

# ECOFRONTERAS

ISSN 2007-4549

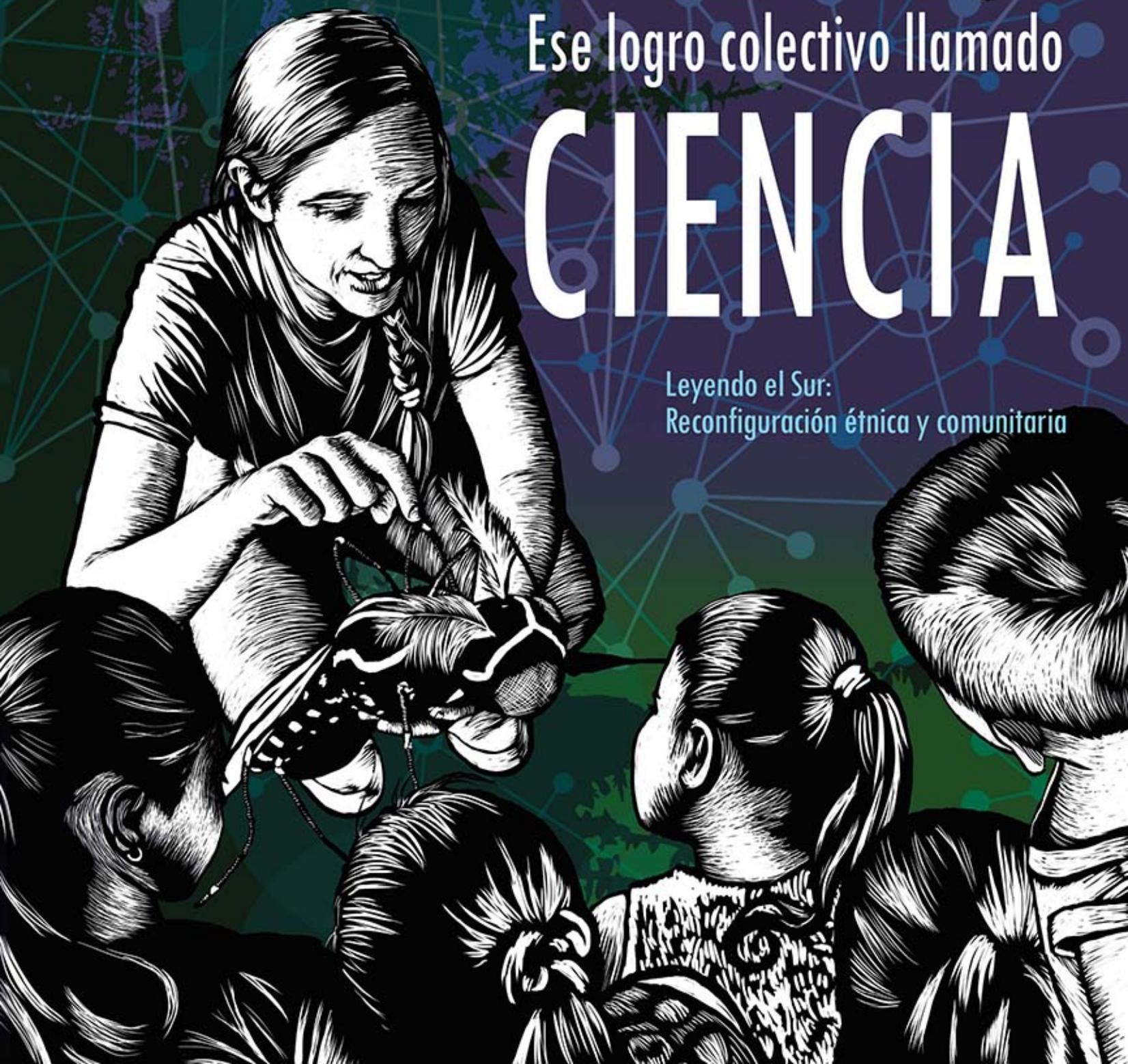
Revista cuatrimestral de divulgación de la ciencia · ECOSUR · vol. 27 · N° 77 · enero/abril 2023

Tácticas arácnidas...  
O de cuando a las arañas les gusta el agua



## Ese logro colectivo llamado **CIENCIA**

Leyendo el Sur:  
Reconfiguración étnica y comunitaria





Laura López Argoytia

Dirección editorial

Rina Pellizzari Raddatz

Diseño, ilustración de portada y diagramación interior

Carla Quiroga Carapia

Edición técnica

Esthefania Munguía Sánchez

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 Schmook (ECOSUR Chetumal)

Lislie Solís (ECOSUR Tapachula)

Consejo Editorial

Corrección de estilo: Julio Roldán.

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

Documentación fotográfica para diseño de portada: Erika Domínguez, Fondo ciencia en Pngwing. Distribución general: El Colegio de la Frontera Sur (Esthefania Munguía). **ECOFRONTERAS**, Vol. 27, Número 77, enero-abril 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 Argoytia.

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 diciembre 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 y subtítulos 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).

# CONTENIDO

## Editorial

Trinidad Alemán Santillán

## ARTÍCULOS DEL POZO

Milagro en Timor Oriental.

La historia de un cafeto en la lucha contra la roya

Juan F. Barrera, Graciela Huerta y Francisco Holguín

Acciones colaborativas para el monitoreo del sargazo

Hugo E. Lazcano Hernández, Javier Arellano-Verdejo y Martín Santos Romero

Escuchando la biodiversidad. Cantares de ranas y sapos

Erick Rodrigo Ocaña Díaz, Jorge E. Morales-Mávil y Edgar Ahmed Bello-Sánchez

Comunicar la ciencia...

y la importancia de que los mosquitos piquen o no

Ariane Dor, Ana Laura Pacheco Soriano y Dora Elia Ramos Muñoz

## ARTÍCULOS APUERTAS ABIERTAS

Tácticas arácnidas...

O de cuando a las arañas les gusta el agua

Yann Hénaut y Laura López Argoytia

Microbios aliados en la alimentación

Kati Medina Dzul

## LEYENDO ELSUR

Reconfiguración étnica y comunitaria

## ENTREVISTA

Bosques y vida

Laura López Argoytia

## DEL LITERATURA Y OTROS ASUNTOS

Dos poemas desde el tsotsil

Marcelina Rodríguez Hernández



1

2

8

13

18

23

28

32

34

38



# Editorial

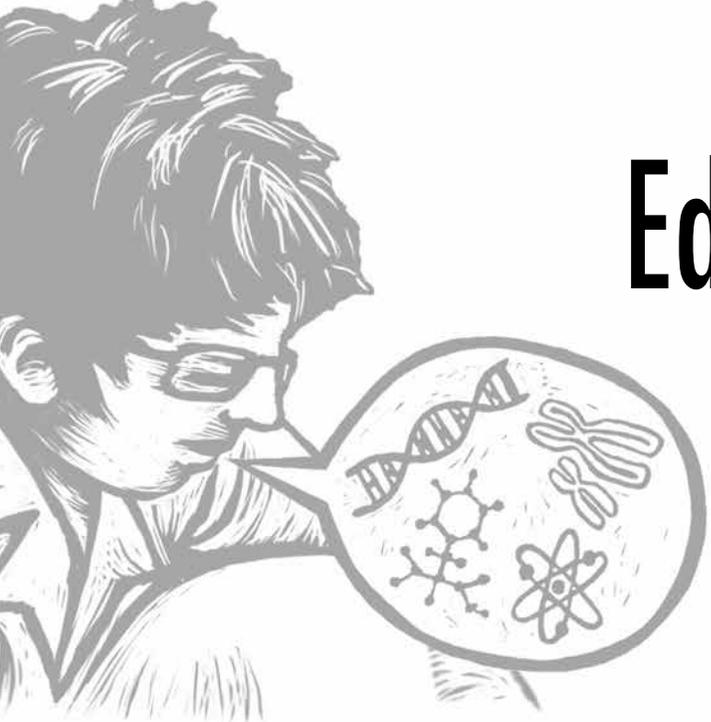


ILUSTRACIÓN: RINA PELUZZARI

**D**esde su aparición sobre la Tierra, la especie humana ha necesitado conocer el ambiente donde vive. Primero, para saber qué comer y dónde encontrarlo, y después en qué momento o temporada para lograr los mejores resultados. A pesar de la sensación de superioridad que la vida moderna nos genera, esta necesidad ha sido siempre la misma, con la diferencia de que ahora nuestras actividades tienden a transformar negativamente el ambiente, haciéndonos olvidar que la humanidad hará solo lo que la naturaleza le permita.

En esto radica la importancia de que el ser humano conozca, entienda y respete el ambiente natural que lo sustenta. El presente número de *Ecofronteras* nos ofrece valiosos ejemplos de este afán, mostrando al mismo tiempo que el conocimiento y su estrategia de creación predominante, la ciencia, no son productos exclusivos de mentes privilegiadas, sino que son un logro colectivo de innumerables generaciones de todo el mundo, de todas las culturas y de todos los tiempos: el conocimiento científico no es propiedad de nadie, sino un bien colectivo que debe ser compartido porque es parte de nuestra vida cotidiana.

El café es uno de los cultivos de mayor importancia económica, foco de atención mundial y objetivo de múltiples investigaciones científicas. El "Milagro de Timor Oriental" nos relata la historia de una va-

riedad de café resistente a la roya; surgió espontáneamente en parcelas de productores que seleccionaron la planta y la usaron antes de que los científicos supieran de su existencia, y hoy día se estudia y difunde con el fin de evitar la catástrofe económica y social de multitud de cafecultores en el planeta.

"Acciones colaborativas para el monitoreo del sargazo" nos muestra otra vertiente de la comprensión científica de la naturaleza, así como de un insumo fundamental: datos confiables. En este caso, los datos son aportados por ciudadanos comunes, conscientes y entusiastas, que con sus teléfonos celulares ayudan a monitorear las arribaciones de sargazos en las costas mexicanas, lo cual contextualiza las imágenes de satélites y completa la información para predecir el comportamiento del fenómeno y desarrollar estrategias para enfrentarlo.

La tecnología y sus modernos dispositivos son una herramienta de investigación científica que extiende los sentidos humanos más allá de sus capacidades naturales. "Escuchando la biodiversidad" nos aporta una maravillosa perspectiva de un mundo que no vemos, y que en ocasiones tampoco escuchamos; o si lo escuchamos, no lo comprendemos; es el escenario donde se desarrolla el esplendoroso concierto de las ranas y los sapos de charcos y estanques.

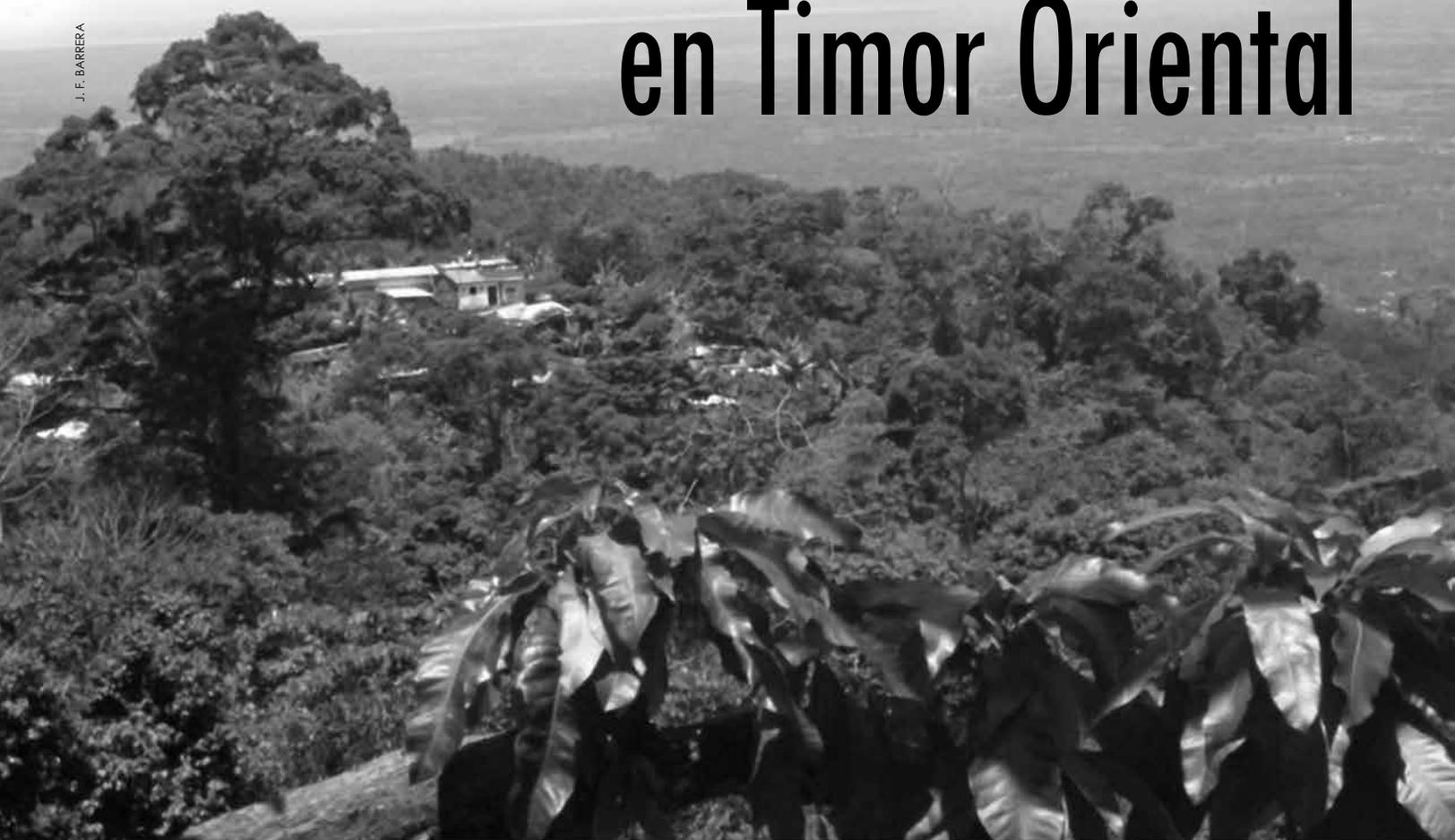
Pero de poco sirve el conocimiento científico si se queda solo en la mente de sus creadores o en libros de texto o, menos aún, en revistas especializadas. Este conocimiento debe contribuir a la vida humana armónica con su ambiente natural y tiene que difundirse ampliamente, llegando en primer lugar a aquellas comunidades donde se detectaron los problemas de investigación, que aceptaron la intervención de personal científico y en las que, con frecuencia, hubo gente colaboradora o informante. "Comunicar la ciencia..." nos da un inspirador ejemplo relacionado con los mosquitos transmisores de enfermedades; es un retorno del conocimiento a la población, no como textos, sino como propuestas de acción y cambios de actitud que resuelvan de origen el problema.

En esta *Ecofronteras* abordamos también otros temas, como las adaptaciones de algunas arañas para vivir en ambientes acuáticos y la importancia de los microorganismos del suelo para mejorar la calidad de los alimentos vegetales. Para redondear, presentamos una entrevista colectiva en el contexto del día internacional de los bosques, una invitación a leer "Hacer comunidad", de Abbdel Camargo, y finalizamos con un par de poemas presentados en tsotsil y español. ¡Esperamos que disfruten el número!

Trinidad Alemán Santillán, El Colegio de la Frontera Sur.

# Milagro en Timor Oriental

J. F. BARRERA



## La historia de un cafeto en la lucha contra la roya

Juan F. Barrera, Graciela Huerta y Francisco Holguín

*Resumen: Un maestro de escuela rural explica a sus alumnos la genética del Híbrido de Timor, un cafeto que resultó del cruzamiento espontáneo entre los cafés arábigo y robusta en Timor Oriental hace más de cien años. Este híbrido no tendría nada de extraordinario si no fuera porque heredó características que, por un lado, lo hicieron parecido al café arábigo, y por otro, le dieron resistencia contra *Hemileia vastatrix*, el patógeno que causa la roya. Tal acontecimiento ha sido la base del mejoramiento genético del café contra esta enfermedad, la más temida de la caficultura en el mundo.*

**Palabras clave:** Híbrido de Timor, *Hemileia vastatrix*, *Coffea*, híbrido interespecífico, introgresión de genes.

## Maayat'aan (maya): Maktsil ti' u noj lu'umil Timor Oriental. U tsikbalil yóok'olal u ba'ate'el paak'al káapej yéetel ik'el roya

*Kóom ts'íibil meyaj: Juntúul u ajka'ansaj chan kaajil ku tsolik ti' u xooknáalo'ob bix u ch'í'ibalil Híbrido de Timor, u paak'alil káapej jóok' ka tu nupuba'ob chéen tu juno'ob ka'ap'éeel ch'í'ibalil káapej arábigo yéetel robusta tu noj lu'umil Timor Oriental yaan máanal cien ja'abo'obak. Le ch'í'ibalil híbrido taal ka xa'akpáajo'obe' jach ma'alob tumen p'aat ol bix le káapej arábigo, bey xan p'aat u muuk'il uti'al ma' u loobilta'al tumen Hemileia vastatrix, ik'el ku paak'ik u k'oja'anil roya. Le ba'ax úucha' tu ma'alobkuntaj u ch'í'ibal u paak'alil káapej uti'al ma' u táak'al le k'oja'anil ti'a', tumen leti' u jach sajbe'entsil ti' tuláakal yóok'olkab ichil u pak'al meyajta'al káapej.*

**Áantaj t'aano'ob:** Híbridoil Timor, *Hemileia vastatrix*, *Coffea*, k'expajal ch'í'ibalil uti'al u ma'alobtal, k'expajal u ch'í'ibalil tu ts'u'.

## Bats'i k'op (tsotsil): Oy k'usi ayan ta slumal Timor. Mol ya'yejal jun jts'un kajve ta smak xchamel roya ta stsunobal.

*Smelolal vun albil ta jbel cha'bel k'op: Jun jchanubtasvanej ta jteklum ta xal smelol yaj xchanuntak k'u yelan vok' talel jpets kajve tey ta Timor, li skape te talem ta kajve arábigo xchi'uk jtos muk'tikil kajvel oy ta Timor, vo'lajun vinik sjabilal jelavem xa ta svok'el. Oy stalel stuk li ach' ste'elal kajve vok' tale, yu'un ta xkuxlejale jlom xko'olaj jech k'ucha'al li kajve arábigoe, yan xtok ne, tsots svuelal mu ta orauk no'ox ta xljaj ta chamel roya, ti ja' ta xch'am talel jtos chanuletik. Skoj ti taj une, ja' te lik talel slekubtasel sts'unel li kajve sventa oyuk lek stsatsal xchi'uk mu xljaj no'ox ta ora skoj ti xchamel, ti ja' oy ep xi'el ta stojolal yu'un li jts'un kajve ta sjunlej banumile.*

**Jbel cha'bel k'op oy ta vun:** Híbrido de Timor, *Hemileia vastatrix*, Kajve, híbrido interespecífico, introgresión de genes.

*La historia económica es más difícil de escribir que cualquier otro tipo de historia. ¿Por qué razón? Porque, en la historia económica, lo ostensiblemente sin vida tiene grandes impactos, y porque una criatura viviente, el hombre, carece de importancia y es impotente frente al poder de los productos agrícolas. ¿No fue el hombre el creador de la economía? No, o solo en parte. El hombre es el padre, el progenitor de la economía, pero la naturaleza es la madre. Quien habla del crecimiento de la vida económica, una vida que es misteriosa, peculiar en sí misma, y no siempre razonable, no habla solo de algo que es producto de la mente humana, sino de algo que depende en grado sumo de las fuerzas ciegas de la asombrosa naturaleza.*

Traducido de *The saga of coffee* de H. E. Jacob (1935).

## En una montaña de la zona cafetalera

Un día de abril, con el sol cayendo como plomo derretido sobre la faz de la tierra, una docena de jóvenes estudiantes, hijos de productores de café, asistían a su clase mañanera bajo el techo de una palapa que como único mobiliario contaba con algunas sillas de madera y un pizarrón desgastado sostenido por un tripié. El grupo escuchaba la clase de cafecultura del viejo profesor Alpujarra, quien contaba:

—En mis viajes por el mundo he visto de todo: lo bueno y lo malo de la humanidad. Pero como la historia del Híbrido de Timor, ninguna me ha impresionado y conmovido tanto.

—¿Qué es el Híbrido de Timor profe? —preguntó Ruperto, un joven desenfadado sentado en la primera fila.

—Un “híbrido interespecífico” es un animal o vegetal que resulta del cruce de dos organismos de especies distintas —recitó Gabino, el estudiante más avisado— y Timor es una isla de Asia. Por lo tanto, deduzco que el Híbrido de Timor procede de allí. ¿No es así, profesor?

—En efecto, Gabino —dijo satisfecho el profesor Alpujarra mientras se rascaba la cabeza de larga, canosa y enmarañada melena.

—Pero profesor... ¿a cuál parte de la isla de Timor se refiere? —preguntó Elenita, que nunca se quedaba atrás— ¿A Timor Occidental que pertenece a Indonesia o a Timor Oriental, el país de reciente creación?

—Me refiero a Timor Oriental, Elenita —respondió el profesor Alpujarra moviendo la cabeza con aprobación.

En tanto Ruperto garabateaba en su cuaderno las respuestas vertidas y el resto de la clase intercambiaba puntos de vista, el viejo profesor tomó asiento y dijo:

—Vamos muchachos, acomódense en sus lugares, que les narraré la historia y legado del Híbrido de Timor, una planta de café muy especial que todo productor debe conocer.

## La roya del café

—Recordarán —dijo reflexionando el profesor Alpujarra— que en 2012 la roya, también conocida como *Hemileia vastatrix*, devastó las plantaciones de café de México y Centroamérica, poniendo la actividad cafetalera al borde del precipicio.

—Sí, mi padre lo perdió casi todo... —se escuchó decir con tristeza a alguien del grupo.

—Tu papá y muchos productores de café sufrieron grandes pérdidas. Las variedades de café fueron arrasadas por el patógeno y, por primera vez, vivimos en carne propia los efectos catastróficos de esa antigua enfermedad del café. Recuerdo que las plantaciones desahuciadas por la roya daban lástima. Sin embargo —agregó el profesor con un dejo melodramático—, hubo variedades de café que permanecieron inmutables a la enfermedad. Deben saber que muchas de esas variedades resistentes a la roya provienen de una única y legendaria planta: el Híbrido de Timor.

Bien recordaban los estudiantes que, después del ataque de la roya, la verde y densa exuberancia de los cafetales había desaparecido. El panorama de las plantaciones era desolador. Las hojas infectadas se habían cubierto de un hollín anaranjado, producto de las esporas del hongo. Desnudas, las ramas de los cafetos se debilitaban hasta el punto de morir y se perdía la cosecha.

—Lo que tal vez no sabían ustedes, jóvenes, es que la roya mostró su poder destructivo mucho antes, hace unos 150 años.

—¡Ohhh! —se escuchó decir al unísono en el rústico salón de clases.

—Así como lo oyen. Hacia finales de la década de 1860, por primera vez en el mundo la roya se manifestó como una epidemia devastadora, dando lugar a una situación muy parecida a la que vivimos en 2012. Esto sucedió al otro lado del mundo hace siglo y medio, en cafetales de Ceylán.

Elenita que era muy instruida en geografía agregó:

—Ceylán es el nombre antiguo de una pequeña isla situada al sur de la India y hoy se conoce como Sri Lanka.

—Muy bien, Elenita —dijo el profesor Alpujarra—. En aquella época, la pequeña Ceylán era una colonia inglesa y uno de los principales productores de café del mundo. Pues bien, en tan solo 20 años la roya

acabó con la cafecultura de ese lugar y los agricultores mejor empezaron a cultivar té. Desde ahí el patógeno se dispersó a otras regiones cafetaleras, sobre todo hacia el oriente, y llegó a islas del archipiélago malayo como Java, Sumatra y otras colonias productoras de café de los imperios europeos aposentados en el sureste asiático. ¡Imaginen cómo se habrá alarmado la industria mundial del café de finales del siglo XIX y principios del XX!

—Profesor... —interrumpió Ronay, el más joven de los estudiantes, levantando la mano— ¿Y qué pasó con el Híbrido de Timor?

—Gracias Ronay, tu pregunta me regresa al tema y me da oportunidad de hablarles ahora del descubrimiento del Híbrido de Timor.

## El descubrimiento

—¿Dijo que el Híbrido de Timor fue descubierto? ¿Acaso no fue generado por los investigadores que mejoran las plantas de café? —preguntó Kevin, un joven más bien callado, de pelo hirsuto, quien era el mayor de los estudiantes.

—Allí está el detalle, Kevin. El Híbrido de Timor no fue resultado del trabajo de los fitomejoradores o especialistas que mejoran las plantas cultivadas, sino de un cruzamiento espontáneo, es decir, se originó gracias al trabajo de la Madre Naturaleza. Dicho cruzamiento natural ocurrió en el lejano Timor Oriental y su descubrimiento se registró en 1927.

—¡Guau! Y si la Madre Naturaleza se encargó de procrear al Híbrido de Timor, ¿se puede saber quién fue el padre? ¡Ja, ja, ja! —comentó Maribeth, una chica espigada de sonrisa fácil que gustaba de bromear.

—Muy interesante tu pregunta, Maribeth —respondió el profesor—. Como la hibridación interespecífica natural o cruza se da entre especies emparentadas y cuya distribución geográfica se entrecruza parcialmente, los científicos que investigaron el caso determinaron que el Híbrido de Timor fue un híbrido interespecífico cuyos

progenitores fueron *Coffea arabica*, el café tradicional que ustedes bien conocen porque lo toman a diario, y *Coffea canephora* o café robusta, cuya producción se utiliza casi toda en la fabricación del café soluble.

—Entonces —reflexionó Gabino— para que la hibridación entre *Coffea arabica* y *Coffea canephora*, dos especies emparentadas porque pertenecen al género *Coffea*, fue necesario que también se cultivaran en la misma plantación o cuando menos en plantaciones cercanas, ¿no es así profesor Alpujarra?

—¡Así es Gabino! —exclamó alegre el profesor Alpujarra, quien veía el futuro de la cafecultura en los *millennials*—. Un personaje famoso en esta historia, el ingeniero Aníbal Jardim Bettencourt, investigador del Centro de Investigaciones de las Royas del Café de Oeiras, Portugal, informó que el Híbrido de Timor fue descubierto en una plantación de *Coffea arabica*, posiblemente de la variedad *Typica*. De acuerdo con Bettencourt, este cafetal fue establecido en una finca de una remota comunidad en Timor Oriental situada a 800 metros sobre el nivel del mar en el ciclo de producción de los años 1917-1918.

## El cruzamiento espontáneo

—¿Y qué pasó con el café robusta? —preguntó Ronay.

—Gracias otra vez por la pregunta, Ronay —respondió el profesor Alpujarra—. Debo señalar que hasta 1889 solo se cultivaba *Coffea arabica* en Timor Oriental. Ciertos investigadores, como Mayer Gonçalves y sus colegas, creen que el café robusta se introdujo a Timor Oriental durante las dos décadas siguientes, entre 1890 y 1909, principalmente como consecuencia del arribo y diseminación de la roya. Entonces, es probable que el cruzamiento espontáneo entre *Coffea arabica* y *Coffea canephora* haya ocurrido a finales del siglo XIX o principios del siglo XX.

—Profesor Alpujarra, si el Híbrido de Timor es un cruzamiento entre *Coffea arabica* y *Coffea canephora*, ¿a cuál se parece más?



*Coffea canephora* o café robusta.

—Brillante pregunta, Elenita. En cuanto al fenotipo o rasgos físicos, se asemeja a *Coffea arabica* y por eso no se le había identificado. Se detectó cuando llegó la roya, pues fue el único que resistió el ataque y no perdió sus hojas. Imaginen ustedes, jóvenes —comentó el profesor Alpujarra mirando hacia arriba con ensoñación—, allí, en medio de la destrucción, entre arbustos esqueléticos, sobresalía un cafeto revestido de inmaculado y verde follaje, inmune al patógeno.

—¡Qué cosas dice usted, profesor! Mire nomás, se me puso el cuero como de gallina —dijo Maribeth, desatando un estruendo de carcajadas.

Cuando la calma regresó, el maestro continuó:

—Aún más sorprendente es saber que *Coffea arabica* y *Coffea canephora*, los progenitores del Híbrido de Timor, son diferentes en cuanto al número de cromosomas, situación que dificulta su cruzamiento.

—¿Qué son los cromosomas, profesor? —preguntaron Ruperto y Ronay al unísono.

—Los cromosomas —presto, respondió Gabino— son pequeños filamentos dentro del núcleo de las células que contienen los genes del organismo.

—¡Excelente definición, Gabino! Además, cabe mencionar que las células de una misma especie tienen un número de cromosomas constante, por eso se pueden cruzar.

El profesor Alpujarra explicó a los estudiantes que excepto *Coffea arabica*, las plantas del género *Coffea* —a las cuales

pertenece el café— son diploides, es decir, que tienen dos juegos de 11 cromosomas en sus células somáticas, que son las que forman tejidos y órganos.

—En otras palabras —añadió el profesor Alpujarra— cada una de las células somáticas tiene 22 cromosomas. A diferencia de estas células, el polen y los óvulos, que son las células sexuales o gametos, solo tienen uno de los dos juegos de cromosomas, o sea, tienen 11 cromosomas. Por ello se dice que son haploides. Al unirse un grano de polen con un óvulo, proceso que se conoce como fecundación, se combinan los cromosomas de los gametos dando lugar a la creación de un nuevo individuo que, con el tiempo, se desarrollará en una semilla con células somáticas diploides.

A fin de que los estudiantes comprendieran mejor estos conceptos, el profesor Alpujarra se levantó de su asiento, tomó un gis y escribió en el pizarrón: 1 grano de polen de 11 cromosomas (haploide,  $1n$ ) X 1 óvulo de 11 cromosomas (haploide,  $1n$ ) = 1 semilla de 22 cromosomas (diploide,  $2n$ ).

—O, lo que es lo mismo —dijo mientras escribía  $2n = 2 \times 11$  cromosomas = 22 cromosomas—. Y agregó, mientras los estudiantes copiaban en sus cuadernos:

— El café robusta o *Coffea canephora* es diploide. Cabe mencionar —añadió— que los óvulos de las flores de una planta de *Coffea canephora* solo pueden ser fecundados por el polen que viene de las flores de otras plantas de esta especie, ya que el polen propio no es compatible. Esto es, que las flores del café robusta son fecundadas mediante polinización cruzada, y requieren que el polen sea llevado de una a otra planta por medio del viento o los insectos que visitan las flores. En cuanto a *Coffea arabica*, hay que decir que es la excepción entre las especies de *Coffea*, porque en lugar de dos tiene cuatro juegos de 11 cromosomas, es decir, es tetraploide —y escribió en el pizarrón  $4n = 4 \times 11$  cromosomas = 44 cromosomas—. Además —dijo— el óvulo de la flor de *Coffea arabica* se autopoliniza, es decir, es una planta autógama porque es fecundada por su propio polen.



*Coffea arabica*, variedad Typica.

—Si *Coffea arabica* y *Coffea canephora* tienen número diferente de cromosomas, ¿cómo se cruzaron para originar al Híbrido de Timor? —preguntó Elenita.

—¡Buenísima pregunta, Elenita! —respondió el profesor— y con la paciencia de un padre comprensivo que se dirige al hijo desorientado, explicó que los híbridos interespecíficos raramente se producen en la naturaleza, y cuando eso pasa, generalmente son plantas vigorosas pero estériles o de muy baja fertilidad.

Ante el grupo expectante, el profesor Alpujarra se levantó de la silla y les explicó que el Híbrido de Timor pudo producirse de la siguiente manera: el polen 1n proveniente de *Coffea canephora* fecundó óvulos 2n de flores de *Coffea arabica*, dando origen a frutos con semillas de tres juegos

de cromosomas, o sea, a un híbrido interespecífico triploide 3n. De las semillas de los frutos de este híbrido —puntualizó dibujando en el pizarrón— nacieron plantas híbridas que tenían un crecimiento vigoroso con flores. Solo las flores que formaron gametos con dos juegos de cromosomas fueron viables y produjeron óvulos que al ser fecundados por polen de plantas de *Coffea arabica*, una de las especies parentales (lo que se conoce como retrocruzamiento), generaron semillas que portaban genes de *Coffea canephora*, a lo que también se le llama introgresión de genes. Al germinar, esas semillas dieron origen a una población de plantas tetraploides, autopolinizables, similares a *Coffea arabica* y resistentes a la roya por los genes de *Coffea canephora*. En otras palabras, esas semillas dieron origen

a las plantas que ahora conocemos como el Híbrido de Timor. Al principio —agregó el profesor— se pensó que la planta se había originado al combinarse un gameto no reducido de *Coffea canephora* con un gameto normal de *Coffea arabica*, sin embargo, creemos que este cruzamiento es menos probable en la naturaleza.

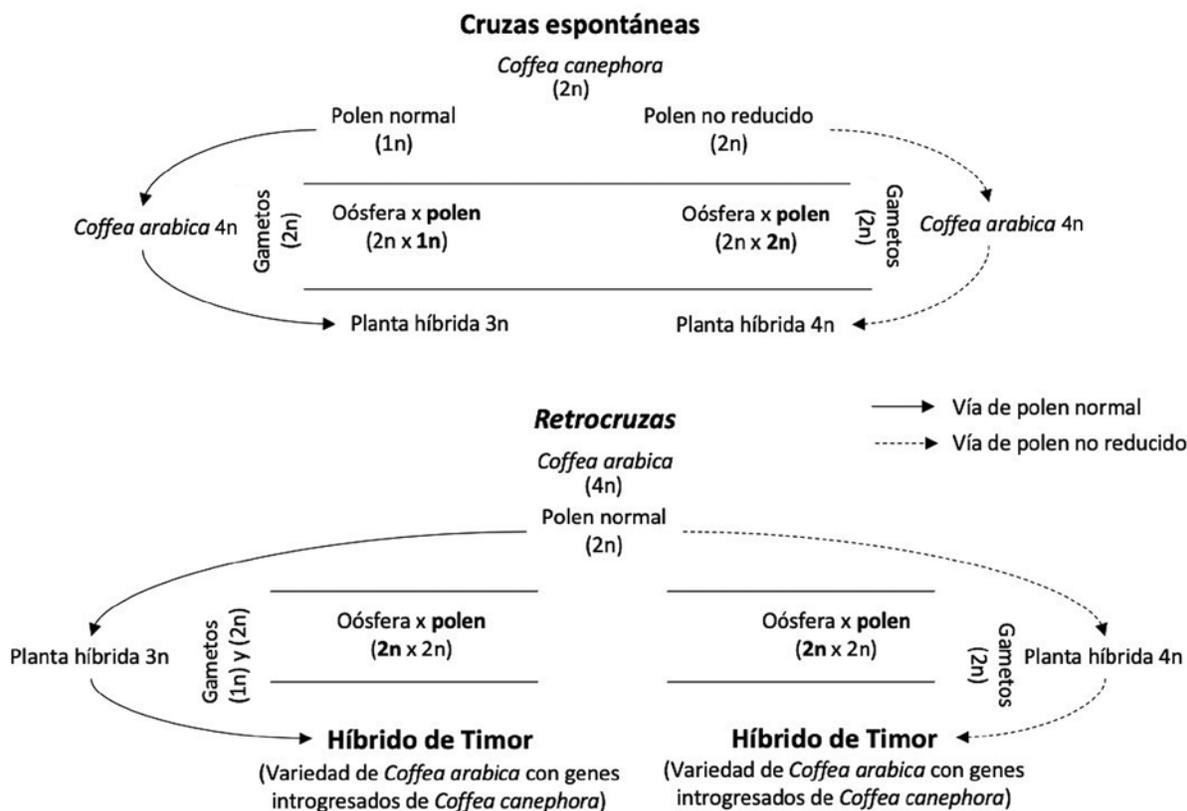
—En resumen —concluyó Alpujarra—, las condiciones que favorecieron el cruzamiento natural entre *Coffea canephora* y *Coffea arabica* en la isla de Timor fueron: la introducción y cultivo de *Coffea arabica* y de *Coffea canephora*, estando de por medio el desarrollo epidémico y devastador de la roya. La secuencia de eventos permitió la convivencia cercana de las dos especies de café, la hibridación interespecífica entre ellas, las retrocruzas de los híbridos producidos con sus progenitores y la selección natural de los híbridos con genes introgresados de *Coffea canephora* que lograron resistir a la roya.

Un silencio apenas interrumpido por el aleteo de una abeja africanizada, que visitaba las flores de las arvenses vecinas, reinó en el rústico salón de clases mientras los estudiantes digerían lo dicho y observaban el diagrama dibujado por el profesor Alpujarra (véase figura 1).

—¿Y qué rol jugaron los productores de café en este enredo de diploides y tetraploides? —preguntó Maribeth— desatando otra tanda de risas.

No sin retener una carcajada, el profesor Alpujarra respondió:

—La participación de los cafeticultores timorenses en el desarrollo del Híbrido de Timor fue clave. Ellos fueron, antes que los científicos, los primeros en notar las características particulares y cultivar las plantas del híbrido en sus fincas. Hay muchos ejemplos similares en la historia de la agricultura. Por ejemplo, Jaime Martínez y Félix Dzul afirman que la introgresión natural de genes de plantas silvestres hacia plantas domesticadas ocurre gracias a que los agricultores siembran parte de las semillas cosechadas y permiten que plantas silves-

Figura 1. Teorías del cruzamiento espontáneo entre *Coffea arabica* y *Coffea canephora* que dio origen al Híbrido de Timor.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación presentamos un extracto del mensaje de Pedro Damião de Sousa Henriques a Juan Francisco Barrera, autor de este texto: “Después de leer un artículo de Mayer Gonçalves en el que aparecía una fotografía de la planta original del Híbrido de Timor, y después de visitar el Centro de Investigación de las Royas del Café en Portugal, decidí localizar la planta que dio origen a los clones que se utilizaron para la mejora del café arábica. Lo intenté por primera vez en 2010, sin éxito. Luego en 2012, logré ubicar la planta; me acompañaron colegas de las universidades de Évora y la Nacional de Timor Lorosa’e. El proyecto no tenía financiamiento. Solo tenía la buena voluntad de todos. Después del redescubrimiento, realicé el video que está disponible en portugués, inglés y tetum ([https://www.youtube.com/watch?v=1ysRcQF\\_w9I](https://www.youtube.com/watch?v=1ysRcQF_w9I)), y delegué la responsabilidad del mantenimiento y cuidado de la planta a colegas de la Universidad Nacional de Timor Lorosa’e (Vicente Paulo Correia) quienes, junto con el Instituto del Café (Lúcio Gomes) ubicado en Ermera se hicieron cargo”.

tres emparentadas con el cultivo crezcan en sus parcelas.

Con esta última intervención del profesor Alpujarra la clase llegaba a su fin. Los estudiantes se despidieron dejándolo sumido en sus pensamientos; los milagros existen —pensaba mientras se rascaba la cabeza de canosa y enmarañada melena— y en Timor Oriental había ocurrido uno. ☹️

Se agradece al Dr. Jacques Avelino (CIRAD, Francia) sus comentarios valiosos al manuscrito; al Dr. Francisco Anzueto (consultor independiente) por compararnos literatura importante sobre el Híbrido de Timor; al Dr. Pedro Damião de Sousa Henriques (Universidade de Évora, Portugal) por contarnos su experiencia del redescubrimiento de la planta original del Híbrido de Timor, y al Dr. Esteban Escamilla Prado (Universidad Autónoma Chapingo, México) por proporcionarnos la fotografía de *Coffea arabica* var *Typica*.

## Bibliografía

- Clarindo, W. R., Carvalho, C. R., Caixeta, E. T., y Koehler, A. D. (2013). Following the track of “Híbrido de Timor” origin by cytogenetic and flow cytometry approaches. *Genetic Resources Crop Evolution*, (60), 2253-2259. <https://doi.org/10.1007/s10722-013-9990-3>
- Herrera, J. C., Combes, M. C., Cortina, H., Alvarado, G., y Lashermes, P. (2002). Gene introgression into *Coffea arabica* by way of triploid hybrids (*C. arabica* × *C. canephora*). *Heredity*, (89), 488-494. <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800171>

Juan Francisco Barrera Gaytán es investigador de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula (México) | [jbarrera@ecosur.mx](mailto:jbarrera@ecosur.mx) | <https://orcid.org/0000-0002-8488-7782>

Graciela Huerta Palacios es investigadora de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula (México) | [ghuerta@ecosur.mx](mailto:ghuerta@ecosur.mx) | <https://orcid.org/0000-0003-2204-8382>

Francisco Holguín Meléndez es técnico académico de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula (México) | [fholguin@ecosur.mx](mailto:fholguin@ecosur.mx) | <https://orcid.org/0000-0001-9704-3004>

# Acciones colaborativas

para el monitoreo del

# sargazo

Hugo E. Lazcano Hernández, Javier Arellano-Verdejo y Martín Santos Romero

*Resumen: La ciencia procura apoyarse en la mejor tecnología para obtener resultados precisos, pero incluso el equipo más sofisticado tiene limitaciones. En cuanto a las arribaciones de sargazo a las costas y playas del Caribe en los últimos años, para entender su dinámica se ha monitoreado su presencia en mar abierto mediante sistemas satelitales, lo que si bien ha sido provechoso, se ve obstaculizado por factores atmosféricos y, sobre todo, se ha concluido que necesita complementarse con monitoreos a escala local; en tal sentido se han abierto paso proyectos innovadores, como Collective View, que se enmarcan en la tendencia de ciencia ciudadana.*

**Palabras clave:** problemas medioambientales, ciencia ciudadana, monitoreo satelital, Sargassum.

### Maayat'aan (maya): Múul meyaj uti'al u ch'ukta'al bix yanik u ta'il k'áanab wáaj sargazo

*Kóom ts'íibil meyaj: Cienciae' ku kaxtik u yáantikubáaj yéetel túumben nu'ukulil meyaj tecnología uti'al u ma'alob jóok'ol ba'ax ku xokik, ba'ale' kex táaj ma'alo'ob ba'ax yéetel ku meyajje' ma' tuláakal ku jóok'ol tu beelil. Yóok'olal u k'uuchul tu jáal ja'il Caribe séen ya'ab u ta'il k'áanab wáaj sargazo ti' le ts'ook ja'abo'oba', uti'al u na'ata'al bix u bin u péeke' ku ch'ukta'al yéetel u nu'ukulil sistemas satelitales bix yanik ich k'áanab, kex jach uts u meyajje' ma' tuláakal ma'alob tumen yaan ba'alo'ob topik je'elbix u séen k'áaxal ja', nookoyil, ke'eil yéetel u jeelo'ob le ku ya'alal factores atmosféricos, lebetik bejla'e' ojéela'an jach k'a'abet u chukbesa'al yéetel u ch'ukta'al náats'il xan; la'aten táan u k'ajóolta'al túumben múuch' meyajjo'ob je'elbix Collective View, ku múul meyajtik ciencia yéetel u kaajnáalilo'ob le kúuchil táak u xak'alxo'okolo'.*

**Áantaj t'aano'ob:** talamilo'ob báak'pachtiko'on way yóok'olkab, múul meyaj ciencia yéetel kaajnáalilo'ob, ch'uk yéetel satelite, Sargassum.

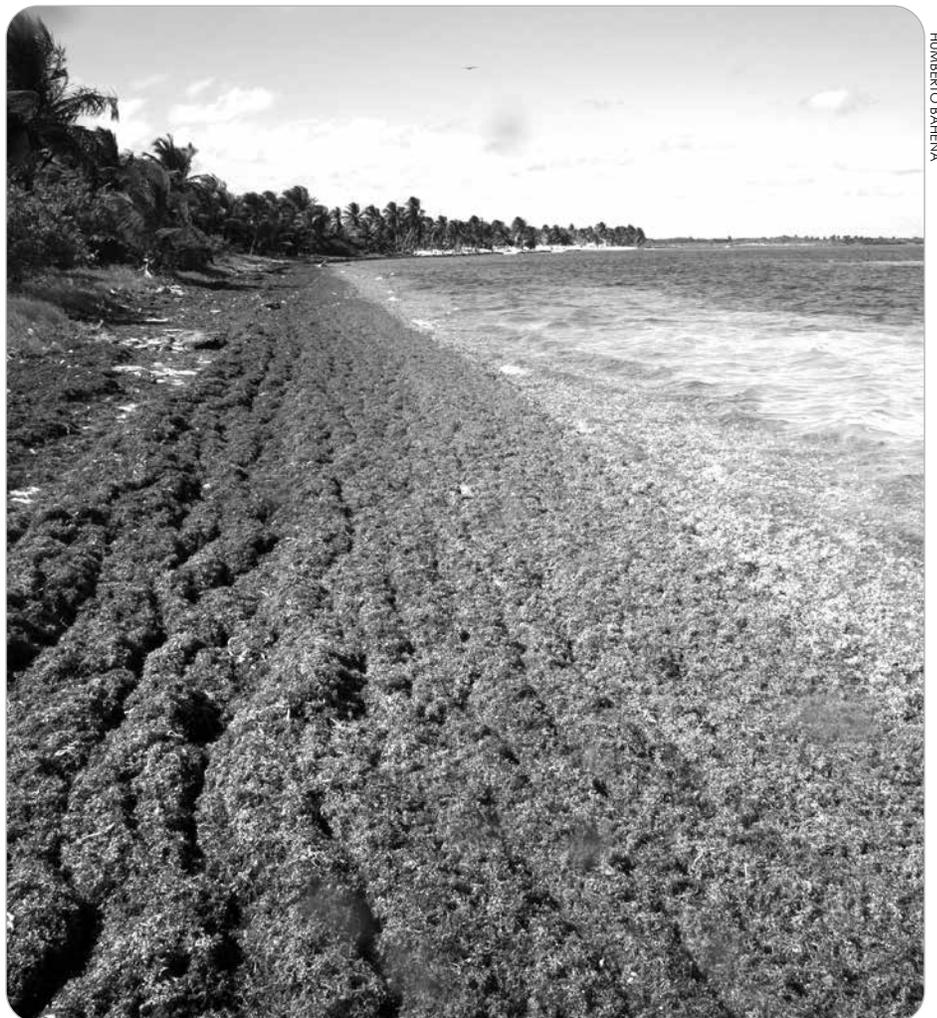
### Bats'i k'op (tsotsil): Komon abtel sventa sk'elel yilel yaxaltik oy ta yutil muk'ta nabetik

*Smelolal vun albil ta jbel cha'bel k'op: Ak'o mi oy xa sa'bil smelolal k'usi xu' ta stunesik li jpas bijilal abtelaletike sventa xchannel k'usi mu'yuk to ojtikinbile, te makal ta xkom, ja' ti k'usi ta spik ta stunesike mu'yuk to lek sju'elal. Sventa yilel xchannel k'u yu'un xlok'an talel yaxaltik oy ta sti'alal muk'ta nabetike yu'un Caribe, jelavem xa jun chib jabil lik sk'elel xchannel ta yilobil ta ak'ol to, ta satelite, ja' ta sk'elik li yaxaltik oy ta yutil muk'ta nabetike, taje oy slekital, ja' no'ox ti sk'an to stsutses li abtele, ja' yu'un yakal ta sa'beik smelol sventa chich' k'elel ta nopol sventa xchannel lek ti k'usi chich' sa'elel; jech-o xal lik xa nopbil abtelaletik ta stojolal yu'un jpas bijilal abtelaletik Collective View, ti ja' ojtikinbilik ta yabtelik spasel bijilal abtelaletik ta komon.*

**Jbel cha'bel k'opetik tunesbil ta vun:** k'usitik xchopiliil ta jkuxlebtik, ciencia ciudadana, monitoreo satelital, Sargassum.

El mar de los Sargazos, conocido desde tiempos de Cristóbal Colón en el siglo XV, se ubica en el océano Atlántico cerca del mítico Triángulo de las Bermudas, y ha inspirado historias de barcos atrapados o perdidos; incluso el capitán Nemo, protagonista de *Veinte mil leguas de viaje submarino*, de Julio Verne, desconfiaba de sus aguas pardas. A pesar de las historias oscuras, las macroalgas llamadas sargazos conforman ahí una zona de refugio y descanso para peces, crustáceos, tortugas y moluscos.

El sargazo parecía haber quedado en esas leyendas, pero en 2018 saltó a la fama de nuevo cuando arribó en cantidades enormes a las costas del mar Caribe en donde antes era marginal. Las acciones para limpiar las playas no han bastado porque faltan la experiencia e infraestructura para atender un fenómeno de tales dimensiones que se ha seguido repitiendo. Una herramienta valiosa es el monitoreo satelital, pero solo Estados Unidos cuenta con un sistema de alerta temprana a escala global ([https://optics.marine.usf.edu/projects/saws\\_test.html](https://optics.marine.usf.edu/projects/saws_test.html)), cuando cada nación afectada debería disponer del suyo para generar informa-



HUMBERTO BAHENA



HUMBERIO BAHENA

ción a escala local con la que se pudieran diseñar planes de manejo más eficientes. En este artículo exponemos algunos procesos de la observación y estudio del sargazo, que ayudan a comprender mejor la situación a escala local.

### La importancia del monitoreo

Ya desde 2011, 2014 y 2015 se registró en las costas y playas del Caribe una presencia de sargazo mayor que la habitual, pero las arribaciones a partir de 2018 han provocado graves impactos ecológicos y sociales. Es una situación parecida al estar en casa descansando cuando sorpresivamente nos visitan más de 100 personas. Desde luego, no podemos atender a todos los recién llegados; no hay comida suficiente y muchos querrán usar el sanitario al mismo tiempo, ¡una verdadera locura!

Todavía es un tema abierto, pero se especula que el calentamiento global y el incremento de nutrientes en el Atlántico por el uso de fertilizantes, deforestación y demás factores, han intensificado la proliferación de las especies de sargazo *Sargassum fluitans* y *Sargassum natans*. Estas macroalgas tienen pequeñas esferas o vesículas rellenas de gas (aerosistos), que les permiten pasar todo su ciclo de vida flotando en la superficie del océano y por eso se les denomina pelágicas. En mar abierto forman grandes aglomeraciones, racimos o balsas que miden desde unos cuantos metros hasta varias decenas o centenares. Cuando se acumulan grandes cantidades cerca de la playa, impiden el paso de luz hacia el fondo marino, lo que afecta a la flora y fauna de las costas. Además, su descomposición desprende ácido sulfhídrico (de olor

penetrante y riesgoso para la salud), entre otras problemáticas. Como es de suponerse, hay un efecto directo en la industria turística de la región, con pérdidas económicas y de empleos.

Entonces, es importante conocer la dinámica del sargazo para diseñar sistemas de alerta temprana y manejo que ayuden en su ubicación, colecta, aprovechamiento y disposición final, para así contribuir a la reducción de los problemas ambientales, sociales y económicos que ocasiona. En este contexto, el monitoreo satelital nos ha brindado información invaluable sobre su comportamiento en mar abierto, algo posible por los conocimientos en “percepción remota”, la cual desde hace cuatro décadas ha aportado a la observación y estudio de la Tierra a través, entre otras herramientas, de los satélites que la orbitan y

obtienen imágenes de ella. La primera observación de sargazo desde el espacio data del año 2005.

## Fotosíntesis y los fotopigmentos

El sargazo, al igual que las plantas verdes, realiza la fotosíntesis, es decir, que aprovecha la energía solar para fabricar su propio alimento. La fotosíntesis es la base de toda la vida en la Tierra, y es posible gracias a unas moléculas llamadas fotopigmentos, las cuales se encargan de atrapar a los fotones (energía en forma de luz) que luego se transforman en energía química. En el caso de las plantas, esta energía se utiliza en la conversión de materia inorgánica a orgánica, es decir, que por su medio es posible que los elementos —carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno— se transformen en materia prima para construir carbohidratos (como el maíz o el trigo), o sacáridos (el azúcar refinada y diversos frutos), los cuales son las biomoléculas donde queda almacenada la energía que en principio llegó en forma de luz.

Existen varios tipos de fotopigmentos, entre los que se encuentran las clorofilas y los carotenoides. Por su abundancia, la clorofila "a" es la más famosa, y es la que absorbe casi toda la energía en forma de luz del espectro visible, a excepción de la que vemos en color verde, ipor eso vemos verdes a la mayoría de las hojas de plantas y árboles! Es decir, el color verde es reflejado por la mayoría de las plantas. En el caso del sargazo, su color entre amarillo y marrón se debe a la presencia de otro tipo de fotopigmentos: los carotenoides y la clorofila tipo c, y es esta última la que permite diferenciar al sargazo de otras especies, entre ellas *Trichodesmium* o *Ulva prolifera*, o de objetos o aceite emulsionado que estén flotando en el océano.

## Monitoreo satelital

Desde hace algunos años, el monitoreo del sargazo se realiza observando el mar abierto desde el espacio con metodologías que utilizan imágenes satelitales, una tec-

nología que en su mayor parte pertenece a la norteamericana Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA, por sus siglas en inglés) y a la Agencia Espacial Europea (ESA). A bordo de los satélites viajan instrumentos de medición que permiten diversos estudios, y el más usado es una sofisticada "cámara", idónea para fotografiar nuestro planeta desde el espacio.

Antes de seguir, aclaremos un par de cuestiones técnicas. Cuando tomamos una foto, la imagen se descompone en tres y cada una corresponde a un color llamado *banda*. Una cámara convencional toma las bandas roja, verde y azul (RGB, por sus siglas en inglés), que de cerca veremos como pequeños puntos o píxeles. Estos píxeles se codifican con números que representan la intensidad del color de la banda; por ejemplo, para la roja, la intensidad de cada pixel nos indica si se trata de un rojo suave o uno fuerte. Todas las bandas tomadas por la cámara tienen el mismo tamaño, el cual corresponde al ancho y alto de la foto. Y como están compuestas por píxeles y estos son representados por números, desde la ciencia se han ideado formas de combinarlas, y es así que a partir

de las bandas R, G y B es posible obtener una imagen a color como las que conocemos; a dicha composición RGB se le llama "color verdadero".

La principal diferencia entre dichas cámaras y las de nuestros celulares (además del costo) es la cantidad de bandas en las que descomponen una foto; los equipos satelitales pueden captar imágenes de entre 3 y 36 bandas. Dado que estas se combinan, se ha descubierto que con ciertas composiciones es posible resaltar características, como la vegetación. El resultado son las combinaciones que han sido llamadas *índices*, y existen índices para todo, como los que destacan agua o zonas con más calor. En 2009, en la Universidad del Sur de Florida (University of South Florida) se desarrolló el FAI, o índice de algas flotantes, para resaltar la presencia del sargazo; sin embargo, incluso con este índice hay confusiones con otro tipo de objetos que flotan en el mar.

Así que no es tan fácil monitorear el sargazo. Además, en las zonas costeras los cambios meteorológicos son muy dinámicos, de modo que en un par de minutos se puede pasar de un estupendo día soleado a otro con lluvia, y las nubes son obstáculos para la observación de las macroalgas. A fin de solucionarlo, se han instalado sensores cerca de la playa para facilitar la observación, como radares y cámaras, pero son instrumentos costosos y se requieren muchos para monitorear grandes áreas. Entonces, como alternativa, en los últimos años ha surgido el concepto de *ciencia ciudadana*, el cual consiste en buscar el apoyo de gente como tú o como yo para hacer ciencia, de modo que, aunque no tengamos una formación científica, podemos tomar parte en las investigaciones.

## Ciencia ciudadana para el manejo del sargazo

Emprender acciones en equipo permite atenderlas más rápido y mejor que si actuáramos solos; este conocimiento empírico de la vida diaria es la esencia de la

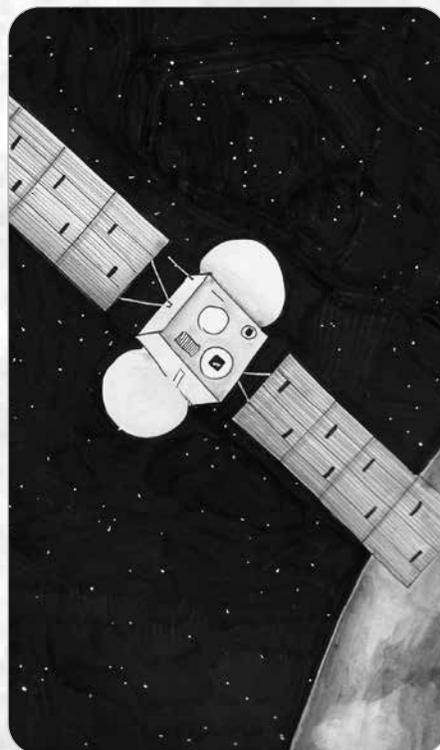


ILUSTRACIÓN: ERANDI CEDENO ZACARIAS



ciencia ciudadana.<sup>1</sup> Una excelente alternativa para enfrentar el problema del sargazo consiste en recolectar información local que complemente a la obtenida desde las plataformas satelitales. En este sentido, podemos convertir nuestros teléfonos inteligentes (*smartphones*) en una herramienta de participación con la captura de datos y fotografías para el monitoreo del sargazo.

El proyecto Collective View implementado por El Colegio de la Frontera Sur (ECO-SUR) y otras instituciones es un ejemplo de esto. Como muchas personas tenemos un teléfono y nos gusta visitar playas, tenemos la posibilidad de monitorear la presencia de sargazo, y no solo en Quintana

Roo, sino también en otros países. A través de una aplicación móvil, solo debemos tomar fotos de la macroalga en las playas y enviarlas. Las imágenes llevan la ubicación geográfica y otros datos como la fecha y la hora; al final, con la suma de la información de varias fotografías, es posible construir mapas que muestren la presencia del sargazo en lugares y momentos específicos, y la información sirve de insumo para el diseño de investigaciones o políticas para la gestión y manejo del sargazo.

Con la participación colectiva podemos estudiar zonas donde incluso la tecnología satelital más desarrollada no ha podido incidir. La ciencia ciudadana tiene el potencial de colaborar en la generación de soluciones innovadoras a problemáticas regionales o globales.

El monitoreo del sargazo nos ha permitido conocer que en el Atlántico ecuatorial se ha desarrollado un “gran cinturón del sargazo”, y a entender que esta macroalga ha contribuido, a escala global, en la captura del carbono que se emite a la atmósfera por la actividad humana. Pero hay muchas preguntas por responder, como conocer cuánto sargazo hay y en dónde. Por lo anterior, te invitamos a que te sumes al monitoreo ciudadano de nuestras playas y a ser parte de la solución de un problema emergente. Tu participación es muy importante, así que descarga la aplicación de Collective View en el enlace <https://collective-view-app.web.app/>. Y recuerda, ¡juntos hacemos la diferencia! 🌊

<sup>1</sup> Véase “Sargazo y sociedad: haciendo ciencia en Quintana Roo”, de Laura López Argoytia, en *Ecofronteras* 71, <https://bit.ly/3XyFoku>

## Bibliografía

- Arellano-Verdejo, J., y Lazcano-Hernández, H. E. (2021). Collective view: mapping Sargassum distribution along beaches. *PeerJ Computer Science*, (7), e528. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.528>
- Arellano-Verdejo, J., Santos-Romero, M., Lazcano-Hernandez, H. E. (2022). Use of semantic segmentation for mapping Sargassum on beaches. *PeerJ*, (10), e13537. <https://doi.org/10.7717/peerj.13537>
- Lazcano-Hernández, H., Aguilar, G., Dzúl-Cetz, G. A., Patiño, R., y Arellano-Verdejo, J. (2019). Off-line and on-line optical monitoring of microalgal growth. *PeerJ*, (7), e7956. <https://doi.org/10.7717/peerj.7956>

Hugo E. Lazcano Hernández es investigador de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal (México) | [hlazcanoh@ecosur.mx](mailto:hlazcanoh@ecosur.mx) | <https://orcid.org/0000-0002-5757-6081>  
 Javier Arellano-Verdejo es investigador de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal (México) | [javier.arellano@ecosur.mx](mailto:javier.arellano@ecosur.mx) | <https://orcid.org/0000-0002-4920-283X>  
 Martín Santos Romero es académico de la Universidad Tecnológica de Chetumal (México) | [martin.santos@utchetumal.edu.mx](mailto:martin.santos@utchetumal.edu.mx) | <https://orcid.org/0000-0002-8053-2634>

# Escuchando la biodiversidad

# Cantares de ranas y sapos



ERICK OCAÑA DÍAZ

Erick Rodrigo Ocaña Díaz, Jorge E. Morales-Mávil y Edgar Ahmed Bello-Sánchez

*Resumen: ¿Cómo podemos saber qué animales hay en un sitio si no los vemos? Escuchándolos sería la respuesta; la bioacústica —disciplina que estudia la comunicación sonora de la fauna— es una aliada clave para investigar criaturas nocturnas o inaccesibles, como suelen ser los anuros (ranas y sapos). Numerosas especies de este grupo, y de los anfibios en general, se incluyen en categorías de riesgo, lo cual demanda saber más acerca de sus características y hábitos para poder conservarlas. Es aquí donde el sonido brinda amplias posibilidades de conocimiento, y con la tecnología adecuada nos revela secretos fascinantes.*

**Palabras clave:** bioacústica, vocalización, anuros, registro acústico, conservación.

## Maayat'aan (maya): K wu'uyik jejeláas ba'alo'ob kuxa'ano'ob yóok'olkab. U k'aay ch'i'ibalil muucho'ob chowak u paach ooko'ob yéetel muucho'ob kóom u paach ooko'ob

*Kóom ts'íibil meyaj: Bix u béeytal k ojéeltik ba'ax ba'alche'ob yaan ti' jump'éeel kúuchil wáaj ma'atáan k iliko'ob. U núuka-jile' k u'uyiko'ob; le ku ya'alal bioacústica —jun jaats xak'alxook ku xokik bix u t'aanikuba'ob ba'alche'ob— jach ku yáantik u xak'almeyajta'al áak'ab ba'alche'ob wáaj ba'alche'ob ma' chéen ch'a'abil u chu'ukulo'obi', je'elbix le ku kuxtalo'ob lu'um yéetel ich ja', mina'an u nejo'ob yéetel u paach ooko'obe' ma'alob uti'al u síit'o'ob, k'ajóola'ano'ob beey anuros (muucho'ob chowak u paach ooko'ob yéetel muucho'ob kóom u paach ooko'ob). Ya'abach ch'i'ibalil le jaatsa' yéetel u jeel ba'alche'ob ku kuxtalo'ob lu'um bey xan ich ja' k'ajóola'ano'ob beey anfibiose' táan u bin u xu'ululo'ob, la'aten k'a'ana'an k jach k'ajóoltik bixo'ob yéetel bix u kuxtalo'ob uti'al k kanáantiko'ob. Te' tuna' le juumo' ku yáantiko'on k k'ajóoltej, yéetel u túumben nu'ukulil meyaj tecnología ku ye'esik to'on ki'ichkelem ba'alo'ob ma' k k'ajóol ka'achili'.*

**Áantaj t'aano'ob:** bioacústica, k'aay, ch'i'ibalil muucho'ob, u k'a'amil juum, kanáanil.

## Bats'i k'op (tsotsil): Yakal a'iel skotol k'usi kuxajtik ta banumil. Sk'euj ch'uch'etik xchi'uk xpok'ok'etik

*Smelolal vun albil ta jbel cha'bel k'op: ¿Mi xu' ta jna'tik k'usi chonbolom oy ta jpat jxokontik mi mu xkiltike? Stak'obile stak' ta ya'iel; bioacústicaja' yich'oj ta venta ta xchan k'u yelan ta sk'opon sbaik ta sk'euj li chonbolometikeja' ta xich' tunesel k'alal oy sk'anel xchanel k'u yelan xkuxlej ak'ubal chonbolometike, jech k'ucha'al li ch'uch'etik xchi'uk li xpokoketike. Ep ta tos li chonbolometik jech k'ucha'al li'e, oy yantik, pe naka xlajaniik xa batel, ja' yu'un sk'an ta xich' chanel k'u yelan sbek'tal stakipal, stalel xchi'uk k'u yelan kuxulik, sventa xich' cha'biel mu xlajuk o sts'unobal. Ja' yu'un ta a'iel sk'eujel li chonbolometike xchi'uk k'usitik xbak'e xu' to k'usitik yan o ta xkojtikintik, oy xa bijilal yabtejeb ya'iyobil ta xak'butik ta ilel k'usi mu'yuk to ojtikinbile.*

**Jbel cha'bel k'op tunesbil ta vun:** bioacústica, k'euj, anuros, registro acústico, conservación.

Encontrar fauna silvestre en su medio es tan complicado que puede parecer que los animales simplemente no quieren ser vistos. Si habitan en espacios fuera de nuestro alcance o no están activos ante presencia humana, se vuelven casi indetectables. Sin embargo, podemos recurrir a una amplia variedad de pistas que ellos nos ofrecen y que podemos advertir con sentidos distintos a la vista; es el caso de las señales sonoras que utilizan para comunicarse.

Aprovechando el sonido es posible adentrarnos a la vida animal para conocer más acerca de algunas especies, y realizar estudios útiles para su conservación. Como muestra, en este texto describimos una parte de la comunicación sonora de ranas y sapos, anfibios que integran el orden de los anuros (Anura); la intención es destacar las enormes ventajas del monitoreo bioacústico.

### Las voces de la noche

Desde nuestra infancia asociamos cierta fauna con sonidos específicos, ya sea el estridular con las cigarras o el amenazante rugido con el jaguar. Las señales sonoras



ERICK OCAÑA DÍAZ

son tan características que muchas veces con ellas sabemos qué especie las produce. No todos los animales emiten vocalizaciones, aunque esto no significa que no generen sonidos, ya que en muchas ocasiones estos son imperceptibles para nosotros como humanos. Cada especie ha desarro-

llado un sistema de comunicación que determina su reproducción y supervivencia, y que en buena medida obedece a mensajes audibles.

Es común relacionar el canto de las aves con el amanecer y el atardecer, cuando esas vocalizaciones dominan en el am-

biente, pero con la noche llega el turno de muchos otros animales. Dado que dependemos mucho de la vista, podemos perdernos de situaciones interesantes si nos olvidamos de nuestros otros sentidos. Es posible que al leer esto imaginemos el ulular de búhos o lechuzas, o los despliegues sonoros del mono aullador, pero hay mucho más.

En México, la mayoría de los anfibios son nocturnos. Se trata de animales vertebrados que dividen su vida entre la tierra y el agua; no tienen escamas, plumas ni pelo, pero sí una piel humectada y a veces tóxica, y el ciclo de vida de casi todos está dominado por diversos cambios morfológicos conocidos como metamorfosis. En los estados de Oaxaca, Chiapas y Veracruz se encuentra su mayor diversidad en el país que, junto con la generalidad de los anfibios del mundo, enfrentan lo que varios especialistas califican como la peor extinción en su historia; un riesgo tan grave amerita que se fortalezcan las investigaciones orientadas a su preservación.

Los anuros, es decir, ranas y sapos, son anfibios muy representativos, y si queremos estudiarlos, por sus vocalizaciones podemos saber cuáles y cuántas especies hay en un determinado cuerpo de agua, en una zona de vegetación o desierto, en el pedregal de algún poblado, o en donde quiera que se encuentren.

Antes de continuar con el tema de los anuros, hay que aclarar que muchos animales escuchan de manera distinta a la nuestra. Las ballenas, los murciélagos, los insectos y algunos anfibios, entre otros, producen y escuchan lo que nosotros no podemos. Se considera que los humanos percibimos sonidos en un rango de 20-20,000 hercios (Hz), es decir, no escuchamos nada más bajo de los 20 Hz ni sobre los 20,000 Hz, considerándose estos casos como frecuencias infrasónicas y ultrasónicas, respectivamente. Asimismo, la capacidad auditiva es variable entre personas. Por todo esto, usar equipos de grabación y programas para visualizar el audio es re-

levante si queremos hacer investigación científica, ya que podemos realizar registros y medidas precisas.

Cuando hablamos cotidianamente del sonido, ya sea al escuchar música o practicar con una persona, podemos retomar dos sencillas palabras: tono y volumen. Para describir el tono, nos referimos a lo agudo o grave, lo cual se ve reflejado en sus frecuencias, es decir, en la cantidad de Hz que posea el sonido, donde frecuencias altas se consideran tonos agudos y bajas tonos graves. El volumen, por su parte, corresponde a la intensidad, que depende de la cantidad de energía con la que se emite un sonido, independientemente de sus frecuencias; esto se asocia con la amplitud (medida en decibeles), y al incrementarse, se considera que el volumen es más alto.

Estas propiedades son observables en un espectrograma, el cual es un gráfico donde se visualiza el tiempo en el eje horizontal y las frecuencias en el eje vertical, formándose patrones con base en las frecuencias y la duración de un sonido, que puede adoptar un color o tono con base en la intensidad con la que se produce (figura 1).

La cantidad de información que obtenemos de una grabación es sorprendente, ejemplo de ello es el espectrograma (figura 2) correspondiente a una de tan solo 3.5 segundos realizada en Veracruz durante una noche de verano, periodo en el que gran parte de los anuros de la zona se reproducen. En este caso se observan las vocalizaciones de cinco especies, las cuales nos tomaría mucho más tiempo registrar utilizando únicamente la vista.

### ¿Qué dicen ranas y sapos cuando cantan?

En la mayoría de las especies de anuros, solo los machos tienen la capacidad de vocalizar, aunque se han reportado casos en los que también lo hacen las hembras. El croar de las ranas y los sapos no es raro; podríamos ubicarlo entre los sonidos familiares, pues se les escucha con frecuencia, al menos en medios de comunicación audiovisual. Lo que quizá no sabemos es que estos animales pueden producir una amplia variedad de vocalizaciones, y cada una tiene el objetivo de comunicar algo en específico.

Figura 1. Espectrograma de la vocalización de la rana leopardo (*Lithobates berlandieri*). Los tonos oscuros indican mayor amplitud del sonido.

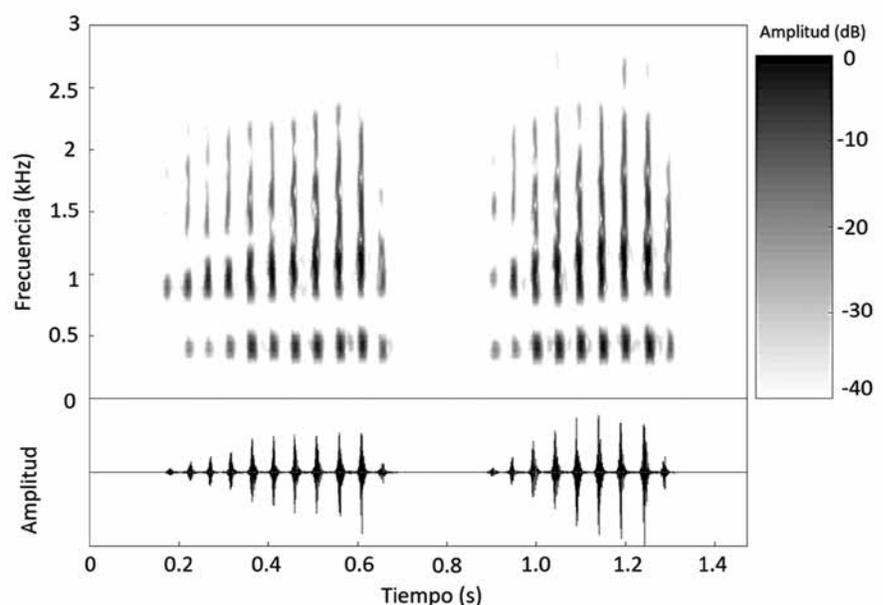
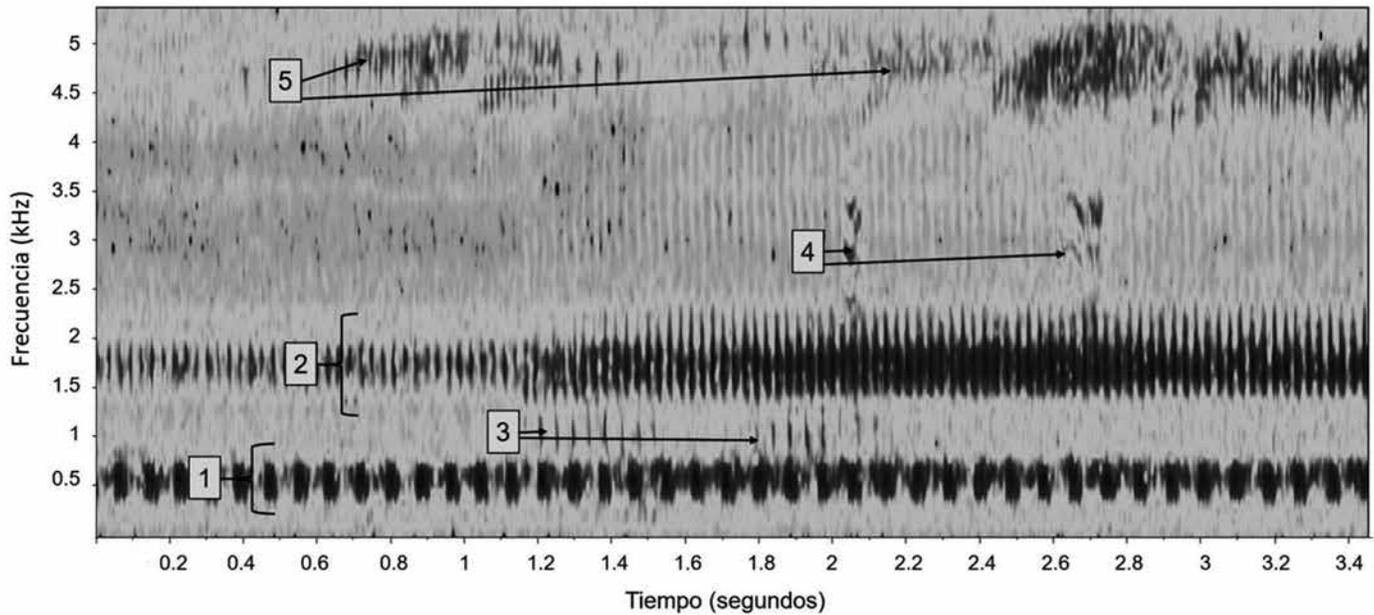


Figura 2. Espectrograma de un registro acústico activo nocturno, Xalapa, Veracruz. Se observan las vocalizaciones de cinco especies de anuros.



1. Sapo gigante (*Rhinella horribilis*)
2. Sapo costero (*Incilius valliceps*)
3. Rana leopardo (*Lithobates berlandieri*)
4. Calate (*Rheohyla miotypanum*)
5. Ranita grillo (*Tlalocohyla picta*)



De acuerdo con un estudio de 2017 encabezado por el zoólogo Jörn Kohler, es posible clasificar las vocalizaciones con base en el contexto en el que son producidas; por ejemplo, clasificamos como llamados reproductivos a las señales sonoras emitidas por un macho para atraer a la hembra, mientras que las vocalizaciones del mismo macho cuando disputa con otro por el territorio, o aquellos usados ante un depredador, se denominan agresivos y de angustia, respectivamente. O bien, están los cantos de anuncio, con los que los machos llaman la atención de las hembras y generan competencia con otros rivales; en esos momentos se suelen integrar coros, es decir, conjuntos de cantos producidos al mismo tiempo por muchos machos de una o varias especies. Existen los cantos de encuentro, de alarma y muchos más.<sup>1</sup>

La mayoría de los anuros utilizan charcos, ríos y lagos para su reproducción, pues colocan sus huevos en el medio acuático donde posteriormente se desarrollan los renacuajos. Por lo tanto, es posible observar que su actividad vocal aumenta conforme lo hacen las lluvias, y que existen

especies cuyos periodos reproductivos duren unos cuantos días debido a las escasas precipitaciones pluviales en algunos sitios. Además, hay factores que facilitan la vocalización y que se relacionan con la temperatura, humedad y tiempo de exposición a la luz.



ERICK OCAÑA DÍAZ

<sup>1</sup> En la versión digital de este número de *Ecofronteras*, <https://revistas.ecosur.mx/ecofronteras>, se encuentran disponibles algunos audios con llamados reproductivos de especies que habitan en el sur de México.



AHMED BELLO SANCHEZ

sin tener que estar en el sitio, lo cual también evita que nuestra presencia influya en cómo se comunican los animales.

Hoy en día sabemos que es fundamental investigar más sobre la fauna antes de establecer las estrategias adecuadas que den paso a su conservación. La bioacústica nos brinda una herramienta útil para saber qué especies se encuentran en un sitio en particular y cómo interactúan para reproducirse o defender su territorio, entre otros datos. Todos podemos grabar la biodiversidad desde nuestros teléfonos celulares, a través de aplicaciones gratuitas, lo que facilita que la población en general aporte a la ciencia al recoger registros sonoros en múltiples sitios, mismos que se pueden subir a distintas plataformas de acceso libre como Naturalista, eBird, Macaulay Library, o acervos nacionales como la Fonoteca de Anfibios de México (<http://cantosanuros.ciencias.unam.mx/>), donde también se pueden consultar grabaciones sonoras obtenidas por otras personas y conocer más acerca de la fauna que los rodea.

La bioacústica y los equipos de grabación actuales nos brindan la posibilidad de monitorear fauna de forma más completa y sobre áreas más extensas donde existe una gran diversidad de especies. Sin duda, el conocimiento de los sonidos facilita la búsqueda de animales que resultan casi indetectables para el resto de nuestros sentidos, más aún cuando se trata de seres que se encuentran tan amenazados en la actualidad y cuyas vocalizaciones merecen seguirse escuchando, como es el caso de los anuros. 

## Sonidos y conservación de la biodiversidad

Tan diversa e importante es la cantidad de sonidos en la naturaleza, que algunos biólogos se han especializado en estudiar la comunicación sonora de los animales desde hace décadas, impulsándose así la bioacústica, disciplina que se encarga del estudio de la comunicación sonora de los animales.

Actualmente se cuenta con grabadoras y micrófonos muy especializados para registrar el medio sonoro, y se obtiene información dentro del rango audible para los humanos o fuera del mismo, tanto en el medio terrestre como en el acuático. Asimismo, se han desarrollado programas de cómputo que permiten escuchar los sonidos con gran detalle, además de visualizar distintas propiedades de estos a través de gráficos, como el espectrograma que refleja las frecuencias y el oscilograma que se encarga de la amplitud.

Cuando buscamos animales a través de sus sonidos, podemos hacerlo de forma activa o pasiva. La grabación activa se realiza cuando el investigador o investigadora controla y dirige el equipo hacia la señal de interés, desde el inicio hasta el final del registro acústico. Esto nos permite obtener grabaciones de un solo individuo al que así podemos observar, registrando su comportamiento y todo detalle relevante, lo cual es en especial útil cuando no se tiene conocimiento previo de la comunicación de una especie. Por otro lado, el registro pasivo no requiere de la presencia humana durante la grabación, ya que se utilizan grabadoras programadas para obtener registros en los horarios que decidamos: por ejemplo, grabar 1 minuto cada 10 minutos, de las 8 de la mañana a las 8 de la noche, hasta efectuar 72 grabaciones por día. De esta forma podemos estudiar los sonidos de una o más especies durante semanas o meses

## Bibliografía

- Köhler, J., Jansen, M., Rodríguez, A., Kok, P. J. R., Toledo, L. F., Emmrich, M., Glaw, F., Haddad, C. F. B., Rödel, M.-O., y Vences, M. (2017). The use of bioacoustics in anuran taxonomy: theory, terminology, methods and recommendations for best practice. *Zootaxa*, 4251(1), 1-124.
- Marques, T. A., Thomas, L., Martin, S. W., Mellinger, D. K., Ward, J. A., Moretti, D. J., Harris, D., y Tyack, P. L. (2013). Estimating animal population density using passive acoustics. *Biological Reviews*, 88(2), 287-309.
- Parra-Olea, G., Flores-Villela, O., y Mendoza-Almeralla, C. (2014). Biodiversidad de anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(1), 60-66.

Erick Rodrigo Ocaña Díaz es estudiante de la Universidad Veracruzana (México) | [erick\\_rodril996@hotmail.com](mailto:erick_rodril996@hotmail.com) | <https://orcid.org/0000-0003-1431-6105>

Jorge E. Morales-Mávil es académico de la Universidad Veracruzana (México) | [jormorales@uv.mx](mailto:jormorales@uv.mx) | <https://orcid.org/0000-0001-9577-0777>

Edgar Ahmed Bello-Sánchez es académico de la Universidad Veracruzana (México) | [ebello@uv.mx](mailto:ebello@uv.mx) | <https://orcid.org/0000-0001-9824-6663>

# Comunicar la ciencia...

## y la importancia de que los mosquitos piquen o no

ERIKA DOMÍNGUEZ

JAMES STEWART EN PIXNIO

Ariane Dor, Ana Laura Pacheco Soriano y Dora Elia Ramos Muñoz

*Resumen: En ocasiones, la ciencia y la sociedad transitan por caminos distintos y requieren puntos de encuentro. Por ejemplo, algo elemental para personas expertas en ramas de la biología, como que los mosquitos macho no pican, no es tan evidente para sectores de población en los que persiste la idea de que sí lo hacen. Confrontar ambos puntos de vista cobra importancia cuando se trata de enfrentar el problema de salud pública que representa el *Aedes aegypti*, mosquito transmisor del dengue, chikungunya y zika, y difícilmente habrá solución si no se establecen diálogos que contemplen perspectivas culturales.*

**Palabras clave:** *Aedes aegypti*, dengue, técnica del insecto estéril, divulgación de la ciencia, enfermedades de transmisión vectorial.

## Maayat'aan (maya): Ts'áaj k'ajóolbil ba'alo'ob yóok'olal ciencia... yéetel u k'a'ana'anil u chi'ibal wáaj ma' mejen k'oxolo'ob

*Kóom ts'iibil meyaj: Yaan k'iine', le ciencia yéetel kaajnáalilo'ob ku xímbalo'ob ti' jejeláas beejó'ob lebetik k'a'ana'an kúuchilo'ob tu'ux u much'ikubáajo'ob. Je'elbix jump'éeel ba'al jach k'ajóola'an tumen máaxo'ob ku meyajtiko'ob biología, u yojéelo'ob ma'atáan u chi'ibalo'ob le xiibil k'oxolo'ob, ba'ale' ya'ab máak ma' u yojéelobi' tumen láayli' ku tukulta'ale' ku chi'ibalo'ob. U táan óolta'al le ka'ap'éeel tuukulo'oba' jach k'a'ana'an ich le talamil ku taasik u séen k'oja'antal wíinik yo'osal u yik'el Aedes aegypti, chan k'oxol ku tsayik u k'oja'anil dengue, chikungunya yéetel zika, la'aten jach talam u xu'ulul wa ma'atáan u múuch' tsikbata'al yéetel u táan óolta'al yaan jejeláas bix u tuukul máako'ob tumen yaan xan jejeláas miatsilo'ob.*

**Áantaj t'aano'ob:** *Aedes aegypti*, k'oja'anil dengue, técnica del insecto estéril, ts'áaj k'ajóolbil ciencia, k'oja'anilo'ob ku paak'ik ik'elo'ob.

## Bats'i k'op (tsotsil): Sk'an komontael smelolal li bijilal abtele...xchi'uk sna'el smelolal k'u yu'un tsots sk'oplal mi ta xti'van o mi mu'yuk ta xti'van li bik'tal usetike

*Smelolal vun albil ta jbel cha'bel k'op: Bak'intik no'ox ko'ol jnopbentik xchi'uk li bijilal abteletik pasbile xchi'uk ta jnopbentik ta k'u yepalutike, jech-o xal tsots sk'oplal sk'an ta jtsob ka'yejtik jnopbentik. Xkaltik no'oxe, li buch'u xchanoj jk sk'elel k'u yelan kuxajtik k'usitik oy ta banumile, sna'ojik ti mu sna' xti'van li tot bik'tal usetike, mu jechuk vu'utike jch'unojtk ti sna' xti'van stekelal bik'tal usetike. Jel tos ti nopbenale, ja' yu'un k'alaluk xtal chameletik ch'ambil talel ta bik'tal usetike jech k'ucha'al Aedes aegypti, bik'tal usetik xch'am talel k'ak'al chamel, chikungunya xchi'uk zika, vokol ta sa'bel smelolal ta jtekelaltike. Ja' yu'un, vokol spajeb ti k'op taje ti mi mu'yuk bu ta jtsob ka'yejtik jnopbentik ta ju-jutos k'u kepalutike.*

**Jbel cha'bel k'opetik tunesbil ta vun:** *Aedes aegypti*, bik'tal us, smelol sventa mu x-alaj bik'tal usetik, tanibel sk'oplal bijilal abteleletik, chameletik ch'ambil talel ta bik'tal usetik.

Los números no mienten. Según la Encuesta sobre Percepción de Ciencia y Tecnología que el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) levantó en 2017, de los 6 millones de personas consultadas, 90% no escuchan programas de radio con contenido científico, la mitad no lee publicaciones de corte académico y solo el 13% lee semanalmente uno o dos artículos de divulgación en revistas o periódicos. Que en México haya poca oferta y demanda de material científico tiene distintas causas que no se explorarán en este texto, pero esbozamos el tema para destacar la necesidad de establecer enlaces entre la sociedad y las personas dedicadas a la ciencia.

Si para sectores profesionistas ciudadanos el diálogo con la academia no siempre fluye adecuadamente, imaginemos esas mismas circunstancias en las zonas rurales. ¿Qué ocurre cuando para controlar una enfermedad potencialmente mortal se ofrece una alternativa lejana al horizonte cultural de la población? Por ejemplo, en una comunidad donde por su geografía y contexto es factible que proliferen los mosquitos que transmiten dengue y otros

virus, una propuesta científica implica liberar miles de mosquitos. Parece una locura, pero no lo es cuando se sabe que solo las hembras necesitan sangre para producir huevos y por eso pican; los machos no lo hacen, y los que se liberan son justamente machos incapaces de procrear. Para que un poblado entero acepte la liberación de estos mosquitos, se requiere que cientí-

ficas y científicos recorran un camino compartido con la sociedad.

### Ciencia, medios de comunicación y sociedad

En nuestro actuar como científicas y comunicadoras de la ciencia, desde 2017 trabajamos con las comunidades rurales en la costa chiapaneca y hemos entablado una



Plática sobre las liberaciones de mosquitos macho *Aedes aegypti* estériles en el Ejido Hidalgo el 5 de noviembre de 2018.

relación de confianza. Investigamos sobre la implementación del control integral de *Aedes aegypti*, que es un mosquito vector, es decir, transmisor, de los virus que causan las enfermedades dengue, chikungunya y zika, pero los estudios por sí mismos no bastan: tienen que hacerse llegar de manera efectiva a la población.

En este esfuerzo identificamos tres actores en el proceso de comunicación de la ciencia: los científicos, los medios de comunicación y la sociedad en general:

► Los científicos generan la información rigurosa, basada en evidencias sistematizadas y racionales. La ciencia cambia de acuerdo con los descubrimientos y esta evolución puede causar incertidumbre; por ejemplo, al inicio de la pandemia por covid-19 testificamos debates sobre la efectividad del cubrebocas para prevenir contagios, pues faltaba evidencia acerca de los mecanismos de transmisión del virus; eso aumentaba el sentimiento de vulnerabilidad. Además, los conocimientos científicos no siempre son accesibles a la sociedad que debería beneficiarse.

► Los medios de comunicación se dedican a informar, y podrían ser el vínculo entre el ámbito de la ciencia y el social. Sin embargo, la ciencia no se legitima con la rapidez que van adoptando los medios, y dado que, en general, su éxito depende de sus niveles de audiencia, algunos pueden optar por alimentar el drama o la catástrofe, lo que en el caso de las redes sociales induce a un aumento de seguidores y *likes*.

► La sociedad recibe la información, pero no como una masa amorfa. Hay grupos socioculturales con sus propias identidades y visiones del mundo, con una *tradicción* que da forma a sus percepciones y a su historia. Por lo tanto, todas las interacciones y comunicaciones pasan a través de un filtro de percepción propio de cada persona o grupo, modulando su adquisición de conocimiento dentro de los límites de su horizonte cultural.

Es importante tomar en cuenta estos tres actores en los procesos de comunicación de toda información científica nueva, para que realmente haya un vínculo entre ciencia y sociedad. Para nosotras, esto ha sido muy claro en la necesidad de comunicar información ligada a enfermedades transmitidas por mosquitos, las cuales han impactado severamente en zonas tropicales. En la búsqueda de soluciones científicas para afrontar este problema de salud pública, hemos encontrado que es indispensable el diálogo abierto y participativo con las poblaciones afectadas, incluyendo sus propios conocimientos sobre el entorno ambiental y su contexto cultural.

### Diálogo entre horizontes culturales

En México habitan casi 240 especies de mosquitos, y como bien sabemos, algunos son vectores de parásitos que causan padecimientos graves, por lo que la información confiable es necesaria.<sup>1</sup> Así, en cuanto a enfermedades provocadas por el mosquito *Aedes aegypti* no existen vacunas ni medicamentos antivirales eficientes. La Secretaría de Salud se enfoca en la aplicación de insecticidas y en el control y eli-

<sup>1</sup> Véase “‘Cierto o falso’ en la transmisión de enfermedades por mosquitos”, de Abel Jiménez Alejo y Ariane Dor en *Ecofronteras* 76, <https://bit.ly/3GT4Paq>

minación de los criaderos, lo cual requiere una participación social muy activa; esto ha funcionado, pero no es suficiente.

Actualmente, desde la ciencia se investigan estrategias novedosas que pueden parecer fuera de lo común, como la técnica del insecto estéril (TIE), que ya ha sido probada en plagas agrícolas en varios países y permite reducir la tasa de natalidad del mosquito mediante la esterilización de sus machos. Se está aplicando como proyecto piloto en un par de comunidades de la región Soconusco en Chiapas, y consiste en producir mosquitos macho estériles a gran escala, los cuales se aparean con hembras silvestres sin tener descendencia y así se reduce su natalidad. Los mosquitos se producen en un laboratorio, se esterilizan con radiación gama en la planta Moscafrut, y se liberan.

Quienes viven en estas comunidades deben tener muy claros los mecanismos de transmisión de las enfermedades, la importancia de mantener las actividades de prevención y, sobre todo, deben saber en qué consiste la TIE para poder aceptarla.

Comprendemos el entramado cultural y los retos biotecnológicos que el proyecto genera, ya que a través de talleres con distintos grupos de edad y pláticas con las autoridades locales, municipales, estatales y



Asamblea ejidal ordinaria en Río Florido en junio 2018



Ceremonia de liberación de mosquitos macho *Aedes aegypti* estériles en el Ejido Hidalgo el 15 de octubre de 2018.

federales, se ha llegado a consensos y también, ¿por qué no decirlo honestamente?, a discusiones y desacuerdos. Este diálogo social nos ilustra cómo en ocasiones las personas esperan una solución milagrosa que, por ejemplo, las exima de las tareas de limpieza para reducir los mosquitos. La ciencia debe de proponer un milagro: erradicar a los odiosos mosquitos de manera inmediata y sostenida en el tiempo.

Pero como ya mencionamos, las soluciones no son simples, y con la TIE nos enfrentamos, por ejemplo, a la idea recurrente de que "los mosquitos macho pican". Así que

esparcir machos esterilizados en la comunidad parece un desatino, aunque realmente son incapaces de alimentarse de sangre y solo consumen néctar de las flores y otras producciones vegetales. Es imposible para ellos picar o transmitir enfermedades al ser humano. En una ocasión que un científico le reiteraba esto a una autoridad de la localidad, recibió como respuesta que "los mosquitos no entienden de ciencia".

Cabe preguntarnos por qué esperaríamos a estar todos de acuerdo, sobre todo cuando el nuevo conocimiento biotecnológico es generado desde un contexto ajeno

a esta sociedad rural... literalmente en un laboratorio a pocos kilómetros de ahí, pero a una gran distancia en cuanto a saberes.

A pesar de los desacuerdos, hay que seguir dialogando, ampliando la perspectiva tanto de las comunidades rurales como de quienes nos desempeñamos en el campo de la ciencia. Cuando la información brindada desde la academia causa incertidumbre y desconfianza, entonces resulta fundamental continuar con la construcción de un diálogo social que integre los horizontes culturales cotidianos (imágenes, voces, aromas, costumbres, ritos), incluyendo a los medios de

comunicación a nuestro alcance. Debemos escuchar inquietudes y dudas, y retroalimentar con respuestas claras; el logro radica en entender y comunicar la información gracias a un lenguaje y pensamiento culturalmente adaptado (más información en el artículo de Pacheco *et al.*, 2022).

Hay que aceptar que los mensajes que se transmiten desde la ciencia no son definitivos, pero a pesar de ello, la información es precisa. La pandemia de covid-19 abrió una puerta de comunicación que permite enlazar a los científicos con la sociedad a través de algunas de las plataformas tecnológicas (YouTube, Facebook y otras). Esto incluso ha sido posible en zonas rurales, aunque sigue siendo indispensable buscar mecanismos de comunicación más directa, y siempre con el reto de enlazar horizontes culturales.

Una de las estrategias es contar con personas científicas, técnicas y mediadoras que comprendan el contexto cultural de las zonas donde se trabaja y sepan transmitir información mediante códigos locales. Por ejemplo, un integrante de nuestro equipo ha explicado en talleres que con la esterilización de los mosquitos “los zancudos tendrán huevos huecos”,<sup>2</sup> un término que fue inmediatamente comprendido por la comunidad, y que se refiere a que los huevos puestos por las hembras copuladas con machos estériles no son fertilizados y no eclosionan (no nacen crías). Otro ejemplo es la expresión “Planificación familiar para zancudos” que ideó una de las mujeres de

<sup>2</sup> La Real Academia de la Lengua define “huero” como algo vacío y sin sustancia; un huevo huero está malogrado.

## Bibliografía

Pacheco Soriano, A. L., Dor, A., y Ramos Muñoz, D. E. (2022). Doctos y legos - Percepciones sobre la Técnica del Insecto Estéril en México. *Regions & Cohesión*, 12(1), 54-77. <https://doi.org/10.3167/reco.2022.120104>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2017). *Encuesta sobre Percepción de Ciencias y Tecnología*. <https://www.inegi.org.mx/programas/enpecyt/2017/#Tabulados>

Ariane Dor es investigadora por México (Conacyt), comisionada en El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula (México) | [ador@ecosur.mx](mailto:ador@ecosur.mx) | <https://orcid.org/0000-0002-3483-9547>

Ana Laura Pacheco Soriano es estudiante de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula (México) | [ana.pacheco@posgrado.ecosur.mx](mailto:ana.pacheco@posgrado.ecosur.mx) | <https://orcid.org/0000-0002-5922-2260>

Dora Elia Ramos Muñoz es investigadora de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal (México) | [dramos@ecosur.mx](mailto:dramos@ecosur.mx) | <https://orcid.org/0000-0002-8752-8865>

Como parte del proyecto relacionado con la técnica del insecto estéril (TIE), Ana Laura Pacheco y Ariane Dor escribieron y pusieron en escena la obra de teatro guiñol *El patas rayadas enamorado*, la cual cuenta lúdicamente el porqué y el cómo se aplica la TIE en contra del zancudo *Aedes aegypti*. La intención era empatizar con niñas y niños para transmitirles una información importante. En la obra, don Zancudo se enamora de doña Zancudo, quien se la pasa buscando sangre porque tiene hambre. Entonces llega un científico que quiere controlar a los zancudos para que ya no transmitan dengue, chikungunya o zika a las personas, y para ello utiliza la TIE. Se hace hincapié en continuar con las tareas de limpieza, pues las larvas y pupas crecen en cualquier recipiente con agua. Durante el espectáculo, se hace participar al público en la identificación de los criaderos de mosquitos y se responde a sus preguntas; es una estrategia que ha dado buenos resultados, fomenta la curiosidad y el diálogo participativo.



ERIKA DOMÍNGUEZ

la zona al establecer un símil entre la TIE y la planificación familiar humana.

La ciencia y el conocimiento cambian permanentemente. La incertidumbre generada por la covid-19 es una oportunidad

para transformar el miedo y la ansiedad a través de la comunicación de datos verídicos, pero también posicionados desde una perspectiva cultural. 🌀

# Tácticas arácnidas...

## O de cuando a las arañas les gusta el agua

HUMBERTO BAHENA

*Cupiennius salei*, araña tigre errante.

Yann Hénaut y Laura López Argoytia

**Resumen:** En el mundo existen unas 50 mil especies de arañas en casi todos los ecosistemas, que cumplen funciones ecológicas vitales, como el control de poblaciones de insectos. Entre sus ingeniosas estrategias de sobrevivencia, diversas arañas aprovechan la cercanía del agua o han desarrollado hábitos acuáticos; en este sentido, algunas despliegan lienzos de seda espectaculares y sus habilidades parecen sacadas de personajes de ficción. En las selvas inundables de Quintana Roo se ha estudiado la relación de varias de ellas con la bromelia piña de árbol (*Aechmea bracteata*), lo cual nos brinda una oportunidad más para aprender de la naturaleza.

**Palabras clave:** artrópodos, asociaciones biológicas, depredadores, araña tigre errante, *Aechmea bracteata*.

**Maayat'aan (maya): Ba'ax ku beetik amo'ob... Wáaj le kéen utschajak tu yich ja' le amo'obo'**

*Kóom ts'íbil meyaj: Yóok'olkabe' yaan kex 50 mil p'éelel ch'í'ibalil amo'ob ol ti' tuláakal kúuchilo'ob kuxtal wáaj ecosistemas, tu'ux ku yáantajo'ob ti' u yutsil yantal ba'ax báak'pachtiko'on, je'elbix u kanáantiko'ob ma' u séen yantal jejeláas yik'elo'ob. Ichil u kaxtiko'ob bix u kuxtalo'ob uti'al ma' u kímilo'obe', yaan jejeláas amo'ob ku k'a'anankuntiko'ob le ja' yaan naats' ti'obo' wáaj ku kaniko'ob bix u kuxtalo'ob ich ja'; lebetike' yaan ku siinik u kí'ichkelem k'aano'ob yéetel jach jak'a'an óolil ba'ax ku beetiko'ob ol beey ma' jaaje'. Ich u k'áaxil Quintana Roo tu'ux ku buulule' ku xak'almeyajta'al ba'ax yaan u yil wajaytúul ch'í'ibalil amo'ob yéetel u paak'alil bromelia piña de árbol (Aechmea bracteata), yéetel le je'ela' kek kanik u jeel ba'al yóok'olal ba'ax yaan tek báak'pach tu'ux kek kuxtal.*

**Áantaj t'aano'ob:** artrópodos, asociaciones biológicas, ba'alche'ob ku kíinsaj janal, am tigre errante, *Aechmea bracteata*.

**Bats'i k'op (tsotsil): K'uxi kuxajtik li ometike... bak'in lik sk'upinik vo' sventa xkuxleb li ometike**

*Smelolal vun albil ta jbel cha'bel k'op: Oy lajuneb yoxvinik mil ta chop ometik ta sjunul banumil, yu'un buuk no'ox kuxajtik, ja' ti oy yabtel talem ta banumil eke, ja' ta sk'el mu x-epejuk li bik'tal usetike. Jtos ometike ta sa' skuxleb tey bu nopol no'ox sts'anleb li vo'etike, jchop xtoke nopem xa kuxul ta yutil vo' yo' mu xljaj ta ti'el ta yantik bik'tal chonbolometike; jech-o xal, oy jtos toj lek alak'sba sna' sjalel li snaike xchi'uk ti stalelike sko'olaj yiluk ma'uk talame ta banamil lí'e. Tey ta slumal Quintana Roo oy jchop ometik k'elbilik chanbilik xa k'u yelan nitil tsakal xkuxejik xchi'uk ech' oy ta te'etik (Aechmea bracteata), ti ja' ta xak'butik ta ilele k'usi xu' ta jchantik to yan ta stojolal k'usitik kuxajtik ta sba li banamile.*

**Jbel cha'bel k'opetik oy ta vun lí'e:** artrópodos, asociaciones biológicas, depredadores, araña tigre errante, *Aechmea bracteata*.

Si bien existen numerosos insectos y otros artrópodos que benefician a las comunidades humanas —las abejas, sin ir más lejos—, también hay especies dañinas o que simplemente preferimos mantener fuera de nuestras habitaciones y cocinas, como las moscas, mosquitos, cucarachas y tal vez las arañas. Sin embargo, lo creamos o no, las arañas son aliadas de los seres humanos para mantener a raya a los insectos (controlar sus poblaciones), pues los consumen en cantidades increíbles y eso facilitaría la reducción de insecticidas y plaguicidas en casas, huertos y jardines, sin mencionar su potencial en cultivos agrícolas. También consumen otros organismos, como los alacranes.

Son muy voraces, no cabe duda, y sobreviven en casi todos los ecosistemas. Para mantener ese estilo de vida implementan estrategias muy ingeniosas, por ejemplo, el desarrollo de hábitos acuáticos; hay arañas que viven bajo el agua gracias a burbujas de aire y refugios de seda, o que se posan en la superficie y detectan presas a través de las ondas, o bien, las que habitan en plantas con agua. Podemos compararlas con los tigres, tiburones y otros grandes depredadores: quizá son aterradoras, pero cumplen funciones ecológicas vitales, y aunque hay ciertas espe-

cies peligrosas para el ser humano, estas son muy pocas.<sup>1</sup> A la gran mayoría conviene tenerlas cerca. ¿Qué más necesitamos para cambiar nuestra percepción negativa y valorarlas?

**Estrategias en el mundo arácnido**

Las casi 50 mil especies de arañas que habitan en el planeta pertenecen al grupo de los arácnidos (cifra del Word Spider Catalog, <https://wsc.nmbe.ch/>), al igual que los alacranes, ácaros, opiliones o "arañas patonas" y otros más, con sus cuatro pares de patas como uno de sus rasgos característicos. Son "familiares" de los insectos, pues ambos grupos son animales artrópodos, lo que significa que los cubre un exoesqueleto (cubierta externa que cambian periódicamente), tienen el cuerpo segmentado, y sus patas y otros apéndices están formados con secciones móviles articuladas.

Una particularidad de las arañas es su capacidad de generar seda, aunque no todas construyen telarañas. Numerosas especies producen hilos con este material para subir o bajar de un sitio a otro, para crear puentes o volar como globos o papalotes movidos por el viento (*ballooning*).

<sup>1</sup> En México debemos tener precaución con las arañas capulinas o viudas negras (género *Latrodectus*) y las violinistas (*Loxosceles*).

Otras arañas acolchonan sus refugios con seda, o la aprovechan para formar sacos que protegen a los huevecillos (ovisacos). Y claro, también están las telarañas, una sofisticada trampa que muchas usan para cazar, sobre todo insectos: los incautos bichos se quedan pegados ahí, y al moverse producen vibraciones que las "dueñas de la casa" detectan. Además de las telarañas, desarrollan otras técnicas para conseguir alimento; mencionaremos algunas, aunque hay más:

► **Disfraces y acecho.** Diversas arañas, como las cangrejo (familia Thomisidae), se camuflan y son muy pacientes; se acomodan en algunas flores, adoptando colores parecidos para pasar desapercibidas, y esperan... Cuando los insectos visitan las flores buscando néctar o polen son atrapados, quizá sin alcanzar a darse cuenta.

► **Tácticas de salto.** Las especies de arañas saltarinas (familia Salticidae) ubican a una presa a cierta distancia, aprovechando la excelente vista de sus ocho ojos. Con gran habilidad evalúan la velocidad del insecto, brincan y le caen encima en el momento exacto.

► **Carreras.** Algunas son muy veloces y corren hasta atrapar a su presa, como si se tratara de grandes felinos en la saba-

na. Las arañas lobo (género *Lycosidae*) son buenas en estas atrapadas, aunque también acechan con paciencia.

► *Emboscadas desde el refugio.* Las tarántulas son muy hábiles para emboscar. Suelen vivir en madrigueras, y durante la noche esperan que insectos, otras arañas o alacranes pasen cerca de la entrada de su refugio y entonces los capturan. Incluso cazan pequeños vertebrados, como ranas, aves, reptiles y pequeños mamíferos, aunque lo más sorprendente son los murciélagos (hay cerca de 50 casos registrados), o lo que se ha documentado de la especie sudamericana *Grammostola quirogai*, que puede atrapar a serpientes de 60 cm.

## Las arañas y el agua

Las arañas que crean telas de caza no son mayoría entre las especies, sin embargo, las telarañas son la estrategia más conocida. Y no solo las hay circulares (orbiculares), sino que son estructuras muy diversas y a veces enormes; por ejemplo, las que elaboran las arañas de corteza de Darwin (*Caerostris darwini*) miden hasta 2.7 metros cuadrados. Estos organismos se descubrieron en Madagascar y paradójicamente su tamaño es muy pequeño, de menos de un centímetro... un verdadero contraste con sus telas gigantes.

Además de las dimensiones, otra característica de tales construcciones arácnidas es su ubicación sobre el agua. Las arañas lanzan seda para elaborar puentes de más de 25 metros de largo por encima de ríos, lagos y otros cuerpos de agua, y en alguna sección del trayecto elaboran sus telarañas, sin molestarse por la competencia de otras especies, nadie les quitará el alimento en esos cielos abiertos sobre el agua!

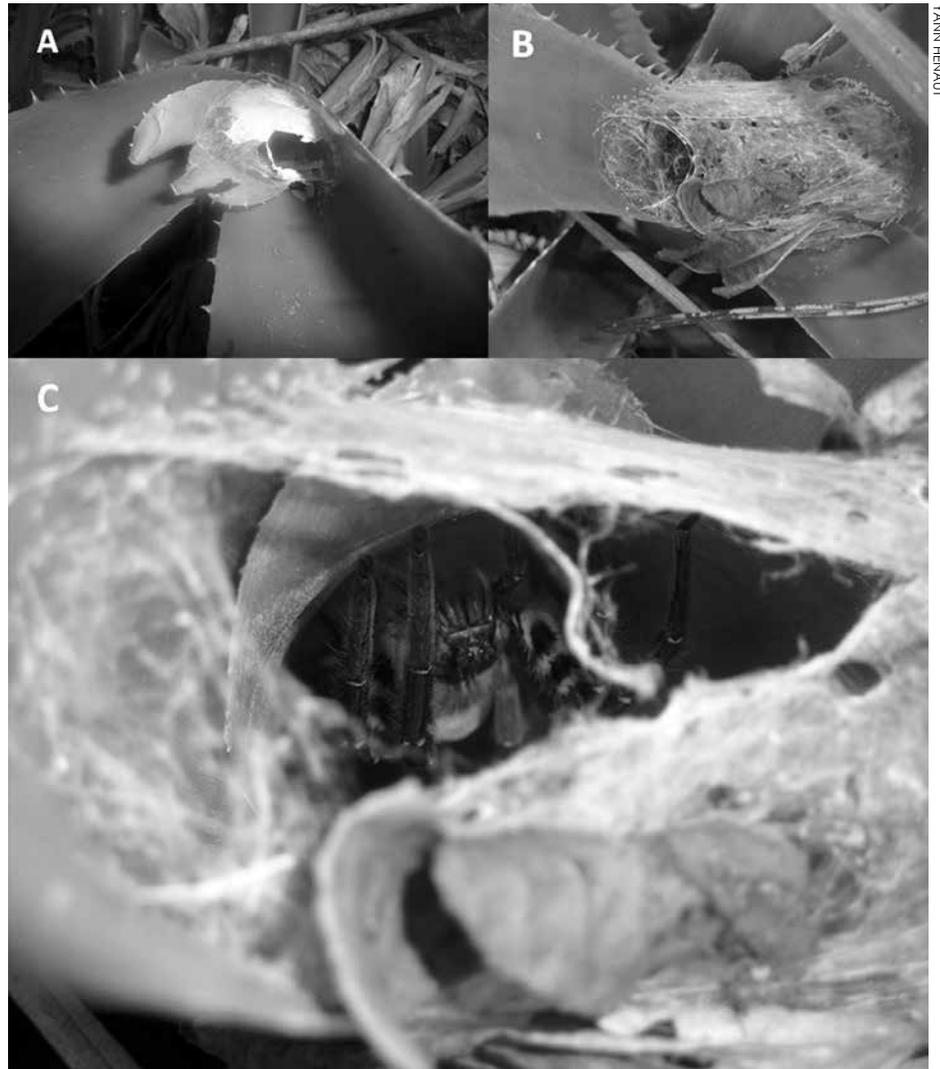
No son las únicas que aprovechan las zonas acuáticas para cazar, y hay arañas que se acercan más. Parece insólito, pero hay especies que atrapan pequeños peces, renacuajos y otros animales que rondan la superficie. Los casos registrados corresponden a seis familias, que en su mayoría

son pisáuridos (familia Pisauridae); viven en plantas acuáticas, aunque algunas caminan sobre el agua o incluso se zambullen si se sienten en peligro.

En cuanto a las arañas realmente acuáticas, solo se conoce una especie y se le llama justamente así: araña de agua (*Argyroneta aquatica*). Se encuentra en Europa y Asia; nada bajo la superficie y consume pequeños peces, isópodos acuáticos (cochinillas) y otros organismos. Como todas las arañas, tienen pulmones y necesitan respirar, así que erigen un refugio que consiste en una cámara de seda pegada a las plantas acuáticas, y la llenan de burbujas de aire. Sus crías nacen ahí y pueden subir a las plantas para asomarse afuera, ya sea para respirar tranquilamente o para

migrar a otro cuerpo de agua; para esto último se transportan mediante el "vuelo arácnido" o *ballooning*: sueltan un hilo de seda con el que el viento las mueve.

Más allá de los pocos casos de arañas para las que el agua ofrece ventajas, en general le temen a este elemento, ¡y tienen razón! Es muy claro con las arañas grandes que habitan en madrigueras, pues si la lluvia inunda sus hogares, entonces deben salir y quedan expuestas a sus depredadores (mapaches, zorrillos, coatis, aves y muchos otros); por eso suponemos que la tarántula mexicana de cadera roja *Tiitocatl vagans* orienta la entrada de sus madrigueras hacia donde vienen menos vientos y lluvia.



A, B, C: *Cupiennius salei*, araña tigre errante hembra tapando una bromelia con su seda. Se observa el ovisaco blanco detrás de la hembra.

YANNI HÉNAUT

## El arca de las arañas

En Quintana Roo hay selvas inundables, que como su nombre lo dice, retienen grandes cantidades de agua en época de lluvias. Considerando también las tormentas y huracanes, es comprensible que algunas especies de arañas hayan encontrado una aliada para escapar del exceso de agua exterior, y que al mismo tiempo les ofrece un cuenco de agua proveedora: la planta *Aechmea bracteata*, llamada piña de árbol, la cual pertenece a la familia de las bromelias y se le encuentra de México a Venezuela. Se trata de una epífita, o sea, que no tiene raíz y vive sobre la corteza de árboles que le brindan nutrientes, pero no los parasita ni los daña. Sus hojas —que son muy largas, de hasta un metro— están acomodadas de manera circular a la misma altura y se unen en la base, así que se forma una cavidad generalmente llena de agua.

En ese cuenco habitan muchos seres acuáticos o anfibios, por ejemplo: larvas de insectos o ranas, mientras que otros animales permanecen alrededor, desde hormigas

hasta serpientes. En un trabajo publicado en 2014 por uno de los autores que esto escriben (<https://bit.ly/3EG3bpZ>), observamos que las arañas se encuentran siempre cerca de dichas bromelias en época de sequía. Suena lógico, dado que ahí se conserva el líquido suficiente para atraer a numerosos insectos, así que a ellas no les faltará comida.

El estudio se enfocó, sobre todo, a los individuos de la especie *Ischnothele caudata*, cuyas telarañas son muy complejas, con varios túneles para esconderse, y las elaboran tanto en el suelo como a varios metros de altura en árboles o en construcciones; incluso se les encuentra en pirámides de la zona maya. Se les conoce como arañas tela de embudo y son parte del grupo de los migalomorfos (Mygalomorphae). Los migalomorfos se consideran tarántulas, aclarando que este es un término de uso común y no tiene validez científica.

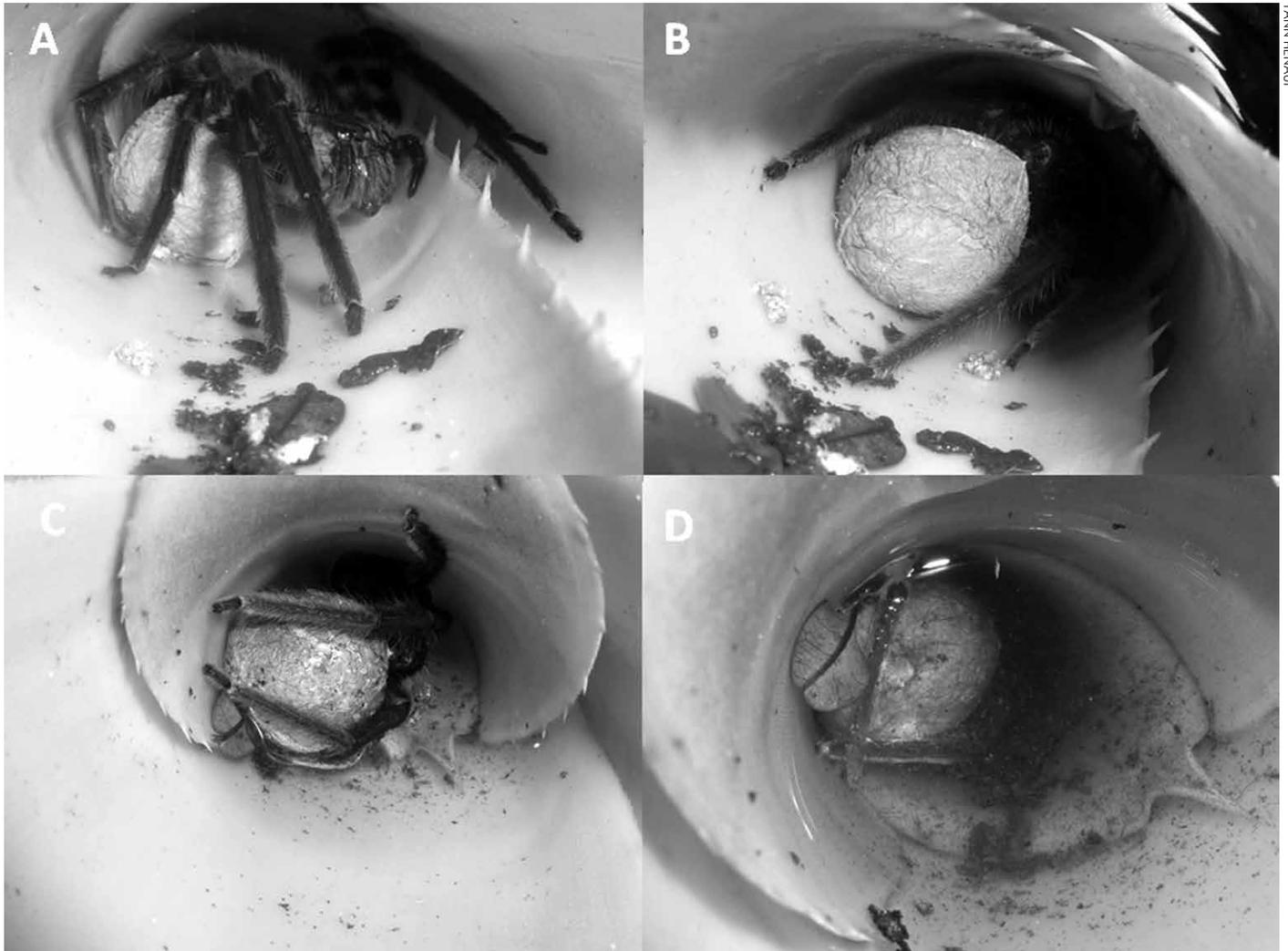
Estas arañas, entonces, pueden llamarse tarántulas, pero en realidad no son demasiado grandes. Tal como ya señalamos, se acer-

can a las bromelias piña de árbol cuando la lluvia escasea, para proveerse de los insectos que proliferan en el agua de la planta. Lo más sorprendente es que después de tormentas fuertes o huracanes, aunque podrían instalar sus telas a cualquier altura o en cualquier lugar, solo las construyen muy pegadas a esas plantas. El espacio es compartido con muchas especies de arañas, tanto tejedoras como de vida libre, y así las piñas de árbol se convierten en arcas de Noé arácnidas durante las inundaciones.

Las bromelias piñas de árbol son también refugio de las *Cupiennius salei* o arañas tigre errante. Pertenecen a la familia Ctenidae y tienen un potente veneno que inyectan a las presas según el tamaño y movilidad de estas (<https://bit.ly/3OBSgCl>). Cuando las hembras se reproducen, despliegan una peculiar estrategia de defensa: para proteger su ovisaco o bolsa de huevos, con su seda generan una barrera muy fuerte que tapa el acceso al agua; los huevos permanecen muy seguros, aunque si algún pequeño vertebrado logra romper la barrera, entonces la ma-



Tela de la tarántula de embudo *Ischnothele caudata* asociada a la Bromelia *Aechmea bracteata*.



A, B, C, D: *Cupiennius salei*, araña tigre errante hembra, hundiéndose en el agua con su ovisaco.

dre adopta una postura defensiva con las patas delanteras levantadas y los quelíceros o colmillos listos para morder.

En ciertas situaciones de amenaza, como con el peligroso acercamiento de un ave, acomodan el ovisaco entre sus patas delanteras y se hunden para resguardar a su futura descendencia. Todo lo observado en la naturaleza resulta increíble, y para ve-

rificar algunos aspectos, recreamos situaciones en laboratorio; así constatamos que sumergirse no afecta el ovisaco, y testificamos el nacimiento o eclosión de cientos de pequeñas criaturas. Es posible que estos sacos tengan propiedades a prueba de agua y retengan aire, lo que aunado a las capacidades de pesca de la especie, podría ser un paso evolutivo hacia una vida acuática.

Solo el tiempo dirá si este paso se da o no, pero es una valiosa muestra de las increíbles estrategias y adaptaciones de las arañas. Son artrópodos muy necesarios para el equilibrio de los ecosistemas, y ya es momento de que las miremos con buenos ojos. 🕸️

## Bibliografía

- Hénaut, Y., Corbara, B., Pelozuelo, L., Azemar, F., Cereghino, R., Herault, B., y Dejean, A. (2014). A tank bromeliad favors spider presence in a neotropical inundated forest. *Plos One*, 9(12), e114592. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114592>
- Hénaut, Y., Corbara, B., Azémar, F., Céréghino, R., Dézerald, O., y Dejean, A. (2018). An arboreal spider protects its offspring by diving into the water of tank bromeliads. *Comptes Rendus Biologies*, 341(3), 196-199. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2018.02.002>
- Hénaut, Y., Ibarra Nuñez, G., y López Argoytia, L. (2020). *Arañas. Las maestras de la seda*. México: ECOSUR.

Yann Hénaut es investigador de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal (México) | [yhenaut@ecosur.mx](mailto:yhenaut@ecosur.mx) | <https://orcid.org/0000-0002-3314-1112>  
 Laura López Argoytia es técnica académica de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal (México) | [llopez@ecosur.mx](mailto:llopez@ecosur.mx) | <https://orcid.org/0000-0002-3314-1112>

# Microbios

## aliados en la alimentación

Kati Medina Dzul

*Resumen: "Que tu alimento sea tu medicina" es una frase que nos llega desde la Grecia antigua y sigue vigente; lo que sí se ha actualizado en cuanto a la dieta cotidiana es el modo de aprovechar la intervención de diversos microorganismos o microbios. Aunque solemos aplicarles una connotación negativa, los que viven en el suelo son muy útiles para la vegetación, principalmente bacterias y hongos que pueden también inocularse como biofertilizantes; esto favorece el crecimiento de los productos vegetales con impactos favorables al ambiente, y se generan alimentos con adecuada calidad e incluso con efectos benéficos en la salud.*

**Palabras clave:** microorganismos del suelo, inoculantes microbianos, calidad nutrimental, calidad nutracéutica, biofertilizantes.

GHANDI SHARMA EN PEXELS

**Maayat'aan (maya): Microbios ku yáantajo'ob ti' janalbe'eno'ob**

*Kóom ts>íbil meyaj: "Ka u ts'aakech ba'ax suuk a jantik" jump'éeel t'aan ku k'uchul to'on ti' u noj úuchben lu'umil Grecia yéetel láayli' jach k'ájóla'an jaaj ba'ax ku ya'alik; ba'ax ts'o'ok u túumbenkunta'al yóok'olal ba'ax sáansamal ku jantik wíinike' leti' bix u k'a'ana'ankunta'al u táakpajal mejen ik'elo'ob je'elbix microorganismos wáaj microbios. Kex suuk k tukultik ma' ma'alobi', le kuxa'ano'ob te' lu'umo' jach k'a'ana'ano'ob uti'al k'áax yéetel paak'al, ya'ab ik'elo'ob bacterias yéetel hongos ku béeytal u taak'al uti'al u yáantaj beey biofertilizantese'; leti' áantik u ch'íijil paak'alo'ob yéetel mun loobiltik le lu'um wáaj u jeel ba'ax báak'pachtiko'on, bey xan táaj uts u jóok'ol ba'ax ku pak'a'al yéetel jach ma'alo'ob ti' u toj óolal wíiniko'on.*

**Áantaj t'aano'ob:** microorganismosil lu'um, inoculantes microbianos, u t'a'ajil o'och, u ma'alobil ti' toj óolal, biofertilizantes.

**Bats'i k'op (tsotsil): Bik'tal chonbolometik ta xak' slekikal ta jve'eltik**

*Smelolal vun albil ta jbel cha'bel k'op: "Ja'uk apoxil li ave'ele" jbel k'op lo'il talem tal ta vo'neal Grecia pe tey to kuxul yu'unik jech ta xlo'ilajik to ta ora li'e; oy k'usitik xjel xa talel sventa oyuk slekikal jve'eltik ta jujun k'ak'ale, ja' ti xu' ta jtunestik svu'elal yantik bik'tal chonbolometike. Ak'o mi mu'yuk lek yiluk, pe li bik'tal chonbolometik oy ta banumile xu' ta jtunestik sventa jts'unobaltik, yu'un ja' ta xak'be xyaxal li ts'unobale; lek ta xch'i talel yu'un li itajetike xchi'uk mu'yuk ta smil yu'un li banumile, oy slekikal sventa jve'eltik xchi'uk ta jkuxlejtike.*

**Jbel cha'bel k'opetik oy ta vun li'e:** bik'tal chonbolometik oy ta banumil, inoculantes microbianos, lekil svu'elal ve'liletik, calidad nutraceutica, biofertilizantes.

No es raro que asociemos la palabra "microorganismos" con algo dañino, sobre todo si la relacionamos con su sinónimo "microbios"; y cuando imaginamos que son virus entonces queremos alejarlos de nosotros. El lavado de manos suele tener ese sentido: deshacernos de esos bichitos que no vemos, pero sabemos que están ahí. Este aseo es acertado, aunque para nuestra sorpresa, la mayoría de los microorganismos no son lo que pensamos. De hecho, los que están en el suelo son beneficiosos para nosotros gracias a sus interacciones con las raíces de las plantas; si hay éxito en esos vínculos, lo que

se produzca habrá de ser una buena fuente alimenticia.

**Calidad de los alimentos**

Un *microorganismo* es un ser vivo que por su diminuto tamaño solo puede verse a través de un microscopio. Y aunque hay quien incluye en este grupo a los virus, diversos especialistas afirman que a estos últimos no se les debe considerar seres vivos.<sup>1</sup> La diversidad microbiana es muy extensa y se distribuye con amplitud en todos los ambientes terrestres; en ella encontramos, básicamente,

<sup>1</sup> Véase "Los virus, ni vivos ni muertos", de Héctor Javier Sánchez Pérez, en *Ecofronteras* 69, <https://bit.ly/3VMHk7p>

te, a bacterias, arqueas, algas pequeñas, protozoarios, levaduras y otros hongos.

Cuando estos organismos se encuentran en el suelo, cumplen un papel muy importante en la agricultura; algunos interactúan con las raíces de las plantas o con otras sustancias, y favorecen una reproducción exitosa de la vegetación, debido a que cooperan a una buena nutrición y al crecimiento. Lo interesante es que pueden ser agregados como biofertilizantes (y entonces pasan a llamarse *inoculantes microbianos*), lo cual hace que las plantas puedan absorber mejor el agua y los nutrientes, que se vuelvan más resistentes



ARTEM PODREZ EN PEXEELS

a las plagas e incluso que sus frutos maduren en menos tiempo; así, estos microorganismos favorecen la producción con mayor rapidez y menos costo, disminuyen su necesidad de agroquímicos y, lo más importante, hacen que tenga la calidad adecuada.<sup>2</sup>

Los inoculantes microbianos son una fórmula que se compone de uno o varios microorganismos benéficos, principalmente hongos y bacterias, que en forma concentrada se multiplican en el nódulo de la raíz de la planta o en el suelo de la rizosfera, esto es, en una zona muy cercana a las raíces. También se pueden preparar fórmulas comerciales aislando esos microorganismos, con el fin de desarrollar cultivos con los que se preparan sustancias líquidas o sólidas para agregarlas a las semillas o a las plántulas directamente en el suelo. Una vez en contacto con el vegetal, los microorganismos lo colonizan en su interior, promoviendo su crecimiento y mejorando la disponibilidad de los nutrientes.

En los cereales tenemos un buen ejemplo. Diversos estudios han demostrado que al inocularlos con la bacteria *Azospirillum* crecen con mayor vigor, más biomasa y

<sup>2</sup> Véase "Del suelo y sus bacterias", de María Esther Sánchez González y Gustavo Yáñez Ocampo, en *Ecofronteras* 71, <https://bit.ly/3EJGCKp>

raíces más grandes, además de que aumenta su tolerancia a los cambios de temperatura y acidez extrema del suelo, y se promueve su protección contra organismos patógenos.

Para aprovechar los beneficios de los inoculantes microbianos, solo necesitamos conocerlos y entender su uso, aplicaciones y ventajas. Es conveniente conocer también algunos aspectos generales acerca de la calidad de los frutos o productos vegetales, que en sentido amplio se refieren a lo siguiente:

► *Calidad organoléptica*. Características físicas de los productos vegetales: sabor, olor, color, textura, tamaño y forma.

► *Calidad microbiológica*. Mide la contaminación de los alimentos como consecuencia de algunas prácticas sanitarias durante la manipulación, el transporte o almacenamiento.

► *Calidad nutricional*. Capacidad de los alimentos de brindar los nutrientes necesarios para que el organismo desempeñe sus funciones fisiológicas y bioquímicas propias de sus procesos vitales.

► *Calidad nutracéutica*. Propiedades de los productos que provocan efectos beneficiosos para la salud.

La calidad nutricional y la nutracéutica de los productos alimenticios son las más im-

portantes. La primera influye para tener suficiente energía, buena coordinación y menor tendencia a enfermarnos. Entre los principales nutrientes tenemos a las proteínas de cacahuate y soya; a los carbohidratos contenidos en las naranjas; a las grasas saludables del aguacate; y a los minerales, vitaminas y agua, presentes en la toronja, la piña y muchas otras frutas.

Respecto a las propiedades nutracéuticas, son benéficas para la salud porque disminuyen el riesgo de contraer enfermedades crónico-degenerativas, como la diabetes, hipertensión o algún tipo de cáncer, entre otras. Esto se debe a algunos componentes de los alimentos, como los pigmentos que dan la coloración característica de los frutos; el licopeno que se halla en grandes cantidades en productos de origen vegetal, como la sandía y el tomate; o los carotenos que abundan en las zanahorias y calabazas, y las antocianinas presentes en el maíz azul.

La calidad de los frutos de algunas plantas puede variar dependiendo de las prácticas agrícolas adoptadas, y es en función de esto que ciertos inoculantes microbianos serán capaces de mejorar las propiedades nutritivas de frutas, vegetales u hortalizas, al aumentar los contenidos de sus componentes nutricionales y nutracéuticos.



## Casos de éxito

“Que tu alimento sea tu medicina y que tu medicina sea tu alimento” es una frase atribuida a Hipócrates, el padre de la medicina. Esta idea ha ganado popularidad en nuestros días, pues la población se preocupa más por consumir productos saludables y frescos. La razón es que una mejor manera de prevenir enfermedades se logra llevando una buena alimentación. Es cierto que las frutas y vegetales son saludables por sí mismos, pero son mejores cuando su contenido incluye compuestos nutricionales y nutraceuticos que nos ayudan a contrarrestar o prevenir enfermedades.

Es claro entonces que si los inoculantes microbianos se utilizan adecuadamente, podríamos mejorar la calidad nutricional y nutraceutica de los alimentos, es decir, que se podría incrementar su contenido de proteínas, minerales, vitaminas y pigmentos. Por ejemplo, algunos estudios han mostrado que los inoculantes microbianos en plantas frescas se relacionan con un aumento de vitamina C y azúcares, o que en el tomate también aumenta esa vitamina y el licopeno, el pigmento que da la coloración roja en este fruto.

En el Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán, se ha desarrollado una línea de investigación aplicando la bacteria *Bacillus subtilis*, el hongo *Trichoderma harzianum* y un consorcio microbiano a plantas de chile güero (*Capsicum annuum* L.), conocido como *xcat'ik* en la región maya; el resultado es que se logró aumentar el contenido de grasas saludables y proteínas en los frutos. Además, se consiguió un incremento de los compuestos carotenoides (pigmen-



SILVIA EN FIKABAY

tos que dan coloración amarillo-naranja), antioxidantes naturales con efecto benéfico en la salud humana, sobre todo contra enfermedades crónico-degenerativas.

Es destacado también que se aumentó la actividad antioxidante del fruto, lo que disminuye el estrés oxidativo de las células. El estrés oxidativo es una reacción que se produce cuando en nuestro cuerpo existen compuestos que no son útiles para la vida, y que pueden generarse por procesos naturales, como la respiración, la radiación solar y la contaminación, pero también por algún desequilibrio al consumir muchas grasas o compuestos originados durante la preparación de alimentos como, por ejemplo, las aminas heterocíclicas e hidrocarburos aromáticos policíclicos, que se forman al poner lo que comemos —principalmente la carne— en contacto con un calor extremo o llamas. Estos compuestos dañan nuestras células modificándoles el ADN elevando así el riesgo de padecer cáncer.

Aplicados en las prácticas agrícolas, los inoculantes microbianos ayudan a evitar que nuestro cuerpo acumule las sustancias dañinas de los fertilizantes químicos. Los nitratos y nitritos de los fertilizantes nitrogenados, como la urea, son causantes de cáncer gástrico y de testículo, de malformaciones de nacimiento e hipertensión. Y los fertilizantes fosfatados no se quedan atrás; los fosfatos que contienen se han asociado a la proliferación de las cianobacterias, que son muy antiguas y producen toxinas de alto riesgo para la salud humana. Aparte de que para la fabricación de este tipo de fertilizante se utiliza apatita, un mineral de roca con altos niveles de radio y trazas de polonio y plomo, compuestos radiactivos y tóxicos.

Como ya vimos, existen suficientes muestras de los beneficios de los inoculantes microbianos, por lo que podemos concluir que los microorganismos pueden ayudar a que nos alimentemos eficientemente. 

## Bibliografía

- Delgado-Ortiz, M. I., y Hernández-Mujica, J. L. (2015). ¿Los virus son organismos vivos? Discusión en la formación de profesores de Biología. *Varona*, (15), 1-7.
- Kilic, N., Burgut, A., Gündesli, M. A., Nogay, G., Ercisli, S., Kafkas, N. E., Ekiert, H., Elansary, H. O., y Szopa, A. (2021). The effect of organic, inorganic fertilizers and their combinations on fruit quality parameters in strawberry. *Horticulturae*, 7(354), 1-14.
- Nzanza, B., Marais, D., y Soundy, P. (2012). Yield and nutrient content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) as influenced by *Trichoderma harzianum* and *Glomus mosseae* inoculation. *Scientia Horticulturae*, (144), 55-59.

# LEYENDO EL SUR

## Reconfiguración étnica y comunitaria

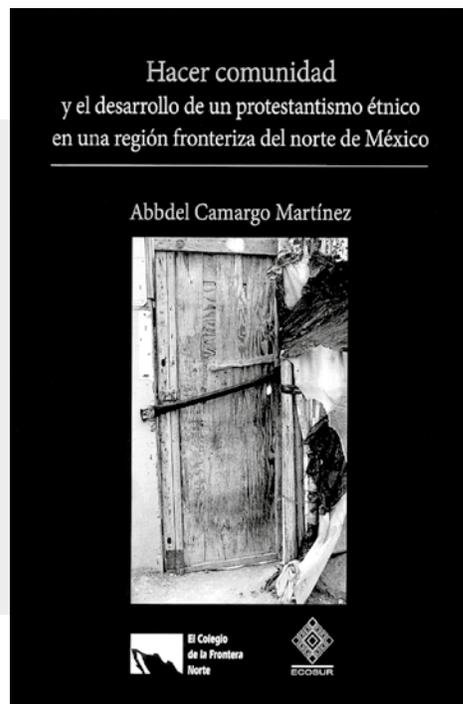
En esta sección presentamos las novedades editoriales de Libros ECOSUR. Le toca el turno a *Hacer comunidad y el desarrollo de un protestantismo étnico en una región fronteriza del norte de México*. ¡Conócelas!

### 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* *Hacer comunidad y el desarrollo de un protestantismo étnico en una región fronteriza del norte de México, tu'ux ku béeytal a xokik yóok'olal jejeláas u k'ujo'ob máasewal máako'ob kajakbaló'ob tu xamanil u noj lu'umil México. ¡Ka 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* *Komon abtel ta jtekelaltik xchi'uk k'u yelan ta xp'ol tael jch'unolajeletik ta jteklumetik ta sts'ak yak'ol yosilal México.*



### Hacer comunidad y el desarrollo de un protestantismo étnico en una región fronteriza del norte de México

Abbdel Camargo Martínez

El Colegio de la Frontera Sur,  
El Colegio de la Frontera Norte  
2021

#### Formato:

Impreso: 978-607-8767-47-2

#### Tipo de obra:

Libro académico de coyuntura,  
especializado

#### Serie/s:

- 🔗 Género, salud y dinámicas poblacionales
- 👤 Cultura e identidades

#### Público al que va dirigido:

Especializado, profesionistas,  
estudiantes de posgrado  
y todo aquel interesado  
en el tema.

“El lector podrá conocer el proceso de reconfiguración de los territorios étnicos del país, así como el reconocimiento de los colonos indígenas migrantes con derechos civiles y laborales, que trasciende la representatividad política, la diferenciación étnica y la adscripción religiosa”.



A



B



C

## Objetivo de la obra

Dar cuenta del proceso de reconfiguración étnica de los grupos indígenas migrantes a partir de su asentamiento en una región agroexportadora del norte de México y de la apropiación de propuestas religiosas distintas al catolicismo.



## ¿Cómo se obtuvo la información?

Es una investigación antropológica de larga data, con un enfoque fuertemente etnográfico. Se trabajó con poblaciones indígenas migrantes que se han asentado en una región fronteriza del norte de México.

## ¿Por qué debemos leerlo?

El libro hace énfasis en uno de los grandes problemas de nuestro tiempo actual: las migraciones. Lo hace desde una perspectiva antropológica que analiza el funcionamiento de los mercados globales en contextos locales específicos.

## Tres datos relevantes

 Se hace una propuesta para definir lo que es un "protestantismo étnico".

 Se dan pistas para entender el surgimiento de un movimiento social que tuvo impacto en México y Estados Unidos de 2015 a 2017.

 Se aborda el asentamiento de los migrantes y su proceso de arraigo, un tema novedoso en los estudios de migración.

"Para esta investigación hice recorridos de campo con empresarios y funcionarios, participé en fiestas, defunciones y movilizaciones sociales como las de 2015, cuando hubo levantamientos por las demandas laborales de los trabajadores agrícolas. Algunas pistas de cómo se articuló dicho movimiento se pueden encontrar en este libro".

## Distinciones

Incluye fotos (A, B, C) que obtuvieron mención honorífica en el Concurso 44 de Punto de Partida, de la Dirección de Literatura y Fomento a la Lectura de la Universidad Nacional Autónoma de México.

**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)



# Bosques y vida

Laura López Argoytia

*Resumen: En los bosques, los árboles crean hábitats para una inmensa variedad de organismos de todos los reinos de la naturaleza, integrando así ecosistemas esenciales; no por nada han sido fuente de historias de misterio y prodigios, y espacios poblados de criaturas mágicas, y sobre todo, son parte indisociable de diversas culturas. La acelerada pérdida de los bosques tiene efectos directos en la vida humana, de modo que es necesario poner sobre la mesa la reflexión sobre su futuro.*

### Maayat'aan (maya): K'aax yéetel kuxtal

*Ich k'áaxile', le che'obo' ku ts'áaik kúuchilo'ob tu'ux ku béeytal u kuxtal ya'abach jejeláas ba'alche'ob, k'áaxo'ob yéetel u jeel ba'alo'ob jejeláas u ch'i'ibalo'ob kuxa'ano'obi', ku much beetiko'ob kúuchilo'ob k'ajóola'an beey ecosistemas esenciales; la'aten te' ku séen jóok'ol tsikbalo'ob yóok'olal ba'alo'ob jak'a'an ólil, talam u tsoola'al ba'axten ku yúuchul, bey xan kúuchilo'ob tu'ux kaaja'an ba'alo'ob ma' k'ajóolta'ani', ts'o'oke' mun béeytal u jaatsa'al ti' u kuxtal jejeláas miatsilo'ob yéetel kaajo'ob. U péeka'an bin u ch'eejel ka'anal k'áaxe' ku taasik k'aas ba'alo'ob ti' u kuxtal wíinik, lebetik k'a'ana'an u tuukulta'al bix kun bin to'on sáamal wáaj ka'abej.*

### Bats'i k'op (tsotsil): Te'etik xchi'uk kuxlejal

*Ta te'tik, li te'etike ja' xch'ieb sk'opojeb ep ta chop chonbolometik, vomoletik, tsileletik, skotol unin bik'tal chonbolometik k'usitik xu' x-ayane, te tsobajtik ta jujuchop k'usi kuxajtike; mu jechuk no'ox tey ayanem tal vo'neal lo'il a'yejetik ka'iojtike, yu'un ja' te snakleb xoch'etik, kuxkuxetik, ts'ununetik, pe oy to k'usi tsots sk'oplal, li te'etike nitil tsakal skuxlejal xchi'uk jkuxlejtik ta skotol k'u yepal oy talel kuxlejaletike. Jech-o xal k'alaluk ta jmiltik li te'etike ta jmil jbatik ek, ja' yu'un sk'an ta jnoptik ta jsa'betik smelol k'u yelan xkuxlejal li te'eteik xtal ok'om ch'aeje.*

Los bosques son ecosistemas esenciales para la vida del planeta por sus variados recursos, por sus aportes de oxígeno y nutrientes, retención de carbono, regulación del ciclo de agua, así como por las múltiples interacciones entre los seres que los habitan. Para recordar su importancia, cada 21 de marzo se celebra el Día Internacional de los Bosques, y en ese contexto invitamos a personal académico de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) a compartir sus reflexiones en torno a tres preguntas: *¿Qué son los bosques y cuál es su valor en nuestra vida cotidiana? ¿Hay un vínculo entre bosques y salud? ¿Cuál será el futuro de estos ecosistemas?*

### Bienes materiales e inmateriales de los bosques

Siendo grandes masas de vida verde, los bosques contienen organismos de todos los reinos biológicos, que van desde las bacterias y otros microorganismos hasta los grandes mamíferos, los cuales viven en intrincadas redes de interacción. Gracias a las masas de árboles, arbustos, palmas, epífitas, lianas, o plantas sin tallo, como las cactáceas y agaves, se mantiene el agua en constante circulación, pero también la materia orgánica, los ciclos de nutrientes y la vida en general abajo y arriba del suelo.

Los componentes de un bosque comparten el tiempo y un espacio horizontal y vertical, compitiendo y participando de elementos y relaciones naturales. La humani-

dad ha usado todos sus productos: frutos, raíces, tallos, hojas y flores para su aprovisionamiento de alimentos, medicinas, fibras, colorantes, condimentos, madera, construcción y protección, cacería y otros usos y servicios.

Guardianes de los ecosistemas, los árboles producen, favorecen y cambian los acervos naturales, crean hábitats para otros organismos, formas de vida que recirculan nutrientes, generan materia orgánica, retienen y protegen el suelo, mejoran sus propiedades físicas y químicas, capturan carbono, enfrían el planeta ante el cambio climático, mantienen el microclima, crean hábitats de flora y fauna, forman corredores biológicos y son nodrizas, ya que favorecen el desarrollo de otros seres vivos que crecen por las condiciones que gestan los macizos arbóreos.

Históricamente las sociedades humanas han estado relacionadas con los bosques. En estos ecosistemas se protegieron, guiaron, alimentaron y desarrollaron las culturas y agriculturas de los pueblos del mundo. De observar las funciones de las especies y los ecosistemas, la humanidad construyó aprendizajes, significados, prácticas, leyendas, conocimientos y paisajes. Los bosques han sido parte y sustento de la vida no solo en el pasado, también lo son hoy y lo serán en el futuro como proveedores de oxígeno, sumideros de carbono, generadores y conservadores del agua, el suelo y las especies, y nos habrán de prodigar otros bienes y servicios materiales e inmateriales.



ANGÉLICA NAVARRO

En los bosques, asimismo, se tejen historias de animales y seres míticos que atraen a quienes dañan la naturaleza y los hacen perderse por ser personas injustas. Allí viven los seres fabulosos que cuidan del bosque: troles, dragones, chaneques, cadejos, camazotz, vampiros, nagas y otras formas adquieren sentidos y roles, según sea el país del que se trate.

Pero los bosques están desapareciendo aceleradamente. Nos queda poco tiempo para revertir este proceso. Ante lo incierto del futuro, debemos reflexionar en nuestro papel como habitantes del planeta que usan todos los días bienes y servicios provenientes de los ecosistemas: agua, alimentos, energía, madera, papel, metales, plásticos, vidrio, fibras. Todas y todos podemos ayudar reduciendo nuestro dispendio, consumiendo de manera responsable, disminuyendo nuestros desechos, reciclando, ahorrando agua, energía y materiales. Con testemos una pregunta: ¿Qué puedo hacer para ayudar?

Lorena Soto Pinto

## Árboles para el futuro

Cuando pensamos en un bosque tal vez imaginamos un lugar remoto en una selva tropical o en alguna montaña nubosa. O tal vez tenemos el privilegio de contar con uno cerca del lugar donde vivimos. Cualquiera que sea el caso, el rasgo común en estas imágenes es la presencia de árboles; la diferencia es la cantidad de sus especies: pueden ser numerosas, como en las selvas tropicales, o una sola, como en la tundra. A pesar de sus diferencias, todos los bosques permiten sostener diversas formas de vida.

Gran parte de nuestros actuales problemas, entre ellos los derrumbes, deslaves e inundaciones provienen de haber perdido ecosistemas como los bosques. En ellos se producen y retienen suelos que albergan una vasta riqueza de microorganismos, junto con las raíces de los árboles que dan firmeza a la tierra; por eso, cuando se deforesta, es más fácil que ocurran derrumbes y deslaves.



ANGÉLICA NAVARRO

Los bosques contribuyen a nuestra salud con su provisión de oxígeno, aire limpio, y sus múltiples especies vegetales. La medicina tradicional y moderna les debe mucho de su desarrollo, y en ese sentido todavía se siguen descubriendo hojas, raíces y frutas que son la base de numerosas innovaciones para tratamientos médicos.

El futuro de estos ecosistemas depende de nosotros, de nuestras decisiones, de lo que exijamos a los gobiernos para que su conservación y sustentabilidad sean prioridad en la agenda pública. Permitir la destrucción de los bosques es condenar nuestro futuro.

Claudia Monzón Alvarado

## La integridad de los bosques

Los bosques son ecosistemas terrestres distribuidos a lo largo y ancho de todos los continentes, y se caracterizan por mantener una gran diversidad de formas biológicas de flora y fauna, de cuya interacción derivan numerosos procesos ecológicos de los que la humanidad es beneficiaria. Sin embargo, y aunque todos reconocemos esa importancia, hay una fuerte presión para obtener sus beneficios a la tasa más rentable posible.

Un bosque se considera saludable si mantiene un balance integral entre la cantidad de especies representativas que alberga y su capacidad de mantener los bienes y servicios que brinda a la sociedad. Los cambios ambientales causados por la actividad humana ponen en riesgo a mucha flora y fauna que no cuenta con la capacidad para mantenerse en escenarios altamente perturbados. Como consecuencia, las especies van desapareciendo, y con ellas sus interacciones y función ecológica. Los efectos sobre la población humana son directos. Un bosque que ha perdido su valor funcional pierde también su integridad, y representa una condición de vulnerabilidad en salud y bienestar para la sociedad.

La evaluación de la diversidad del bosque antes y después de su manejo nos permite identificar de manera sistemática las variables de cambio más sensibles que afectan su integridad. Sin un conocimiento de estos procesos de transformación y sus consecuencias, el esfuerzo por conservar y restaurar a los bosques degradados será muy difícil; de modo que es imprescindible contar con esquemas de evaluación y monitoreo que abarquen lo local, regional, nacional y global. Solo con un conocimiento profundo de la relación entre sus componentes, incluyendo la medición de los impactos de su uso y aprovechamiento, podremos reconectarnos en modelos de desarrollo que busquen soluciones basadas en el funcionamiento de los ecosistemas forestales.

Estamos en la transición de abandonar el modelo extractivista que convierte a la naturaleza en mercancía, para ir a uno más holístico e integrador, que representa la identidad y cultura de nuestras sociedades, por lo que aspiramos a ser personas más respetuosas y moderadas en nuestras ambiciones individuales o de grupo, y con mayor interés en preservar las diferentes manifestaciones de la vida. De nosotros depende que hoy, mañana y en el futuro lejano se mantengan estos ecosistemas.

Neptalí Ramírez Marcial

## La importancia del manejo forestal

Los bosques son sistemas terrestres, complejos y dinámicos constituidos por una gran variedad de organismos, microorganismos y personas que se relacionan e interactúan entre sí y con su ambiente. Por su extensión —ocupan alrededor del 30% de la superficie terrestre arbolada—, se encuentran entre los ecosistemas más importantes del planeta y, constituyen el hábitat de una amplia variedad de plantas, animales y el mismo hombre: solo en México, alrededor del 80% de la población rural vive en ecosistemas boscosos. Son, además, una fuente imprescindible de recursos para la población: madera y otros materiales para construcción, productos alimenticios, medicinales y combustibles.

El origen etimológico de la palabra bosque es incierto, pero se ha planteado que proviene del latín *boscus*, que se relaciona con sitios poblados de árboles y matas (arbustos), pues los árboles dominan su fisonomía. En el mundo existe una gran diversidad de bosques, desde aquellos que crecen en climas templados, hasta los tropicales como los del sur-sureste de México.

Su vínculo con la salud humana está muy documentado. Hay pruebas de que su presencia reduce los casos de enfermedades cardiovasculares, respiratorias, diarreas, diabetes y el cáncer; también disminuyen el estrés y filtran los contaminantes del aire y el agua; pueden controlar la aparición y propagación de los padecimientos infecciosos zoonóticos más frecuentes, y contribuyen a la salud mental y a la activación física.

En la península de Yucatán, particularmente en Quintana Roo, existen diversas problemáticas en torno a la conservación de los bosques, por ejemplo, por estudios en el sur de esta entidad, se ha comprobado que destaca la deforestación por el incremento en la actividad turística, aunque su nivel sea de los más bajos de México; pero en el centro, en la zona maya

quintanarroense, predomina la recuperación de cobertura vegetal por la incorporación de milpas abandonadas. Esto hace evidente que para conservar el buen estado del bosque es necesario plantear propuestas de manejo forestal en las que los silvicultores, en conjunto con asesores técnicos, tengan una participación relevante.

Angélica Navarro Martínez

## En la selva maya

En un estudio reciente, Juan Camilo Santedra registra lo que para los mayas lacandones es su propia noción de bienestar: *Ne tsoy kuxtar in wai* (“Es muy buena la vida aquí en la selva”). Lo que se explica porque, con el esfuerzo cotidiano, la selva prodiga recursos para vivir. Para los mayas de Quintana Roo, ese ecosistema juega el mismo papel elemental. Aprovechando la recolección o la agricultura, es el espacio apropiado que provee alimentación, vivien-



da, socialización y, en general, la continuidad del pueblo maya. Los espacios de la selva culturalmente transformados son un territorio vivo que se construye cada día.

Entonces, la selva y el pueblo maya son uno solo; identificarlos como elementos separados sería arbitrario. Esa relación ocurre en un espacio específico y es producto de un proceso histórico, por lo que el ambiente selvático y las comunidades son producto de una transformación mutua, en cuyo centro se encuentra la familia maya, pues es en esta donde se decide sobre el aprovechamiento de la selva y es la unidad básica donde se deposita, recrea y transmite generacionalmente el cúmulo de conocimientos. Quizás por esto, parte del estrato social hegemónico ha girado su atención para apreciar formas de vida locales que servirían para solucionar problemas globales, como el deterioro planetario, la salud humana y ecosistémica, la alimentación, e incluso los efectos emocionales para mejorar la salud mental. No se trata de extraer del bosque solo aquello que conviene al sector dominante, sino de dar paso a una colaboración horizontal basada en el respeto y el intercambio justo.

La exuberancia de la vegetación propicia la idea de fertilidad y abundancia inagotables, algo en parte cierto si se aplica el debido cuidado implícito en el conocimiento maya. Sin embargo, la selva es un ecosistema frágil que, frente a cambios acelerados, como los nuevos usos del suelo (la ganadería, la agroindustria) o la demanda del mercado de productos y trabajo de bajo costo (turismo masivo), acusa niveles de deterioro que ponen en riesgo la conservación de su biodiversidad y riqueza cultural. Alcanzar el ideal lacandón de bienestar *Es muy buena la vida aquí en la selva* tiene su punto de partida en el conocimiento cultural de la zona, pero depende de lo que como sociedad nos propongamos para que la selva persista o desaparezca.

Eduardo Bello Baltazar

# 2

*Voces que llegan desde tiempos inmemoriales, desde la tradición y hasta los vientos del futuro y los secretos del cosmos. Voces que, cómplices, se alojan en el eco de la vida cotidiana, en el fogón que guarda los cariños, en la "embellecida vida que parpadea en el fuego". Marcelina Rodríguez nos ofrece dos poemas en los que el idioma tsotsil presenta la mirada más importante.*

**Maayat'aan (maya): Ka'ap'éel iik't'aano'ob ich tsotsil**

*T'aano'ob ku k'uchulo'ob lik'ul jach máan úuchil, ti' ba'ax suukil tak u yiik'alo'ob k'iino'ob ku taalo'ob bey xan u ta'ak tsikbalil yóok'olal balkaaj. T'aano'ob ku múul p'áatal tu eets' juum u kuxtalil sáansamal, ti' le k'óoben ku li'isik yaabilaj, ti' le "ki'ichkelem kuxtal ku jojopáakil ti' le k'áak'o". Ku taasik to'on Marcelina Rodríguez ka'ap'éel iik't'aano'ob yéetel ku ye'esik to'on bix u tuukul máaxo'ob t'aanik tsotsil.*

**Bats'i k'op (tsotsil): Chib nichimal k'opetik ta bats'i k'op**

*k'opetik talem tal ta sbatlejaj osil, ta slikeb talel kuxlejaj k'alal to ta ik'etik sk'an xtal toe xchi'uk ta k'usitik snak'oj li osil banumile. K'opetik ti, ko'ol sbaike, te k'ejajtik ta yech'omal ta jujun k'ak'al kuxlejale, k'ok' sk'ejoj li k'uxubineletike, tey ta "nichimal kuxlejaj xvik'et ta sat k'ok'e". Marcelina Rodríguez ta xak'butik ta ojti-kinel cha'tos nichimal k'op ti buy ta xka'itik oy yan o sk'oplal li bats'i k'ope.*

# poemas desde el tsotsil

Marcelina Rodríguez Hernández

**Sbin jmk'atame'**

Ja' no'ox ta vaichil lakojtikin  
ja' xa vojtkin li jmk'atame'e  
ta xalbot chablum.

Ja' no'ox chayil xchi'uk stunesot  
sk'el xchi'uk ta sta  
chavak' aba ta tunesel yu'un ta k'ok'  
chayik' xchi'uk cha sk'an.

Ta k'anel xchi'uk muyubajel  
uni yav itajetik  
pasubil ve'lil, si', k'ok' xtiltun

Ta muil ch'ail xchi'uk xupet k'ok'  
chenek' ta sob osil  
yuni bin jmk'atame'

**Olla de mi abuela**

Solo en sueño te conozco,  
es mi abuela con quien has convivido  
te alude tierra de arcilla.

Solo ella te halla y vive,  
ve y encuentra,  
te expones por ella en el fuego,  
te trae y te atavía.

Con afecto y agrado,  
sostén de legumbres,  
guiso, lumbre de leño.

Con aromas y humo  
frijoles de las mañanas,  
ollita de mi abuela...



## Balamil



Xlametal uni mukul ik'  
sts'aylajet likel nich k'ok'  
xvilajet batel k'ucha'al pepen  
xak'an ilel sbejel balamil  
K'ot ta pasel li jvaich  
xch'ulelal jkuxlejal

Jch'ulel ti yu'un chjulav lavie  
xi nulet ta ik'al ak'ubal,  
yu'un ka chi vaichij  
saksevil sts'ailajet k'ok'  
ta sjamalal balamil  
xivilet, k'ucha'al pepen.

Jun k'anbail ta yok k'ak'al  
ta snitilul jkuxlejal  
yutsilal sjunul balamil  
ta testes ik'  
te tsanem li k'ok'e,  
chnichimaj ti vaichile.

Yutsilal vaichil  
t'ujbenal vits te oy ta jsat  
santuben xk'ixnal k'ok'  
cha'kuxan kuxlejal,  
K'ichbe yik'al ik'  
yu'un stuk o li balamil.

Ch'ul vinajel  
yu'un k'ucha'al vaichil  
xchi'uk tsatsal ik' chisbuts'  
chivilvun k'ucha'al uni tok  
nichimal kuxlejal  
ti yu'un xtiltun ta k'ok'e.

Oooo, jtot kajval  
jchi'ukot ta jvaich  
syomunta meyel li ik'e  
mu jna' bu chibat, jpech yanalte'un  
ta st'ujomal kuxlejal  
ta uni xtiltun k'ok'.

## Universo

En el silencio del viento,  
repentinas flores de fuego  
vuelan como mariposa,  
muestran el camino al universo,  
efecto de mi sueño,  
alma de mi vida.

Al despertar, mi alma  
emerge en la oscura noche,  
deja en el olvido la pesadilla,  
relámpago que deslumbra el fuego;  
ahí, en la apertura del universo,  
aleteo como mariposa.

Enamorar a las mariposas  
en el hilo de mi vida,  
figura del universo  
que sosiega el viento,  
fuego encendido  
que florece el sueño.

Sueño agraciado,  
encantadora montaña en mis ojos,  
calor y fuego que cobija  
revive la vida,  
hace respirar el viento,  
pureza, decencia del tiempo.

Sagrado universo  
pareciera sueño,  
intenso viento que me besa  
y vuelo como la nube,  
embellecida vida  
que parpadea en el fuego.

Oh, mi deidad ascendente  
soy tu acompañante en el sueño,  
en la verdadera caricia del viento  
vuelo sin sendero, una hoja soy  
en elegancia de vida  
en parpadeo del fuego. 

## 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>



## Pagar los platos rotos: violencias interseccionales contra niñas, niños y adolescentes trabajadores del hogar en Chiapas

Sarai Miranda Juárez

Este libro analiza y discute la vigencia de la práctica del trabajo infantil y adolescente asociada a niños, niñas y adolescentes de origen rural, que se incorporan a mercados de trabajo locales e internacionales signados por inercias históricas de colonización y la validez de lógicas de interacción social en las que operan principios de jerarquización tales como el racismo, sexismo, clasismo y adultocentrismo mediados por el ejercicio de diversas violencias. En México, el Estado se limita a crear discursos basados en la prohibición del trabajo infantil, pero no diseña ni genera políticas públicas encaminadas a observar y evitar el trabajo doméstico a puertas cerradas. La obra deriva de una investigación financiada por la Beca a las Mujeres en Ciencias Sociales 2017 de la Academia Mexicana de Ciencias.



## Guía de árboles y arbustos de uso múltiple para la ganadería de Campeche

José Armando Alayón Gamboa, Perla Nohemí Ortiz Colín, Samuel Albores Moreno

Esta guía, realizada con apoyo y acompañamiento de pequeños productores pertenecientes a la Asociación Local de Ganaderos de Tenabo, Campeche, brinda información sobre la vegetación secundaria (acahual) utilizada en la cría del ganado bovino. Se espera que el contenido sea de utilidad para los productores y toda persona interesada en el manejo de recursos agroforestales y, especialmente, en el diseño de sistemas silvopastoriles para promover una ganadería sustentable.

Disponible en acceso abierto: <https://bit.ly/3EJHV2N>



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)

