

# ECOFRONTERAS

ISSN 2007-4549

Revista cuatrimestral de divulgación de la ciencia · ECOSUR · vol. 27 · N° 78 · mayo/agosto 2023

Leyendo el Sur:  
Educación, innovación  
y pandemia

## Naturaleza: ¿Ser hábil es mejor que ser fuerte?

Manglares como sumideros de carbono ante el cambio climático.  
Conversación con Cristian Tovilla Hernández



Antonio Saldivar Moreno

Director General

Alma Beatriz Grajeda Jiménez

Coordinadora General de Vinculación e Innovación

Laura López Argyotia

Dirección editorial

Rina Pellizzari Raddatz

Diseño, ilustración de portada y diagramación interior

Carla Quiroga Carapia

Edición técnica

Esthefania Munguía Sánchez

Laura Rubio Delgado

Asistencia editorial

Martha Duhne Backhaus

Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A.C.

Rocío Ledesma Saucedo

Instituto Politécnico Nacional (revista *Conversus*)

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 Schmoock (ECOSUR Chetumal)

Lislie Solís (ECOSUR Tapachula)

Consejo Editorial

Corrección de estilo: Julio Roldán.

Traducción: Karina Puc (maya) y Eduardo Gómez (tsotsil).

Fondo para diseño de portada: Pxfuel. Distribución general: El Colegio de la Frontera Sur (Esthefania Munguía). **Ecofronteras**, Vol. 27, Número 78, mayo-agosto de 2023, es una publicación cuatrimestral de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), con domicilio en Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n, Barrio de María Auxiliadora, C.P. 29290, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, Teléfono: 967.674.9000. [www.ecosur.mx](http://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 Argyotia.

Publicación impresa por Editorial Fray Bartolomé de Las Casas, Pedro Moreno 7, Barrio de Santa Lucía, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. Tel. 967.678.0564. Este número se terminó de imprimir el 30 de abril de 2023, con un tiraje de 1,000 ejemplares.

El contenido de los artículos es responsabilidad de autoras y autores. La adecuación de materiales, títulos, subtítulos 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](mailto:llopez@ecosur.mx)

Ecofronteras pertenece al Índice de Revistas Mexicanas 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](http://www.ecosur.mx)

# CONTENIDO

## Editorial

Lislie Solís Montero

## ARTÍCULOS DEL POZO

### Espinas, hormigas y biodiversidad

Alfredo Castillo-Vera y Lislie Solís Montero

### Feromonas frente al espejo: quiralidad y manejo de artrópodos

María Gabriela Ballinas López, Leopoldo Cruz López y David Alavez Rosas

### La misión de los parásitos en nuestro planeta

Juan Manuel Osuna-Cabanillas y Francisco Neptalí Morales-Serna

### Roedores: los grandes olvidados del Neotrópico mexicano

Gloria Tapia-Ramírez, Consuelo Lorenzo, Itandehui Hernández-Aguilar y Jesús R. Hernández-Montero

## ARTÍCULOS APUERTAS ABIERTAS

### El oxígeno en el agua lo cambia todo

Patricia M. Valdespino, Jorge A. Ramírez-Zierold, Oscar Gerardo-Nieto y Martín Merino-Ibarra

### El borrego Chiapas en la cultura chamula

Juan Carlos Martínez-Alfaro

## LEYENDO ELSUR

### Educación, innovación y pandemia

## ENTREVISTA

### Manglares como sumideros de carbono ante el cambio climático. Conversación con Cristian Tovilla Hernández

Elena Anajanci Burguete Zúñiga

## DELITERATURA Y OTROS ASUNTOS

### Obituario. Dr. Jaime Gómez Ruiz (1961-2021)

Juan F. Barrera, Francisco Infante y Alfredo Castillo



1

2

7

12

17

22

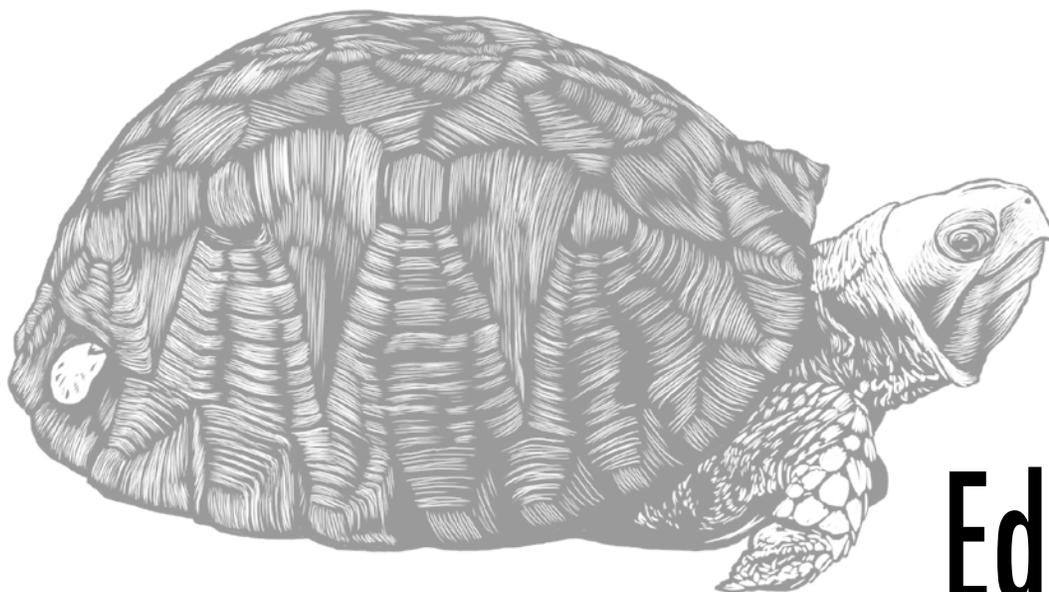
28

32

34

38

ILUSTRACIÓN: RINA PELIZZARI



# Editorial

**T**odos los organismos vivos en la Tierra han desarrollado distintas estrategias para comunicarse, reproducirse y garantizar con éxito su supervivencia en la naturaleza. En ocasiones, la habilidad puede ser más efectiva que la fuerza... La sección Artículos del Pozo de esta *Ecofronteras* nos ofrece fascinantes ejemplos al respecto; veremos desde las tácticas de diminutos parásitos e insectos hasta las que ponen en práctica los roedores. Los protagonistas son poco conocidos y apenas valorados, pese a su gran importancia en el funcionamiento de los ecosistemas.

Para empezar, en “Espinass, hormigas y biodiversidad” se nos relata cómo las espinas en las plantas sirven para maximizar el aprovechamiento del agua en condiciones de sequía, pero también cómo las hormigas mantienen con las plantas una interacción fascinante y mutuamente provechosa. Las hormigas obtienen néctar y refugio en las espinas y a cambio defienden a las plantas de los herbívoros.

Un asunto aparte son los artrópodos que han perfeccionado su olfato para comunicarse entre ellos y con su entorno; en “Feromonas frente al espejo: quilaridad y manejo de artrópodos” se nos cuenta acer-

ca de la comunicación entre individuos de la misma especie y cómo podríamos aprovechar las feromonas quirales para el manejo de artrópodos plagas y benéficos.

Otro ejemplo increíble son los minúsculos organismos del texto “La misión de los parásitos en nuestro planeta”. Los parásitos pueden sobrevivir y reproducirse porque lo hacen a costa de otros organismos (hospederos) de las formas más insospechadas. Han desarrollado adaptaciones morfológicas y fisiológicas que aseguran su reproducción, y el papel que tienen para controlar la sobreproducción de especies en los ecosistemas es primordial.

El artículo “Roedores: los grandes olvidados del Neotrópico mexicano” nos ayuda a construir una mirada mucho más real acerca de dicho grupo de animales, haciéndonos caer en cuenta de que son fundamentales para la conservación de los ecosistemas, en gran parte debido a que son eficientes dispersores de semillas. Estos pequeños mamíferos habitan en sitios amenazados por la urbanización y la agricultura; pero su respuesta ha sido adaptarse para sobrevivir en sitios alterados e incluso algunos se han visto favorecidos ante ello.

En la sección Artículos a Puertas Abiertas, se aborda cuáles son las consecuencias de la falta de oxígeno en los ambientes acuáticos, con los efectos sobre los ciclos de vida de sus habitantes, así como la invasión de especies oportunistas y el deterioro de la calidad del agua. Además entenderemos la estrecha relación que guardan las mujeres chamulas con sus borregos y cómo la adaptación de estos ovinos ha dado origen a una nueva raza de estos animales en los Altos de Chiapas.

En nuestras recomendaciones de libros presentamos *Enseñanza superior en tiempos de pandemia*, un texto que analiza las estrategias que las instituciones de educación superior implementaron y los retos a los que se enfrentaron a raíz de la pandemia de covid-19. En la sección de entrevistas, el doctor Cristian Tovilla nos habla sobre los ecosistemas que se forman en los manglares y de qué forma se convierten en invaluable aliados para amortiguar los efectos del cambio climático. Finalmente ofrecemos también un homenaje a nuestro compañero entomólogo Jaime Gómez a dos años de su partida.

Lislie Solís-Montero, El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula.

# Espinas, hormigas

HUMBERTO BAHENA

## y biodiversidad

Alfredo Castillo-Vera y Lislie Solís Montero

*Resumen. Las espinas han inspirado a poetas y compositores que las asocian con experiencias emocionalmente dolorosas. La analogía se entiende considerando la sensación al pincharnos con ellas por accidente, pero hay mucho más: son una eficaz adaptación de las plantas al medioambiente para conservar humedad, algo claro con los cactus, en los que además constituyen una barrera defensiva frente a los animales herbívoros. Estas protuberancias puntiagudas son una respuesta evolutiva tan sofisticada como oportuna, sobre todo al propiciar sorprendentes interacciones de beneficio mutuo entre plantas y hormigas; para las acacias se han documentado interesantes ejemplos del intercambio de protección por alimento.*

**Palabras clave:** mutualismo, interacciones bióticas, estrategias defensivas, defensas vegetales, *Vachellia*.

### Maayat'aan (maya): K'i'ixo'ob, siiniko'ob yéetel tuláakal kuxtaliil yóok'olkaab

Yaan aj iik't'aano'ob yéetel aj ts'íib k'aayo'ob ku ts'íibo'ob yóok'olal k'i'ixo'ob tumen ku keetiko'ob yéetel súutukil ya-yaaj óolal. Kek na'atik ba'axten ku keeta'al yéetel, tumen yaaj wa kek téek jup'ikekbáaj yéetelo'ob, ba'ale' ya'ab u jeel ba'alo'ob yaan: jump'éeel bix u kexpajal paak'alo'ob uti'al u yutsil yantal tu'ux kuxa'an tumen yéetel ku kanáantik ma' u xu'upul ja' ti', je'elbix u meentik le paak'al k'ajóola'an beey cactus, leti' áantik xan u tokikubáaj uti'al ma' u janta'al tumen ba'alche'ob janak'áaxo'ob. Le puputs'kil ba'alo'oba' leti' bix úuch u k'expajal uti'al ma' u ch'ejel, ku yáantaj uti'al u kuxtal, tumen jach jak'a'an óolil bix u paklan kuxtalo'ob yéetel u yáantikuba'ob paak'alo'ob yéetel siiniko'ob; je'elbix u meentik subin che', k'ajóola'an bix u paklan k'exiko'ob kanáanil yéetel o'och.

**Áantaj t'aano'ob:** paklan áantaj, interacciones bióticas, bix u kanáantikubáaj, k'expajal paak'al, *Vachellia*.

### Bats'i k'op (tsotsil): Ch'ixetik, xinich'etik xchi'uk k'u yepalil k'usitik kuxajtik ta banamil

Li ch'ixetike ja' slikeb snopel sventa sts'íbael nichimal k'op o k'ejimoletik yu'un li jtsibajometike, yu'un ja' ta sko'oltasik xch'iuk k'usitik k'ux ka'iojtk ta jkuxlejtike. Yu'un ja' ta sjulubtas ta jolil li k'usitik k'ux ka'iojtk ta jkuxlejtik k'alaluk mi lijla'j ta ch'ixe, oy yantik ya'yejal: Li vomoletik oy xch'ixale xu' buuk no'ox ta xch'i yu'un ja' oy ya'lel stuk, jech k'ucha'al ste'elal li petoke, li xch'ixale ja' ta smak mu xla'j ta chonbolometik slajesik yaxaltik. Li xch'ixal ts'íleletik taje tey nakastal la stsaktal yip, ja' jech lek nitil tsakal xkuxlej xchi'uk li xinich'e; li ts'íleletike tey xa lok'em svunal ti ta komon xcha-bi sbaike.

**Jbel cha'bel k'op oy ta vun:** mutualismo, interacciones bióticas, smelolal k'uxi ta spoj sbaik, k'uxi ta spoj sba li vomoletike, *Vachellia*.

La palabra espina se aplica a estructuras presentes tanto en diversos grupos de plantas como de animales, entre estos, los erizos terrestres y marinos, algunos lagartos o numerosos arácnidos; sin embargo, la denominación común de estas estructuras responde tan solo a su apariencia puntiaguda, ya que las espinas no poseen un origen o funcionalidad común.

En este artículo nos enfocaremos a las espinas del reino vegetal. Para ejemplificar lo importantes y poderosas que pueden ser, recordemos la antigua fábula de Androcles y el león, en la cual el esclavo Androcles le sacó a la peligrosa fiera una espina atorada en su garra que le hacía demasiado daño; el león pudo incluso morir desangrado ¡a causa de una espina! Así que su agradecimiento hacia aquel hombre fue tal, que cuando se reencontraron dentro de la arena del Coliseo romano, en lugar de atacarlo y devorarlo, se le abalanzó para lamerlo con gratitud.

### Las espinas en las plantas

Las espinas son estructuras rígidas y puntiagudas que forman parte de algunas especies de plantas. Sin embargo, no todas esas prominencias en forma de aguja son

espinas en sentido estricto, por ejemplo, en las rosas y la ceiba (figura 1) se denominan aguijones porque se originan en el tejido epidérmico (piel) de estas plantas y son relativamente fáciles de desprender.

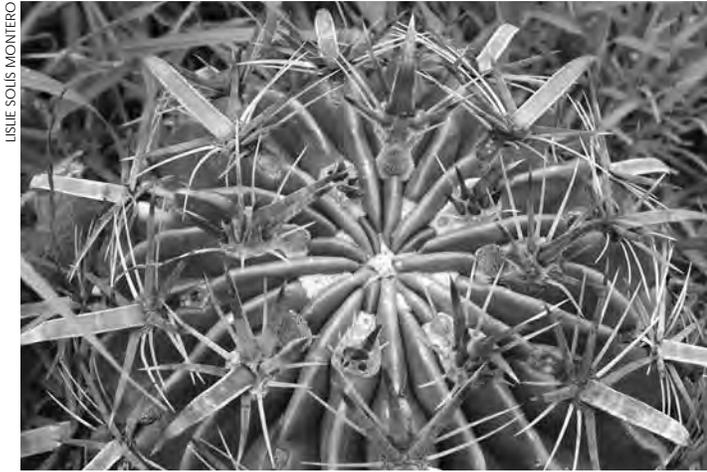
En la ceiba, los aguijones no son constantes durante su crecimiento, es decir, son más abundantes y prominentes en los árboles jóvenes, y se vuelven escasos y pequeños conforme el árbol crece. En contraste, las espinas son estructuras permanentes y rígidas que no resulta sencillo remover porque se forman de tejido vascular, el cual contiene los conductos que transportan savia elaborada con agua y nutrientes por toda la planta.

Para acercarnos a una definición de las espinas, podemos decir que son hojas, tallos y raíces (o parte de estas) que se han modificado y se forman principalmente del tejido leñoso: el responsable del transporte de nutrientes. Si derivan de los tallos, se les llama caulinares, y son foliares si se originan de las hojas (figura 2). Cuando provienen de las raíces se nombran radicales; son poco frecuentes y surgen debido al endurecimiento de la raíz, que tiene que ser de un tipo específico con nódulos radiculares o radicales.

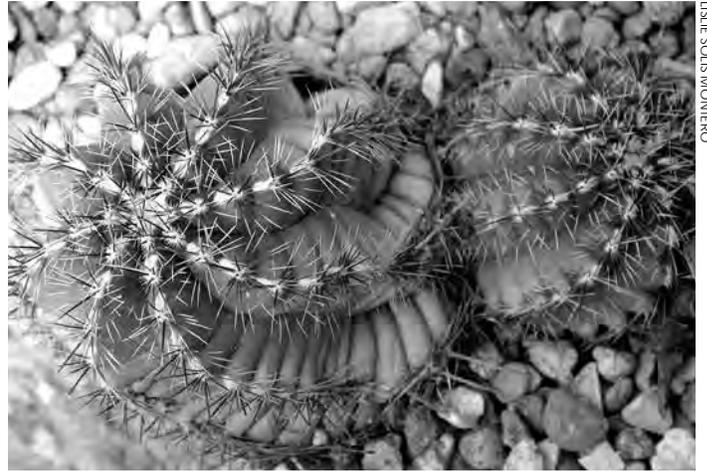
Un aspecto de tremenda importancia de las espinas es que constituyen una estrategia de sobrevivencia en plantas que viven bajo condiciones climáticas extremas. Muchas plantas las han desarrollado, pero hay grupos particularmente importantes, como los cactus, que con más de dos mil especies han evolucionado sus hojas en espinas como adaptación a las condiciones de sequía (figura 1). La mayoría pueden vivir en regiones áridas y semiáridas justamente por su capacidad para reducir la pérdida de humedad, esto se debe a que las espinas carecen de estomas o células que regulan la transpiración y ayudan a conservar el agua.

Por otra parte, las espinas son también la primera línea de defensa en el reino vegetal, pues buscan disuadir a los animales que quieren consumirlas, en especial los herbívoros de gran tamaño, como vacas y cabras, o bien, pequeños insectos, que incluyen orugas y escarabajos defoliadores. Como las plantas no pueden huir de los ataques utilizan estas estructuras para defenderse y detener el desplazamiento de ciertas especies de orugas.

En el mismo sentido, una estrategia sorprendente es la interacción de las plan-



LISIE SOLIS MONTERO



LISIE SOLIS MONTERO



LISIE SOLIS MONTERO



LISIE SOLIS MONTERO

Figura 1. Espinas de cactáceas (parte superior) versus agujones de rosa (parte inferior izquierda) y ceiba (derecha).



LISIE SOLIS MONTERO



LISIE SOLIS MONTERO

Figura 2. Espinas caulinares (izquierda) y foliares (derecha).

tas con las hormigas! Estos pequeños insectos se convierten en sus guardaespaldas y las espinas son parte del intercambio de servicios, ya que poseen glándulas productoras de un néctar muy atractivo para las hormigas. Algunos cactus poseen

estructuras especializadas para producir néctar no floral (extrafloral) a través de pequeñas hojas situadas en la base de sus espinas, tal como son descritas por el científico James D. Mauseth y sus colaboradores (2016); o eventualmente son espinas

poco visibles. De esta forma, cuando los animales herbívoros intentan comerse las plantas, son desalentados por las hormigas que andan por ahí alimentándose del néctar producido por las espinas.

## Las hormigas guardianas

Aunque la vegetación con espinas es más frecuente en regiones áridas y semiáridas, como desiertos y matorrales, también se les encuentra en las tropicales y subtropicales, como selvas y bosques. *Euphorbia milii* (corona de Cristo) es un ejemplo; esta planta ornamental, originaria de Madagascar, abunda en barrancos, laderas y terrazas, y se distribuye en varias partes del mundo por la belleza de sus flores (figura 3).

Las muy productivas asociaciones mutualistas entre plantas con espinas y hormigas tampoco se restringen a las zonas de desierto, también suceden en regiones tropicales, como en las acacias de Mesoamérica (región que comprende gran parte de México y que se prolonga hasta Costa Rica). Estos árboles les ofrecen una nutrida recompensa a las hormigas: la melaza de los

nectarios extraflorales, cebos alimenticios (estructuras vegetales que atraen a las hormigas para alimentarse) y espinas huecas que las hormigas encuentran confortables como refugio o nido. Un ejemplo extraordinario es *Acacia cornigera*, o cornezuelo, una planta nativa del sur de México y Centroamérica que mantiene una relación de beneficio mutuo con la hormiga del cornezuelo (*Pseudomyrmex ferrugineus*). Este insecto construye sus nidos en las espinas huecas de la planta (figura 4); es sumamente agresiva y hay estudios que documentan que no permite que ningún animal se aproxime, tanto que incluso ataca a la vegetación vecina si sus ramas hacen contacto.

Una acacia sin la protección de las hormigas generalmente muere, lo que confirma la vitalidad de la relación entre ambos organismos. Parte del néctar que esas hor-

migas reciben proviene de la base de las hojas y lo consumen de forma adictiva, lo que hace suponer que la relación no es precisamente equitativa, sino una dominación de la planta. En otras interacciones del mismo tipo, las “recompensas” atraen a otras especies de hormigas, aunque como no defienden a la planta se les considera parásitas. Un ejemplo es la acacia tropical *Vachellia collinsii*, cuyos arbustos son habitados alternativamente por defensoras y parásitas, según nos explican Amador-Vargas y sus colaboradores (2021). Los arbustos parasitados tienen menos espinas y follaje que aquellos que sí están protegidos por las hormigas, así que podría haber una dependencia importante de las plantas respecto de las “guardianas”.

Es una relación mutualista muy específica y delicada, ya que como nos deja claro



LISTE SOLIS MONTERO

Figura 3. Espinas de *Euphorbia milii* (corona de Cristo).



Figura 4. Hormiga entrando en la espina hueca de una acacia.

el presente escrito, la protección del organismo vegetal solo la dan determinadas especies de hormigas. Este grupo, conocido como hormigas mutualistas, incluye un gran número de especies y faltan aún más por descubrir que mantienen este tipo de relación con las plantas. Es probable que tal sistema defensivo deje de funcionar si las plantas son introducidas a un nuevo ambiente. Al respecto, en una investigación encabezada por M. P. Eichhorn (2011), se

encontró que los nectarios extraflorales de *Acacia dealbata*, nativa de Australia, se inactivaron al ser introducida en Portugal. ¿Por qué ocurrió esto? Simplemente porque los daños naturales por herbivoría eran inexistentes en el nuevo lugar, y tampoco se registraban hormigas mutualistas. Los investigadores lograron reactivar la producción de néctar extrafloral en plantas introducidas al provocar un daño artificial similar al causado por hormigas, demos-

trando así que las interacciones son cambiantes en los ambientes invadidos.

En conclusión, la evolución ha convertido a las espinas en una herramienta de sobrevivencia para las plantas en algunos climas, y también en una de las mejores armas contra el ataque de herbívoros; este sofisticado mecanismo de defensa se maximiza con la presencia de hormigas, convertidas en efectivas guardianas de la biodiversidad vegetal. 🦋

## Bibliografía

- Amador-Vargas, S., Orribarra, V. S., Portugal-Loayza, A., y Fernández-Marín, H. (2021). Association patterns of swollen-thorn acacias with three ant species and other organisms in a dry forest of Panama. *Biotropica*, 53(2), 560-566.
- Eichhorn, M. P., Ratliffe, L. C., y Pollard, K. M. (2011). Attraction of ants by an invasive acacia. *Insect conservation and diversity*, 4(3), 235-238.
- Mauseth, J. D., Rebmann, J. P., y Machado, S. R. (2016). Extrafloral nectaries in cacti. *Cactus and Succulent Journal*, 88(4), 156-171.

Alfredo Castillo-Vera es investigador de El Colegio de La Frontera Sur, Unidad Tapachula (México) | [acasill@ecosur.mx](mailto:acasill@ecosur.mx) | <http://orcid.org/0000-0003-1452-0026>

Lislie Solís Montero es investigadora del CONACYT comisionada en El Colegio de La Frontera Sur, Unidad Tapachula (México) | [Isolis@ecosur.mx](mailto:Isolis@ecosur.mx) | <https://orcid.org/0000-0002-5793-3376>

# Feromonas frente al espejo:



HUMBERTO BAHENA

## quiralidad y manejo de artrópodos

María Gabriela Ballinas López, Leopoldo Cruz López y David Alavez Rosas

*Resumen: ¿Qué tiene que ver el manejo de artrópodos con una forma geométrica cuya imagen no coincide con la reflejada en un espejo? El vínculo es la quiralidad, una cualidad de las sustancias químicas llamadas feromonas que los seres vivos emiten para provocar comportamientos específicos en los individuos de la misma especie. Para los artrópodos, el mayor grupo de los animales invertebrados, las feromonas son muy importantes en sus sistemas de comunicación, lo cual se puede aprovechar para controlar a los que son plaga o sacar partido de los que son benéficos, mediante estudios para identificar sus componentes.*

**Palabras clave:** ecología química, semioquímicos, plagas, comportamiento, feromonas.

## Maayat'aan (maya): Bookil u kaxtik u nuup wáaj feromona'ob aktáan néen: quiralidad yéetel bix u meyajta'al yik'elo'ob artrópodo'ob

*Ba'ax yaan u yil bix u meyajta'al yik'elo'ob artrópodo'ob yéetel jump'éeel patul jeela'an bix u chíikpajal aktáan jump'éeel néen. Ba'ax nupike' leti' le k'ajóola'an beey quiralidad, jump'éeel ba'al yaan ti' sustancia'ob química'ob k'ajóola'an beey feromona'ob, u book ku jo'osik ba'alo'ob kuxa'ano'ob, je'elbix ba'alche'ob uti'al u meetiko'ob u náats'al wáaj yéetel ku k'áatik u meentik waba'ax u yeet ch'í'ibalil. Ichil yik'elo'ob artrópodo'ob, u jach nojochil múuch' ba'alche' mina'an u baakel u wiinkilal, jach táaj k'a'ana'an le feromona'ob uti'al u paklan t'aano'ob ichiluba'ob, le je'ela' ku béeytal xan u k'a'ana'ankunsa'al ti'al u xak'algo'okol ti'al u k'ajóolta'al ba'ax yaan ichil ka béeyak u ch'e'jsa'al yik'elo'ob ku loobilajo'ob wáaj ka béeyak u kanáanta'al yik'elo'ob ku meetiko'ob uts tumen ku yáantajo'ob.*

**Áantaj t'aano'ob:** ecología química, semioquímicos, ba'ax ku loobilaj, bix u kuxtal, bookil u kaxtik u nuup.

## Bats'i k'op (tsotsil): Ta xa'i yik' sbek'tal ta yeloval nen: mu xko'olaj k'ucha'al slok'obal ta nen, sk'elel xchannel bik'tal jochochetik, kuchultso'etik, ometik, chiletik, xchi'uk yantik.

*¿K'ucha'al oy xchannel stuk'ulalen bik'tal chonbolometik, jchop o k'u yelan sbek'talil ti mu xko'olaj xjobal ta nen? Li bik'tal chonbolometik jech k'ucha'al yantik k'usitik kuxajtike oy yik', k'alaluk mi la skolta li yik'e xjel yu'un stalelal xchi'iltak xu' ta xik' talel. Li bik'tal chonbolometike, li jchop mu'yuk sbakiltake, li yik'e tsots sk'oplal ja' xtun sventa ta sta sbaik ta chi'inel xchi'uk xchi'iltak, li' ne oy stunel sventa stael ta na'el ta stojolal buch'utik xchanike mi chopol o mi lekik bik'tal chonbolometik xp'oltale, pe ba'yel ta xchanik sventa chich' na'el k'u yelan sbek'tal.*

**Jbel cha'bel k'opetik tunesbil ta vun:** ecología química, semioquímicos, epal bik'tal chonbolometik slajes ts'unobaletik, stalelal, feromonas.

La mayoría de las personas hemos visto cómo se mueve coordinadamente un enjambre de abejas, cómo las hormigas caminan una detrás de otra o, quizá en menor medida, cómo las garrapatas se agregan en grupo para alimentarse de la sangre de algún animal. Todo eso se debe a un fascinante lenguaje que no se habla, no se escucha, no se ve, pero sí se huele. Este lenguaje ha sido muy bien aprovechado por los artrópodos, grupo que incluye a los insectos, arácnidos, miriápodos y crustáceos; en concreto, además de los animales ya mencionados, tenemos a las arañas, alacranes, ciempiés, cangrejos y muchos otros.

Diversos artrópodos han perfeccionado el olfato para detectar pequeñas cantidades de aromas y otras sustancias químicas llamadas feromonas; unos lo hacen con sus antenas, otros con sus patas y otros más con sus palpos (apéndices cercanos a la boca). Adicionalmente, cuentan con glándulas especializadas que producen y liberan los compuestos al ambiente, a fin de comunicarse y provocar comportamientos específicos entre organismos de su misma especie. Ahora bien, las feromonas son aprovechadas por el ser humano para el

manejo de artrópodos, lo cual consiste en la aplicación de métodos y técnicas para la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat.

### La quiralidad y el espejo

Parafraseando al físico y matemático lord Kelvin, "denomino quiral, y digo que tiene quiralidad toda figura geométrica si su imagen en el espejo no puede hacerse coincidir consigo misma". La quiralidad es una propiedad intrínseca de las moléculas, pero antes de entrar en materia de química, revisemos un caso cotidiano. Para el ojo humano, dos personas gemelas son indistinguibles entre sí, ya que provienen de la fertilización de un solo óvulo; comparten todos sus genes, poseen los mismos rasgos físicos y son siempre del mismo sexo. Sin embargo, en su comportamiento sí son muy diferentes.

De manera similar, en la naturaleza existen moléculas cuyas fórmulas químicas harían suponer que son "gemelas idénticas", puesto que la composición elemental, el tipo y la cantidad de sus enlaces químicos son iguales. ¿Qué hacer para distinguirlas? Bueno, es necesario recurrir a la geometría

molecular de cada cual, esto es, conocer la disposición tridimensional de los átomos que las constituyen. Así, se debe visualizar la distribución espacial alrededor del átomo central, para identificar la diferencia clave y desenmascarar la supuesta igualdad de las moléculas gemelas. Ese átomo central se conoce como centro de quiralidad, centro estereogénico, centro asimétrico o estereocentro, que para el caso de las feromonas consiste en un átomo de carbono con cuatro enlaces sencillos dirigidos hacia los vértices de un tetraedro (geometría molecular), el cual es asimétrico porque en cada vértice se ubica un sustituyente distinto (figura 1).

Si pensamos en una mano típica de dibujos animados con cuatro dedos e imaginamos la figura 1b como una de ellas, donde la palma sería el átomo central C y los dedos los cuatro sustituyentes, probablemente unos pensarían en una mano izquierda mientras que otros en la derecha. La relación que ambas manos guardan entre sí es una propiedad geométrica que les permite diferenciarse, y que se le conoce como quiralidad (figura 2). Si vemos ambas manos de frente, parecería que hay un espejo en medio de ellas; si tratamos de

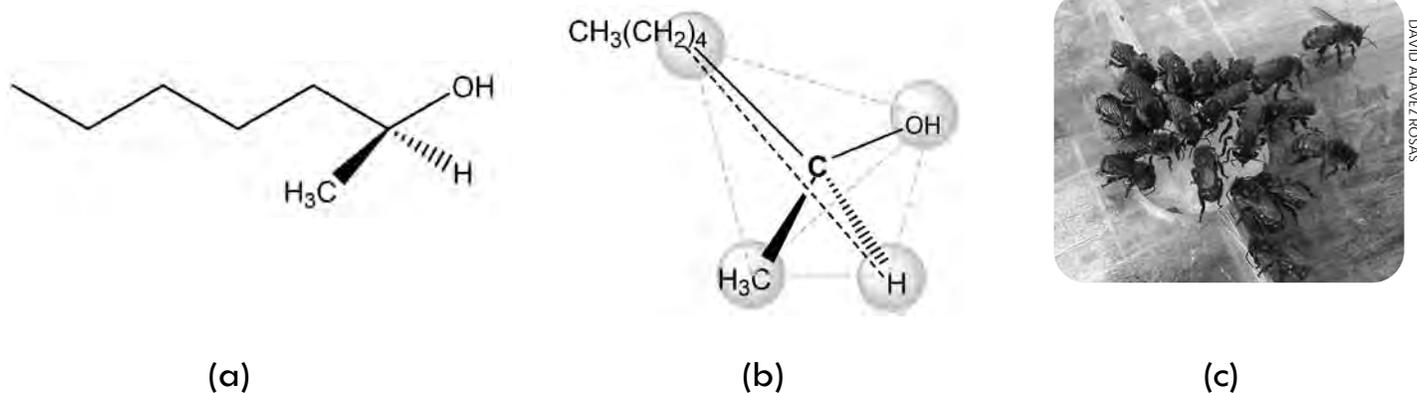


Figura 1. Representación estereoquímica del centro de quiralidad en una molécula, el (S)-2-heptanol, feromona de alarma de la abeja sin aguijón *Melipona solani*. (a) Representación en forma de cuñas. La cuña rellena ilustra al grupo  $\text{CH}_3$  (o  $\text{H}_3\text{C}$ ) proyectándose hacia afuera del plano del papel en dirección al lector; la cuña punteada ilustra al átomo de H en la dirección opuesta, alejándose del lector; y las líneas simples ilustran a los grupos alquilo y amino en el plano del papel. (b) Geometría molecular del centro de quiralidad. El tetraedro ilustrado con líneas punteadas muestra en su centro un átomo unido a cuatro sustituyentes diferentes localizados en los vértices. (c) Obreras de *M. solani* recolectando néctar de un alimentador artificial. Fuente: Creación propia.

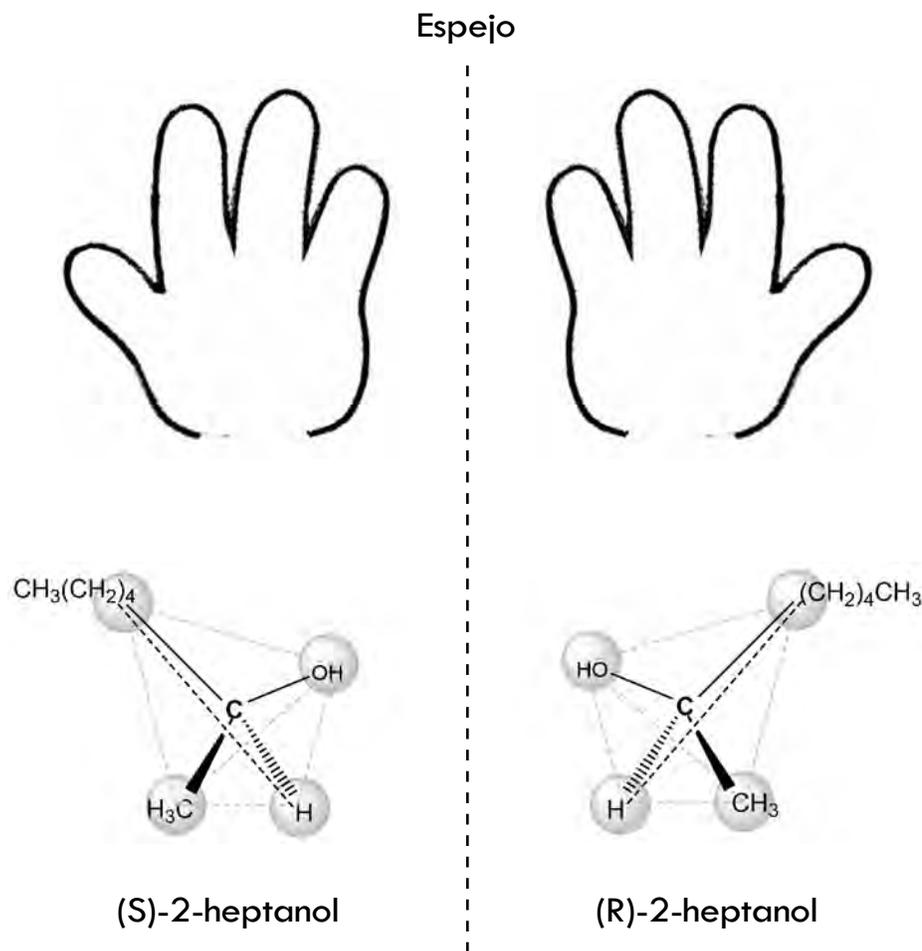


Figura 2. Moléculas quirales semejantes a las manos de los dibujos animados con cuatro dedos. Las moléculas representadas son los dos enantiómeros del 2-heptanol. Fuente: Creación propia.

superponerlas, es decir, colocar una arriba de la otra, veremos que no coinciden. Las feromonas que tienen un centro quiral existen en dos formas llamadas enantiómeros (imagen especular no superponible

sobre sí misma). Por convención se usan los vocablos del latín para denominarlos: (R) de *rectus* y (S) de *sinister*.

Ahora bien, con esta información ya podemos definir y explicar que la quiralidad

es la singularidad asimétrica de una molécula que le impide ser idéntica a su imagen especular. Del mismo modo en que los gemelos poseen los mismos rasgos físicos, las moléculas quirales presentan propiedades físicas y químicas iguales. No obstante, la sutil diferencia que la quiralidad les otorga es distinguible debido a que poseen algo muy importante: sus propiedades biológicas, las cuales son distintas.

Algunas veces, por error o diversión, hemos intentado colocarnos el guante derecho en la mano izquierda, pero no es posible. La mano derecha se adapta exclusivamente al guante derecho y no al izquierdo; algo similar ocurre con las feromonas quirales y los receptores sensoriales. La comunicación basada en feromonas depende de la quiralidad de los compuestos, y sucede que los artrópodos emplean feromonas quirales para hacer funcionar sus sistemas de comunicación y para asegurar una mayor especificidad en la percepción; por ejemplo, la gallina ciega utiliza aminoácidos quirales como feromona sexual, sustancias que se utilizan como atrayentes colocados en trampas para capturar a ese insecto (figura 3).

### Feromonas de artrópodos

Existen dos tipos de feromonas: las *primer*, con efecto a largo plazo y que incluso afectan la fisiología de los individuos (como las



LUZ NERI BENITEZ HERRERA

Figura 3. Trampa para capturar "gallina ciega" (*Paranomala* spp.). La trampa contiene 3 mg de L-valina y 2.7 mg de L-isoleucina.

abejas reinas que producen una feromona que impide que las obreras desarrollen ovarios y se reproduzcan), y las *releaser*, que son las más comunes (por ejemplo, la feromona sexual del barrenador de la nuez de macadamia, figura 4, o la de la palomilla del gusano cogollero, producida por las hembras para atraer a los machos).<sup>1</sup> Estas sustancias desempeñan un papel fun-

<sup>1</sup>Véase "Cuando el amor mata: la feromona sexual del gusano cogollero", de Edi A. Malo y Julio C. Rojas, en *Ecofronteras* 75, <https://bit.ly/3zEQZnt>

damental en todos los aspectos de la vida de los artrópodos, y en general, en la de los seres vivos, como en la reproducción, la búsqueda de alimento, ante situaciones de peligro y hasta para agregarse (conducta en animales que consiste en permanecer juntos).

Entonces, para manejar a los artrópodos con el fin de controlar a los que son plaga en cultivos agrícolas o sacar provecho de los benéficos, conviene aprovechar sus feromonas quirales, aunque primero se

debe determinar la configuración absoluta del compuesto feromonal natural. Después se realizan experimentos con animales vivos, o bioensayos, utilizando los compuestos identificados. Usualmente el compuesto natural es el isómero biológicamente activo, pero incluso el enantiómero que no se produce de manera natural llega a presentar actividad biológica, de modo que debemos tener especial cuidado en utilizar el componente adecuado.

Los artrópodos plaga pueden ser controlados mediante trampas que contengan feromonas como atrayentes. Sin embargo, muchos producen feromonas quirales y algunos de ellos son atraídos por la combinación de los dos enantiómeros, tal es el caso de los machos del escarabajo de Ambrosia *Gnathotrichus sulcatus* (plaga de las plantas leñosas), los cuales producen una mezcla de (*R*)-sulcatol:(*S*)-sulcatol como feromona de agregación; mientras que los enantiómeros individuales no tienen actividad biológica. Aunque también existe la posibilidad de que un enantiómero inhiba al otro, como ocurre con la feromona sexual del escarabajo *Anomala osakana*, cuya atracción se atribuye al isómero (*S*), la cual es posible interrumpir con el isómero (*R*). Quizá estas explicaciones no resulten tan fáciles de entender, pero nos dan una idea de las implicaciones en estudios sobre feromonas debido a su potencial.

En insectos benéficos, como las abejas, las feromonas desempeñan un papel importante en la comunicación entre sexos, castas y obreras de la misma colonia. Se ha identificado que las feromonas quirales son usadas por algunas especies en el comportamiento de defensa. Por ejemplo, en nuestro grupo de trabajo observamos que la abeja sin aguijón *Melipona solani* produce (*S*)-2-heptanol como feromona de alarma (figura 2), y que también responde al isómero (*R*). Esta feromona es liberada por las abejas obreras cuando se sienten amenazadas y provoca que sus compañeras de nido huyan del lugar o del agresor. En contraste, en otros estudios se



Figura 4. Trampa para capturar la palomilla de la nuez de macadamia *Gymnandrosoma aurantianum*.

ha hallado que tanto *Scaptotrigona deplis* como *Trigona spinipes* secretan (S)-2-heptanol y responden únicamente a este isómero, y que la respuesta comportamental de estas dos últimas especies es de atacar al agresor, no de huir. La aplicación práctica de este conocimiento aún se está desarrollando.

A pesar de que para los arácnidos (arañas, alacranes, garrapatas y ácaros) no hay muchos estudios sobre la influencia de la quiralidad en su comunicación feromonal, podemos intuir que esta propiedad tiene un rol de vital importancia; como en

el caso del ácaro de granos almacenados *Chortoglyphus arcuatus*, cuya feromona de agregación es el (4R,6R,8R)-chortolure. Las garrapatas no son la excepción, utilizan una molécula con 8 centros quirales como feromona de monta, el colesterol. Con estos ejemplos queda clara la importancia del estudio de las feromonas quirales.

Para concluir, es posible decir que la quiralidad es una propiedad que poseen algunas feromonas, la cual les confiere una diversidad y versatilidad impresionantes cuando de comunicarse se trata. Este proceso es de sumo valor para el manejo de

artrópodos, dado que las feromonas tendrán una actividad biológica diferente según la cantidad de sus centros quirales. Ya sea para controlar un artrópodo plaga o para utilizarlos y obtener de ellos algún beneficio, si son animales que producen feromonas quirales, debemos conocer a detalle qué isómero producen. 🐞

## Bibliografía

- Alavez-Rosas, D., Sánchez-Guillén, D., Malo, E. A., y Cruz-López, L. (2019). (S)-2-Heptanol, the alarm pheromone of the stingless bee *Melipona solani* (Hymenoptera, Meliponini). *Apidologie*, (50), 277-287.
- Malo, E. A., y Rojas, J. C. (2022). Cuando el amor mata: la feromona sexual del gusano cogollero. *Ecofronteras*, 26(75), 22-25.
- Mori, K. (2007). Significance of chirality in pheromone science. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, (15), (24), 7505-7523.

María Gabriela Ballinas López es profesora e investigadora independiente (México) | asesoria.en.quimica@gmail.com

Leopoldo Cruz López es investigador de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula (México) | lcruz@ecosur.mx | https://orcid.org/0000-0001-9569-1251

David Alavez Rosas es posdoctorante en la Universidad Nacional Autónoma de México (México) | alavezd@yahoo.com | https://orcid.org/0000-0001-8695-7329



# La misión de los parásitos en nuestro planeta

Juan Manuel Osuna-Cabanillas y Francisco Neptalí Morales-Serna

*Resumen: Podríamos desear un mundo sin parásitos, aunque en realidad son reguladores de poblaciones. Se desconoce su número, pero los expertos opinan que quizá la mitad de las especies animales del mundo podrían clasificarse como parásitas. Con eso es más que suficiente para dar cuenta de su importancia. Otra pista podría ser su capacidad para sobrevivir y reproducirse mediante complejos ciclos de vida, en ocasiones a costa de nuestra salud o de otros seres vivos, lo cual es una de sus increíbles estrategias para persistir, incluso sin oxígeno si es preciso, y desempeñar su papel en el equilibrio de los ecosistemas.*

**Palabras clave:** biodiversidad, equilibrio ecosistémico, ciclo biológico, artrópodos, helmintos.

**Maayat'aan (maya): Ba'ax u biilal yik'elo'ob wáaj parásito'ob way yóok'olkaabe'**

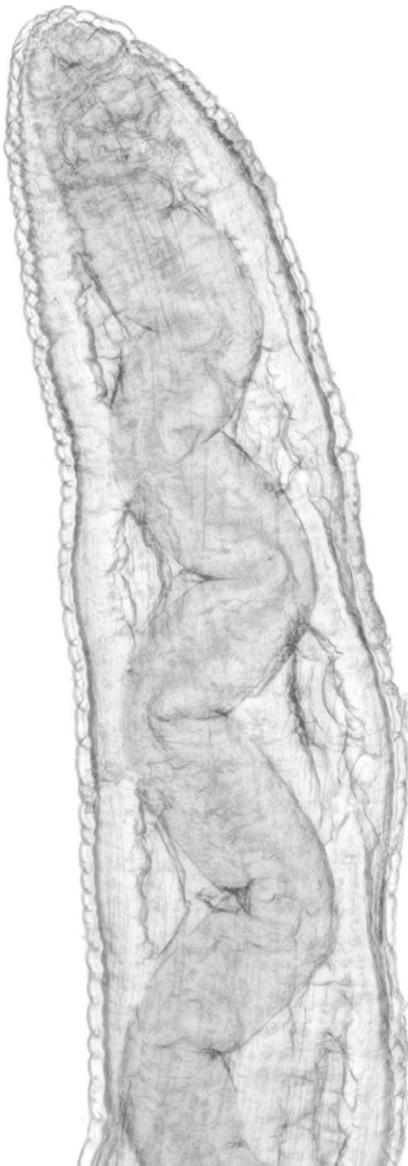
*Ku béeytal k k'áat óoltik ma' u yantal yik'elo'ob wáaj parásito'ob way yóok'olkaabe', ba'ale' u jaajile' ku yáantajo'ob ti'al ma' u téek ya'abtal ba'ax kuxa'an yóok'olkaab. Ma' k'ajóola'an jach jaytúul yaani', ba'ale' máaxo'ob xak'alxokiko'obe' ku ya'aliko'obe' yaan kex máanal chúumuk u ba'alche'il yóok'olkaab ku táakpajal ichil le yik'elo'oba'. Chéen yéetel le beya' kek ilik jach k'a'ana'ano'ob. U jeel ba'ax e'esik to'one' leti' bix u kaxtik u kuxtaj yéetel u yantal u jeel u mejenil kex talam u kuxtal, ba'ale' yaan k'iine' u ka'asile' ku k'oja'ankuntiko'on wáaj ku k'oja'ankuntik u jeel ba'alo'ob kuxa'ano'ob, leti' u jak'a'an óolil bix u kaxtik ma' u kímil, kex yaan k'iine' mina'an oxígeno ti', yéetel ku yáantaj jeets'el tuláakal ba'ax kuxa'an way yóok'olkaabe'.*

**Áantaj t'aano'ob:** kuxtalil yóok'olkaab, jeets'el yóok'olkaab, ciclo biológico, artrópodo'ob, helminto'ob.

**Bats'i k'op (tsotsil): Yabtel bik'tal chonbolometik ta jbanamiltik**

*Ja' ta jk'antik ya'luk mu'yukuk bik'tal chonbolometik ta jbanamiltike, pe tsots yabtelik ek sventa mu x-epaj yantik chonbolometik. Mu jna'tik jay chop oy ta skotol, buch'u xchanojike ta xalik sk'oplal ti o'lol chonbolometik k'u yepal oy li' ta banamile ja'ik li bik'tal chonbolometike. Albil taje na'bil ti tsos sk'oplale. Yan xtok ne xu' buuk no'ox stak' xkuxi xch'uk xu' ta xp'ol x-epaj ak'o mi ta vokol kuxul, bak'intike nitil tsakal ta jkuxlejtik ta xtal yu'un jchameltik o ta xlay yu'un ta chamel yantik chonbometik, ti ja' jech kuxul o li bik'tal chonbolometik taje, oy lek stsatsal ak'o mi mu'yuk chich' ik' mu sna' xcham kuxul o, pe bik'tal chonbolometik taje oy yabtel ta sk'el mu xp'ol x-epaj talel yantik chonbolometik te bu kuxajtike.*

**Jbel cha'bel k'op tunesbil ta vun:** yepalil k'usitik kuxajtik ta banamil, equilibrio ecosistémico, ciclo biológico, artrópodos, helmintos.



HUMBERTO BAHENA

**E**n la búsqueda de nutrientes, energía, seguridad y otros posibles elementos necesarios para la existencia, todos los seres vivos mantienen diversas relaciones con numerosos organismos, y esto es, sin duda, un fundamento de la vida. Sin embargo, hay de interacciones a interacciones...

Al establecerse vínculos directos, se pueden percibir beneficios para unas y otras criaturas, como cuando las abejas buscan el néctar de las flores; además de alimentarse, se convierten en agentes polinizadores, así que ganan las plantas y ganan las abejas (mutualismo). A veces la interacción es positiva para uno de los organismos, mientras que para el otro no hay ni beneficios ni daños aparentes; por ejemplo, los percebes que pasan su vida adheridos a la piel de las ballenas, al viajar sobre ellas van filtrando el diminuto alimento que necesitan, y su presencia no parece ayudarlas ni perjudicarlas (comensalismo). También están los casos de parasitismo, en los que la balanza se inclina notoriamente a favor de uno y en detrimento del otro, lo cual no necesariamente es negativo, pues es parte del equilibrio de los ecosistemas.

**Entre parásitos te veas**

Todos hemos sentido temor de infectarnos con parásitos; nos queda claro que pueden provocar enfermedades graves como el paludismo o el mal de Chagas,<sup>1</sup> así como las frecuentes helmintiasis, y sabemos también que las rutas con las que cuentan para llegar a nuestro cuerpo son muchas, como en la ingesta de alimentos contaminados, picaduras de insectos o a través de nuestras mascotas.

Se trata de organismos que habitan en otro organismo llamado hospedero, del cual obtienen alimento y refugio, aprovechando su cuerpo o sus ciclos biológicos y causándole daño. No suelen ser parásitos durante toda su vida, sino en alguna fase, que a veces se da dentro del hospedero con los llamados endoparásitos, como las amibas o la tenia, o fuera de él, generalmente adheridos a la piel o escarbando en ella, en cuyo caso se les llama ectoparásitos, y las pulgas y garrapatas son un buen ejemplo.

<sup>1</sup>Véanse los artículos sobre malaria y enfermedad de Chagas en el número 76 de *Ecofronteras*, dedicado a los artrópodos vectores y transmisión de enfermedades, <https://bit.ly/410mqok>



este gusano llegan al agua cuando su hospedero deposita allí sus heces. Del huevo nace una larva que eventualmente infectará a un caracol, después a un pez y al final otra vez al ave. Para esto, el pez debe comerse al caracol, y el ave al pez. En cada animal, el parásito se desarrolla y cumple una etapa de su ciclo de vida, de forma que solamente en el ave completa su fase adulta. Los demás hospederos son conocidos como intermediarios.

No sabemos exactamente cuántas especies de parásitos hay en el mundo, debido, entre otras cuestiones, a la escasez de expertos para identificar posibles especies en regiones tropicales, en donde reside la mayor biodiversidad de organismos de vida libre del planeta. Esta biodiversidad seguramente alberga un gran número de especies de parásitos aún no conocidas.

No obstante, se estima que puede haber unas 300 mil especies de helmintos parásitos, y aunque desconocemos el número de especies de artrópodos que lo son, se sabe que el número es mayúsculo, pues tan solo de crustáceos hay unas 7 mil, y faltarían las de los grupos de insectos y arácnidos. A esto hay que añadir la gran diversidad de protozoos, bacterias y hongos, de los que hasta la fecha se desconoce su diversidad. Cabe señalar que existen parásitos de otros parásitos, en algo que se conoce como hiperparasitismo. Es el caso

de hongos del género *Trichoderma*, que infectan a otros hongos patógenos de las plantas.

Todas las especies de animales de vida libre están infectadas por al menos una especie de parásito, entonces podemos asumir que la diversidad de parásitos es igual o mayor que la de animales de vida libre. Con estas consideraciones es posible afirmar que los parásitos son un componente de primer orden en la biodiversidad.

### ¿Un mundo sin parásitos?

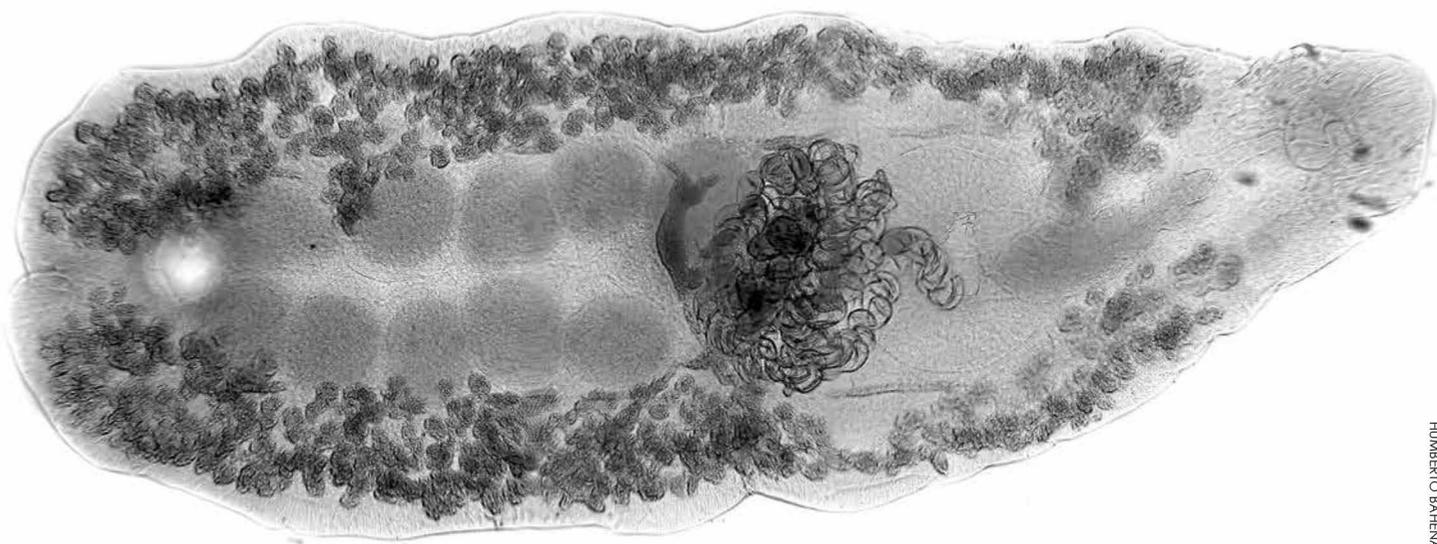
Las personas con enfermedades originadas por parásitos dirían que son organismos malos y que sería buena idea erradicarlos del planeta. Para empezar, los del género *Plasmodium* que causan el paludismo, o *Taenia solium* que provoca la cisticercosis por comer carne cruda o mal cocida en caso de que contenga huevos o larvas de tenia. Pero no todos son así de dañinos. En su mayor parte no son problema, de hecho, podríamos pensar que su misión en este mundo es más bien positiva.

Varios científicos señalan que los parásitos cumplen un papel relevante para el funcionamiento de los ecosistemas, ya que controlan las poblaciones de muchos organismos, lo que evita la sobrepoblación de algunas especies y la extinción de otras; es decir, son importantes en el balance de las

redes tróficas. Por ejemplo, en ecosistemas marinos, los nemátodos parásitos ayudan a controlar las poblaciones de erizos, los cuales se alimentan de macroalgas. Sin esos parásitos, posiblemente habría una sobrepoblación de erizos y pérdida de macroalgas. Otros animales que se refugian en los bosques de macroalgas también resultarían afectados, como peces y crustáceos de importancia pesquera.

En un estudio de 2006 que Graham Forrester y Rachel Finley, de la Universidad de Rhode Island, realizaron en una zona de arrecifes de coral, observaron que los peces infectados con copépodos parásitos muestran problemas de crecimiento, reproducción y supervivencia; aunque podría parecer una situación negativa, en realidad esa infección impide que los peces sean demasiado abundantes. Si la población de peces crece, aumenta la competencia por alimento y espacio, provocando la disminución de las poblaciones más pequeñas y pérdida de la biodiversidad.

Es importante aclarar que los parásitos no necesariamente matan a sus hospederos para regular las poblaciones. Eso pasa con los mixozoos o mixosporidios, que son microorganismos que infectan las gónadas de peces y anfibios, castrándolos y disminuyendo sus tasas de reproducción, lo que sabemos por los estudios de la patólo-



Helmintos de peces.

ga Ariadna Sitjá Bobadilla, del Instituto de Acuicultura Torre de Sal.

Otro ejemplo impresionante de la capacidad para regular las poblaciones de los hospederos lo tenemos en el gusano *Leucochloridium paradoxum* (figura 3), el cual utiliza a los caracoles como intermediarios, infectando sus ojos, dotándolos de movimientos fuertes y colores brillantes para subir a las hojas de las plantas y ser apetecibles para las aves. Esto es conveniente para el gusano, ya que para completar su ciclo de vida necesita llegar al ave. El gusano *Spiniochordodes tellinii* (figura 4)

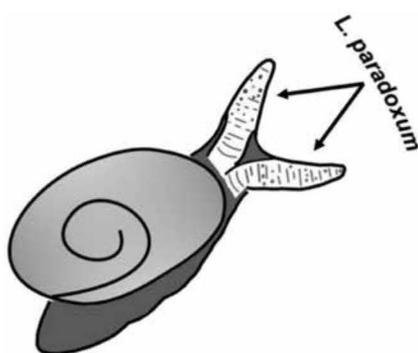


Figura 3. Caracol con los ojos infectados por el gusano *L. paradoxum*, a los cuales dota de colores brillantes (verde y naranja) haciéndolo llamativo para su depreador (ave). Fuente: Elaboración propia.

que infecta a los saltamontes es un caso parecido, pues debe llegar al agua para completar su ciclo de vida, de modo que para lograrlo hace que el saltamontes se arroje al agua y se ahogue.

Los mecanismos de sobrevivencia de estos parásitos pueden parecer aterradores, aunque dado que los caracoles, saltamontes y otros organismos fácilmente se convierten en plagas en sistemas naturales o

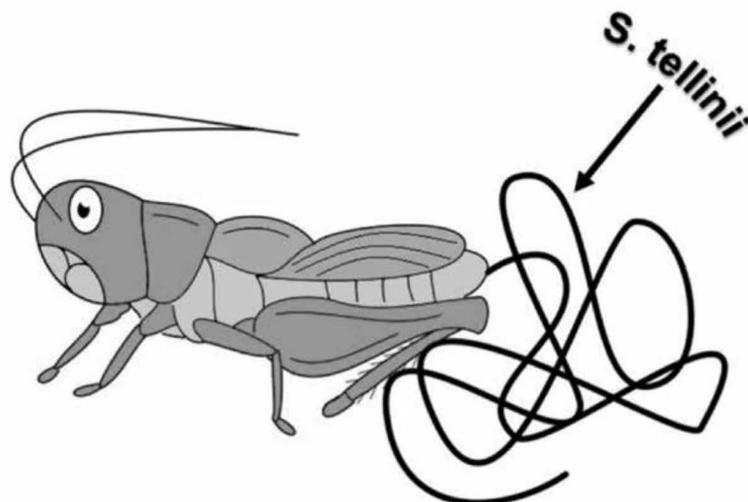


Figura 4. Gusano parásito *S. tellinii* saliendo del cuerpo de un saltamontes. Fuente: Elaboración propia.

controlados, la contribución de los parásitos como reguladores poblacionales salta a la vista. Abundando sobre esto, hay que decir que los saltamontes han afectado el cultivo de cereales como el maíz, arroz y trigo en diferentes regiones del mundo. Es posible que sin parásitos el problema sería mucho mayor, considerando que de acuerdo con la FAO, los cereales constituyen la fuente de alimento más importante del mundo, e incluso se estima que a ellos corresponde el 60% de la energía proveniente de los alimentos.

A pesar de sus valiosos servicios ecosistémicos, los parásitos han sido ignorados en los planes de conservación, pues se les considera una amenaza para el bienestar de los animales que se encuentran en algún estatus de protección. Sin embargo, algunos investigadores sugieren que la protección efectiva de la biodiversidad debe re-

conocer su papel en el ecosistema, ya que se están perdiendo especies infravaloradas y que en ocasiones ni siquiera sabemos que existen. Erick Dougherty, investigador de la Universidad de California, enfatiza en la necesidad de un enfoque mutualista en el desarrollo de estrategias de conservación para cuidar tanto a los hospederos como a sus parásitos.

Podemos resumir que los parásitos ayudan a mantener el equilibrio en los ecosistemas. "Son el hilo que mantiene unida la estructura de las comunidades", afirma el parasitólogo Andrew Dobson. Y algunos los consideramos como héroes sin capa: valiosos, pero ignorados en su importante contribución a la biodiversidad del planeta. 🌀

## Bibliografía

- Forrester, G. E., y Finley, R. J. (2006). Parasitism and a shortage of refuges jointly mediate the strength of density dependence in a reef fish. *Ecology*, (87), 1110-1115.
- Lafferty, K. D., Allesina, S., Arim, M., Briggs, C. J., De Leo, G., Dobson, A. P., et al. (2008). Parasites in food webs: the ultimate missing links. *Ecology Letters*, (11), 533-546.
- Marcogliese, D. J. (2004). Parasites: small players with crucial roles in the ecological theater. *EcoHealth*, (1), 151-164.

# Roedores:

JORGE BOLAÑOS



Rata algodонера, *Sigmodon toltecus*.

## los grandes olvidados del Neotrópico mexicano

Gloria Tapia-Ramírez, Consuelo Lorenzo, Itandehui Hernández-Aguilar y Jesús R. Hernández-Montero

*Resumen: Si se destruye o reduce el bosque, matorral o selva que sirve de casa a los roedores, ¿a dónde van? Algunas especies, a ningún lado... Pero otras se ven favorecidas y se adaptan. Ya el cine y la literatura nos han brindado imágenes de ratas caminando sobre cuerdas de barcos, así como de su sobrevivencia en el puerto al que llegan. Las especies que se benefician con las transformaciones pueden causar problemas económicos y de salud, aunque en sus hábitats naturales son vitales en términos de conservación; razón suficiente para no olvidarnos de los roedores y de su papel en los ecosistemas.*

**Palabras clave:** conservación, transformación ambiental, Neotrópico mexicano, biodiversidad, especies generalistas.

## Maayat'aan (maya): Ba'alche'ob ku k'uuxo'ob wáaj roedoro'ob: jach seen tu'ubsano'ob tu kúuchil Neotrópico México

*Wa ku ch'ejel wáaj ku bin u xu'upul ka'anal k'áax, aban wáaj k'áax tu'ux ku kuxtaj ba'alche'ob ku k'uuxo'ob k'ajóola'an beey roedoro'ob je'elbix ch'o'ob, ku'uko'ob wáaj u jeelo'ob, tu'ux túun ku bino'ob. Yaan ch'í'ibaló'obe' mix tu'ux... Ba'ale' uts u bin ti' u jeelo'ob lebetik ku k'exiko'ob bix suukil u kuxtalo'ob ka'achil. Ti' jejeláas cha'an cine yéetel áanalte'obe' ku chíikpajal oochelo'ob wáaj u foto'ob ch'o'ob ku xímbalo'ob tu suumil cheemo'ob, bey xan bix u kuxtalo'ob tu kúuchil jáal ja'il tu'ux ku k'uchulo'ob. Le ch'í'ibalilo'ob ku yáantikuba'ob yéetel le ba'ax ku k'expajal tu wíinkilalo'obe' ku béeytal u taasiko'ob u talamilo'ob taak'in bey xan ti' toj óolal, kex tu'ux suukili' u kuxtalo'obe' jach k'a'anano'ob uti'al u kanáanil tuláakal ba'ax baak' pachtiko'on; la'aten jach k'a'abet ma' k tu'ubsik le ba'alche'ob ku k'uuxo'ob bey xan u meyajo'ob ichil u kuxtalil yóok'olkaab.*

**Aantaj t'aano'ob:** kanáanil, k'expajal yóok'olkaab, u kúuchil Neotrópico México, kuxtalil yóok'olkaab, ch'í'ibalil je'en tu'ux ku kuxtal.

## Bats'i k'op (tsotsil): Ch'oetik ch'ayem ta joltik, kuxajtik li' ta yosilal México

*¿Bu ta sta xkuxleb li ch'oetike? Jech ti mi laj skotol li te'etik, ts'ileletik, te'elaltik ti ja' sna xkuxleb yu'un li ch'oetike. Jchope, mu'yuk bu yan xu' xbatik o...Pe yantik stuke xu' ta sa' yan xkuxlebig xchi'uk ta xnopik o. Xko'olaj jech k'alaluk ta xkiltik ta cine o ta vuniket tey xlok' slok'obal xkotkun ch'oetik ta yak'ilal varkoetik o xu' xkiltik k'u yelan ta vokol kuxajtik ta sti'ilal muk'ta nabetik bu xk'otike. Li jchop ch'oetik xanavik batel ta sa'el yantik xkuxlebike, oy yik'al ta sokes talel sk'ulejal jun jteklum o yik'al ta sokes jkuxlejtik skoj ti chamele, jech o xal tsos sk'oplal li ch'oetik kuxajtikuk ta bu o no'ox na xkuxlebike yu'un tey ta sp'olesbaik, ta sk'elik mu xp'ol x-epaj talel yantik chonbolometik ti ja' yabtelik eke, ja' yu'un sk'an mu jch'ay ta joltik.*

**Jbel cha'bel k'opetik tunesbil ta vun:** sk'elel xcha'biel k'usitik oy ta banamil, xjel talel jna jkuxlebtik, Neotrópico mexicano, yepailil k'usitik kuxajtik ta banamil, especies generalistas.

Los trópicos del mundo han visto mer-  
mados sus recursos naturales desde hace mucho tiempo y el Neotrópico mexicano no es la excepción. Ante la pérdida de estos ecosistemas, es común preocuparse por la suerte de los grandes animales, como jaguares, pumas o coyotes, pero no son los únicos. En este artículo nos ocuparemos de unos mamíferos que, aun cuando son pequeños, resultan fundamentales en la conservación del medio: los roedores. Poco se les reconoce su papel como eficientes dispersores de semillas, lo que propicia el mantenimiento y la regeneración de selvas, bosques y matorrales. Además de que constituyen el principal alimento de otros animales más grandes como aves o serpientes.

Son uno de los grupos de mamíferos más abundante en el mundo, con 2,552 especies; entre ellas, ratas, ratones, tuzas, hámsteres, cuyos, chinchillas, puercoespines, guaqueques y ardillas, por nombrar algunas. Se alimentan principalmente de hojas, raíces, ramas, granos, semillas, frutos, flores e incluso hongos. Unos cuantos, como las ardillas y ratones de campo, ocasionalmente consumen insectos. Algunas

especies pueden adaptarse a nuevas condiciones de hábitat y otras no, pero en todos los casos es preciso revisar cómo pueden verse afectadas por causas humanas.

### Roedores de una región compleja

México posee múltiples ecosistemas debido a su compleja orografía de cadenas montañosas, a sus variados tipos de suelos y a las diferencias climáticas, lo que le ha conferido la categoría de país megadiverso. Los estudiosos del tema han dividido al país en dos regiones: la Neártica, al norte del trópico de Cáncer, y la Neotropical o Neotrópico, al sur de dicha línea imaginaria (figura 1).

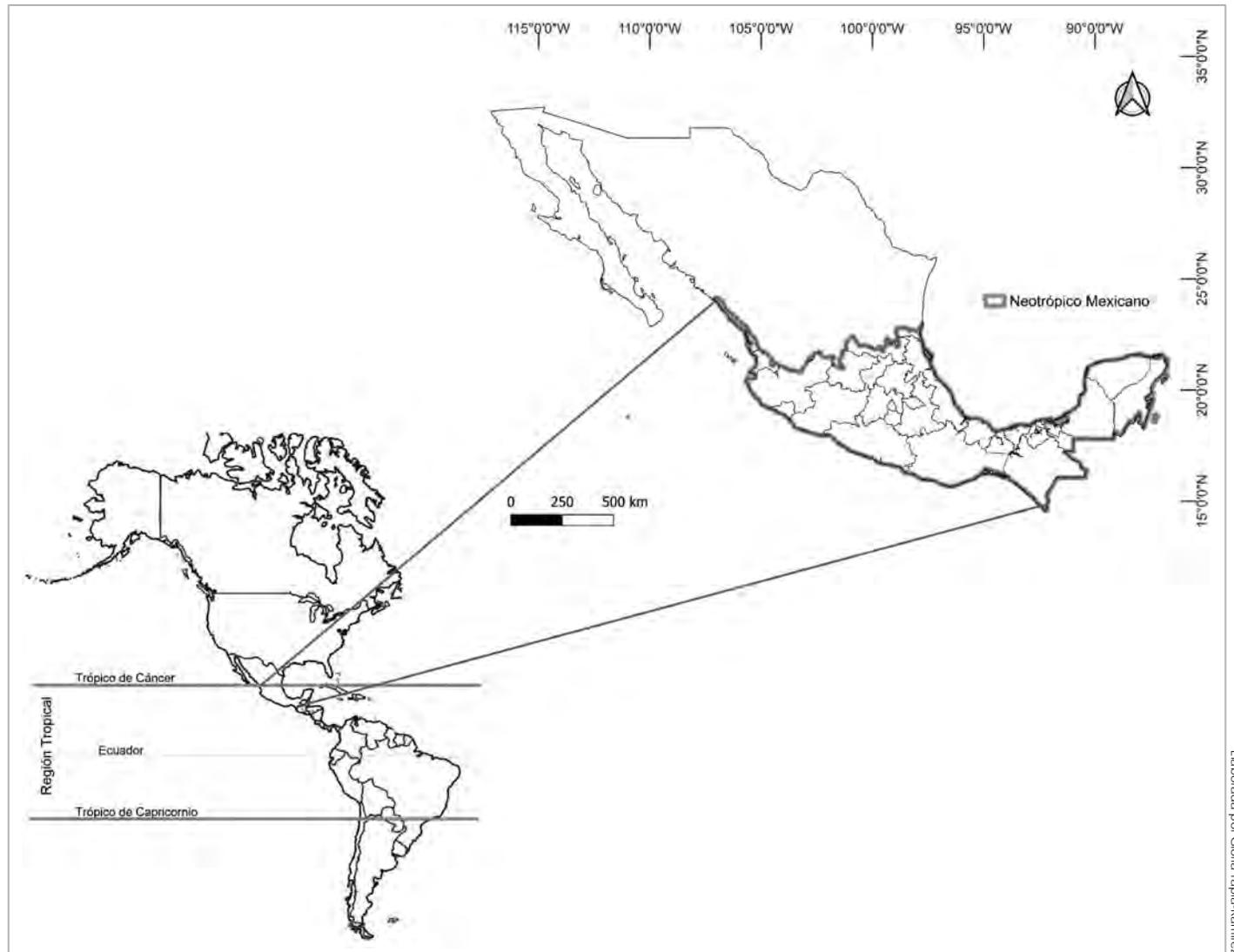
En este texto consideramos en el Neotrópico, además de los estados del sur, a los del altiplano que tienen zonas inmersas en áreas tropicales, por lo que se incluyen 25 estados y 2,044 municipios que en conjunto suman 757,695.57 km<sup>2</sup>, o sea, el 39% de la superficie total del país. El área presenta varios tipos de vegetación que van de matorrales y selvas secas hasta selvas húmedas y bosques de coníferas, y alberga las últimas porciones conservadas de selva alta perennifolia (la selva Lacandona, la reser-

va de Calakmul) y de bosques mesófilos de montaña (reserva El Triunfo). También hay representación de bosques templados (reserva de la Sierra Gorda), y de matorrales y selvas secas (reserva Tehuacán-Cuicatlán).

En el Neotrópico mexicano habitan 134 de las 240 especies de roedores que existen en el país (más del 50%), y en él vive el 74% de mexicanos, es decir, 97 de los 130 millones de connacionales contabilizados al año 2020. Esta enorme población humana demanda espacios para vivienda y servicios, por lo que los ecosistemas en donde habitaban los roedores y otros animales se han transformado para convertirse en asentamientos humanos y zonas para la actividad industrial y agropecuaria. Por esta razón, ahí se concentran los estados que han perdido la mayor cantidad de hectáreas de bosques y selvas en los últimos 20 años. De acuerdo con el Observatorio Forestal Global, se trata de Campeche, Chiapas, Quintana Roo, Veracruz y Yucatán. Veracruz, en específico, ha perdido el 97% de sus coberturas vegetales originales.

Sin embargo, en el paisaje neotropical transformado todavía es posible encontrar

Figura 1. Ubicación del Neotrópico mexicano.



Elaborada por Gloria Tapia-Ramírez.



GLORIA TAPIA RAMÍREZ

Rata canguro, *Dipodomys ordii*.

tuzas, ardillas, puercoespines y una amplia variedad de ratones de campo, sobre todo en selvas, bosques y matorrales. Por ejemplo, en los matorrales de las zonas áridas de Guanajuato, Jalisco y Zacatecas habitan ratas canguro (*Dipodomys ordii*, *D. phillipsii*, *D.*

*spectabilis*) que se desplazan a saltitos con sus patas traseras y manteniendo el equilibrio con su larga cola (figura 2: a). Hacia el centro del país, se distribuye una amplia variedad de ratones de campo como *Peromyscus maniculatus* (figura 2: b), *P.*

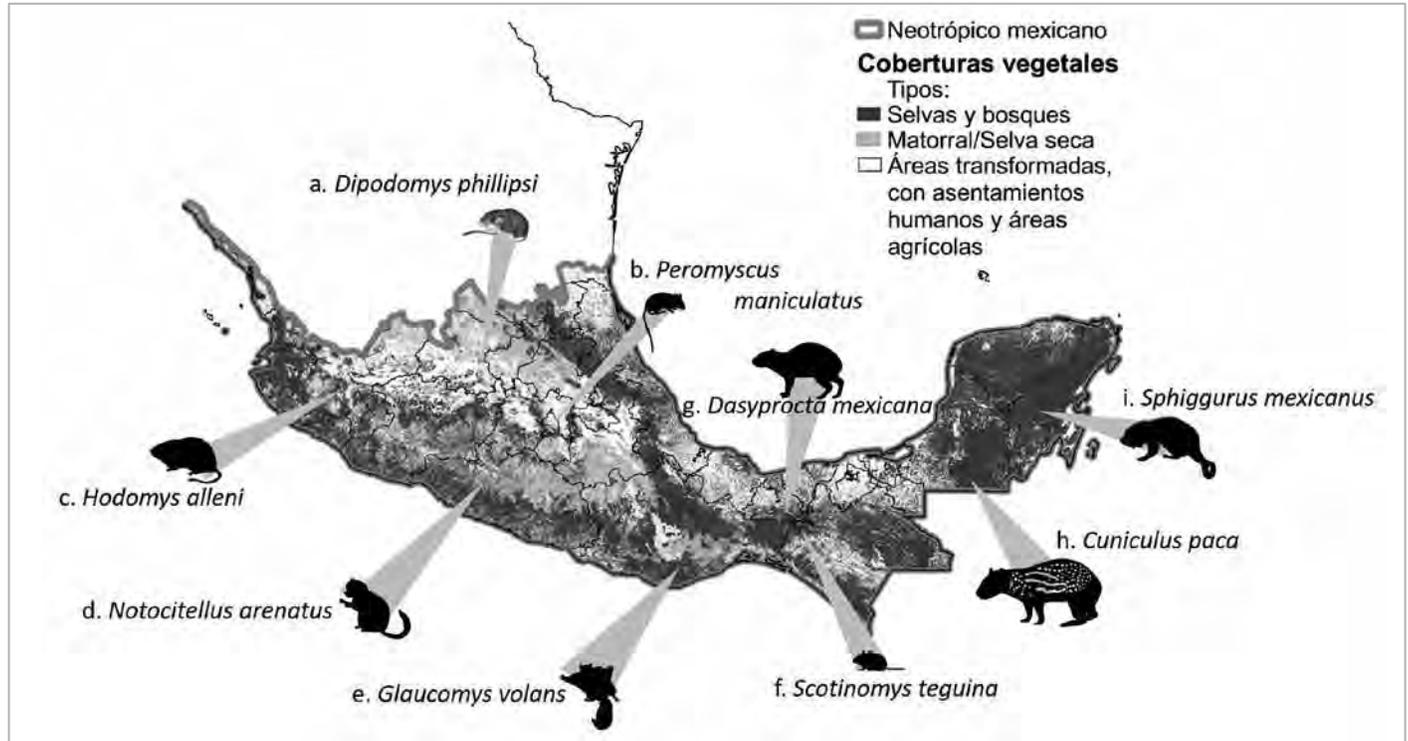


JORGE BOLAÑOS

Ratón de campo, *Peromyscus levipes*.

*melanotis* y *P. hylocetes*. Estos habitantes de los últimos bosques de pino y pino-encino salen por las noches a buscar su alimento

Figura 2. Algunas especies de roedores nativos que habitan ecosistemas conservados en el Neotrópico mexicano.



Elaborada por Gloria Tapia-Ramírez.

Coberturas tomadas de <https://viewer.esa-worldcover.org/worldcover>. Siluetas de roedores tomadas de <http://phylopic.org/>

y a veces logran escapar a toda prisa de los perros y gatos que se cruzan en su camino. En matorrales y otras zonas áridas de Guerrero, Jalisco y Nayarit viven ardillas de cola anillada (*Notocitellus arenatus*) o ratas de campo cambalacheras (*Hodomys alleni*) (figura 2: c, d), que construyen sus madrigueras con las ramitas que recolectan.

En fragmentos de bosques bien conservados de Oaxaca, Chiapas o Veracruz, aún se pueden ver ardillas voladoras (*Glaucomys volans*) planeando entre los árboles, y ratones cantadores (*Scotinomys teguina*) que realizan vocalizaciones para comunicarse con otros de su especie (figura 2: e, f). En Chiapas, Tabasco y Campeche existen roedores de gran tamaño que la población humana todavía consume, como el agoutí (*Dasyprocta mexicana*) y el tepezcuintle (*Cuniculus paca*) (figura 2: g, h), los cuales se encuentran en peligro de extinción debido a la reducción de su hábitat y a la cacería de subsistencia. Una suerte parecida corre el puercoespin enano peludo mexicano (*Sphiggurus mexicanus*) (figura 2: i) al ver disminuido su hábitat.

Estos roedores no están ampliamente distribuidos y necesitan de requerimientos específicos de hábitat, por ejemplo, árboles grandes para trepar, pastos para ocultarse o suelo apropiado para construir sus madrigueras; todo ello dificulta su presencia en otros tipos de ecosistemas o en los asentamientos humanos. Si no los conoces es porque se trata de animales nocturnos que procuran evitar a los seres humanos, y que viven en áreas de vegetación conservadas y de difícil acceso para la gente, y

porque tienen poblaciones en declive por la permanente desaparición de sus hábitats.

No obstante, las transformaciones de estos ecosistemas no siempre han sido perjudiciales para todos, pues hay especies que se han visto beneficiadas con mayor disponibilidad de alimento, menos depredadores (serpientes, mamíferos, aves) y menos roedores con los cuales competir. A esas especies se les llama generalistas, y son capaces de vivir en ecosistemas alterados por el hombre. De hecho, con algunas de ellas compartimos

Tepezcuintle juvenil, *Cuniculus paca*.Puercoespin, *Sphiggurus mexicanus*.



Rata algodonera, *Reithrodontomys sumichrasti*.

nuestras casas, parques, drenajes, jardines y otras instalaciones urbanas. Hasta el momento se reconocen tres especies de ratones y ratas de casa de amplia distribución en el planeta: *Mus musculus*, *Rattus rattus* y *Rattus norvegicus*. Son abundantes en ciudades donde ha desaparecido del todo el entorno natural.

Cuando hay mucho alimento disponible, las especies generalistas pueden incrementar sus poblaciones hasta ser un problema económico y de salud. El inconveniente económico se origina porque al ser abundantes, cuentan con el potencial para dañar grandes extensiones de cultivo. Los problemas de salud se deben a que, sean silvestres o ratones y ratas de casa, pueden ser portadores de virus, hongos, bacterias,

helmintos<sup>1</sup> y garrapatas, que a su vez provocan enfermedades en las personas con quienes entran en contacto.

### Efecto de dilución

Las investigaciones nos han hecho ver la importancia de preservar los ecosistemas en beneficio de la salud humana. Un ecosistema que alberga una gran diversidad y abundancia de especies contribuye a disminuir la posibilidad de que ocurra una transmisión de enfermedades de animales a humanos, en algo que se conoce como *efecto de dilución*. Este efecto protector se pierde cuando alteramos los ecosistemas y consumimos o traficamos fauna silvestre. Hay un vínculo entre la conservación de los ecosistemas y nuestra propia salud.

Afortunadamente hemos aprendido de las malas experiencias, la más reciente, la del virus SARS-CoV-2. Esta pandemia nos ha mostrado la necesidad de implementar políticas y normativas que apliquen el enfoque Una Salud (*One Health*, en inglés) propuesto por la Organización Mundial de la Salud, el cual postula no solo la observancia del bienestar humano, sino que también vigila la salud o preservación de los ecosistemas que nos rodean y la de los animales que los habitan. Un primer paso es reconocer el papel no solo de las criaturas grandes, como los jaguares, sino de la enorme variedad de animales en la conservación.

El Neotrópico mexicano es buen ejemplo de una región donde se distribuyen varias

<sup>1</sup>Organismos con forma de gusano que pueden vivir parasitando a otros animales (por ejemplo, *Taenia*, comúnmente llamadas tenias) o de modo libre.

especies de roedores, pero que los humanos han alterado causando la disminución de sus hábitats. Ante una presión así, una extinción local de sus poblaciones no es imposible; si esto sucediera, daría lugar a la extinción de las especies cuya dieta está basada en ratones. Otra consecuencia negativa sería la reducción de las plantas en bosques, selvas y matorrales, pues los roedores son fundamentales tanto en la dispersión de semillas, como para ayudar a que algunas germinen. Se ha documentado que varias de ellas deben pasar por el tracto digestivo de un roedor con el fin de que sus ácidos estomacales les diluyan su capa protectora, y solo cuando el roedor las expulsa podrán nacer.

Y en sus correrías, estos mamíferos van liberando semillas aptas para germinar. Un ejemplo más lo tenemos con las ardillas que almacenan semillas para la temporada invernal, pero que, como no todas serán consumidas, terminan brotando en nuevas plántulas que eventualmente se convertirán en árboles.

Puede suceder también que los roedores no se extingan ante los cambios ambientales y se adapten y coexistan con las poblaciones humanas, con todos los riesgos sanitarios implícitos. Si esto pasara, sería necesario aplicar medidas de procuración de la salud para todas las personas, y aprender a construir una convivencia adecuada y de respeto con los animales y plantas que nos rodean. 🌱

Agradecemos al CONACYT por el apoyo al proyecto núm. 320315 "Escenarios de riesgo zoonótico en el Neotrópico mexicano, uso de modelos nulos", durante 2022; y al doctor Darío Navarrete por sus valiosas aportaciones al texto.

### Bibliografía

Lorenzo, C., Tapia-Ramírez, G., Hernández-Aguilar, I., y Hernández-Montero, J. R. (2022). Zoonosis virales emergentes ¿Qué sabemos y qué desconocemos? *Therya Ixmana*, (3), 92-94.

Morrone, J. J. (2019). Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: encrucijada de la biodiversidad del Nuevo Mundo. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, (90), e902980.

Observatorio Global Forestal (Global Forest Watch). (2022). Chiapas, México. <https://bit.ly/400o08u>

Gloria Tapia-Ramírez es posdoctorante de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal (México) | [tapiaramglo@gmail.com](mailto:tapiaramglo@gmail.com) | <https://orcid.org/0000-0002-8991-9640>

Consuelo Lorenzo es Investigadora Titular D de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal (México) | [clorenzo@ecosur.mx](mailto:clorenzo@ecosur.mx) | <https://orcid.org/0000-0002-7631-4116>

Itandehui Hernández-Aguilar es investigadora independiente (México) | [itandehui0901@gmail.com](mailto:itandehui0901@gmail.com) | <https://orcid.org/0000-0002-2514-6183>

Jesús R. Hernández-Montero es Investigador Asociado a proyecto de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal (México) | [jesus.hdezmontero@gmail.com](mailto:jesus.hdezmontero@gmail.com) | <https://orcid.org/0000-0001-9778-0768>

# El oxígeno

## en el agua lo cambia todo

Patricia M. Valdespino, Jorge A. Ramírez-Zierold, Oscar Gerardo-Nieto y Martín Merino-Ibarra

*Nuestra sangre normalmente está saturada de oxígeno (96% en promedio) y cuando baja del 80% necesitamos atención médica urgente, dato que aprendimos bien a causa de la pandemia por covid-19 y sus repercusiones directas en la salud pulmonar de las personas. Pero no somos los únicos seres expuestos a dramáticos riesgos si el oxígeno falta; con los organismos acuáticos es claro que sin ese vital elemento hay pérdida de biodiversidad, reducción del crecimiento de algunas especies o efectos en su reproducción, deterioro de la calidad del agua y también resulta más propicia la invasión de especies oportunistas.*

**Palabras clave:** eutrofización, seguridad hídrica, hipoxia, anoxia, procesos biogeoquímicos.

**Maayat'aan (maya): Le oxígeno yaan ich ja'e' ku jeelbesik tuláakal**

*Suuk yaan ya'ab oxígeno ichil k k'í'ik'el (tak 96% u ya'abil) ts'o'okole' le kéen éemek tu 80%e' k'a'ana'an k seeb bisa'al iknal ajts'aak, le je'ela' ma'alob úuch k kanik yo'olal le k'ak'aas k'oja'anil tu taasaj covid-19 yéetel le loobilaj tu meentaj tu xsak óol wáaj pulmono'ob wiinik. Ba'ale' a' chéen ti' to'on máaxo'on kuxa'ano'on ku béeytal u téek úuchul loob wáaj k k'oja'anta'al wáaj mina'an oxígeno; ichil u yik'elo'ob ja'e' wa mina'ane' ku xu'ulul xan u kuxtal jejeláas ch'í'ibalilo'ob, ku p'áatal mun ch'í'ijil wajaytúul ch'í'ibalil yik'el ja' wáaj ma'atáan u yantal u mejenilo'ob, ku k'aastal le ja'o' bey xan ku meetik chéen ch'a'abil u k'uchul wáaj u yok'ol ch'í'ibal ku loobilo'ob.*

**Aantaj t'aano'ob:** eutrofización, ma' xu'upul ja', ku yéemel oxígeno, ku xu'upul oxígeno, procesos biogeoquímicos.

**Bats'i k'op (tsotsil): Chjel o skotol k'alaluk oy ik' ta yutil vo'e**

*Vu'utike kuxulutik ja' ti ta xki'chtik ik'e, jech oy 96% ik' ta jch'ich'eltik, k'alaluk xyale xk'ot ta 80%, mi jech k'ot taje sk'an xka'kbatik ta ilel ta ora no'ox ta jpoxtavanej, smelolal li'e laj yich' chanel k'alaluk i-ech' chamel korona virus sbie covid-19 ti ja' ipaj yu'un sputsutsil yu'un li jch'iel jk'opojeletike. Pe ma'uk no'ox vu'utik xu' chijcham ti mi mu'yuk xki'chtik ik'e; xu' ta xlaj ek li bik'tal ja'al chonetik kuxajtik ta vo'e ja' ti ta xich'ik ik' ta yutil vo' eke, ti mi mu'yuk ik' ta yutil vo'e, jech ta xcham talel ti k'uyepal jaychop kuxajtik tey, jech mu'yuk xa bu ta xp'ol talel sts'unobal, ta sok ek li vo'e, xchi'uk tey ta x-och talel yantik chopol bik'tal ja'al chonetik.*

**Jbel cha'bel k'opetik oy ta vun li'e:** eutrofización, seguridad hídrica, hipoxia, anoxia, procesos biogeoquímicos.

**E**l oxígeno es clave para muchos habitantes del planeta, y su ausencia es muy grave para un organismo aerobio (dependiente del aire), como lo son la mayoría de los animales terrestres y acuáticos. En contraste, para otros organismos la presencia del oxígeno no es vital, y hay seres anaerobios a los que les resulta tóxico, como el género de bacterias *Clostridium*. Para nosotros es muy claro que la falta de oxígeno es fatal, bastan apenas unos cuantos minutos sin aire para que nuestro cuerpo deje de funcionar. ¿Qué te ocurriría si fueras un habitante del agua? Para empezar, tendrías sistemas de alerta para moverte en caso de emergencia y tanto tú como tu comunidad estarían muy atentos a la química del oxígeno.



HUMBERTO BAHENA

**Mucho oxígeno en el aire, poco en el agua**

El oxígeno (O<sub>2</sub>) es un elemento que interactúa fácilmente con otras moléculas. Como agente oxidante, cambia el color de una manzana cortada o convierte en polvo materiales tan resistentes como una varilla de acero. Juega un papel fundamental en la química de la atmósfera y de la biósfera, y su presencia o ausencia determina la dirección de muchos procesos biológicos, químicos y geológicos; de hecho, son biogeoquímicos, porque suelen ocurrir todos

juntos. Estos procesos afectan a elementos clave para la vida, como el tránsito del carbono, el azufre y el nitrógeno entre el ambiente y los seres vivos. Por ejemplo, el carbono circula por tres compartimientos muy distintos: en la atmósfera o capa de aire, polvo y material ionizado que rodea al planeta; en la biósfera o capa que contiene a la vida, y en la litósfera o capa de las rocas. El mismo carbono de una molécula inorgánica, como el CO<sub>2</sub> en la atmósfera, forma parte de un organismo como tú, pero también po-

dría quedarse inmovilizado en un carbonato (sales de ácido carbónico) por millones de años.

Una vez establecida la necesidad del oxígeno, puede parecer extraño que algunos metros hacia arriba en la atmósfera el oxígeno casi no cambia, pero hacia abajo en el agua sí. Mucho del aire que respiramos es oxígeno, el 20%; si su concentración fuera menor a 7% nos desmayaríamos. Pero el agua es incapaz de contener más del 0.5% de oxígeno, ¡40 veces menos que en el aire!

Por ello, en los sistemas acuáticos es crucial el equilibrio entre el consumo de oxígeno (respiración) y su producción local o su entrada desde fuera.

Esto último solo ocurre a través de la superficie, y tiene limitantes por el lento proceso de la difusión por la interfase agua-aire. Si bien el viento y las olas aceleran la difusión hasta miles de veces, introducir  $O_2$  en los cuerpos de agua requiere mucha energía. En contraste, en los bosques y otros ecosistemas terrestres penetra sin dificultad pues son zonas en contacto directo con la atmósfera. Entonces, a diferencia de lo que ocurre en los bosques, los cambios en la concentración de oxígeno en lagos, embalses, costas y regiones oceánicas representan un gran riesgo para sus habitantes.

Afortunadamente también se genera oxígeno dentro del agua, gracias a que unos seres diminutos llamados fitoplancton, aparte de las algas y plantas acuáticas (o macrófitas), lo hacen a través de la fotosíntesis. El proceso utiliza carbono inorgánico, como el  $CO_2$ , para producir biomasa orgánica y liberar oxígeno al agua con la energía de la luz solar. La fotosíntesis produce suficiente oxígeno para alcanzar ese 0.5% que pueden contener las aguas superficiales de océanos, mares y lagos. Si se produce más oxígeno, este ya no cabe y se forman burbujas que ascienden a la superficie y escapan a la atmósfera. Si has visto con atención un acuario, seguramente habrás notado estas burbujas que se forman en las hojas de las plantas o algas.

Esta generación biológica de oxígeno únicamente ocurre en la capa hasta donde la luz penetra, la llamada zona eufótica, cuyo espesor máximo es de 120 metros en las aguas más claras del planeta, como en los trópicos, y llega a ser tan delgada como un par de metros en lagos y embalses; en sitios como los canales de Xochimilco, apenas tiene unos centímetros por su alta turbidez y consumo de oxígeno, provocados por el gran número de organismos que se reproducen con rapidez cuando hay exceso de nutrientes. Es decir, cuando el aporte

de nutrientes es excesivo (nitrógeno, fósforo y otros elementos), estos se tornan contaminantes y rompen el balance natural del ecosistema, a este proceso le llamamos eutrofización y la formación de zonas sin oxígeno en el agua es una de sus consecuencias más dramáticas.

### Menos oxígeno en un mundo más cálido

El equilibrio del oxígeno entre el agua y el aire depende de varias condiciones. Así, a mayor temperatura del agua, habrá menor solubilidad del  $O_2$ , lo mismo que a menor presión atmosférica (recordemos que en zonas de mayor altitud la presión atmosférica es menor que a nivel del mar), y a mayor salinidad. Mientras más caliente el agua, más salada y a mayor altitud, menos oxígeno le cabe. Piensa en las diferencias entre

una laguna costera y un lago en el cráter de un volcán de 4,000 metros de altitud. Ahora imagina el invierno y verano en esos cuerpos de agua para tener una mejor idea de la variabilidad de los factores.

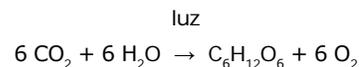
Ante la inminencia del cambio climático, hay que considerar que, con el aumento de la temperatura del océano y de los cuerpos de agua dulce, se reducirá la cantidad de oxígeno que pueden contener, con lo que en un mundo más cálido la situación será más crítica para los organismos acuáticos. Esto se observa en los acuarios: cuando la temperatura se descontrola y sube, los peces mueren asfixiados por la falta de oxígeno antes de que les llegue a afectar la temperatura en sí.

Además, el equilibrio entre el oxígeno que se produce y el que se respira en los

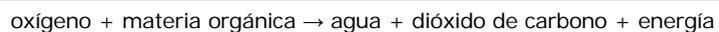
### El oxígeno en las reacciones redox y la gran ecuación

Los ciclos biogeoquímicos de la Tierra están dominados por la química redox (reacciones en las que se transfieren electrones). La reacción fotosíntesis-respiración es la que más energía produce en la biósfera e ilustra la influencia de los seres vivos en el oxígeno. Hacia la derecha, la fotosíntesis produce materia orgánica a partir de luz y dióxido de carbono ( $CO_2$ ), y como subproducto se genera oxígeno molecular ( $O_2$ ). Si la ecuación ocurre hacia la izquierda, la respiración de la materia orgánica para obtener energía consume oxígeno y libera dióxido de carbono.

► Si ocurre de izquierda a derecha es la fotosíntesis:



► En sentido contrario, y traduciendo las fórmulas químicas, la reacción de respiración queda así:



Solamente las plantas y algunas algas y bacterias poseen la fábrica química para hacer fotosíntesis, es decir, que son capaces de capturar la energía solar, almacenarla químicamente y construir materia orgánica, por eso son considerados "productores primarios". Pero cuando crecen exponencialmente, los cuerpos acuáticos se ponen verdes, el bloqueo de la luz y la respiración de tanta biomasa, literalmente, agotan el oxígeno. Así, los maravillosos cuerpos acuáticos cambian drásticamente en corto tiempo. A veces los peces y crustáceos logran huir, pero si no pueden hacerlo su hábitat natural será letal para ellos. ¿Conoces ejemplos de este tipo cerca de tu localidad?

cuerpos de agua se altera por las entradas adicionales o “externas” de nutrientes y materia orgánica. La “fertilización” por actividades humanas genera sistemas eutróficos, esto es, en los que crece mucho fitoplancton y las aguas se tornan verdes. Esta materia orgánica adicional es degradada por respiración aerobia, consumiendo oxígeno disuelto en el agua. En la respiración aerobia, las células de los seres aerobios, como nosotros, los peces o muchos microorganismos, utilizan el oxígeno para producir energía (reacción química en el recuadro). Cuando el consumo del oxígeno (respiración) es mayor que su producción (por fotosíntesis) y la entrada por el contacto con el aire, el sistema tendrá un cambio abrupto en poco tiempo. El resultado es la formación de zonas con muy poco oxígeno disuelto (hipoxia) o donde no hay oxígeno disponible (anoxia). Se les conocen también como “zonas muertas”, ya que la comunidad que esté allí presente, tanto vertebrados como invertebrados y muchos microorganismos (los que son aerobios), mueren rápidamente en grandes cantidades. Ejemplos de estos eventos se leen en las noticias frecuentemente, por ejemplo, muerte masiva de tilapias en el lago de Chapultepec, o las toneladas de peces popocha y carpas en la laguna Cajititlán.

### Habitantes acuáticos en riesgo

La falta de oxígeno ocasiona una gran pérdida de biodiversidad; además de la muerte masiva de organismos, hay otros efectos que no son fáciles de estudiar o medir, como la reducción del crecimiento y de la capacidad de reproducción de los seres vivos; también estrés fisiológico, migración forzada o la interrupción en los ciclos de vida. En este sentido se ha documentado que la baja disponibilidad de oxígeno afecta el comportamiento y el crecimiento de la trucha arcoiris, el pez gato, peces cíclidos y renacuajos. Si has tenido un acuario, seguro que has visto la vulnerabilidad de tu pez favorito.

A nivel ecosistémico, algunas consecuencias de gran impacto son la invasión de



HUMBERTO SAHENA

especies oportunistas preparadas para tolerar menos oxígeno, la afectación de importantes servicios ecosistémicos, como la producción de especies de interés comercial, además del deterioro de la calidad del agua con consecuencias socioeconómicas y de salud pública. De hecho, se estudia con mucho interés los efectos de la baja disponibilidad de oxígeno en las pesquerías del golfo de México, que están basadas en aproximadamente 300 especies de peces y mariscos.

El mínimo aceptable de oxígeno en un sistema acuático es de 2 mg O<sub>2</sub>/litro, pero para distintos organismos varía entre 0.28 y 4 mg O<sub>2</sub>/litro. Esto equivale a aproximadamente el 20% de saturación. Como punto de comparación, la sangre humana por lo general está saturada de O<sub>2</sub> (96% en promedio), y cuando baja del 80% necesitamos atención médica urgente.

Los estudios científicos han descubierto que la fauna béntica, es decir, la del fondo, puede vivir alejada de la fuente de oxígeno del sistema. Sin embargo, la muerte de peces ocurre en eventos de hipoxia, seguida por la de crustáceos (camarones, langostas, cangrejos), después los poliquetos (gusanos), equinodermos (estrellas de mar, erizos), moluscos (caracoles, pulpos) y finalmente los cnidarios (medusas, anémo-

nas), los cuales parecen ser muy resistentes a la falta de oxígeno.

Desafortunadamente, las zonas anóxicas (con poco oxígeno) en ríos, presas, lagos, zonas costeras, bahías y mares son cada vez más frecuentes, a causa del aporte de nutrientes por descarga de aguas residuales y el arrastre de fertilizantes a los ecosistemas acuáticos.

Nuestro grupo interdisciplinario de biogeoquímica acuática de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (<https://youtu.be/cVVzaz-4mP8>) estudia tanto sistemas oxigenados (ríos y lagos o lagunas de aguas claras) como sistemas eutrofizados. Ejemplos de los primeros son la laguna Nichupté en Quintana Roo o el lago Alchichica en el Eje Neovolcánico Transversal (figura 1). Un ejemplo de los segundos se encuentra en el embalse de Valle de Bravo, en el Estado de México, cuya mitad más profunda permanece anóxica (figura 1). La eutrofización del río Usumacinta también causa hipoxia (menos de 20%) hacia su desembocadura en época de lluvias (<https://bit.ly/3Liw28Q>).

Del mismo modo hemos visto problemas de hipoxia en la laguna de Bacalar, y en las costas del Caribe donde se acumulan toneladas de sargazo, que en la costa son degradadas, o bien, “respiradas” por microorganismos, lo que consume oxígeno. Al pasar de aguas claras, oxigenadas y con pocos nutrientes, hacia aguas turbias y sin oxígeno, las lagunas arrecifales del Caribe, que albergan gran biodiversidad, se tornan en espacios inhabitables para muchos organismos.

Es cada vez más urgente el monitoreo de los cuerpos acuáticos. En Valle de Bravo lo realizamos con la colaboración ciudadana, lo que es de gran importancia para cuidar a los ecosistemas del país. Así que toma un respiro, ponte en los zapatos de tu pez o crustáceo favorito y ayúdanos a saber, ¿cómo están los niveles de oxígeno allí afuera? 

Agradecimientos: Proyecto PAPIIT IN111312 otorgado a MMI y Beca postdoctoral Conacyt otorgada a PMV.

Figura 1. El agua de color verde es signo de exceso de nutrientes o eutrofización, que deriva en el agotamiento del oxígeno por la respiración de la materia orgánica y por la limitada penetración de la luz, la cual permite la producción de oxígeno por fotosíntesis. Arriba, las lagunas Alchichica (Puebla y Veracruz) y Bacalar (Quintana Roo), antes transparentes, han presentado eutrofización, que ya es permanente en Valle de Bravo (Estado de México). También hay zonas del río Usumacinta (Tabasco y Chiapas) que han mostrado “aguas verdes” y periodos de hipoxia.

PATRICIA VALDESPINO



Lago Alchichica. Laguna de aguas claras con muy pocos nutrientes, en ocasiones se torna verde por florecimientos masivos de cianobacterias.



Laguna Bacalar. Sus aguas claras con muy pocos nutrientes en ocasiones se torna verde por florecimientos masivos de cianobacterias y otros microorganismos.

PATRICIA VALDESPINO

JORGE RAMÍREZ ZIEROLD



Río Usumacinta. En varias secciones del río, se aprecian signos de eutrofización como aguas oscuras y mortandad masiva de peces y anfibios.



Embalse Valle de Bravo. Desde los ochenta, este embalse presenta signos de eutrofización: aguas oscuras, florecimientos fitoplanctónicos y capas profundas sin oxígeno.

JORGE RAMÍREZ ZIEROLD

## Bibliografía:

- Calderón-Cendejas, J., Madrid Ramírez, L., Ramírez Zierold, J., *et al.* (2021). Evaluation of the Impacts of Land Use in Water Quality and the Role of Nature-Based Solutions: A Citizen Science-Based Study. *Sustainability*, 13(19), 10519. <https://doi.org/10.3390/su131910519>
- Guimaraes-Bermejo, M. O., Merino-Ibarra, M., Valdespino-Castillo, P. M., *et al.* (2018). Metabolism in a deep hypertrophic aquatic ecosystem with high water-level fluctuations: a decade of records confirms sustained net heterotrophy. *PeerJ*, (6), <https://doi.org/10.7717/peerj.5205>
- Merino-Ibarra, M., Ramírez-Zierold, J., Valdespino-Castillo, P. M., *et al.* (2021). Vertical Boundary Mixing Events during Stratification Govern Heat and Nutrient Dynamics in Windy Tropical Lakes with High Water-Level Fluctuations: A Long-Term (2001-2018) Study. *Water*, 13(21), 3011. <https://doi.org/10.3390/w13213011>

Patricia M. Valdespino es investigadora posdoctoral en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México | [pancronica@gmail.com](mailto:pancronica@gmail.com) | <http://orcid.org/0000-0002-2998-4627>  
 Jorge A. Ramírez-Zierold es egresado del Doctorado en Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México | [jramirezzierold@yahoo.com.mx](mailto:jramirezzierold@yahoo.com.mx) | <http://orcid.org/0000-0001-8094-1852>  
 Oscar Gerardo-Nieto es investigador posdoctoral en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México | [oagerardon@gmail.com](mailto:oagerardon@gmail.com) | <http://orcid.org/0000-0003-3299-9456>  
 Martín Merino-Ibarra es profesor e investigador titular en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México | [mmerino@cmarl.unam.mx](mailto:mmerino@cmarl.unam.mx) | <http://orcid.org/0000-0002-6690-3101>

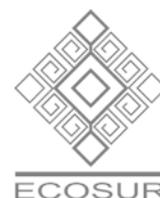
**¿Quieres capacitarte  
y actualizarte?**

# **Educación Continua ECOSUR**

**Ofrece cursos, talleres y diplomados presenciales en cada una de sus unidades, así como algunos en la modalidad de educación a distancia, en línea y mixta.**

**Temas relacionados con sistemas de producción; conservación de la biodiversidad; sociedad, cultura y salud; redacción; laboratorios; herramientas informáticas de análisis y metodologías para la academia.**

Consulta el catálogo en línea y regístrate: [www.ecosur.mx/educacioncontinua](http://www.ecosur.mx/educacioncontinua)



**Promoviendo la formación y capacitación continua de las personas,  
e impulsando la vocación científica juvenil.**



TRINIDAD ALEMÁN

# El borrego Chiapas en la cultura chamula

Juan Carlos Martínez-Alfaro

*Resumen: Es probable que el borrego Chiapas de la región tsotsil haya arribado desde la actual Honduras, después de que allí desembarcaran los ovinos provenientes de España. Así iniciaba la adaptación y apropiación de la ganadería europea en América. Hoy ya forma parte de la alimentación, vestido y cultura de diversos pueblos chiapanecos, en particular de los que habitan en los Altos, y son las mujeres las que han logrado conservar a uno de los animales domésticos más importantes del estado; son ellas quienes también han preservado el conocimiento etnozootécnico y etnobotánico de la ovinocultura.*

**Palabras clave:** borrego Chiapas, ovinocultura tradicional, chamula, sistema agrosilvopastoril, etnobotánica.

### Maayat'aan (maya): U tamanil Chiapas ichil u kaajnaalil chamula

Ku tukla'ale' u tamanil Chiapas' tasabilak ti' tu'ux bejla'e' u noj lu'umil Honduras tak tu'ux kaajakbal máaxo'ob tsotsilo'ob, tumen ti' yáax k'uch le tamano'ob tasbilako'ob ti' u noj lu'umil España. Beey káajik u meyajta'al yéetel u yaalak'ta'al taman wáaj wakax ku taal ti' Europa way Américae'. Bejla'e' ku jantiko'ob u bak'el, yéetel ku nook'ankilo'ob bey xan sáansamal ti' yaan tu kuxtalil ya'ab mejen kaajo'ob chiapasilo'ob, jach suuk ti' u kaajnaalilo'ob jump'éeel kúuchil k'ajóola'an beey los Altos, ts'o'oke' leti' le xko'olelo'ob máaxo'ob táan óoltik u yaalak'ta'al tumen juntúul aalak' jach k'ána'an ti' le peten lu'uma'; leti'ob kanántik ma' u tu'ubsa'al tuláakal ba'ax k'ajóola'an yóok'olal u yaalak'ta'al bey xan yóok'olal k'áax uti'al u tséenta'al tamano'ob.

**Aantaj t'aano'ob:** tamanil Chiapas, yaalak' taman, chamula, sistema agrosilvopastoril, etnobotánica.

### Bats'i k'op (tsotsil): Li chij oy ta Chiapas tsakal ta stalel skuxlejaj ta slumal chamu'

Li chij oy ta jlumaltik li' ta yosilal Chiapas lamucha tey la lik talel sts'unobal ta slumal Honduras, ti ja' tey ik'ot ba'yel li chijetik italik ta namal banamil España. Jech lik talel sts'unobal vakax chijetik li' ta yosil América. Tana li'e te xa nitil tsakal ta stalel xkuxlejaj, ta sve'elik xchi'uk ta pasel sk'u'ik jteklumetik chiapanekoetike, ja' xa yu'uninoj jnakejetik oyi ta stoylejaj yosilal Chiapas, ta yabtel li antsetike kuxul to yu'unik sts'unobal li chijetik ti toj tsots sk'oplal li' ta estaroe; xchi'uk ja' ta sp'ijjal sna'benal yu'un li antsetike tey to kuxul k'u yelan ta xich' jalel k'u'iletik xchi'uk ja' sna'ojik k'u yelan chich' ch'itesel xcha'biel li chijetike, ti ja' jech stalel skuxlejajike.

**Jbel cha'bel k'opetik oy ta vun li'e:** chij oy ta Chiapas, chij xchi'uk talel kuxlejaj, chamu', sistema agrosilvopastoril, etnobotánica.

Las razas que formaron al borrego Chiapas llegaron con los españoles, quienes los pensaron en principio para la producción de textiles. No imaginaron que el clima dificultaría la adaptación de los ovinos, ni que finalmente una cultura ajena sería la responsable de su cuidado y manejo. Tampoco alcanzaron a vislumbrar que serían las mujeres y los niños quienes cuidarían su pastoreo, ni que pasarían a formar parte del grupo familiar chamula. El borrego Chiapas encontró no solo un terreno fértil, sino que se resguardó en el corazón de las mujeres y los niños, lo que le ha permitido ser exitoso a cambio de vestir al pueblo que lo ha adoptado.

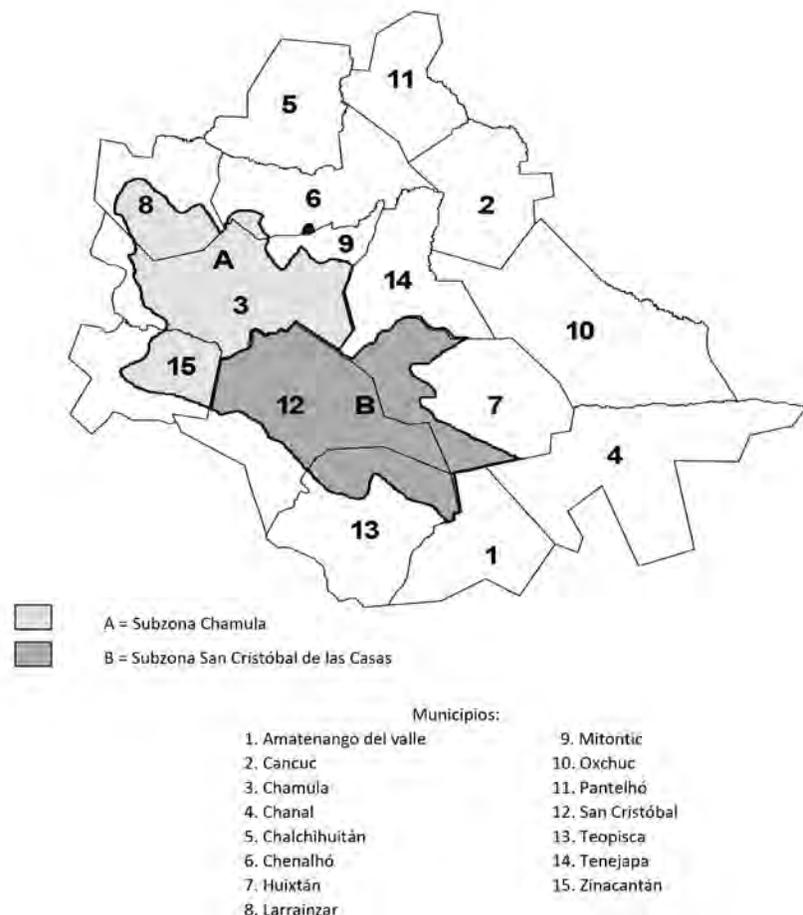
### Origen del borrego Chiapas

La región Altos de Chiapas es una zona montañosa del sureste mexicano, que ha sido habitada por poblaciones mayas tsotsiles y tseltales durante más de 500 años. En ella predominan las actividades agrícolas de subsistencia dedicadas sobre todo a la producción de maíz y frijol. Sin embargo, las comunidades que allí se asientan han adoptado y hecho de la producción del borrego Chiapas una pieza fundamental de su sistema de producción agrosilvopastoril. El resultado es que la región contiene a la zona borreguera de la entidad, la cual comprende 7 de los 14 municipios de los Altos, con San

Juan Chamula y San Cristóbal de Las Casas como los más importantes, puesto que juntos albergan el 60% de la producción ovina

de toda la zona borreguera (figura 1), aunque con el 63% del total de cabezas de ovino, Chamula es el principal de la zona.

Figura 1. Zona borreguera de la región Altos de Chiapas.



Fuente: Nahed, T. J. y Tirado, Q. L. (2000), *Alternativas para el desarrollo de sistemas de producción ovina sostenibles en los Altos de Chiapas*. El Cid Editor.

La teoría más aceptada acerca de la apropiación del ganado ovino por parte de las mujeres pastoras tsotsiles (*k'el chij*), es que los rebaños provenientes de España fueron desembarcados en Caballos, un puerto de reabastecimiento ubicado en la actual Honduras; desde ese sitio fueron llevados por los propios conquistadores al altiplano guatemalteco, aunque siguieron su ruta hacia el norte hasta llegar al valle de Jovel, donde se fundaría Ciudad Real que posteriormente recibiría el nombre de San Cristóbal de Las Casas.

Un rasgo singular de la apropiación de la ovinocultura en Chiapas es que fueron las mujeres las que se encargaron de ella, probablemente desde los tiempos en los que las ovejas pertenecían a los españoles. A diferencia de la producción pecuaria de otras partes del país, en la zona borreguera de los Altos, son ellas las que se dedican al pastoreo —que en general ocurre en áreas comunales—, aunque niños y niñas también la realizan.

El borrego Chiapas es una variedad genética de ovinos con características físicas de las razas Churra, Manchega y Lacha, las cuales fueron traídas por los españoles en el siglo XV. No obstante, es probable que en su conformación hayan participado otras razas para llegar al fenotipo de la actualidad (se llama fenotipo a los rasgos hereditarios visibles, como lana, color, tamaño, entre otras).

De acuerdo con una afirmación hecha en 1992 por los investigadores Raúl Pérezgrovas Garza y Pastor Pedraza Villagómez, este borrego muestra características observables, como el color de la lana, y otras que no lo son, como su estacionalidad reproductiva, es decir, que su apareamiento se da en una sola época del año. Pero también presenta rasgos hereditarios propios de las razas o variedades genéticas de sus ovinos antecesores (Manchega, Lacha y Churra); de modo que el borrego de pelo negro tiene muchas similitudes con la raza Manchega, el de pelo blanco con la Churra, y el de color café con la Lacha. De estos tres, la oveja de

color negro es la más apreciada por las mujeres chamulas.

La lana es la materia prima de la ropa que se usa cotidianamente, por lo que el borrego Chiapas todavía representa para muchas familias tsotsiles el principal recurso para vestir. Las mujeres pastoras trasladan al animal y se encargan de teñir, tejer y bordar la lana; desde luego, brindan cuidados a las ovejas antes y después de trasladarlas.

Para el tratamiento y control de las enfermedades de los ovinos, generalmente utilizan plantas medicinales; clasifican las enfermedades en digestivas (diarrea), respiratorias (tos), parasitosis, aire, y otros padecimientos como la agalactia (baja producción de leche) y mordeduras de víboras. Así mismo, han desarrollado métodos, como el uso de bozal, para evitar que el rebaño consuma plantas tóxicas o agrícola-

las durante su trayecto hacia los pastizales comunales.

Estos tratamientos han sido utilizados desde hace cinco siglos; es un conocimiento que ha ido pasando de generación en generación, de madres y abuelas a hijas y nietas, principalmente. No es común que los hombres se involucren en estas actividades, aunque hay excepciones, sobre todo cuando son niños, pero en la medida en que tienen más edad abandonan la ovinocultura. Esto hace que el conocimiento sobre el manejo y cuidado de los ovinos se esté perdiendo entre los varones.

### Borregos en el contexto familiar

El sistema agrosilvopastoril es un conjunto de técnicas de uso del suelo que involucra la combinación de un componente leñoso (forestales o frutales), un animal (ganadería) y el agrícola (cultivos), todos en el



Mujer tsotsil colocando un bozal a una oveja.



JUAN CARLOS MARTÍNEZ

Doña Rosa tejiendo en el paraje Pozuelos, Chamula, Chiapas.

mismo terreno. La ovinocultura de los Altos de Chiapas, en especial en Chamula, se desarrolla en un sistema agrosilvopastoril, en el que la ganadería ovina es alimentada en pastizales comunales con presencia preponderante de árboles dispersos de pino (*Pinus sp*) y encino (*Quercus sp*). En estos lugares de pastoreo hay también vegetación que emerge después de la deforestación por quema o tala, y que igualmente contribuye a la dieta del borrego.

Cuando los corrales en donde los animales pasan la noche quedan fuera de uso, se les utiliza para la siembra de hortalizas debido a que el estiércol de las ovejas sirve de abono. Y este también es recolectado para elaborar composta con la que luego se nutre a los cultivos de maíz, frijol, calabaza, habas, col, repollo y rábano. El borrego Chiapas es, como podemos ver, una pieza fundamental en el sistema agrosilvopastoril de la región desde el punto de vista social, económico y cultural.

En la mayoría de las comunidades de los Altos de Chiapas, las ovejas son consi-

deradas como un miembro más de la familia. Incluso, de acuerdo con las pastoras de Pozuelos, municipio de Chamula, y de Juana Hernández Méndez, responsable del grupo de ovinocultoras y artesanas K'anal, a las ovejas se les nombra según su fecha de nacimiento, de modo que será Juanita la borrega que haya nacido el 24 de junio, o Lupita, la que lo hizo un 12 de diciembre, y así consecuentemente. Sin embargo, les dan también otros nombres, por ejemplo, Zorro, si la oveja tiene lana de color gris. En este sentido, la producción del borrego Chiapas posee características particulares, de forma que hay que darles el reconocimiento a estas pastoras, quienes han sido las responsables de cuidar, manejar e integrar el borrego Chiapas (*Batsi chij*) como un miembro más del grupo familiar. Como se observa, es un tipo de ovinocultura enmarcada en un sistema complejo de producción social.

Así pues, han sido las mujeres, quienes a través del conocimiento tradicional desarrollado a lo largo de 500 años han utiliza-

do diferentes estrategias para rescatar de una probable extinción al borrego Chiapas. O al menos ha sido la mujer chamula (*k'el chij*), la que a través de su convivencia diaria con los ovinos en los pastizales (*ya xal-tik*), monte (*te'tik*), bosque (*s'ilal am'nal*), milpa (*chom'tik*), o corrales (*sna chij*), ha forjado el conocimiento acerca del cuidado y manejo de esta ganadería, así como la asociación de las plantas medicinales y de hortalizas con el estiércol de los ovinos. Estas mujeres pastoras han ayudado a la conservación de uno de los animales domésticos más importantes de Chiapas.

Si bien este borrego llegó a la vida del pueblo tsotsil de manera circunstancial, en la actualidad resulta difícil imaginar la cultura chamula sin su presencia: ya que es parte de su ropa, alimentación (incluido que el estiércol se usa como abono para los cultivos) y estilo de vida. Es una de las formas de la adaptación y apropiación de la ganadería europea por parte de los pueblos latinoamericanos, aunque este vínculo de los chamulas con el borrego Chiapas nos deja otra enseñanza desde la perspectiva de género.

Habrà que reconocer la labor de las mujeres pastoras (*k'el chij*), quienes son las protagonistas en la construcción del conocimiento sobre el manejo de la salud en la ovinocultura utilizando plantas medicinales a lo largo de generaciones. En este sentido, hoy tenemos un borrego Chiapas integrado al grupo doméstico de la cultura chamula a la que impacta de manera importante, algo que merece el reconocimiento social. 

## Bibliografía

- Alemán, T., López, J., Martínez, A., y Hernández, L. (2001). La percepción de las enfermedades de los ovinos por las mujeres tzotziles de la región de Los Altos de Chiapas, México. *Etnoecológica*, (5), 60-74.
- Martínez-Alfaro, J. C. (2018). Etnoveterinaria del *Borrego Chiapas*: El conocimiento tradicional que ha rescatado al *Borrego Chiapas*. En C. Elizondo, R. Mariaca Méndez y F. Ruan Soto (eds.), *Etnobiología y diversidad biocultural de Chiapas* (pp. 231-250). ECOSUR.
- Perezgrovas, R. (1999). *Los Carneros de San Juan. Ovinocultura indígena en Los Altos de Chiapas* (2ª edición). San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México: Instituto de Estudios Indígenas/Universidad Autónoma de Chiapas.

# LEYENDO EL SUR



## Educación, innovación y pandemia

En esta sección presentamos las novedades editoriales de Libros ECOSUR. Le toca el turno a Enseñanza superior en tiempos de pandemia. ¡Conócelas!

### Maayat'aan (maya): Túumben bix u kuxtal miatsil yéetel kaaj

Ti' le jaatsa' kek ts'áaik k'ajóolbil le túumben meyajo'ob yaan ich Áanalte'ob ECOSUR. Bejla'e' yaan k k'ajóoltik Ka'ajsajil ti' noj naajil xooko'ob ichil u k'iinilo'ob k'ak'aas k'oja'anil. iKa k'ajóolto'ob!

### Bats'i k'op (tsotsil): K'u yelan ta xjel stalel xkuxlejal bats'i jnaklumetik xchi'uk jteklumetik

Li'e ta xka'ktik ta ojtikinel ach' bijilal abtelaletik oy ta vunetik ECOSUR. Ja' ta xak' ta ojtikinel Bijil chanubtasel ta yorail tanij tal chamel. iOjtikino!

## Enseñanza superior en tiempos de pandemia

coordinadores

Ramón Abraham Mena Farrera  
Sergio Iván Navarro Martínez  
Dora Elia Ramos Muñoz  
Antonio Saldivar Moreno



ECOSUR

## Enseñanza superior en tiempos de pandemia

Ramón Abraham Mena Farrera,  
Sergio Iván Navarro Martínez,  
Dora Elia Ramos Muñoz  
Antonio Saldivar Moreno  
(coordinadores)

El Colegio de la Frontera Sur  
Consejo Latinoamericano  
de Ciencias Sociales

### Formato:

- Epub, ISBN: 978-607-8767-70-0
- PDF, ISBN: 978-607-8767-68-7  
<https://bit.ly/3KUVhgS>

### Tipo de obra:

Libro académico de coyuntura

### Serie/s:

 Cultura e identidades

### Público al que va dirigido:

A toda audiencia interesada en los estudios de la educación superior en México y Latinoamérica.

“El lector podrá conocer de qué forma se innovaron y transformaron las prácticas de docencia e investigación a raíz de la pandemia por covid-19, en donde el modelo de educación superior en México tuvo que transformarse desde lo más profundo de las comunidades originarias hasta las masificadas universidades en México”.



## Objetivo de la obra

Presentar un conjunto de debates teórico-metodológicos y propuestas que, basadas en el conocimiento científico-social y las humanidades, surgen desde la ciudadanía y la academia con el propósito de cambiar y mejorar la realidad social en México y América Latina.



## ¿Cómo se obtuvo la información?

El libro procede de una convocatoria abierta y pública, pero se fortaleció con los trabajos del seminario "Transformación de los procesos de educación superior y de posgrado. Innovación en tiempos de pandemia", en el que participaron estudiantes, academia y ciudadanía, con el apoyo de los recursos digitales y redes sociales de ECOSUR.

## ¿Por qué debemos leerlo?

Porque es una memoria de las experiencias de acción y cambio relacionadas con los procesos de formación en la educación superior y de posgrado durante la pandemia por covid-19.

## Tres datos relevantes

 El libro inaugura la colección Humanidades Digitales y Género de ECOSUR, dedicada a los estudios de los fenómenos sociales y culturales afectados por sistemas de opresión racial, neoliberal y heterocentrista, entre otros, con énfasis en los expresados en espacios socio-técnicos.

 Se abordan los efectos de la pandemia por covid-19 en el sistema docente de las universidades y el sector de la educación superior en general, en México.

 Se brindan referencias de cómo se transformó el sistema educativo en las comunidades de los pueblos originarios.

"El libro nos convocó en medio de una política de confinamiento que imponía la distancia social. Pero todas y todos, desde las rancherías y las megalópolis, pudimos reunirnos sin que importaran las restricciones, gracias a la conexión de las pantallas de nuestros celulares y computadoras. Ofrecimos contar y escuchar, escribir y leer de nuestras experiencias en la docencia, y dejar una memoria de nuestro trabajo para transformar la educación superior en los momentos más complicados de la pandemia".

## Distinciones

El seminario "Transformación de los procesos de educación superior y de posgrado. Innovación en tiempos de pandemia" tuvo una audiencia de 3,434 vistas y 470 personas inscritas al concluir sus transmisiones, además contó con la participación de especialistas altamente reconocidos en América Latina. Las grabaciones de las tres sesiones que lo conforman están completas en el canal de Youtube de ECOSUR y también se pueden encontrar en las páginas de Facebook de las instituciones participantes.

**E**l 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](http://www.ecosur.mx) y [www.altexto.mx](http://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](mailto:libros@ecosur.mx) y [ochow@ecosur.mx](mailto:ochow@ecosur.mx)

# Manglares

## como sumideros de carbono ante el cambio climático

Conversación con Cristian Tovilla Hernández\*

Elena Anajanci Burguete Zúñiga

*Resumen: Cristian Tovilla, académico de ECOSUR, aborda en esta entrevista la trascendencia de conservar los humedales, en especial los manglares, valiosos ecosistemas que ayudan a la regulación del clima y control del cambio climático. Si llegaran a desaparecer, los efectos de tormentas y huracanes sobre las costas del mar Caribe, océano Pacífico y golfo de México serían devastadores: se incrementarían los años secos, habría escasez de agua y los climas cambiarían drásticamente, perjudicando a la población y a la flora y fauna terrestre y marina. Una situación a la que jamás debemos llegar.*

\* Extracto de la entrevista transmitida en febrero de 2023 en Voces de la ciencia desde el sur, [www.radiodelcolmich.com](http://www.radiodelcolmich.com)

**Maayat'aan (maya): Chuk te'ob beey kúuchilo'ob tu'ux ku chuluk'ajal carbono bejla' yaan u talamil cambio climático. Tsikbal yéetel Cristian Tovilla Hernández**

*Cristian Tovilla, juntúul ajka'ansajil ECOSUR, ti' le tsikbal k'atchi'ila' ku tsoolik to'on ba'axten jach k'a'ana'an k kanáantik le kúuchilo'ob tu'ux ku buulul yéetel ja' k'ájoola'an beey humedalo'ob, je'elbix le chuk te'obo', tumen kúuchilo'ob jach k'a'ana'ano'ob yéetel ku yáantajo'ob ti'al ma' u téek ke'eltaj wáaj u téek chokotaj yóok'olkaab, bey xan ku yáantik u chan jeets'el ma' u seen k'expajal u k'iinil ja'ja'il wáaj u k'iinil ke'elil le ku ya'alal cambio climático. Wa k'uchuk jump'éele k'iin u ch'ejelo'obe', biin jach k'aasak u loobilaj u seen k'axal ja' yéetel u jaats' chak iik'alo'ob tu jáal ja'il k'áanab Caribe, océano Pacífico yéetel u golfoil México: biin taalak ya'abach ja'abo'ob mun k'axal ja' tu'ux tu-láakal tikin, yaan u xu'upul ja' bey xan yaan u téek k'expajal u k'iinil ke'elil wáaj u k'iinil ja'jail, tuláakal le je'ela' yaan u taasik talamilo'ob ti' kaajnáalilo'ob, ti' k'áax yéetel ti' ba'alche'ob bey xan ti' yik'elo'ob ja'. Mixbik'iin k'a'abet k k'uchul kuxtal beya'.*

**Bats'i k'op (tsotsil): Li vo'etik ts'anajtik ta sti'ilal muk'ta nabetike, oy la yik'al xnoj ta carbono, mi jech taje xu' la xtal yu'un epal sik mo'oje xk'ixnaj yu'un li banumile. Lo'il xchi'uk Cristian Tovilla Hernández**

*Cristian Tovilla, ja' jun jchanubtasvanej ta ECOSUR, ja' ta xal smelol k'ucha'al tsots sk'oplal sk'elel xcha'biel osiletik bu xvok' x-okin tal ka'altike xchi'uk vo'etik ts'anajtik ta sti'ilal muk'ta nabetike, yu'un oy stu sventa mu x-epajuk tal sik xchi'uk k'ok' ta jkuxlebtike. Jech ti mi la jtkutik sts'anleb vo'etik jech k'ucha'al li'e, xtal slajesvan tsatsal vo'etik kapal ta tsatsal ik'etik tey ta sti'ilal muk'ta nabetik yu'un Caribe, océano Pacífico xchi'uk ta golfo yu'un México: jech no'ox xtok xu' ta x-epaj talel takijel ta banamil, ta xljaj li ka'altike, jech ta xjel talel li jkuxlebtike, bak'intik toj ip sik bak'intik to k'ixin, ja' te ta xkiltik jvokoltik, ta xljaj yu'un te'etik ts'ileetik xchi'uk li chonbolometik oy ta osilaltik xchi'uk ta nabetik. Taje mu jk'antik xk'ot yorail.*

Con la permanente degradación que la humanidad ha estado provocando en el planeta, han sobrevenido cambios drásticos de notables consecuencias; una de ellas es la proliferación de zonas siniestradas por las tormentas y huracanes que con frecuencia impactan en las costas de México, principalmente en la península de Yucatán, Oaxaca, Guerrero, Sinaloa y Baja California Sur.

Otra consecuencia son los años secos que, originados por el cambio climático, son cada vez más extremos y los que más perjuicios causan en la economía y la salud pública. Un dato al respecto es que por cada año lluvioso ocurren tres o cuatro años secos, tal como sucedió en todo el litoral del Pacífico de México en 2013, 2014 y 2015, los años más secos registrados en el último medio siglo, lo que afectó a todos, pero en particular al sector agrícola y ganadero.

Los eventos catastróficos de épocas recientes aumentarán si no hacemos nada. Se calcula que, si la temperatura del planeta se incrementa por arriba de los dos grados centígrados en los próximos 10 o 12 años, los huracanes rebasarán los 400 kilómetros por hora; por supuesto, no existe infraestructura costera que pueda resistir una violencia de esta naturaleza.

Una afectación más de los años muy secos es que se eliminarían muchas de las fuentes de agua, debido a que muchos ríos y arroyos se verían reducidos o prácticamente desaparecerían. Es en este escenario



CRISTIAN TOVILLA

donde los humedales cobran importancia, pues gran parte de la estabilidad ambiental del clima en las zonas terrestres y costeras depende directamente de ellos. Es el tema que abordamos con Cristian Tovilla, investigador de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad Tapachula.

### ¿Nos podrías definir qué son los humedales?

Son áreas de transición entre los ecosistemas terrestres y acuáticos caracterizadas por inundarse de manera temporal o permanente, y que se les encuentra al interior de los continentes y en todas las costas, estas últimas sujetas a la influencia de las mareas.

### ¿Qué tipos de humedales existen?

Los podemos clasificar en cuatro: los *interiores*, que son los lagos, lagunas, ríos, arroyos, bordos, embalses, cenotes y ciénegas, entre otros; los *costeros*, entre los que tenemos las marismas, lagunas costeras, esteros, estuarios y bahías; los *costeros marinos*, como los manglares, barreras de coral, arrecifes, praderas de pastos marinos y pantanos estuarios, y los *humedales artificiales* que son los construidos por el hombre, como las presas y embalses. México es el país más rico en tipos de humedales, aunque esto nos compromete a conservarlos, protegerlos y restaurarlos.

### ¿Por qué son importantes?

Todos los humedales proporcionan servicios vitales: nos proveen de agua; esta-



ERIKA VILLATORO A

bilizan el clima (sobre todo los costeros marinos); son áreas de pesca y el hábitat para una enorme cantidad de peces, aves, reptiles, anfibios y mamíferos. Uno de los de mayor importancia en las zonas costeras son los manglares.

Los estudios de los últimos veinte años han reconocido que los humedales son los sumideros o depósitos más importantes de carbono (CO<sub>2</sub>) producido principalmente por la humanidad. Recordemos que existen tres tipos de emisión de carbono: 1) el negro, producto de la quema de combustibles fósiles; 2) el verde, que se está almacenando en los ecosistemas terrestres, y 3) el azul, o sea, el que se está capturando en las áreas acuáticas del ecosistema, como los manglares, marismas, pastos marinos y el océano. En cuanto a este último, son los manglares y pastos marinos los que más carbono capturan. Un solo árbol de mangle captura de 3.7 a 4 veces más carbono que una ceiba en la zona terrestre. Desafortunadamente, no estamos haciendo lo suficiente por cuidar estos ecosistemas.

Otro punto es que muchos de los humedales estacionales (aquellos que tienen agua solo en la época de lluvia) en las regiones desérticas y semidesérticas son críticos para el abasto del líquido en muchos sitios. El Valle de México es un ejemplo. Este tuvo dos sistemas lacustres muy significativos: el lago de Xochimilco y el de Texcoco, pero a medida que fue creciendo la ciudad, se realizaron obras para drenar el agua provocando la escasez de esta y el asentamiento paulatino de la ciudad sobre el antiguo lecho. A partir

de 1975 y 1978, con el aumento de la población, hubo la necesidad de llevar el agua a Ciudad de México desde otras cuencas, primero fue del río Lerma Santiago, después de otras regiones más lejanas, y actualmente se planea desde estados donde es más abundante, por ejemplo, Veracruz y Tabasco. Lo sucedido en el Valle de México nos deja claro el papel clave de los humedales.

### ¿Cuál es la situación actual de los humedales en México?

Por desgracia, en la actualidad gran cantidad de humedales han desaparecido y otros se encuentran en condición crítica. Los humedales interiores son los más amenazados, pasan por un grave proceso de destrucción. En México, todos los humedales de la zona del Bajío, como los lagos de Chapala y Pátzcuaro, o los de la Zona Metropolitana del Valle de México, como los de Texcoco, Xochimilco, Tláhuac y Zumpango, antiguamente enormes reservorios de agua dulce, han ido desapareciendo. Los dos casos más drásticos son el Valle de México y el lago de Chapala. Este último ha sido proveedor de buena parte del líquido que consume la ciudad de Guadalajara en los más recientes 30 años, lo que lo ha reducido en más del 50%. Otros lagos que han desaparecido, o se encuentran en alto riesgo, son Yuriria, en Guanajuato, y Pátzcuaro, el cual está tremendamente contaminado y azolvado.

En 1989-1990 se publicó un inventario del estado de los humedales en México. Allí se afirmaba que hasta el 49% de los humedales habían desaparecido o estaban por

desaparecer. Desde aquella fecha la información no ha sido renovada.

Actualmente, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) está elaborando el Atlas Nacional de Humedales (proyecto en el cual participé), y por este documento sabemos que muchos de los humedales se encuentran en situación frágil, porque fueron secados o porque reciben altas cantidades de aguas residuales o contaminantes que van desde abundantes microorganismos hasta una colosal carga de nutrientes, fertilizantes, plaguicidas, pesticidas, metales pesados e hidrocarburos. Tanto en el pasado como en el presente, los humedales funcionan como filtros para todas estas aguas residuales, además de que son el hábitat de numerosas especies de peces, aves, anfibios, reptiles y mamíferos.

### ¿Cuál es la principal función que cumplen los manglares?

Los manglares son los humedales más notables en la captura de carbono, por eso se les considera sumideros de este gas. En un bosque de mangle tenemos por lo menos cinco reservorios o depósitos de carbono: el que el árbol deposita en el suelo; el de las raíces; el que se encuentra en la estructura del árbol, como el tronco y ramas; el constituido por la madera, hojarasca, ramas y troncos que se depositan en el suelo cuando los árboles mueren, y finalmente, el que se conforma de las plantas que van naciendo.

Otro valor de los manglares es que son el hábitat de muchos organismos de interés comercial, que es soporte de la pesca ribereña en lagunas y estuarios como la pesca de camarón y peces, además de que funcionan como un filtro biológico que depura las aguas residuales que llegan a ellos. No obstante, muchas áreas de manglar se han perdido.

En las costas del Pacífico tenemos grandes devastaciones por el avance de la agricultura y el crecimiento de las áreas urbanas, lo que se repite en el golfo de México, pese a que existen normativas como la NOM-059

(Norma Oficial Mexicana), la cual señala que las áreas de manglares no se pueden utilizar. Sin embargo, la normativa se queda en el papel porque en la realidad los desarrollos turísticos se han impuesto causando la destrucción de las zonas de manglares y pastos marinos, como sucede en las costas de Quintana Roo y Veracruz. En México los manglares se distribuyen en los 17 estados costeros; los más extensos del lado del Pacífico se encuentran en Sinaloa, Nayarit y Chiapas; en el golfo de México y el mar Caribe, se ubican en Campeche, Quintana Roo y Yucatán, entidades que poseen la mayor extensión de manglares en el país. Pero si nos detenemos en la exuberancia, son los manglares de Chiapas, Campeche y Tabasco los más notables. En cuanto a diversidad de especies de mangle, en México existen cuatro: *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), *Avicennia germinans* (mangle negro o madre sal), y *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo). A nivel nacional, en el litoral de Chiapas, existen otras dos especies: *Avicennia bicolor* y *Rhizophora harrisonii*.

### ¿Qué porcentaje de manglares se ha perdido?

Muchas de las áreas destruidas son de menos de 20 hectáreas, pero si las sumamos hablamos de cuantiosas pérdidas. Desde 2006, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) ha realizado el inventario nacional de manglares, y fue a través de uno de sus proyectos que se concluyó que Chiapas ha perdido alrededor del 25% de manglares entre 1970 y 2000, con una etapa crítica entre 1970 y 1990, aunque, según la CONABIO, a partir del año 2000 ello se ha venido reduciendo.

Yo difiero con eso, pues partiendo de mis estudios para ese inventario en Chiapas y Oaxaca, en los que medíamos las áreas pequeñas y grandes, evaluábamos el factor que había producido la pérdida y quién era el responsable; detectamos que solo para

la costa chiapaneca la pérdida era de alrededor de 1,850 hectáreas. Y si consideramos que el estado cuenta con casi 47 mil hectáreas de manglares, incluidas las zonas en proceso de deterioro, el daño es cuantioso. En Oaxaca, con ligeras diferencias, existe la misma cantidad de áreas de mangle. Por fortuna, en otros estados no hay pérdidas, como en Baja California Sur, Tabasco y Campeche. El contraste es Quintana Roo, donde las pérdidas de manglares se han incrementado en los últimos 25 años.

### ¿Qué pasaría si desaparecieran los manglares?

Sin manglares el efecto de los huracanes en las áreas costeras se multiplicaría; aparte de que perderíamos el más valioso sumidero de carbono y todos los servicios que proporciona esta vegetación.

Si desaparecen los manglares, la elevación del nivel medio del mar se incrementaría, provocando fuertes inundaciones, como ya sucede en Tamaulipas, el sur de Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo, entidades que ya presentan problemas graves por la intrusión marina. En el Pacífico las amenazas son menores, las áreas más afectadas se localizan en el istmo de Tehuantepec y algunas áreas de Jalisco y Nayarit.

Un ejemplo crítico es Ciudad del Carmen en Campeche, donde los cinco milímetros de elevación del mar se convierten en un avance de 30-40 hectáreas hacia el interior. Esto no solo sucede en México, todas las islas del Indo-Pacífico están amenazadas con desaparecer. Por ejemplo, Bangladesh se asienta en una gran planicie costera, donde se encuentra una de las zonas de mangle más extensas del mundo, por eso la intrusión marina ha sido constante en los últimos 30 años, lo cual ha hecho que la población tenga que buscar refugio tierra adentro.

Contrario a México, Australia, Indonesia, Malasia, Singapur y China, están haciendo notables esfuerzos para recuperar sus manglares. Australia no tiene grandes

áreas de pérdida, sin embargo, las está extendiendo. En México debemos cambiar la política. Efectivamente, las comunidades tienen que participar en la reforestación y recuperación del mangle, pero con la dirección de expertos y académicos de las universidades, centros de investigación e incluso de organizaciones civiles y no gubernamentales. Es necesario elaborar un proyecto nacional para la recuperación de los manglares dirigido por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) o la CONABIO; con participación de la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Si estas instituciones unen esfuerzos y recursos, podrían coordinar un gran proyecto en los próximos 20 años con muy buenos resultados en beneficio de las comunidades costeras.

### ¿Cómo podemos recuperar las zonas de mangle perdidas?

La CONAFOR ha financiado gran número de proyectos para la restauración y reforestación de áreas de mangle, pero el esfuerzo no ha sido del todo efectivo porque el dinero se da a los ejidos y cooperativas pesqueras, y muchos de estos grupos carecen de los conocimientos e idea sobre la conservación de manglares de forma que en la mayoría de las veces solo simulan el proceso. Mejor sería que los proyectos fueran dirigidos en coordinación con instituciones de educación superior y expertos, debido a que restaurar áreas de mangle es muy distinto a sembrar maíz.

Desde la academia se han hecho esfuerzos significativos para la restauración de áreas de mangle, pero todavía son limitados. Los mejores ejemplos en cuanto a recuperación y restauración de manglares se han dado en Chiapas, Veracruz, Campeche, Yucatán y Sinaloa. }{

# Obituario

## Dr. Jaime Gómez Ruiz (1961-2021)

Juan F. Barrera, Francisco Infante y Alfredo Castillo

*Resumen: Jaime Gómez Ruiz fue un solidario colega que destacó por su trato sencillo, y se convirtió en uno de los mejores investigadores en el área de la entomología, sobre todo en el control biológico de la broca del café. Desde muy joven se rebeló contra la ignorancia, los vicios, el egoísmo y la maldad. Al tiempo de su muerte, estaba en un momento clave de su carrera científica, pues tenía estudiantes, proyectos y publicaciones en puerta. A dos años de su partida, lo recordamos con admiración y afecto.*

**Maayat'aan (maya): Ts'íibil yo'olal máax kíimen  
Ajka'ansaj Dr. Jaime Gómez Ruiz (1961-2021)**

Jaime Gómez Ruiz juntúul k'éet ajka'ansajil ka'achil, kek k'a'ajsike' juntúul máak jach uts u moodo, yéetel suut juntúul taaj ma'alob ajxaak'al meyaj ichil u jeelo'ob ku meyajtiko'ob entomología, yaan u yil yéetel yik'elo'ob, u meyaj'e' yóok'olal u ch'e'ejsa'al u yik'el káapej k'ajóola'an beey broca. Lik'ul jach tu táankelemil tu ye'esaj ma' tu beelil u k'a'amal xma' oje-lil, vicio'ob, ts'u'util yéetel u k'aasil moodo wíinik. Ka k'uch u k'iinil u kíimile' jach ma'alob ba'ax táan u xak'alxokik ka'achil, tumen ya'ab u xooknáalilo'ob, proyectó'ob yéetel ya'ab xan ts'íibo'ob wáaj áanalte'ob bika'an u ts'áaj k'ajóolbil ka'achil. Ts'o'ok u máan ka'ap'éeel ja'abo'ob u p'aato'one', kek k'a'ajsik yéetel utsil bey xan yéetel yáabilaj.

**Bats'i k'op (tsotsil): Yabtel spasoj komel xchi'uk abtelaletik snopoj to tspas k'alal jutuk to sk'an ichame.**

**P'ijil jchanvun Jaime Gómez Ruiz (1961-2021)**

Jaime Gómez Ruiz, ja' jun jchi'iltik ojtikinbil ta yabtel xchi'uk toj lek to'ox li yo'ontone, ja' la xchan spasel bijilal abtel sventa entomología, ja' la stsak lek yip yabtel ta xchanel k'u yelan sts'unel jchop kafe. Ta skeremale mu paj ta yo'onton ta xchanel li vune, mu me'in ta sbek'tal slajesel k'usitik chopole, ma'uk t'ut' xchi'uk mu chopoluk yo'onton. K'alal ichame, ja' o yorail ta stsak' lek yip ta xchanel li bijilal abtele, oy to'ox xchanuntak, snopoj spasel yantik abtelaletik xchi'uk ja' o xa ox ta xich tanibel sk'oplal svuntak spasoje. Taj ne jelavem xa chib jabil ti chame, xtal to sna'benal ku'untik ta jol ko'ontik.

**H**ace dos años, con profunda tristeza recibimos la noticia del inesperado fallecimiento de nuestro querido compañero y amigo, Dr. Jaime Gómez Ruiz, investigador titular de ECOSUR, quien falleció el 10 de mayo de 2021 en un hospital de Tapachula, Chiapas, debido a complica-

ciones por la covid-19. La vacuna contra esta enfermedad llegó tarde para Jaime. Lo recordaremos siempre como un gran profesionalista, responsable, carismático, buen amigo, pero mejor esposo y padre.

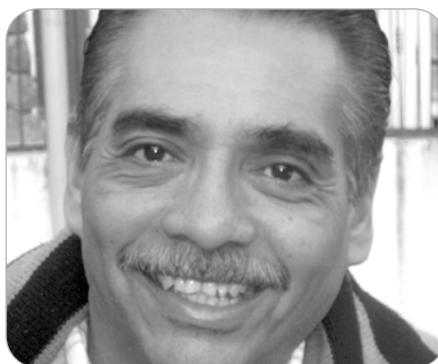
Nació el 11 julio de 1961 en San Francisco Ixhuatán, Oaxaca; fue el noveno hijo

JUAN F. BARRERA G.

de una familia de diez. Poco después de su nacimiento, su familia emigró a Villa Comaltitlán, Chiapas, y él cursó allí sus estudios básicos. Años más tarde se mudaron a Tapachula, en donde se establecieron permanentemente. Cuando contaba con 14 años y estudiaba en la Escuela Técnica Industrial núm. 284, mostró su rebeldía ante la sociedad y el sistema impuesto, y dejaba en claro sus aspiraciones para destacar en la vida al escribir: "Soy joven y estoy consciente del valor de mi existencia, por eso no quiero ser un simple adorno del paisaje, quiero ser desde hoy, el más rebelde de los hombres, por lo que me rebelo contra la ignorancia, los vicios, el egoísmo y la maldad que estrangulan a nuestro mundo".

Jaime estudió la carrera de Ingeniería Agrícola en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México. Su pasión por la entomología se cristalizó en 1987, al regresar a Tapachula para participar como becario en el proyecto "Control biológico de la broca del café con parasitoides de origen africano". Durante esta etapa, destacó por sus ideas para mejorar el proyecto, por ser un gran observador, por su entrega al trabajo y por su bondad. Gracias a todo esto, el proyecto alcanzó importancia internacional. En 1994 defendió su tesis "Biología y propagación en laboratorio de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) y su parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Hymenoptera: Bethyilidae)", la cual recibió muchos elogios por parte del comité examinador.

Más tarde, en 1998 se graduó como maestro en Ciencias en Parasitología Agrícola en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, con la tesis "Moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae), sus hospederos y parasitoides en el Noreste de México", investigación que dio como resultado la descripción de *Encarsia narroi*, una nueva especie para la ciencia. Sus estudios de doctorado los concluyó en ECOSUR en



Dr. Jaime Gomez Ruiz.

2005 con la tesis "Factores que afectan la capacidad de dispersión de *Cephalonomia stephanoderis* y la búsqueda de su hospedero, la broca del café".

Se le otorgó el Diploma de Excelencia Académica por haber obtenido un promedio de 9.4 en sus estudios de maestría. También recibió la distinción del Sistema Nacional de Investigadores desde 2011 como Nivel I. En ECOSUR, Jaime estaba adscrito al grupo académico de Ecología de Artrópodos y Manejo de Plagas, del Departamento de Agricultura, Sociedad y Ambiente. Tenía como línea de investigación el "Manejo integrado de plagas y el control biológico con entomopatógenos". Sus investigaciones las realizaba en cultivos de café, cítricos, soya, macadamia, piñón e higuera, principalmente. Y participaba como profesor en el posgrado de ECOSUR impartiendo el curso de Control Biológico.

Más allá de sus virtudes académicas, fue un excelente colega que destacó por su trato sencillo con todas las personas, sobre todo con estudiantes, de quienes obtuvo respeto y estimación. Por ser un excelente colega y un compañero solidario, se convirtió en un investigador muy apreciado por toda la comunidad académica.

Al tiempo de su muerte, Jaime estaba en un momento clave de su carrera científica, pues tenía estudiantes, proyectos y publicaciones en puerta. Fue autor y coautor de más de 40 artículos con arbitraje y 50 sin arbitraje, publicados en diversos

medios académicos. Había dirigido cuatro tesis de maestría y doce de licenciatura. Participó en múltiples eventos académicos nacionales e internacionales y en numerosas actividades de vinculación y cursos de capacitación impartidos a técnicos y agricultores. También fue revisor de artículos de revistas entomológicas, como *Journal of Insect Science*, *Biocontrol Science and Technology*, *Bio Ciencias*, *Dugesiana*, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *Vedalia* y *Folia Entomológica Mexicana*, entre otras.

Además, contribuyó al desarrollo institucional ocupando los cargos de Coordinador del Posgrado en la Unidad Tapachula, responsable de la Orientación de Entomología Tropical de la maestría, así como responsable de la Orientación de Ecología de Artrópodos y Manejo de Plagas del doctorado.

En cuanto a las actividades extralaborales, disfrutaba mucho de las reuniones sociales, donde, si había oportunidad, cantaba y hacía imitaciones muy graciosas de otros compañeros. Era un excelente conversador y siempre tenía anécdotas muy divertidas que contar. Le encantaban las expediciones y gozaba de muy buena condición física y resistencia. Recordamos varias visitas a los manglares de Chiapas y el escalamiento de los volcanes Tacaná y Chichonal. Era un excelente hombre de familia, y el reciente nacimiento de su nieto "lo volvió loco". La ayuda moral y económica que brindó a sus hermanos, sobrinos y amigos en épocas difíciles es encomiable.

Para quienes conocimos a Jaime de cerca lamentamos cada día su ausencia. Por siempre extrañaremos su solidaridad y empatía con los demás, su don de gente, su humor sutil y amplia sonrisa. Un hombre inteligente y bueno como pocos. Su esposa Paty, sus hijos Mario y Paola, su nieto Juli, y sus muchos familiares y amigos, lo recordaremos y extrañaremos por siempre. ¡Descanse en paz!

Juan F. Barrera es investigador de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula (México) | [jbarrera@ecosur.mx](mailto:jbarrera@ecosur.mx)  
Francisco Infante es investigador de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula (México) | [finfante@ecosur.mx](mailto:finfante@ecosur.mx)  
Alfredo Castillo es investigador de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula (México) | [acastill@ecosur.mx](mailto:acastill@ecosur.mx)

## 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.

### 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 la categoría o puesto, institución (solo el primer nivel y el campus o unidad, sin siglas) y país de autoras/es, así como su correo electrónico y ORCID, en caso de contar con él. Por ejemplo: Jorge Domínguez es investigador de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa (México) | alejandro.cueva@ecosur.mx | <https://orcid.org/0000-0003-2952-5129>
- ▶ 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.

### Proceso general

- ▶ Pedimos a las autoras y autores que redacten un resumen sobre el tema y lo envíen a la editora (Laura López Argoytia, [llopez@ecosur.mx](mailto:llopez@ecosur.mx)), incluyendo el abordaje que piensa darse, así como un párrafo inicial. Se les responderá en un lapso no mayor a 10 días hábiles. Si se acepta la propuesta, hay que enviar el artículo completo, mismo que se somete a evaluaciones de contenido y estructura. En un lapso aproximado de dos meses, se informa el estatus del manuscrito.
- ▶ 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](mailto:ecofronteras@ecosur.mx).

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



## Chan Nikte' visita a sus abuelos

Lucía Pérez Volkow, Stewart Diemont, Adolfo Chank' in

En este cuento, la fresca mirada de una niña nos describe la belleza y diversidad de la selva Lacandona. En su paso por ríos, milpas y cocinas, nos transmite la necesidad de cuidar tanto los lugares como a los seres vivos que los habitan; también nos comparte muchos de los saberes, platillos, plantas y hongos comestibles de tan particular territorio, todo lo cual forma parte de un cúmulo de conocimientos transmitidos de generación en generación. El cuento está escrito en maya lacandón, español e inglés. Incluye ilustraciones vistosas y un glosario que nos permite conocer más del ambiente explorado por Chan Nikte'; leer su historia nos hace parte de sus paisajes y aprendizajes, invitándonos a valorar tanto la naturaleza como la cultura que le rodea.



## Pensiones en México. La CONSAR de Peña Nieto (2016-2018)

Héctor Javier Sánchez Pérez, Gustavo Leal Fernández y Agustín Montiel Pineda

Esta obra recopila y documenta los mensajes tecnocráticos con los que la Comisión Nacional del Sistema del Ahorro para el Retiro (CONSAR), entre 2016 y 2018, en el gobierno de Enrique Peña Nieto, defendió la privatización pensionaria fracasada que había iniciado Ernesto Zedillo con su reforma a la Ley del Seguro Social de 1997. Para la actual generación de jóvenes, este libro es una advertencia del desafío que habrán de enfrentar, así como una revelación de los empeños tecnocráticos para inventar una guerra intergeneracional que puede resumirse en un planteamiento: "Lo que aportamos ahora para el retiro de personas jubiladas, pensionadas y de la tercera edad, son recursos que nunca recibiremos como juventud trabajadora de nuevo ingreso".



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 de María Auxiliadora · C. P. 29290  
San Cristóbal de Las Casas, Chiapas · Tel. 967.674.9000

Tapachula  
Carretera Antiguo Aeropuerto km 2.5 · C. P. 30700  
Tapachula, Chiapas · Tel. 962.628.9800

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

[www.ecosur.mx](http://www.ecosur.mx)

