer su efecto en pruebas de laboratorio contra enfermedades específicas. De esta manera los científicos van construyendo una descripción de los potenciales efectos benéficos. En la tabla adjunta (cuadro 1) se resume contra qué enfermedades se han probado sus compuestos bioactivos.

Cuadro 1. Potencial de los compuestos bioactivos de los hongos

Nombre del hongo	Compuestos con actividad biológica	Potencial efecto en la salud
Comestibles		
Champiñones (<i>Agaricus bisporus</i>)	Betaglucanos, ergosterol, vitamina D, flavonoides, lectinas y ácidos grasos.	Reducen los niveles de triglicéridos y colesterol malo (LDL) en sangre; ayudan a disminuir la inflamación del tracto digestivo (colon irritable); actúan como agente reductor de células cancerígenas.
Setas (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	Ácidos fenólicos, flavonoides, taninos, estilbenos, vitaminas (B1, B2, B12, C, E, D y K) y minerales (potasio, hierro, cobre, zinc y manganeso), además de fibra dietética (polisacáridos y quitina)	Actúan como agente protector del hígado; regulan la presión arterial y los niveles de glucosa y triglicéridos en sangre; refuerzan el sistema inmunológico; ayudan a reparar el sistema digestivo (úlceras gástricas), así como a eliminar células cancerígenas (células de cáncer de colon).
No comestibles		
Hongo de oruga (<i>Cordyceps militaris</i>)	Cordicepina, ácido cordicéptico, ergosterol y beta-sitosterol	Brindan protección al sistema nervioso central (cerebro); presentan propiedades antialérgicas y antioxidantes; refuerzan el sistema inmunológico y disminuyen la propagación de células cancerígenas; sirven como expectorante en el sistema respiratorio.
Cola de pavo (<i>Trametes versicolor</i>)	Esculetina, ácidos hidroxibenzoicos, como el sirínico, vainílico, gentísico y el protocatéquico	Disminuyen células tumorales (especialmente de cáncer de mama); refuerzan el sistema inmunológico y son poderosos antioxidantes.
Velo de novia (<i>Dictyophora indusiata</i>)	Epicatequina, galato de epigalocatequina, ácidos gálico, cafeico, rosmarínico e hialurónico; minerales (potasio, hierro, magnesio, cobre y zinc) y aminoácidos (ácido aspártico y glutámico, alanina y treonina)	Actúan como agente antiinflamatorio en diversas enfermedades crónicas como artritis reumatoide y la osteoartritis; ayudan en la reparación de la piel, hidratándola y manteniendo su elasticidad; son antioxidantes y ayudan a proteger el sistema inmunológico.

No obstante, hay que recordar que las enfermedades son producidas por múltiples factores, como la exposición a contaminantes, la insuficiente actividad física, la mala calidad de los alimentos que se consumen o la predisposición por cuestiones hereditarias; por ello, se necesita más información para asegurar que estos compuestos podrían ayudar a prevenir los padecimientos citados.

Efectos negativos para la salud

El desconocimiento de especies tóxicas en la colecta de hongos silvestres conlleva un potencial riesgo, sobre todo para las personas que nada saben acerca de las variedades existentes. Los hongos tóxicos y alucinógenos macroscópicos más reconocidos son los del género *Amanita* como, por ejemplo, *A. Muscaria*; y los del género *Psilocybe*, como *P. cubensis*. Sus compuestos producen un efecto directo sobre el sistema nervioso central, como la inhibición del dolor, la modificación del estado anímico y la alteración de la percepción espacial, lo que pone en riesgo la salud de quien los haya ingerido.

Pero los hongos macroscópicos no son los únicos con la capacidad de generar sustancias tóxicas: los mohos producen micotoxinas. En diversos estudios se han evaluado las implicaciones de la exposición a estas toxinas, y se ha descubierto que los síntomas pueden ir desde náusea, vómito, dolor abdominal o fiebre, hasta síntomas graves, como problemas respiratorios, dia-



Amanita muscaria.

rea con sangrado, disminución de la frecuencia cardíaca e insuficiencia hepática. Las micotoxinas representan un problema para la salud debido a que el moho crece en casi cualquier alimento: frutos secos, semillas, granos como el maíz, verduras y frutas frescas, o incluso la comida en el refrigerador.

Podemos seguir algunas recomendaciones para evitar estos compuestos tóxicos producidos por los hongos, como evitar dañar los alimentos al trasladarlos para que no se contaminen; mantenerlos libres de moscas, mosquitos u hormigas, que son potenciales transportadores de esporas fúngicas; revisar frutos secos, pastas, cereales, y en el caso de que estén parcialmente infectados de hongos, desecharlos del todo y no solo la parte podrida; almacenar los

alimentos adecuadamente, protegiéndolos en un espacio fresco y seco, sin dejar pasar demasiado tiempo para consumirlos.

Conclusión

Debido a sus condiciones geográficas, México alberga una gran diversidad de flora, fauna y de hongos silvestres. Hasta hace 10 años se estimaba que en México existían 200 mil especies de hongos macro y micromicetos (macro y microscópicos), de las cuales se conocían menos del 5%. Tan solo en el sur del país se estima que deben existir 49 mil especies. En la zona central se desarrolla bastante investigación para el aprovechamiento de residuos agroindustriales como sustrato para el cultivo de hongos comestibles, y en el norte hay mucho interés por el uso de hongos micorrízicos como promotores de crecimiento para cultivos.

Las especies comestibles son una alternativa para satisfacer las necesidades básicas de la nutrición, en tanto que las no comestibles son una fuente de compuesto bioactivos para el tratamiento de algunas enfermedades, sin olvidar que hay hongos dañinos para el ser humano. Aunque parece existir un debate en torno a si estos organismos son buenos o malos, lo cierto es que la verdadera batalla está en preservar y conocer su diversidad, antes de que se pierdan a causa del crecimiento poblacional que demanda recursos naturales y que atenta contra los ecosistemas donde los hongos habitan. 🍄

Bibliografía

- López-Sánchez, C. O. (2022). *México, tierra de hongos*. Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/727530/Libro-Mexico-tierra-de-hongos-INPI.pdf>
- Ruan-Soto, F. (2018). Intoxicaciones por consumo de hongos silvestres entre los tsotsiles de Chamula, Chiapas, México. *Sociedad y Ambiente*, (17), 7-31. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-65762018000200007&script=sci_arttext
- Ruan-Soto, F., Cifuentes, J., Pérez-Ramírez, L., Ordaz-Velázquez, M., y Caballero, J. (2021). Hongos macroscópicos de interés cultural en los Altos de Chiapas y la selva Lacandona, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 92. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-34532021000100701&script=sci_arttext

Victor Macuil Thachino es estudiante de doctorado en El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa (Villahermosa, Tabasco, México) | victor.macuil@posgrado.ecosur.mx | <https://orcid.org/0009-0003-7104-8837>
 Abel Arce Ortiz es estudiante de doctorado en El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa (Villahermosa, Tabasco, México) | abel.arce@posgrado.ecosur.mx | <https://orcid.org/0000-0002-9711-6039>
 Zendy Evelyn Olivo-Vidal es Técnica Académica en El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa (Villahermosa, Tabasco, México) | ozendy@ecosur.mx | <https://orcid.org/0000-0001-6242-7964>

Nojoch ak,

la gran tortuga de río

Eduardo Reyes Grajales, Norma Chambor Gómez y Matteo Cazzanelli

Resumen: La gran tortuga de río o tortuga blanca (Dermatemys mawii) habita las aguas del sureste de México, Guatemala y Belice. Para muchas poblaciones mesoamericanas representa una fuente complementaria de alimentación; para otras, un recurso natural sagrado. Pese a lo anterior, debido a su sobreexplotación ilegal y a la degradación de su hábitat, esta especie se encuentra en peligro de extinción. Para su conservación se requieren esfuerzos que contemplen el conocimiento científico y el de las comunidades locales en donde habita.

Palabras clave: Dermatemyidae, *Dermatemys mawii*, especie prioritaria, ecosistemas acuáticos, Selva Lacandona.

Maayat'aan (maya): Nojoch áak, u nojoch áakil uk'um

Kóom ts'íibil meyaj: U nojoch áakil uk'um wáaj sak áak (Dermatemys mawii) ku kuxtal ich u ja'il u nojol lak'iinil u noj lu'umilo'ob México, Guatemala yéetel Belice. Ti' ya'abach mejen kaajo'ob mesoamericailo'obe' ku yila'al beey ba'ax chukbesik u janal wíinike'; ti'al u jeelo'obe' jump'éeel kili'ich ba'al. Kex le beya', tumen ku séen kiinsa'al chéen mina'an u yichile' yéetel tumen ku k'askunta'al tu'ux ku kuxtale', le ch'í'ibala' táan u bin u ch'eejel. Ti'al u kanáantale' k'a'abet u múul meyaj máaxo'ob u yóojelo'ob ba'alo'ob yóok'olal ciencia yéetel u yuumil mejen kaajo'ob tu'ux ku kuxtal le áaka'.

Áantaj t'aano'ob: Dermatemyidae, *Dermatemys mawii*, ch'í'ibal ta'aytak uch'eejel, kúuchil kuxtal ich ja', Selva Lacandona.

Bats'i k'op (tsotsil): Nojoch ak, muk'ta ok ta xch'i ta uk'umaltik

Smelolal vun albil ta jbel cha'bel k'op: Ti muk'ta ok ta xch'i ta uk'umaltik me sakil ok (Dermatemys mawii) ja' te ta xch'i x-ayin ta yuk'umal sureste yu'un Mejiko, Guatemala xchi'uk Belice. Ta stojolik ti vo'onejal jnaklumetik yosilal mesoamericana ja' sts'akeb sve'elik; yanuk ti ta stojolik yantike ja' jun kuxul chonbolom. Ti va'ay x-elane, ta skoj ti toj ech' ta xich'an mukul milele xchi'uk ti yantik ta xtup batel ti bu stak' ta xch'ie, ti li' chonbolome oy xa yik'al xtup' ti sts'unubale. Ta sk'elel xchabiel k'u cha'al mu xtup'e ta sk'an xich' tael ta ojtikinel k'usitik bijil abtelaletik pasanbil ta xchanel xchi'uk jech k'ucha'al xojtikinik ek ti jnaklumetik te butik yosilal ta xch'i x-ayinane.

Jbel cha'bel k'opetik tunesbil ta vun: Dermatemyidae, *Dermatemys mawii*, tsots stuk'ulanel jun chonbolom, k'usitik ta xch'ian ta nab vo'etik, Selva Lacandona.

“E n el principio de los tiempos, cuando los dioses estaban creando la selva, se preguntaban cómo llevar el agua a sus diferentes rincones. Uno de ellos propuso crear al Cheek ich [ojos rojos; pochitotque jahuactero; *Kinosternon acutum*] para ayudar con esta tarea. Sin embargo, con el paso de los días se dieron cuenta de que esta tortuga se movía poco y era muy floja para trabajar, por lo que solo podía hacer pequeñas charcas donde se estancaba el agua de lluvia. Los dioses vieron que esto no era suficiente, por lo que decidieron crear al K'en ak [tortuga amarilla; jicotea; *Trachemys venusta*], la cual destacaba de su antecesor por ser más bella, grande y rápida. Con el tiempo, los creadores se percataron de que esta tortuga cuidaba mucho su precioso caparazón por lo que solo generaba algunos arroyos, lo cual no era suficiente para abastecer de agua a toda la selva. Los dioses pensaron y pensaron para no fallar esta vez, así que decidieron crear dos tortugas más grandes, fuertes y feroces, con garras capaces de remover la tierra y con un pico que pudiera cortar cualquier obstáculo para crear más que arroyos; así es como crearon al Let' [fuerte; tres lomos; *Staurotypus triporcatus*] que trabajaría en la mañana, y al Nee'ak [tortuga llena; tortuga lagarto; *Chelydra rossignonii*] en la noche. Aunque los dioses veían entusiasmados el inicio del trabajo de estos dos poderosos se-

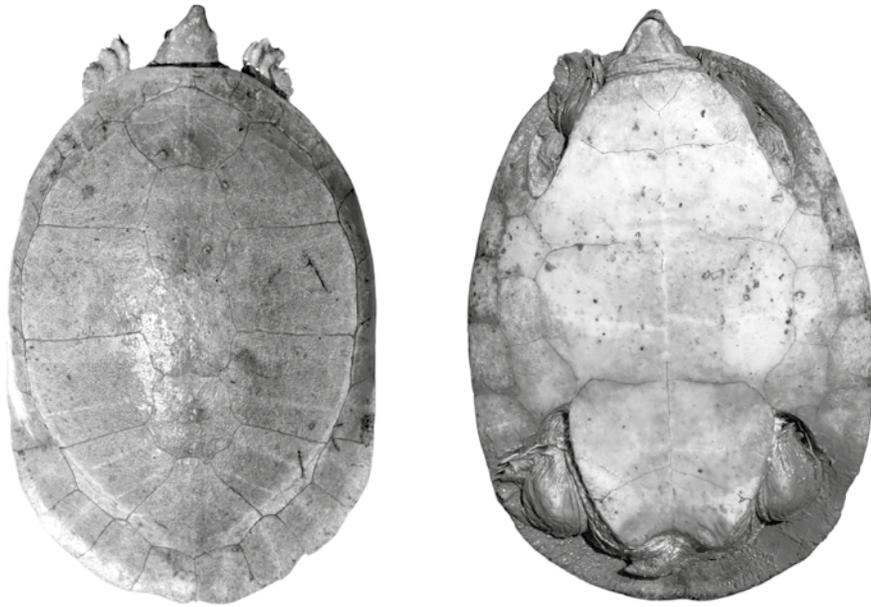
res, con el tiempo se percataron de que solo se limitaban a crear algunas lagunas grandes y profundas, para luego dedicarse a comer a los peces, caracoles y frutos que se adentraban en los cuerpos de agua. Después de estas situaciones y viendo que las plantas y los animales aún necesitaban de agua en varios rincones de la selva, los dioses pensaron por mucho tiempo la creación de una tortuga grande (incluso más que sus antecesores) que no fuera floja, vanidosa o glotona. Una tortuga que trabajara toda su vida para llevar agua a todos los rincones donde se necesitara. Así, después de tanto pensar y hablar, decidieron crear

a Nojoch ak [la gran tortuga, o Jach ak, Nukuch ak y Yaja'ak; tortuga blanca; *Dermatemys mawii*]. De tanto nadar y nadar, esta tortuga perdió la dureza de su caparazón y aprendió a respirar bajo el agua. Con su creación se originaron los grandes ríos que atraviesan la selva maya y que perduran hasta nuestros días.”¹

¹ Interpretación de la creación de los cuerpos de agua y las tortugas en la selva maya, relatada en mayo de 2022 por Antonio Chan Kin (Nahá, Ocosingo, Chiapas). Kayúm Ma'ax, Norma Chambor y Felipe Solórzano ayudaron en la interpretación, identificación de las tortugas y escritura de sus nombres comunes en maya lacandón; entre corchetes se agrega su traducción literal al español, su nombre común en español y el científico.



DONALD MCKNIGHT



Una tortuga especial

La gran tortuga de río (*Dermatemys mawii* Gray, 1847) habita en las aguas dulces y salobres del sureste de México, Guatemala y Belice. Su nombre se atribuye a las grandes tallas que logran alcanzar los adultos (aproximadamente 60 centímetros de largo de caparazón), convirtiéndola en el quelonio continental más grande de Centroamérica. También conocida como tortuga blanca por la coloración de su carne y la parte ventral de su caparazón, es capaz de desplazarse con gran habilidad en las aguas de grandes ríos y lagunas. Los individuos juveniles y maduros de ambos sexos se alimentan principalmente de plantas acuáticas y de aquellas que crecen en las orillas de los cuerpos de agua, prefiriendo los frutos, hojas y flores. Esta dieta y el gran tamaño que logran alcanzar estos animales, los llevan a desempeñar un importante papel para el ciclo de nutrientes en los ambientes acuáticos.

El reconocido herpetólogo Richard C. Vogt (1949-2021) y sus colaboradores, en una revisión de la especie publicada en 2011,² señalan que *D. mawii* es la única sobreviviente

de la antigua familia Dermatemydidae Gray 1870; con la evidencia de 19 géneros fósiles, se sabe que esta familia de tortugas tuvo una extensa distribución en Asia, Europa, África, América del Norte y Central, pero sus poblaciones se extinguieron de modo gradual, dejando solo una especie sobreviviente en la actualidad.

De acuerdo con el registro fósil, la aparición del grupo al que pertenece *D. mawii* se remonta a hace 20 millones de años. Desde entonces, el cuerpo de la tortuga blanca ha experimentado pocos cambios, destacándose de otras especies que habitan en Centro-

américa por su adaptación casi exclusiva a la vida acuática. Los únicos contactos que mantiene con tierra firme ocurren cuando las hembras acuden a depositar sus huevos en las orillas de los cuerpos de agua, y cuando las crías salen de los huevos. Como se relata en el cuento lacandón, gran parte de su vida se desarrolla en el medio acuático, aunque al ser un animal con pulmones, necesita salir ocasionalmente a la superficie para respirar. De cualquier modo, cuenta con un mecanismo alternativo de respiración que le permite succionar agua a través de su boca, extraer el oxígeno disuelto mediante una membrana en su garganta y expulsar por sus fosas nasales el líquido usado. Se hipotetiza que esto le permite estar sumergida por lo menos el doble de tiempo que otras especies de quelonios acuáticos.

A lo largo de la historia evolutiva de esta tortuga, su caparazón ha perdido compuestos estructurales que antes le brindaban rigidez en tierra, lo que la hace más vulnerable a daños en la superficie. En cambio, el caparazón ha adquirido una forma hidrodinámica que le facilita el nado.

Generalmente, el color del caparazón de *D. mawii* varía según su estado de desarrollo y el ambiente en donde se encuentre; puede ser verde oliva, café o gris. La cabeza y las patas comúnmente son de un



² Incluida en la obra *Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoises: A Compilation Project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group*.

gris más claro que el caparazón con algunas manchas oscuras en color café o negro. Su pico presenta bordes irregulares, lo que les ayuda a cortar las hojas, frutos y flores para alimentarse. Usualmente los machos adultos son más vistosos, a veces con tonos naranjas o amarillos que cubren parcial o completamente su cabeza. Podría ser que la intensidad del color les ayude a atraer hembras para poder reproducirse.

Una investigación reciente encabezada por el ecólogo Donald T. McKnight indica que las poblaciones de tortuga blanca forman grupos sociales y con frecuencia se mueven en conjunto. Este hallazgo revela importantes aspectos sobre el desarrollo natural de las tortugas en vida libre y sobre su manejo en cautiverio, destacando la alta sociabilidad que favorece las poblaciones familiares y su sobrevivencia en colectivo.

La protección de la gran tortuga de río

Durante miles de años, *D. mawii* ha sido parte de la dieta humana en América Cen-

tral. El registro arqueológico evidencia que los mayas transportaban animales entre aldeas, presumiblemente de Chiapas a Veracruz. Lo anterior fue confirmado en un estudio liderado en 2011 por la doctora Gracia Porter, donde se reporta que la mencionada actividad influyó en los patrones actuales de diversidad genética y distribución de la especie. En las distintas comunidades mayas, su carne se consideraba "manjar de los reyes" por su exquisito sabor y el arduo trabajo para atraparlas. Pero en la comunidad maya lacandona del sur de Lacanjá Chansayab, en Chiapas, se le considera sagrada por el papel que se le adjudica en la creación de los grandes ríos en la selva maya. Su consumo se restringe a la época de lluvias y se ofrece como alimento sagrado. Al finalizar su ingesta, los consumidores transportan el caparazón vacío a la parte elevada de algún cerro para que pueda ser alcanzado por un rayo y luego los dioses envían otra tortuga blanca para que siga con la labor de su especie.

Hoy en día, el crecimiento de la población y la actividad humana ejercen una presión significativa sobre los ecosistemas y su biodiversidad, y la tortuga blanca no escapa de esta realidad. Las reservas silvestres de la especie han experimentado una disminución sustancial, y en algunos casos ha llegado a la extinción local. Anécdotas del doctor Richard C. Vogt refieren que en la década de 1980 esta tortuga se extraía de la Reserva de la Biósfera Montes Azules para ser transportada a través de tráileres y avionetas a las capitales de Chiapas (Tuxtla Gutiérrez) y Tabasco (Villahermosa), para venderlas como alimento o mascota.

Tales condiciones han llevado a que la tortuga blanca sea clasificada como una de las 25 especies de quelonios más amenazadas del mundo, de acuerdo con el análisis de la Coalición para la Conservación de Tortugas en 2018. Actualmente, se encuentra en la categoría de peligro de extinción, según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, lo que implica sanciones por la tenencia ilegal de ejem-



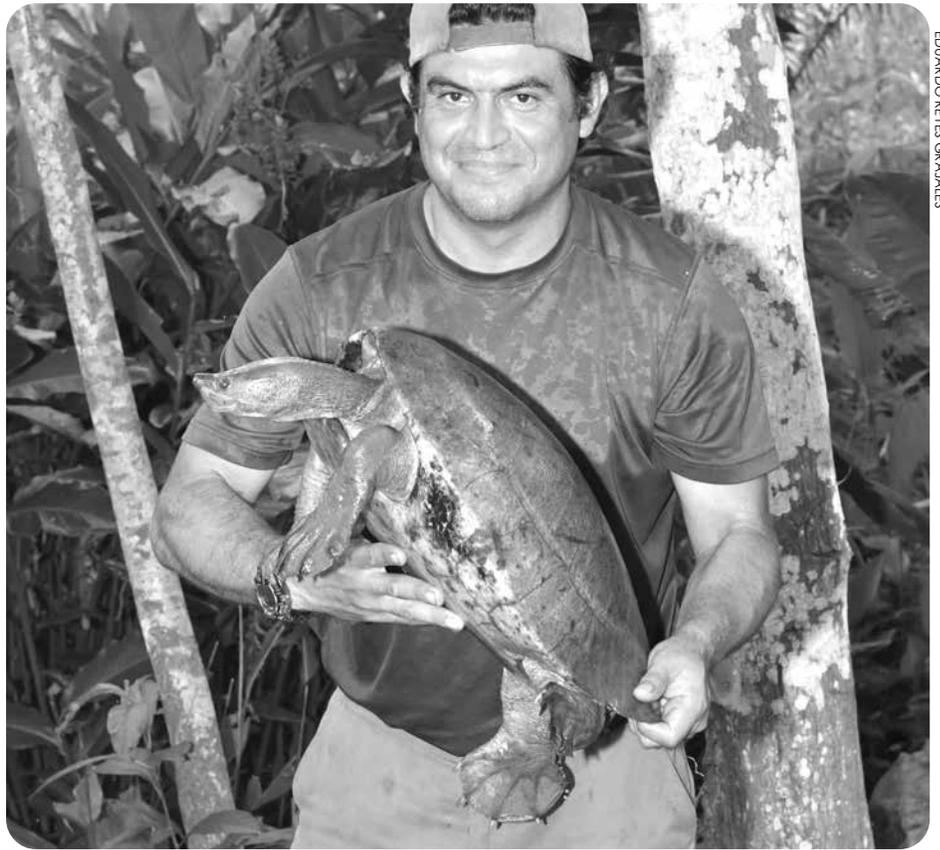
DONALD MCKNIGHT

plares o derivados como la carne o el caparazón. Además, está clasificada en peligro crítico por la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y se incluye en el Apéndice I de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). Estos criterios exigen que cualquier uso o manejo que se le dé a nivel nacional o internacional requiere permisos legales para evitar sanciones administrativas.

En México, las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA) representan una crucial alternativa para el aprovechamiento sustentable de animales y plantas, que, en el caso de la tortuga blanca, han desempeñado un papel importante en la reducción de la captura ilegal de individuos silvestres. Las UMA permiten satisfacer la necesidad humana de aprovechamiento con fines gastronómicos o recreativos mediante individuos criados en cautiverio; pero más allá de eso, contribuyen a la conservación de la especie, son fundamentales para la sensibilización y educación ambiental en torno a la tortuga blanca y permiten su estudio en un entorno controlado, además de que generan espacios para compartir información sobre su biología y conservación.

El mañana de la tortuga blanca

En Centroamérica existen pocas organizaciones e instituciones dedicadas al estudio y conservación de este quelonio, no obstante, los esfuerzos realizados han hecho



EDUARDO REYES GRAJALES

aportes focalizados en temas de manejo en cautiverio y legislación ambiental. Varias investigaciones han enriquecido nuestra comprensión de la relación entre la tortuga blanca y su entorno, pero los autores de este artículo consideramos que la historia de la conservación de la gran tortuga de río está inconclusa. Es un relato que debe elaborarse sustentado en la visión y rica historia de las poblaciones humanas que comparten hábitat con esta especie.

Para los mayas lacandones, el término *nojoch ak* no solo refiere a su gran tama-

ño corporal, sino que también refleja la importancia de la tortuga en la salud de los ecosistemas acuáticos. Por lo tanto, hacemos un llamado a realizar investigaciones interdisciplinarias que integren tanto el conocimiento científico como el saber de las comunidades locales, de modo que podamos trabajar en la valoración de esta tortuga y en su salvaguarda. El esfuerzo que se requiere para su conservación es tan diverso como su historia en el planeta, y tan grande como las distancias que recorre en las aguas centroamericanas. 🐢

Bibliografía

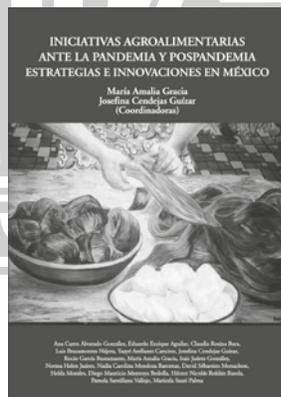
- Legler, J. M., y Vogt, R. C. (2013). *The Turtles of Mexico: Land and Freshwater Forms*. Berkeley, California, USA: University of California Press.
- McKnight, D. T., Serano, J. C., Thompson, D. M., y Ligon, D. B. (2023). S. They really do move in herds: evidence of group living in an aquatic turtle. *Animal Behaviour*, 205, 197-226. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2023.08.015>
- Reyes-Grajales, E., Rodiles-Hernández, R., y Cazzanelli, M. (2021). Conservation of the Central American River Turtle *Dermatemys mawii*: current status and perspectives. En D. DellaSala y M. Goldstein (eds.), *Imperiled: the encyclopedia of conservation* (pp. 327-338). Oxford, Reino Unido: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821139-7.00053-2>

Eduardo Reyes Grajales es estudiante de doctorado en El Colegio de la Frontera Sur (San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México) | eduardo.reyes@posgrado.ecosur.mx | <https://orcid.org/0000-0002-6441-0581>
 Norma Chambor Gómez es estudiante de maestría en El Colegio de la Frontera Sur (San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México) | chambor.go@gmail.com | <https://orcid.org/0009-0006-5018-1446>
 Matteo Cazzanelli es investigador por México en El Colegio de la Frontera sur, Unidad San Cristóbal (San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México) | matteo.c@ecosur.mx | <https://orcid.org/0000-0002-8203-1366>

¡No te pierdas las más recientes novedades!

Libros impresos, epub para descarga en dispositivos, PDF de acceso abierto.

ECOSUR



Cosulta el catálogo de Libros ECOSUR: www.ecosur.mx/libros

Información y ventas: Oscar Chow, libros@ecosur.mx

Microalgas

en los pulmones del planeta

FRANCISCO JAVIER CHOIX LEY

Francisco Javier Choix Ley

Resumen: Las microalgas son pequeños organismos que habitan en muy variados ecosistemas acuáticos. Por su capacidad de capturar y transformar el CO₂ en productos de utilidad para el ser humano y diversos sectores industriales, se les utiliza en todo el mundo como estrategia biológica para reducir las emisiones de ese contaminante a la atmósfera. Sin embargo, sus virtudes todavía no son reconocidas ni aprovechadas en su totalidad. Comprender su potencial nos las mostrará como una riqueza natural del planeta al servicio de la humanidad y como una alternativa para el desarrollo sostenible.

Palabras clave: agricultura, algas, biofertilizante, dióxido de carbono.

Maayat'aan (maya): Microalga'ob ich u sak óolil yóok'ol kaab

Kóom ts'íibil meyaj: Le microalga'obo' mejen ba'alo'ob kuxa'antabo'ob ku kaajtalob ich jejeláas kúuchil ja'. Tumen ku yáantaj ti'al u muuch'ik yéetel u suutik le dióxido de carbono (CO₂) ti' ba'alo'ob k'a'ana'an ti' wíniko'on bey xan ti' jeje-láas meyajil ti' fábricaso'ob, ku k'a'ana'ankunta'al ti' tuláakal yóok'ol kaab beey jump'éeel áantaj ku taal ti' k'áax ti'al u yéemel le buuts' éek'kuntik le iik' ba'apachtik yóok'ol kaabe'. Ba'ale', ma' jach k'ajóola'an tuláakal utsil ku táasik, mix cha'abak u yáantaj bix je'el u béeytale'. K na'atik tuláakal ba'ax je'el u meentike' bíin u ye'es to'on je'ex jump'éeel no-joch ayik'alil yaan yóok'ol kaab ku béeytal u yáantik wíniko'ob yéetel bíin u meent u jóok'ol táanil kuxtal ich utsil.

Áantaj t'aano'ob: meyajil k'áax, alga'ob, biofertilizante, dióxido de carbono.

Bats'i k'op (tsotsil): Bik'tal amuchetik ta sputstak banamil

Smelolal vun albil ta jbel cha'bel k'op: ti bik'tal amuchetik ja' jun bik'tal vomoletik ti ja' no'ox butik ta xch'ian ta jeltos osil banamil ta ts'anlebal nabetike. Yu'un ech'em lek ta smakik CO₂ xchi'uk ta slekubtasik ta ich'bolal ik' yo' jech stak' xich'ik ik' ti jch'ieletik xchi'uk jech k'ucha'al stak' stunesik snail jpas tak'inetik, ja' jech ta xich' tunesel ta sbejel banamil ta sventa sbik'tajesel slok'esel chopol ik' ta osil banamil. Ti k'usi no'oxe, mu'yuk to lek tabil ta ilel skotol k'usitik slekilal ta xak' xchi'uk mu'yuk to bu jech lek ta xich'an tunesel skotol ti slekilale. Yojtikinel ti slekil yutsile ja' te ta xak' kil-tik k'u yepal sk'ulejal osil banamil jtunel yu'un ti jch'ieletik xchi'uk ja' jech xich' tael batel ti lekil utsilal ta kuxlejilile.

Jbel cha'bel k'opetik tunesbil ta vun: yabtelanel banamil, bik'tal amuchetik, syaxal ts'unubaliletik, chopolal ik'.

En 2018 México vivió uno de los inviernos más severos de las últimas décadas. Aún guardo en mi memoria las imágenes de densas columnas de humo, debido a que muchos agricultores se vieron en la necesidad de poner en práctica la quema de llantas, una medida desesperada con la que buscaban contrarrestar las bajas temperaturas y salvar sus cosechas, es decir, su patrimonio y sustento familiar. Sin embargo, prácticas como esta contribuyen al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono (CO₂), lo cual favorece el cambio climático que hoy enfrentamos: exacerbación de huracanes, inundaciones, sequías, calor intenso y, precisamente, inviernos duros.

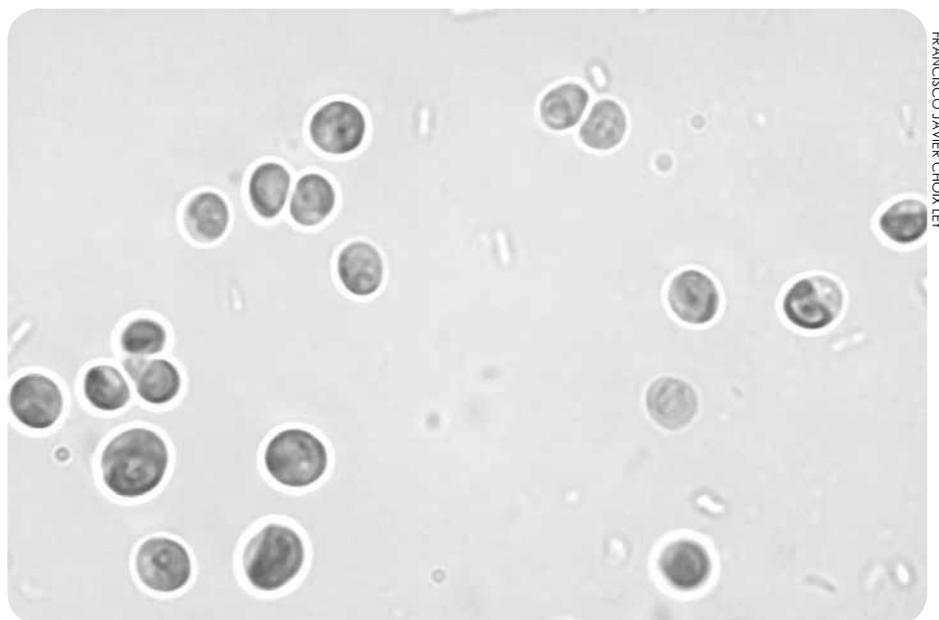
El CO₂ representa hoy el 68% de las emisiones al ambiente; en 2021 alcanzó una concentración en el aire de 414 partes por millón (ppm), lo que duplica la de 277 ppm del periodo preindustrial en la primera década del siglo XX. De seguir esta tendencia, su concentración en el aire se incrementará en 63% para el año 2030, según las estimaciones de la Agencia Internacional de Energía, con sede en París, Francia. Es por eso que la reducción y control de sus emisiones se ha convertido en uno de los principales esfuerzos de muchos países para mitigar el cambio climático y sus consecuencias.

Lo anterior ha conducido a desarrollar e implementar tecnologías para reducir las emisiones de CO₂ al ambiente en los sectores industrial, energético, ganadero y agrícola. Entre las diversas estrategias físicas y químicas empleadas, se encuentran las torres de adsorción y las membranas de separación, entre otras. Sin embargo, algunos de estos métodos tienen efectos negativos por utilizar compuestos químicos de alta toxicidad, o porque terminan liberando de nuevo el contaminante una vez que se satura su capacidad. En este punto es factible incluir a ciertos microorganismos

como una estrategia biológica para reducir las emisiones del gas, gracias a que pueden capturarlo y transformarlo en productos de gran utilidad para el ser humano y diversos sectores industriales; nos referimos, concretamente, a las microalgas.

¿Qué son las microalgas?

Las microalgas son plantas que habitan en ecosistemas acuáticos, que van desde charcos y ríos, hasta lagos, presas y océanos, y es común que pasen desapercibidas por su diminuto tamaño. Usarlas para capturar el CO₂ del ambiente es posible porque en-



FRANCISCO JAVIER CHOIX LEY

Florecimiento de las microalgas verdes *Chlorella* sp. encontradas en ríos de la sierra del estado de Chihuahua, México. La clorofila —su principal pigmento— provoca que el agua se observe verde.

tre sus virtudes se cuentan su rápida disponibilidad, crecimiento y fácil producción. Además, existen más de 50,000 especies diferentes de microalgas en el mundo, y dependiendo de las condiciones ambientales, podemos encontrarlas con distintas características en cada región. Sus formas son diversas (hebras o filamentos, esféricas, ovaladas), al igual que sus tamaños. Según los metabolitos y pigmentos que produzcan pueden ser rojas, amarillas, verdes o pardas; la clorofila es el pigmento mayoritario en las microalgas verdes, un color propio de todos los organismos que fotosintetizan.

De acuerdo con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), en México se han reportado unas 2,500 especies de microalgas nativas del país. Estos organismos pueden crecer y multiplicarse con mucha facilidad, logrando en ocasiones colorear parte de los ambien-

tes que habitan. Y de la misma forma que el ser humano necesita respirar para vivir, o tomar oxígeno del aire y liberar CO₂ de su cuerpo, las microalgas requieren tomar CO₂ del medioambiente para multiplicarse y vivir mediante la fotosíntesis.

A través de este proceso son capaces de capturar este gas de la atmósfera y transformarlo en otros compuestos de gran importancia para nosotros, como proteínas, carbohidratos, lípidos, pigmentos, hormonas y vitaminas. De manera simultánea liberan oxígeno al medioambiente, lo que viene a ser un importante servicio, pues es gracias al oxígeno que existe la vida. Por ello, las microalgas, en conjunto con las plantas terrestres y acuáticas, y las algas macroscópicas, son consideradas como los pulmones del planeta. Cabe señalar que aproximadamente el 60% del oxígeno que respiramos y mantiene la vida en la Tierra,

lo generan estos microorganismos fotosintetizadores.

Beneficios de las microalgas

Varios estudios han demostrado que las microalgas son consideradas un alimento saludable porque producen aminoácidos y ácidos grasos esenciales, como el triptófano y omega-3, razón por la cual se les incluye como ingredientes en pan, tortillas, jugos, medicinas y hasta cerveza. Es el caso de las especies del género *Chlorella*, las cuales se cultivan a gran escala para consumo humano o animal debido a su aporte nutritivo.

Estos organismos, por otra parte, producen pigmentos antioxidantes que influyen positivamente en la salud de las personas. Hay reportes de que la astaxantina y carotenoides, como licopeno, luteína y zeaxantina, contribuyen a la prevención del cáncer de mama, el hepático, el intestinal y el de próstata, así como la leucemia. Del mismo modo, las investigaciones han mostrado que los carotenoides sirven para tratar y controlar la diabetes y la resistencia a la insulina. Obviamente, la producción de microalgas para estos fines necesita de instalaciones especiales y exige muchos cuidados y atención profesional.

Pero hay más beneficios de las microalgas. Su producción de carbohidratos y lípidos se utiliza para la elaboración de biocombustibles, como el etanol, diésel y biogás. En tanto que su generación de hormonas (auxinas, citocininas y giberelinas) que estimulan el crecimiento de plantas de interés agrícola, les confiere importantes aplicaciones biofertilizantes, bioestimulantes y biopesticidas, lo que eventualmente hace sostenible el cultivo de alimentos. Al respecto, varios estudios han reportado que el cultivo de la microalga *Chlorella* se usa para irrigar e incrementar el rendimiento de arroz, trigo, maíz y diversas hortalizas. Lo más interesante es que la producción de estos organismos para fines agrícolas no necesita de instalaciones complejas y apenas demanda mínimas atenciones profesionales.



FRANCISCO JAVIER CHOIX LEY

Dependiendo del número de microalgas presentes, se incrementa el volumen del cultivo hasta alcanzar su producción en contenedores o tanques de 400 litros.

FRANCISCO JAVIER CHOIX LEY



Microalgas en la agricultura

Muchos países, incluyendo México, aprovechan la capacidad de las microalgas para capturar el CO₂ que generan las diferentes industrias, lo que previene su liberación a la atmósfera y permite cumplir con las leyes ambientales que buscan mitigar el cambio climático. De esta forma, las industrias acoplan su actividad en beneficio del sector agrícola; es decir, que reutilizan sus emisiones de CO₂ para la producción de microalgas con las que irrigan sus propias explotaciones agrícolas, o las venden para usarse como biofertilizante. El resul-

tado es que actualmente existe un centenar de productos agrícolas cuya base de cultivo son las microalgas.

La agricultura es una actividad económica vital en México. Esta importancia quedó ratificada durante la pandemia del covid-19, cuando varios sectores económicos se paralizaron, pero el agrícola debió seguir trabajando para mantener el suministro de alimentos. Por tal razón, pequeños y medianos productores agrícolas independientes iniciaron su propia producción de microal-



FRANCISCO JAVIER CHOIX LEY

Producción artesanal de microalgas verdes a partir del CO₂ del ambiente para la irrigación de cultivos agrícolas. La producción de estos microorganismos se inicia con pocos litros de agua y/o residuos industriales en garrafrones de vidrio transparente.

gas, utilizando el CO₂ del ambiente, o el generado por el sector industrial, para luego irrigar sus cultivos con este biofertilizante. Ello les permitió incrementar la productividad y rendimiento agrícolas, debido a que han sabido aprovechar al máximo la capacidad de las microalgas frescas. Utilizar estos organismos vivos evita que se pierda la efectividad de sus compuestos, una condición que promueve con mayor eficacia el crecimiento de las plantas.

Sin duda, las microalgas constituyen una riqueza a nuestro alcance, pero sus capacidades todavía no son reconocidas ni aprovechadas en su totalidad. México cuenta con una gran diversidad de estos organismos que podrían beneficiar a los sectores agrícola e industrial, además de ayudar a reducir las emisiones de CO₂ y contribuir a mitigar el cambio climático y sus consecuencias. Lo anterior es una meta prioritaria de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que la Organización de las Naciones Unidas estableció como meta para el año 2030. Por lo tanto, debemos aprovechar el potencial de las microalgas; estos microorganismos ofrecen la posibilidad de desarrollar y contribuir a la bioeconomía de cada país. Es un conocimiento que responde a las amenazas ambientales que la Tierra enfrenta, y que ayudaría a reducir nuestra dependencia respecto de los recursos naturales que no se renuevan por sí solos. En este sentido, no exageramos al decir que las microalgas son un baluarte, porque al final de cuentas son una defensa del planeta y una alternativa viable para desarrollar una agricultura sostenible. ☞

Bibliografía

- Fernández, F. G. A., Reis, A., Wijffels, R. H., Barbosa, M., Verdelho, V., y Llamas, B. (2021). The role of microalgae in the bioeconomy. *New Biotechnology*, 61, 99-107.
- Daneshvar, E., Wicker, R. J., Show, P. L., y Bhatnagar, A. (2022). Biologically-mediated carbon capture and utilization by microalgae towards sustainable CO₂ biofixation and biomass valorization—A review. *Chemical Engineering Journal*, 427, 130884.
- Gómez-Luna, L., Tormos-Cedeño, L., y Ortega-Díaz, Y. (2022). Cultivo y aplicaciones de *Chlorella vulgaris*: principales tendencias y potencialidades en la agricultura. *Tecnología Química*, 42(1), 70-93.

LEYENDO EL SUR

Hongos del Tacaná

René Humberto Andrade Gallegos y José Ernesto Sánchez Vázquez

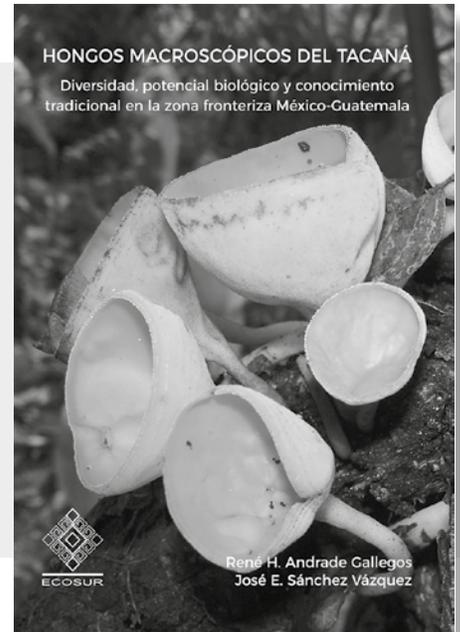
En esta sección presentamos las novedades editoriales de Libros ECOSUR. Le toca el turno a Hongos macroscópicos del Tacaná. ¡Conócelas!

Maayat'aan (maya): U kuuxumilo'ob Tacaná

Ti' le jaatsa' kek ts'áaik k'ajóobil le túumben meyajo'ob yaan ichil Áanalte'ob ECOSUR. Bejla'e' yaan k k'ajóoltik U kuuxumilo'ob Tacaná. ¡Ka k'ajóolto'ob!

Bats'i k'op (tsotsil): Xchikinte'altak Tacaná

Ta jchop vun li'e ta xka'ktik ta ilel ach' a'yejetik ta vUNETIK yu'un ECOSUR. Xchikinte'altak Tacaná. ¡Ojtikino!



Hongos macroscópicos del Tacaná. Diversidad, potencial biológico y conocimiento tradicional en la zona transfronteriza México-Guatemala

René Humberto Andrade Gallegos y José Ernesto Sánchez Vázquez

El Colegio de la Frontera Sur, 2024

Formato:

- Impreso: 978-607-8767-94-6
- PDF: 978-607-8767-87-8
El libro electrónico se publicó con el título Los hongos macroscópicos del Tacaná, el Soconusco, Chiapas, México.

Tipo de obra:

Divulgación, con contenido académico y cultural.

Serie/s:

- Conservación y restauración de la biodiversidad.

Público al que va dirigido:

A estudiantes, académicos y a toda persona interesada en la conservación de la biodiversidad, en particular para quien desee conocer y disfrutar la belleza de las estructuras de los hongos y reconozca su importancia para mantener la salud de bosques y selvas.

La región del volcán Tacaná es una de las más representativas y tal vez la de mayor variabilidad y biodiversidad del Soconusco. Esta obra la presenta con sus características principales, pero con enfoque en los macromicetos (hongos macroscópicos que son parte del reino Fungi) y su relación con la población mam de la zona, única representante actual de las culturas originarias.



Objetivo de la obra

Divulgar el conocimiento y resaltar la importancia de la conservación, este libro describe la diversidad de los hongos macroscópicos que crecen en la región del volcán Tacaná, incluyendo los cafetales y áreas circunvecinas. Se documentan los usos que les dan los habitantes de la zona, lo cual destaca la riqueza del conocimiento tradicional en la frontera México-Guatemala.

¿Cómo se obtuvo la información?

La información proviene de muchos años de trabajo que implicaron visitas a los cafetales y zonas aledañas al volcán Tacaná para recolección y toma de datos, a fin de conocer la diversidad de hongos que habitan en los distintos estratos altitudinales y relacionarlos con la vegetación. Es una información que ha generado varias tesis de licenciatura y de maestría.



¿Por qué debemos leerlo?

Para conocer a estos maravillosos organismos, efímeros en su mayoría: sus formas, colores, consistencias y tamaños. Todo esto nos facilitará entender que son sustantivos para el mantenimiento de la biodiversidad y el equilibrio de los ecosistemas.

Tres datos relevantes

 Se indican los nombres en lengua mam de las especies reconocidas en la zona y sus usos.

 Se ilustran algunas de las especies más frecuentes durante la temporada de lluvias y se presentan descripciones sencillas de sus principales características.

 Se incluye un glosario de gran utilidad, así como un listado de hongos del lugar con una interesante clasificación según la forma de los organismos: sombrilla, nido, estrella, repisa y dedos, entre otras.

Debido a que había que hacer trabajo de campo durante la corta vida de los hongos en época de lluvias, los muestreos y la toma de datos nos costaron muchas caídas en la zona escarpada. ¡También padecimos baños directos a causa de los aguaceros!

El lugar de investigación

El complejo volcánico del Tacaná se ubica entre México y Guatemala y constituye la Reserva de la Biosfera Volcán Tacaná, decretada en enero de 2003, por lo que tiene más de 20 años de ser un área natural protegida. En lengua mam, Tacaná significa "casa de fuego".

El catálogo Libros ECOSUR ofrece materiales académicos, manuales para el manejo de recursos naturales y guías científicas, además de obras de divulgación y audiolibros, dirigidos a profesionistas, productores, instancias de tomas de decisiones, audiencias con discapacidad visual y público en general.

Encuentra esta y otras novedades editoriales en www.ecosur.mx/libros y www.altexto.mx
Y en alrededor de 100 librerías en México. Los libros digitales en versión epub también están disponibles en librerías y tiendas como Amazon, Google Books, Apple Books, Kobo, Barnes & Noble, Gandhi y Gonvill.

Información: libros@ecosur.mx y ochow@ecosur.mx

Salud plena

a través de la medicina integrativa

Conversación con Irene Sánchez Moreno*

Elena Anajanci Burguete Zúñiga

Resumen: En entrevista, la investigadora Irene Sánchez nos muestra cómo el tratamiento de la salud humana desde la integración del cuerpo, mente y alma es la base de la medicina integral. A partir del equilibrio entre estos componentes, y trabajando de forma preventiva, se puede evitar el desarrollo de muchas enfermedades.

Palabras clave: medicina integral, salud, calidad de vida.

* Extracto de la entrevista transmitida en abril de 2024 en "Voces de la ciencia desde el sur mexicano", <https://open.spotify.com/episode/6X4HjwoR3AlloQMDcUAspG>

Maayat'aan (maya): Ma'alob toj óolal yéetel muuch' chuka'an ts'aak wáaj integrativa. Tsikbal yéetel Irene Sánchez Moreno

Kóom ts'íibil meyaj: Ich tsikbal k'áat chi'é, le xka'ansaj Irene Sáncheze'ku ye'esik to'on bix u muuch'ts'a'akal u toj óolal wíinik pa'atelayéetel u wíinkilal, u tuukul bey xan u yóol, ti'ku jeets'el le muuch'chuka'an ts'aak wáaj integral. Wayaan jeets'óolil ichil le óoxp'éelo'oba', yéetel wa ku kanáanta'al ma' u tsa'ayal k'oja'anilo'obe'ku béeytal u xu'ulul u loobil ya'abach k'oja'anilo'ob.

Áantaj t'aano'ob: muuch' chuka'an ts'aak, toj óolal, utsil kuxtal.

Bats'i k'op (tsotsil): Yutsilal kuxlejaj ta stunesel lek chapal k'elel poxtael. Slo'il ya'yej Irene Sánchez Moreno

Ya'yejal vun ta cha'oxbel k'op: K'alal lajyich' jak'bel ya'yej ti bijil ants Irene Sánchez ta xak' jkiltik k'u x-elan slekil yip poxtael k'alal me ta xich' stsakel ta muk' bek'talil, chinabil xchi'uk ch'ulelal ti ja' jech stunesoj o tael ti lek chapal k'elel poxtaele. K'alal me ta spas sba ta jmoj xchi'uk ta ko'ol ti va'ayike, xchi'uk me jech ta xich' pasel k'alal mu'yuk to chamele, ja' te mu xich' tael o k'usiuk epal chameletik.

Jbel cha'bel k'opetik tunesbil ta vun: lek chapal k'elel poxtael, kuxlejaj, slekil ch'iel k'opojel.

Es normal querer sentirnos bien, tener mayor energía, mejor estado de ánimo y ser más saludables; sin embargo, la rutina del día a día causa un fuerte impacto en la calidad de nuestra vida presente y futura. Por esto es importante tomar conciencia de los hábitos que nos llevan a desarrollar enfermedades crónico-degenerativas. En 1948, la Organización Mundial de la Salud concluía que “la salud es el estado de bienestar físico, emocional y social de un individuo”. Este concepto, muy similar al de salud integral, es el estado del bienestar ideal que se alcanza cuando existe un equilibrio dinámico entre lo físico, biológico, emocional, mental, espiritual y social. En la presente entrevista, abordamos el tema con Irene Sánchez Moreno, investigadora del Departamento de Salud de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad San Cristóbal.

¿Qué es la medicina integrativa?

Es un término complejo, pero podemos decir que su punto de partida es visualizar al ser humano de manera completa y multidimensional para lograr su salud. Se diferencia de la medicina convencional porque no busca el tratamiento, sino restablecer la salud reintegrando el funcionamiento multidimensional de la persona.

¿Cuándo surge?

Para las culturas occidentales nace en la década de 1990, pero para las culturas originarias es un resurgimiento, podría ser in-

cluso un acto de justicia. Implica devolverle su importancia a la cosmovisión humana ancestral sobre las formas de curarse y de recuperar la salud. Entonces, consiste en la recuperación de la salud del ser humano a través de sus dimensiones corporal, emocional y mental, además de las sociales y familiares, en situaciones cotidianas y extraordinarias. Para la medicina occidental todo esto es nuevo y necesario, dada la ineficacia de sus formas para atender diversas enfermedades, sobre todo las crónicas.

¿Se relaciona con la medicina alternativa y tradicional?

Así es. En la reunión de 1979 de Alma Ata, en donde se dieron encuentro los Estados miembros de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se reconoció la urgencia de retomar el conocimiento ancestral para atender las enfermedades que la medicina occidental no resolvía. Desde los años setenta empezamos una crisis sanitaria y dado que los esquemas sanitarios oficiales no nos han conducido a soluciones posibles, el problema se ha desbordado en los padecimientos crónicos, como la obesidad, diabetes, cardiopatías, hipertensión, y más recientemente, enfermedades mentales como la depresión y la ansiedad, en grupo etarios cada vez más jóvenes.

¿Qué aspectos de la salud humana trata la medicina integrativa?

Su campo de aplicación es muy amplio, pero quienes la practicamos reconocemos

que es apropiado tratar las urgencias por la vía de la medicina oficial. Seguimos el mismo precepto de la medicina ortodoxa: curar sin hacer daño, salvar y priorizar la vida. Si la persona pasa por una condición crítica como una fractura o un infarto, es mejor que se atienda con los protocolos de urgencia y después dé paso a la medicina integrativa. De hecho, esta es ideal para la fase preventiva. En este papel es una valiosa herramienta para las instituciones de salud, y puede convertirse en una estrategia efectiva de las políticas nacionales para reducir las cifras de enfermedades crónico-degenerativas. A veces se reduce la medicina integrativa al plato del buen comer, la jarra del buen beber o al ejercicio, pero va más allá. Impacta en diferentes dimensiones y escalas de la realidad: el contexto cultural, espiritual, político, económico y familiar, cómo se procesa la información, cómo se siente y el estado en que se recibe un acontecimiento en el cuerpo.

Hay un conocimiento reciente que permite que observemos cómo se vincula la cultura, la familia, la relación de pareja, el momento que se vive, la genética, la biología, el ambiente contaminado y demás factores conectados con la salud o enfermedad; se trata de las ciencias de la complejidad. La inflamación crónica es un proceso complejo e inicial en importantes padecimientos, está relacionada con la depresión y las enfermedades neurodegenerativas y el cáncer, entre otras. Mediante las ciencias de la complejidad se están desentrañando las relaciones

moleculares que llevan a esta condición, así podremos saber en qué momento de la vida, con qué patrones conductuales y hábitos de consumo están involucrados; cómo es que afectan la alimentación, el ejercicio, las relaciones interpersonales e inclusive lo que consumimos en las redes sociales. Todo es un concierto que tiene que ver con el estado general de la salud, incluida la mental.

¿Cuál es la perspectiva general de la medicina integrativa?

Cuando se acude con el médico por un dolor estomacal, él revisa la zona abdominal, presiona y puede valorar si hay inflamación o dolor, pregunta si has evacuado y cuestiona por el estilo, pero difícilmente te preguntará cómo te sientes de ánimo, qué pasa en tu vida, qué te preocupa. La medicina integrativa tendrá que impulsar que en un consultorio de medicina general se incluyan estas preguntas, pues con ellas una persona empieza la sanación, que es un proceso diferente al de la curación. Es decir, podemos curar una úlcera gástrica, pero no estamos sanando porque la perso-

na permanece preocupada y puede seguir generando alteraciones en el estómago e incluso en el intestino. Actualmente, 9 de cada 10 personas padecen trastornos digestivos; si supiéramos manejar mejor el estrés, estas cifras se reducirían.

Así, para consolidar una cultura de atención en salud más eficaz, la medicina integrativa debe posicionarse como parte de la medicina preventiva, e incluso se podría llegar al punto de no medicar. Nuestra propia experiencia, después de 13 años, es que la persona, gradual o súbitamente, suele requerir de menor medicación de ansiolíticos o de hormonas para regular el funcionamiento tiroideo, ya que comprende lo que le está sucediendo y conecta con todos los elementos de su vida y de su contexto, de modo que puede manejar mejor el estrés y tomar decisiones de mayor beneficio.

¿Qué ventajas tiene la medicina integrativa?

Es muy eficaz. Desde la década de 1990, Estados Unidos ha hecho inversiones millonarias para realizar más investigacio-

nes; se han dado cuenta de que es una herramienta poderosa y efectiva. Además, la medicina integrativa congenia con políticas nacionales como las del México actual porque es pertinente culturalmente, es sensible a la diversidad de cosmovisiones y recupera la historia subsumida por cinco centurias en nuestro país.

Francisco Vaca y su equipo, en su artículo "La salud pública del México prehispánico...", muestran que era un sistema eficiente, en parte porque la alimentación era sana, concomitante de una vida rica espiritualmente. Según esa investigación, la cosmovisión señalaba que el ser humano tiene tres centros importantes y la enfermedad se originaba en un desequilibrio del cerebro, el corazón o el hígado. El cerebro como la conexión con las divinidades y el proceso de pensar; el corazón como el centro energético y emocional del ser humano, y el hígado como el sitio de transformación y administración de los niveles de energía y divinidad del cuerpo. Desde su perspectiva, la ciencia moderna respalda este conocimiento. Otro dato significativo en la concepción de la salud pública es que los enfermos se transformaban en personas privilegiadas por la atención que recibían; no eran abandonadas ni excluidas de la sociedad, sino que se les integraba y abastecía buscando que pronto recuperaran su salud.

¿A qué retos se enfrenta la medicina alternativa?

En realidad, "medicina alternativa" es un concepto impuesto por la medicina hegemónica; la medicina farmacológica se ha autoproclamado como central y todo lo demás es periférico, alterno o puede no existir. La medicina integrativa ni siquiera figura como un concepto legal en la normativa mexicana, pero subyace a nivel cultural, es parte de una cosmovisión completa del ser humano, considerando que existe una interrelación de las personas con su ambiente y su rico mundo espiritual. Cabe añadir que este mundo espiritual consiste en comprender los aspectos sutiles de la vida y percibir nuestros



Explicación a una joven de su estado de microcirculación mediante capillaroscopia.

ARCHIVO IRENE SÁNCHEZ MORENO

sentimientos, emociones y pensamientos en el contexto de construcción de la salud o de la enfermedad.

Son muchos los retos, pero ya hay investigaciones importantes que apuntan hacia el poder de la medicina integrativa. Las grandes inversiones de Estados Unidos dan cuenta de la importancia de este modelo de atención. Europa también está en ese camino, aunque enfrentada a la ambivalencia política de una mejor salud para su población, pero sin afectar la economía del sector farmacológico. En la primera cumbre de la medicina tradicional celebrada en agosto del pasado 2023, en Gandhinagar, India, autoridades sanitarias de la Organización Mundial de la Salud declararon a esta medicina como la primera opción a nivel mundial que atiende a la humanidad. En ese sentido, el especialista Nigenda y su equipo, en 2001 publicaron que, de no existir estas formas de atender a las personas, los sistemas sanitarios de América Latina colapsarían, dada la demanda de atención. Visto así, la ruta es la validación científica de estas prácticas y su legalización en las naciones, aunque algunas van más adelantadas, como Chile, Brasil, Nicaragua y Cuba. México debe apresurar sus políticas para aprovechar la riqueza de saberes, si es que queremos sistemas sanitarios eficaces y sostenibles.

¿Qué investigaciones se están realizando en este tema?

Actualmente estamos trabajando en una investigación para identificar el contexto multidimensional en el que se presenta la enfermedad. Por decir algo, si se padece de diabetes, es importante entender que existe una serie de circunstancias que condujeron a esa enfermedad. En este sentido, desde la biomedicina se puede conjeturar que una persona que llega a la obesidad tendrá como secuela una irregularidad hormonal con un punto climático: no metabolizar el azúcar y no alcanzar niveles adecuados de insulina, declarándose la diabetes. Pero hay ciertos huecos en la



Taller a jóvenes de "Sé Líder" sobre la integralidad en el liderazgo.

estadística en donde podemos filtrar ciertas preguntas: ¿todas las personas obesas son diabéticas? No. ¿Hay personas diabéticas delgadas? Sí. ¿Qué pasa entonces? La enfermedad no aparece como un evento fortuito, sino que lo hace en un contexto particular relacionado con un estrés específico. Una persona no padece un infarto solo porque tiene altos niveles de triglicéridos y colesterol, sino que también se debe a que sufre de estrés en su vida personal. Lo mismo sucede con la diabetes. Precisamente por esto, porque no se incluye el factor del estrés de las personas como parte del padecimiento, de manera preventiva debemos educarnos para vivir mejor.

Nuestra investigación en ECOSUR considera el contexto multidimensional en el que se presenta la enfermedad aguda o crónica. Una persona, cuando es diabética, no está manifestando todo el tiempo esa alteración, sino que vive episodios, como pequeños picos de mal funcionamiento hormonal. Caracterizar el contexto multidimensional de los episodios agudos o crónicos nos dará elementos para atender y prevenir mejor esas enfermedades.

Otra investigación en proceso es la de una estudiante de posgrado sobre la resiliencia, un complejo mecanismo que los seres humanos tenemos para amortiguar los impactos del estrés. En este caso revisamos cómo los jóvenes migrantes realizan su recorrido, cómo manejan el estrés y las dificultades que enfrentan; cómo lo hacen desde su pensar, su sentir y contexto familiar, el cual es muy importante reconocer.

Otra estudiante de doctorado investiga la sintomatología depresiva en adultos mayores extrabajadores agrícolas, en una aplicación con el modelo de salud y medicina comunitaria para revertir ese padecimiento. El objetivo es no recurrir a la medicación, sino usar estrategias naturales para que el adulto mayor viva mejor y tome conciencia de cómo restablecer su salud mental.

¿Cuál puede ser el futuro de la salud y la medicina integrativa?

A mí me gusta ser positiva. Puede ser algo muy prometedor para un contexto como el de ECOSUR. No solo es un trabajo del Departamento de Salud, sino de todos: quienes estudian la agroecología están a favor de la salud; quienes atienden cuestiones culturales, de educación y de género también contribuyen a una salud integral del individuo y de los grupos humanos; quien estudia la conservación de nuestros sistemas ecológicos está apoyando a lograr una buena forma de vivir. El gran reto es, sigue siendo y será, que nos comuniquemos entre las distintas áreas del conocimiento para lograr un mayor impacto en las personas y en los trabajos de investigación que realizamos. ☺

Elena Anajanci Burguete Zúñiga es integrante del área de Comunicación Social y Divulgación de la Ciencia en El Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal (San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México) | enaburguete@ecosur.mx

¿Cómo nombrar una especie?

En la piel de un explorador marino

Laura Sanvicente-Añorve

Resumen: Para comunicarse entre sí, la gente de ciencia nombra a las especies de una manera universal. Con base en hechos reales, aquí se relatan las peripecias y cavilaciones que al respecto tiene el doctor Francisco Solís, un explorador marino dedicado al estudio de los equinodermos. Para decidir, este científico alude en ocasiones a alguna característica del organismo o al sitio de recolecta, en otras, hace honor a sus colegas o a las tradiciones de un pueblo, pero en todos los casos mantiene una enorme sensibilidad al buscar el nombre más adecuado para una nueva especie.

Palabras clave: pepino de mar, estrella de mar, ofiura, fósil, exploración marina.

Maayat'aan (maya): Bix k ts'áaik u k'aaba' jump'éeel ch'i'ibal. Tu yoot'el juntúul ajkaxan k'áak'náab

Kóom ts'íibil meyaj: Tí'al ka beeychayak k múul na'atikekbae', máaxo'ob meyajtik cienciae' ku ts'áaiko'ob u k'aaba' le ch'i'ibalob beey ka beeyak u na'ata'al tumen tuláakal máak. Jach jaaj ucha'an le ba'alo'oba', waye' ku tsikbata'al yo'olal talamilo'ob yéetel táam tuukulo'ob ku máansik doctor Francisco Solís, juntúul ajkaxan ti' k'áak'náab ku meyajtik jun jaats yik'elo'ob ja' to'och u yóot'elo'ob, k'ajóola'an beey equinodermo'ob. Uti'al u yéeyik k'aaba'obe', le científi-coa' ku tuklik ba'alo'ob tsolik bix le yik'elo' wáaj bix le kúuchil tu'ux ku kaxtiko', ti' u jeele', ku chíimpoltik u yéet meyaj ajkaxano'ob wáaj xan u sukbe'nilo'ob jump'éeel kaaj, ba'ale' mantats' ku kanaántik u yutsil kaxtik le k'aaba' ma'alob u taal ti' jump'éeel túmben ch'i'ibal.

Áantaj t'aano'ob: pepinoil k'áak'náab, eek'il k'áak'náab, ofiura, fósil, kaxan ich k'áak'náab.

Bats'i k'op (tsotsil): ¿K'uxi ta biiltasel jun ach' xchanul nab? Ta snopbenal yu'un jun jpaxal vinik ta nabetik

Smelolal vun albil ta jbel cha'bel k'op: Ta sventa xa'aybe sbaik ti sk'op ya'yejike, ti bijil vinik antsetike jmoj yelanil yu'unik ta sbiiltasel ti chonbolometike. Ta yojtikinel ti k'u x-elan pasanbil talele, li' ta jlo'iltatik k'u x-elan sjam smelolal yu'un ta spasel ti mol doctor Francisco Solís, ja' jun jpaxal vinik ta yutil nabetik ti ja' yak'oj ta yo'on xchannel stalelalik equinodermos ti xko'olajik k'ucha'al k'analetik ta yut nabe. K'alal ta sbiiltase, ti li' bijil vinike ja' ta xich' stsak ta muk' k'u x-elan stalelal ti chonbolom ta xchane, xchi'uk slumal sbanamil bu laj sta ta ilel, bak'intik xtoke ja' ta xich'be ta muk' sbi xchi'iltak ta bijil vinikalil o me mo'oje ja' ta xich' stsakbe ta muk' k'u x-elan stalelal jun lume, pe k'uuk x-ela ti ta spase, jech lek ta sk'el stuk'ulan ta sa'bel sbi ti jun ach' chonbolom bu ta staan ta ilele.

Jbel cha'bel k'opetik tunesbil ta vun: pepino de mar, estrella de mar, ofiura, fósil, jpaxal ta yutil nabetik.

Fuego en el mar

Los equinodermos se encuentran entre los animales más atrayentes de los océanos. Su nombre, del griego *echinos* "espina" y *dermatos* "piel", alude a su característica distintiva: las espinas que cubren su piel. Son seres únicos en el reino animal por su simetría radial pentagonal; poseen colores llamativos y formas muy variadas; en su etapa adulta habitan el fondo marino y tienen movilidad restringida. Entre ellos se cuentan las estrellas, lirios y pepinos de mar, además de las ofiuras y los erizos.

El doctor Francisco A. Solís Marín es un taxónomo y especialista en el estudio de los equinodermos, y también es un apasionado explorador de los océanos. Cuando se adentra en el mar, bucea con tal ligereza que pareciera ser uno más de sus habitantes. Solo el hambre, el cansancio o el frío le hacen recordar que en realidad él es un ser terrestre. Entre los equinodermos, los pepinos de mar son sus favoritos.

En una ocasión, cuando buceaba en las costas de Zihuatanejo, Guerrero, sorteando olas y nadando entre rocas, recovecos e indiscretos peces, vislumbró a lo lejos una pequeña flama roja e incandescente. ¿Fuego en el mar? —se preguntó—. Atrá-

do por ella, el científico nadó a su encuentro. Al llegar, se percató de que se trataba de un pequeño animal de unos 10 centímetros de color rojo intenso, baboso y forma alargada, con un penacho de colores cálidos en uno de sus extremos. El penacho, que en realidad era una serie de tentáculos, se movía serpenteante buscando comida y se retraía ante estímulos adversos. Nuestro explorador quedó maravillado. Estaba ante una nueva especie de pepino de mar del género *Cucumaria*, a la que bautizó como *C. flamma*. Fue la primera especie que describió, una flama ardiente que lleva en su corazón.

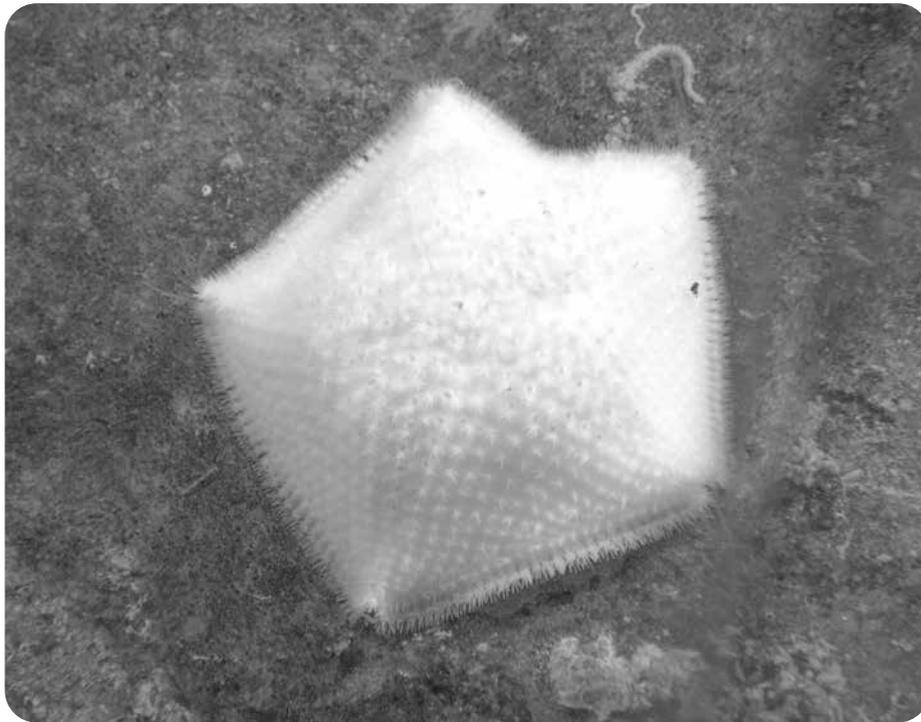
Un día, el doctor Solís recibió la llamada de un buzo espeleólogo de Cozumel, quien se había percatado de la presencia de unos animales pálidos, muy parecidos a estrellas de mar, pero en las cavernas de la isla. ¿Se trataba realmente de estrellas de mar? Hasta entonces, estos equinodermos solo eran conocidos para aguas abiertas. De inmediato viajó a Cozumel.

A sabiendas de la hostilidad del ambiente, él y otros buzos experimentados emprendieron la expedición subterránea. Las cavernas son frías, oscuras, estrechas, con formaciones calcáreas que semejan espinas punzantes en pisos y techos. Pero



Pepino de mar *Cucumaria flamma*.

YURI HOOKER



Estrella de mar del género *Asterinide*, aun sin nombre específico, de las cuevas anquihalinas de Cozumel.

la mayor dificultad es reconocer el camino de regreso a la superficie, pues hay innumerables sendas y conexiones que forman un complejo laberinto, silencioso y lleno de agua. Nada de eso le impidió hacer las recolectas de los animales recién descubiertos. Ya en el exterior y luego de examinarlos con detalle, se determinó que efectivamente se trataba de una estrella de mar del género *Copidaster*, la cual, con el curso de los años y los procesos evolutivos asociados a un hábitat en completa oscuridad, había perdido el color: era más pálida que su congénere marina del Atlántico *C. lymani*. ¿Cómo llamarla? Quizá debía aludir a su tenue color o a su hábitat. Tras cavilar sobre el asunto, el taxónomo encontró que el mejor nombre para esta nueva especie era *C. cavernicola*.

Pepinos de mar, diablillos y dinosaurios

Hay dos sitios en Michoacán que embelesan al doctor Solís. Uno es el poblado de Ocumicho, Michoacán, cuya artesanía resulta una atracción especial. Los artesanos elaboran diablillos de barro que representan la vida cotidiana del pueblo: el diablo va al mercado, anda en bicicleta o se divierte

con los amigos, es uno más de los pueblerinos. En su casa y oficina tiene varios de esos diablillos, e incluso viaja con ellos en sus estancias académicas.



Pepino de mar *Massinium ocumichoensis* y diablito de Ocumicho.

La playa del Faro de Bucerías es su preferida, pues allí realizó su primer buceo cuando era un joven y, algunos años después, encontró en ese lugar una nueva especie de pepino de mar del género *Massinium*. Con este hallazgo, él sabía que debía honrar a su querido Michoacán, pero las alternativas eran muchas. Sentado en su escritorio elaborando la descripción de la nueva especie, se percató de la gran semejanza del pepino con uno de sus diablillos: ambos tenían forma de huso con un prominente abultamiento en la parte central y los tentáculos del pepino se parecían al alocado peinado del diablillo. No hubo más dudas y el pepino fue nombrado *M. ocumichoensis*. Con ello, el doctor supo inmortalizar las tradiciones de Ocumicho, aunado a los recuerdos de su juventud.

Las exploraciones acuáticas del científico también se han realizado sobre tierra. ¿Cómo es eso? El valle de Tepexi, lugar semiárido al sur de Puebla y actualmente cubierto de cactáceas, otrora estuvo anegado por aguas marinas; hace 100 millones de



años era una laguna arrecifal dominada por invertebrados marinos, a cuyas playas llegaban los reptiles alados a retozar. Pero al paso del tiempo, el valle se secó, la fauna se extinguió y solo los fósiles quedaron como huellas de aquel remoto pasado. Los paleontólogos intentan reconstruir el ancestral ambiente uniendo cada registro fósil en un enorme rompecabezas. Francisco y sus colegas también tratan de colocar las piezas dentro de la gran acuarela del Cretácico, periodo de la historia geológica de la tierra caracterizado por su clima cálido y dominancia de dinosaurios.

Examinando registros fósiles, los científicos descubrieron dos nuevos géneros y especies de pepinos de mar. El primero, nombrado *Paleopentacta*, hace referencia a su origen antiguo y a su semejanza con el ya conocido *Pentacta*; la especie asociada al género nuevo se denominó *P. alencasterae*. El segundo fue llamado *Parapsolus*, del latín *para*, "parecido", el cual es semejante al actual *Psolus*, y la especie asociada recibió el nombre de *P. tlayuensis*, por el sitio de recolecta, la cantera de Tlayúa. En la actualidad, los cactus columnares que dominan la vegetación del valle de Tepexi son como fieles centinelas de la historia de un lejano pasado.

Taxonomía como homenaje

En el mar, nuestro experto en equinodermos también ha sondeado los fondos oceánicos como tripulante científico de batiscafos, unos vehículos pequeños parecidos a los submarinos. Sumergirse en batiscafo a grandes profundidades es como dejar caer un grano de arroz en un gigantesco tanque de agua. El vehículo poco a poco se hunde, la luz solar se extingue y aparece un mundo nuevo, silencioso, con ocasionales destellos fosforescentes y ataviado por miles de efímeras burbujas. Francisco y su amiga Vivianne tuvieron la oportunidad de explorar las montañas submarinas del golfo de California. El paisaje era inigualable, grandes tapetes microbianos de colores, extraños animales y de repente ¡bum!, millones de



BLANCA BUITRÓN

Pepino de mar fósil sin nombre del valle de Tepexi, Puebla.

caóticas y diminutas estrellas fugaces, microscópicos huevos de invertebrados que chispeaban con la luz del batiscafo.

Tras la exitosa exploración y rumbo a la superficie, el piloto de la nave indicó que aún disponían de algunos minutos para seguir con la travesía. Entonces, él propuso examinar el otro lado de las montañas, en tanto que ella opinó que dirigirse hacia unos inhóspitos montes de arena sería mejor. Tras una breve disputa, el taxónomo accedió tomar el rumbo planteado por su colega. En el sitio, el brazo mecánico del batiscafo atrapó lo único que podía ser atrapable en ese "desértico" lugar, una maraña de cosas, plantas o animales muertos quizás. En superficie, el científico examinó la muestra y dentro de ella encontró una extraña ofiura ¡una especie nueva! Esta ofiura aún aguarda en el laboratorio para ser descrita y bautizada. ¿A qué hacer alusión para nombrarla?, ¿al inhóspito hábitat?, ¿a su amiga Vivianne?

En el curso de su vida académica, el doctor Solís ha tenido excelentes y entrañables colegas. Ha querido immortalizar el trabajo de estos investigadores dedicándoles nuevas especies. A las paleontólogas Gloria Alencaster y Blanca Buitrón les brindó el pepino fósil *Paleopentacta alencasterae* y la ofiura *Ophiolepis buitronae*; a los biólogos marinos Elena Caso y Alfredo Laguarda, ofrendó los pepinos *Holothuria casoae* y *Synallactes laguardai*. Es el mejor homenaje a los artífices del conocimiento de los mares antiguos y modernos de México.

La denominación de especies nuevas implica apegarse a las normas taxonómicas, como el Código Internacional de Nomenclatura Zoológica. Los nombres deben estar latinizados (sin tildes, eñes o diéresis), no haber sido usados anteriormente, estar respaldados por una publicación científica con la descripción del animal, y los ejemplares revisados deben depositarse en la colección de un museo o centro de investigación. Casi siempre, el nombre asignado alude a tres aspectos: 1) una característica propia de la especie, por ejemplo, *Ophioneuris brevispinus*, una ofiura de espinas cortas; 2) una persona a quien se le dedica; si se trata de una mujer, el nombre debe terminar en "ae", como en *O. buitronae*, y si es hombre, en "i", *S. laguardai*; 3) un lugar, la terminación debe ser "us" o "ensis", por ejemplo, *P. tlayuensis*. Más allá de estas normas, el científico indudablemente se guía por su sensibilidad, recuerdos, empatía y reconocimiento a sus colegas.

En el laboratorio de Francisco Solís esperan muchas especies a ser descritas y nombradas, pero en las cavernas, depósitos fósiles y mares profundos y someros, existen con certeza decenas de criaturas enigmáticas y asombrosas que aguardan ser descubiertas y bautizadas por él, avivado por la *flamma* de su corazón. 

Laura Sanvicente-Añorve es investigadora en la Universidad Nacional Autónoma de México (México) | sanvi@cmarl.unam.mx | <https://orcid.org/0000-0002-0951-4564>



Corazón y mente clara

en la traducción a lenguas originarias

Laura López Argoytia

Este texto es un sencillo reconocimiento a Eduardo Gómez, quien fuera traductor al tsotsil en Ecofronteras, con un trabajo que respalda sus años de experiencia como docente, traductor y promotor cultural.

Maayat'aan (maya): Puksi'ik'al yéetel sáasil tuukul ich u meyajil k'exts'íibil t'aan ich máasewal t'aano'ob

Le ts'íiba' jump'éeel chan ch'íimpoolal ti' Eduardo Gómez, máax tu meent u k'exts'íibil t'aanil wáaj traductor tsotsil ti' Ecofronteras, yéetel u meyaje' tu ye'esaj le buka'aj ja'abo'ob meyajnaj je'ex ajka'ansaj, ajk'exts'íibil t'aan yéetel ajts'áaj k'ajóobil u miatsil.

Bats'i k'op (tsotsil): Jamal chajal sjol yo'onil ta sjelubtasel ts'ib ta bats'i k'opetike

Ti li' sts'ibe ja' jun sna'obil spasel yabtel Eduardo Gómez, ja' to'ox jelubtasej ts'ib ta bats'i k'op yu'un Ecofronteras, ja' te laj yak' ta ilel slekil spasel yabtel ti k'u yepal xchanojbe lek sjam smelolal ta chanubtasvanejal, ta jelubtasej k'op xchi'uk jpuk jtaniel talel kuxlejajil.

A inicios de septiembre de 2024 recibimos la noticia del fallecimiento de Eduardo Gómez Gómez, docente, traductor y promotor cultural, quien se había integrado al equipo de *Ecofronteras* cuatro años atrás como traductor al tsotsil, enriqueciendo nuestra revista con sus valiosos aportes.

En 2020 planificamos la inclusión de las lenguas tsotsil y maya yucateco en esta publicación por ser dos idiomas con un número importante de hablantes en los estados donde El Colegio de la Frontera Sur (ECO-SUR) tiene presencia (Campeche, Chiapas, Quintana Roo y Tabasco). Buscábamos reconocer las lenguas de los pueblos originarios, impulsando avances respecto a lo que, sin duda, es un derecho lingüístico.

Advirtiendo la importancia de fomentar el uso de los idiomas en su vertiente escrita, nos dimos a la tarea de encontrar traductoras o traductores que consideraran en su trabajo los procesos de normalización de las lenguas mayenses (identificación de rasgos comunes y estandarización de alfabeto y ortografía), y así fue como contactamos a Eduardo Gómez y Karina Puc para que se integraran como traductores al tsotsil y el maya, respectivamente.

Aunque no contamos con artículos enteros en esas lenguas, están presentes tanto en los textos de la página web de la revista, como en títulos, resúmenes y palabras clave de los artículos; queda pendiente incorporarlas en su vertiente oral en el esquema de *Ecofronteras*, como bien consignaron Eduardo y Karina al participar en la presentación del número 72 de esta publicación, el 15 de julio de 2021.¹

¹ La presentación se puede consultar en: <https://urlc.net/OhKI>



En aquel evento, Eduardo Gómez afirmó con contundencia que traducir del español al tsotsil no se trataba de solo trasladar palabras de una lengua a otra, sino de tener “corazón y mente clara” para analizar cómo se dice algo en español y cómo se expresaría en la lengua indígena, considerando un contexto muy amplio que exige sensibilidad y conocimiento de ambas culturas con estructuras del todo diferentes.

Se trata de “una cuestión histórica, una cuestión de atrevimiento, una cuestión de romper paradigmas, pues al trasladar un pensamiento hacia otro tipo de lógica de pensamiento, la traducción se vuelve un arte”.

Acertadamente destacó entonces los Acuerdos de San Andrés Larráinzar sobre derechos y cultura indígena como un momento clave en los procesos de traducción a lenguas originarias. Después del levantamiento zapatista en Chiapas en 1994, aquel documento recogía una serie de compromisos por parte del Estado mexicano, y se tradujo a diversas lenguas indígenas. Fue un reto mayor interpretar términos del español, abordando cómo podrían decirse desde la lógica de pensamiento de cada pueblo. Son procesos, en palabras de Eduardo, “que nos invitan a pensar más allá del con-

texto, de la terminología... Pensarse uno mismo, desde dónde hago la traducción y para qué hago la traducción”.

Resulta muy enriquecedor volver a escuchar su palabra en aquella presentación de *Ecofronteras*, donde nos compartió la complejidad de traducir conceptos que originalmente no existían en su lengua, lo que implica crear neologismos con mucha responsabilidad. Se pasa así por el camino de repensar la propia cultura y resignificar conocimientos. Por ejemplo, términos ligados a la conservación de recursos naturales resuenan en el cuidado y respeto hacia los diversos elementos del medio ambiente como una forma de relacionarse que todavía pervive en las culturas indígenas. “Al hablar de nuestra lengua originaria estamos guardando aquello que hay que resignificar: conocimientos, cómo ver e interpretar el mundo; pero necesitamos revitalizar esos pensamientos”.

Sirva este texto para reconocer no solo el trabajo de Eduardo Gómez en *Ecofronteras*, sino de todas las personas dedicadas al arte de la traducción. 

Laura López Argyotia es técnica académica de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal (México) | llopez@ecosur.mx | <https://orcid.org/0000-0002-3314-1112>

Recomendaciones editoriales de Ecofronteras

Las personas interesadas en escribir para esta revista deben proponer artículos inéditos, que aborden temas de pertinencia social relacionados con salud, dinámicas poblacionales, procesos culturales, conservación de la biodiversidad, agricultura, manejo de recursos naturales y otros rubros vinculados a contextos de la frontera sur de México y orientados a la sustentabilidad. Si el contexto es otra zona geográfica, tiene que tratarse de manera comparativa o con alguna liga a la frontera sur. No se aceptarán reportes de investigación ni informes de trabajo. Cada texto estará a cargo de una a tres personas coautoras (cuatro en casos justificados).

Estilo

- ▶ Las temáticas deben plantearse de manera atractiva para nuestras lectoras y lectores, personas de ámbitos muy diversos, por lo que es necesario considerar el nivel de información que se va a utilizar.
- ▶ El lenguaje tiene que ser ágil, claro y de fácil comprensión para públicos no especializados, así que los términos técnicos se explicarán con sencillez.
- ▶ El tratamiento debe ser de divulgación, no académico. Pueden contarse anécdotas personales, usar metáforas o analogías y cualquier recurso estilístico que acerque al público. Conviene que autoras y autores se planteen lo siguiente: "Si yo no fuera especialista en este tema, ¿por qué me interesaría leer un artículo al respecto?"
- ▶ Para una mejor asimilación del contenido, es pertinente narrar los procesos que llevaron a los resultados o reflexiones que se plantean.
- ▶ El título debe ser sugestivo y conciso para llamar la atención.
- ▶ El primer párrafo es muy importante para que las personas sigan leyendo: una entrada interesante, que en lo posible haga referencia a vivencias o a cuestiones que los lectores puedan reconocer.
- ▶ Las citas bibliográficas deben ser las estrictamente necesarias; en lo posible, deben incorporarse al texto, por ejemplo: El sociólogo alemán Nicolás Kravsky, en un estudio realizado en 2010, asegura que...

Formato

- ▶ La extensión del artículo debe ser de entre cuatro y cinco cuartillas, escritas a espacio y medio (1.5) en tipo Arial 12 (aproximadamente 9,500 caracteres con espacios incluidos). No utilizar sangrías, tabuladores ni dar ningún tipo de formato al manuscrito: no justificar la mancha del texto, no centrar títulos ni subtítulos, no aumentar los espacios entre párrafos.
- ▶ Si se incluyen gráficas o figuras, deben servir para clarificar el contenido; si son de mayor especialización, es preferible omitirlas. Deben anexarse en archivo independiente, con buena resolución, textos en español e indicando la fuente.
- ▶ Procurar dividir el texto con subtítulos.
- ▶ Pueden incluirse recuadros que expliquen aspectos técnicos o complementarios.
- ▶ Se debe brindar material fotográfico si se cuenta con él. Entregarlo en archivo aparte, de preferencia en formato JPEG con resolución de 300 dpi, con el debido crédito autoral.
- ▶ Añadir una nota con información de todas las personas autoras, cada una en un párrafo independiente y con estos datos: categoría académica o puesto; institución de adscripción en primer nivel, junto con la unidad o sede regional de ser el caso; ciudad y país; correo electrónico, y ORCID, en caso de contar con él. Si hay estudiantes en las autorías, incluir el nombre de su programa. Preferir el siguiente acomodo para los datos: Angela Rodríguez Magallanes es investigadora de El Colegio de la Frontera sur, Unidad Campeche (México) | arodriguezmag@ecosur.mx | <https://orcid.org/0000-0001-2345-6789>.
- ▶ Incluir de tres a cinco "palabras clave". No deben formarse por más de tres términos. Ejemplo válido: recursos naturales; frontera sur. Ejemplo no válido: recursos naturales de la frontera sur.
- ▶ Al final del manuscrito se debe incorporar una bibliografía de tres referencias relevantes para el texto, aunque no necesariamente deben haberse citado.

Proceso general

- ▶ Pedimos a las personas colaboradoras que envíen su manuscrito a la cuenta articulos.ecofronteras@ecosur.mx. Se les dará acuse de recibido y el texto iniciará el proceso de evaluación.
- ▶ Las colaboraciones aceptadas se programan en alguno de los siguientes números; *no hay compromiso de publicación inmediata*. El equipo editorial se encarga de la revisión y corrección de estilo, y solicita a autoras y autores los cambios necesarios, complementos de información y visto bueno a la versión final en procesador de textos. Posteriormente sigue la fase de diseño, diagramación y última corrección.
- ▶ El Colegio de la Frontera Sur (instancia editora de Ecofronteras) requiere por parte de autoras y autores una carta de declaración de originalidad y cesión de derechos para fines de divulgación.

La distribución de la revista es gratuita. Se pueden solicitar ejemplares a ecofronteras@ecosur.mx.

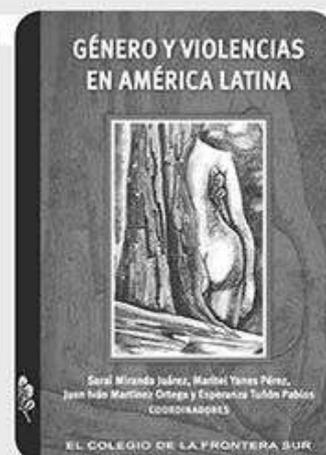
Ecofronteras digital: <http://revistas.ecosur.mx/ecofronteras>



Género y violencias en América Latina

Sarai Miranda Juárez, Maritel Yanes Pérez, Juan Iván Martínez Ortega, Esperanza Tuñón Pablos

Esta obra reúne textos que dan cuenta de cómo el género intersectado con otros marcadores sociales acentúa las violencias y desigualdades contra las mujeres indígenas, jóvenes y de distintas clases sociales. Es un libro que analiza temáticas pertinentes como la pandemia por covid-19, las personas desaparecidas, los procesos históricos de participación laboral en diferentes países de América Latina y las violencias que las mujeres enfrentan en estos ámbitos.



Reconfiguraciones educativas en Chiapas, México. Apuestas y experiencias transformativas desde una sociedad civil articulada

Charles S. Keck y Martha Vázquez Sánchez

Esta obra refleja el deseo de difundir las labores educativas que se emprenden en Chiapas, las cuales se materializan como posicionamientos y prácticas que cuestionan lo dominante-tradicional en educación. También refleja el deseo de "tirar línea" e incluir ámbitos diversos de la sociedad en las discusiones y tomas de decisión en torno a ese fundamental tema. La expectativa es que esta edición circule a fin de que pueda contribuir a la conversación polivocal que se genera alrededor de la educación, sobre todo en cuanto a las posibilidades de transformarla y tener prácticas "otras".



EL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR es un centro público de investigación científica, que busca contribuir al desarrollo sustentable de la frontera sur de México, Centroamérica y el Caribe a través de la generación de conocimientos, la formación de recursos humanos y la vinculación desde las ciencias sociales y naturales.

Campeche
Av. Rancho Polígono 2-A
Ciudad Industrial Lerma - C. P. 24500
Campeche, Campeche - Tel. 981.127.3720

Chetumal
Av. Centenario km 5.5 - C. P. 77014
Chetumal, Quintana Roo - Tel. 983.835.0440

San Cristóbal
Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n
Barrio María Auxiliadora - C. P. 29290
San Cristóbal de Las Casas, Chiapas - Tel. 967.674.9000

Tapachula
Carretera Antigua Aeropuerto km 2.5 - C. P. 30700
Tapachula, Chiapas - Tel. 962.628.9800

Villahermosa
Carretera Villahermosa a Reforma km 15.5
Ranchería Guinea 2ª sección - C. P. 86280
Municipio de Centro, Tabasco - Tel. 993.313.6110

www.ecosur.mx

