

# ECOFRONTERAS

ISSN 2007-4549

Revista cuatrimestral de divulgación de la ciencia · ECOSUR · vol. 26 · N° 76 · septiembre/diciembre 2022

Pasado y futuro  
del cambio climático  
y el calentamiento global

## Artrópodos vectores y transmisión de enfermedades

El futuro de los hongos.  
Conversación con José Ernesto Sánchez Vázquez



Ma. del Carmen Pozo de la Tijera

Directora General

Alma Beatriz Grajeda Jiménez

Coordinadora General de Vinculación e Innovación

Laura López Argoytia

Dirección editorial

Rina Pellizzari Raddatz

Diseño, ilustración de portada y diagramación interior

Carla Quiroga Carapia

Edición técnica

Estefanía Munguía Sánchez

Asistencia editorial

Zendy Evelyn Olivo Vidal y Xariss M. Sánchez Chino

Asesoría temática

Martha Duhne Backhaus

Foro Consultiva Científica y Tecnológica, A.C.

Rocío Ledesma Saucedo

Instituto Politécnico Nacional (revista *Conversar*)

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: DoroT Schenk en Pixabay, Marion en Pixabay, Chínche en Pngwing, Mosquito en Pngsels. Distribución general: El Colegio de la Frontera Sur (Estefanía Munguía). *Ecofronteras*, Vol. 26, Número 76, septiembre-diciembre de 2022, 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 agosto de 2022, 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).

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

# CONTENIDO

## Editorial

Zendy Evelyn Olivo-Vidal y Xariss M. Sánchez Chino

## ARTÍCULOS DEL POZO

### Enfermedad de Chagas: un mal que sí ha durado más de cien años

Dolreynner Daniel Velázquez-Ramírez, José Antonio De Fuentes-Vicente y Héctor Ochoa-Díaz-López

### ¿Quién se acuerda de la malaria?

Yolotl Moreno Hernández y Zendy Evelyn Olivo-Vidal

### Arbovirosis en México: de la fiebre amarilla del Popol Vuh al zika del siglo XXI

César Antonio Irecta Nájera, Valeria Gómez Ovando y Soraya Amali Zavaleta Muñiz

### "Cierto o falso" en la transmisión de enfermedades por mosquitos

Abel Jiménez Alejo y Ariane Dor

## ARTÍCULOS APUERTAS ABIERTAS

### Pasado y futuro del cambio climático y el calentamiento global

Arantza Casas Ortiz y Elsa Arellano Torres

### Isótopos: las huellas digitales de los átomos

Eduardo Cejudo Espinosa, Fanny de Gante Ayora y Daniela Ortega Camacho

## LEYENDO EL SUR

### Universidad y heterodisidencia

## ENTREVISTA

### El futuro de los hongos. Conversación con José Ernesto Sánchez Vázquez

Elena Anajanci Burquete Zúñiga

## DEL LITERATURA Y OTROS ASUNTOS

### Remembranzas de una visita inesperada

Mikhail Sokolov y Francisco Infante



1

2

7

12

17

22

27

32

34

38



# Editorial

Las enfermedades transmitidas por vectores son aquellas provocadas por picadura de insectos (los vectores) que han sido infectados por parásitos (virus, bacterias u otros organismos microscópicos). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), son responsables de más de 700 mil muertes anuales, por lo que representan un riesgo de salud pública; además, generan fuertes repercusiones financieras, sobre todo para los países con bajos niveles económicos. México no es ajeno a ellas, y por eso les hemos dedicado este número de *Ecofronteras*.

El primer artículo se ocupa de la enfermedad de Chagas, una afección sistémica y crónica causada por el parásito *Trypanosoma cruzi*, el cual es transmitido por un tipo de chinches. El padecimiento es endémico de nuestro país, es decir, con una permanencia continua. Dado que este parásito es difícil de controlar y mucho más de erradicar, los autores insisten en la prevención con acciones sencillas, especialmente en las zonas propicias a la cercanía con las chinches.

“¿Quién se acuerda de la malaria?” preguntan las autoras en el segundo artículo, al referirse a una enfermedad que en algunos países se está volviendo historia, ipero no en todos! Conocida también como pa-

ludismo, afirma la OMS que en 2020 hubo 241 millones de casos y 627 mil muertes por su causa, en su mayoría infantes menores de 5 años. El texto contextualiza el estado actual de la malaria y lo importante de su detección oportuna, tratamiento y métodos preventivos para lograr erradicarla.

El tercer artículo desarrolla el tema de las llamadas arbovirosis, de las que destaca al dengue, el zika y la chikungunya, por su impacto en las sociedades y porque aún es alto el número de personas en riesgo de contraerlas. No obstante, en México existen otras de las que conviene realizar mayor investigación, lo mismo que el posible impacto de varias de ellas en la fauna doméstica.

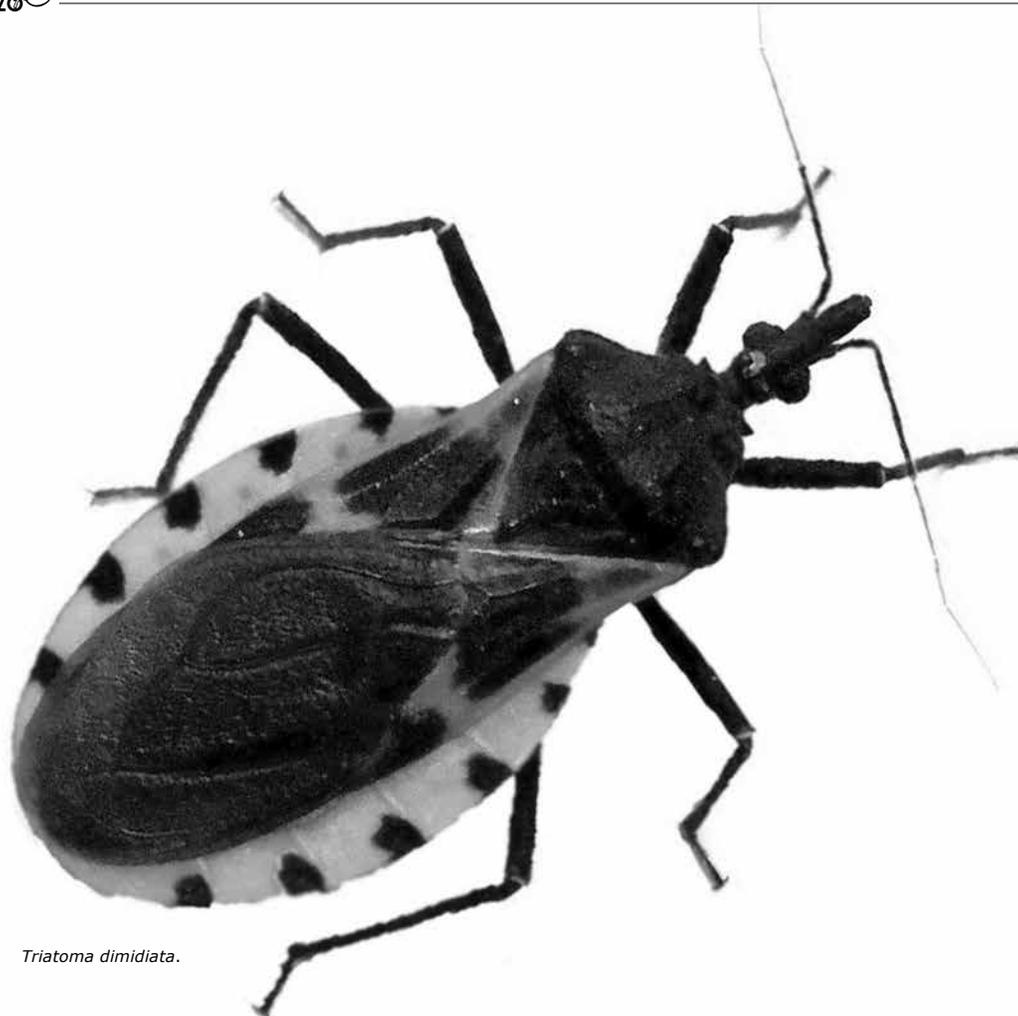
Por último, en un artículo relacionado con las falsas creencias en torno a los mosquitos causantes de enfermedades, se comentan los puntos clave de acciones posibles y de otras que ya están en marcha para controlar a los vectores. Con un enfoque distinto, este aleccionador texto nos presenta los principales aspectos en torno a los mosquitos —sobre todo la especie *Aedes aegypti*—, las estrategias de prevención para protegerlos de ellos y la importancia que tienen las políticas públicas.

La lectura de estos materiales nos deja ver que numerosas enfermedades transmi-

tidas por vectores se han mantenido en regiones específicas, particularmente en las zonas tropicales y subtropicales; sin embargo, debido a cuestiones como el cambio climático, el comercio, el aumento de los viajes globales, los movimientos de población migratorios y de refugiados, la deforestación y la agricultura intensiva, las represas, el riego, la urbanización rápida no planificada, entre otros factores, aumentan las oportunidades para la proliferación y difusión de los vectores, de forma tal que las enfermedades se propagan y se establecen en áreas nuevas.

Así, este número tiene el propósito de concientizar y brindar orientación, pues diversos padecimientos pueden prevenirse con medidas de protección y acciones comunitarias, en todo lo cual la información juega un papel primordial. El objetivo no puede ser más ambicioso: lograr una buena salud y el bienestar para toda la población.

Zendy Evelyn Olivo-Vidal (El Colegio de la Frontera Sur) y Xariss M. Sánchez Chino (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, comisionada en El Colegio de la Frontera Sur)



*Triatoma dimidiata.*

JOSÉ A. DE FUENTES-VICENTE

# Enfermedad de Chagas: un mal que sí ha durado más de cien años

Doireyner Daniel Velázquez-Ramírez, José Antonio De Fuentes-Vicente y Héctor Ochoa-Díaz-López

*Resumen: La potencialmente mortal enfermedad de Chagas es un padecimiento tropical "desatendido", como sentencia una clasificación de la OMS, que afecta a millones de personas y podría haber acompañado a las primeras civilizaciones sudamericanas. El responsable es el parásito T. cruzi y lo transmiten las llamadas chinches besuconas. Su ciclo biológico en la vida silvestre no puede evitarse, pero conforme la humanidad le ha ganado terreno a la naturaleza, personas, ganado y mascotas se han vuelto parte del mismo, con el agravante de que casi nunca se logra un diagnóstico oportuno; esto hace necesarias las acciones de prevención y concientización en zonas endémicas.*

**Palabras clave:** *Trypanosoma cruzi*, tripanosomiasis americana, salud preventiva, transmisión de enfermedades, enfermedades tropicales, triatominos.

**Maayat'aan (maya): U k'oja'anil Chagas: jump'éeel k'aas ba'al máanal jo'o k'áal ja'abo'ob káajak**

*Kóom ts>íbil meyaj: Le k'oja'anil chagas ku béeytal u k'uchul u kíins máak, jump'éeel k'oja'anil yaan ti' kúuchilo'ob tu'ux jach yaan ooxoj tu'ux chéen jump'íit u k'áaxal ja', le je'ela' "mun táan óolta'al" je'elbix u ya'alik u mola'ayil OMS, ku loo-biltik millones wíiniko'ob bey xan ku tukulta'ale' yaanili' ka yáax káaj u kuxtal wíiniko'ob ti' u lu'umil Sudamérica. Ba'ax taasik le k'oja'anilo' u yik'el wáaj u parásitoil T. cruzi yéetel u chi'ibal pik paak'ík, k'ajóola'an xan ich káastelan t'aan beey chinche besucona. Ma'atáan u béeytal u k'exa'al kuxtalil ich k'áax, ba'ale' tumen to'on wíiniko'on jujump'íitil k bin k luk'sik k'áax ti' ba'ax bak' paachtiko'one', wíiniko'ob, wakaxo'ob yéetel áalak'o'ob ts'o'ok k k'uchulo'on tu'ux ku kuxtal le ik'ela', ba'ax k'aasike' ol ma'atech u séeb ila'al wa leti' le k'oja'anila'; lebetik jach k'a'ana'an k kanáantikekbáaj yéetel ka k k'ajóol le kúuchilo'ob tu'ux yaan le k'oja'anila'.*

**Áantaj t'aano'ob:** *Trypanosoma cruzi*, kanáanil toj óolal, paak'al k'oja'anilo'ob, tropical k'oja'anilo'ob, triatominos.

**Bats'i k'op (tsotsil): Chagas chamel: ech'em xa ta svo'vinik sjabilal xchopolil chamel li'e**

*Smelolal vun albil ta jbel cha'bel k'op: Li Chagas chamele ja' jtos tsatsal chamel xp'ol talel buuk no'ox "mu'yuk to bu lek ventainbil", li muk'ta snailal yich'oj ta venta sk'el chameletik OMS yaloj, li chamel taje ta x-ipaj xchi'uk xil svokol yu'un epal jch'iel jk'opojeletik xchi'uk lamucha jech ilaj yu'un ba'yel totil me'iletik ta vo'ne buch'utik nakajik ta kosilaltike. Taje ja' ta skoj yu'un ti bik'tal xuvitetik sbi T. cruzi xchi'uk li ts'uts'vanej poch' ti ja' ta xkuch talel li chamele. Mu'yuk spajeb li xkuxlejale ja' xch'ieb li chonbolometike, jech nakastal oy xa sk'eel k'u yelan kuxajtik ta banumile, k'u yelan kuxulitik xchi'uk li yantike, k'u yelan kuxulitik xchi'uk li ts'unbilal chonbolometike, xtak' xkiltik ti jmoj ta komon oy li jch'iebtike, ti k'usi tsots sk'oplale ja' ti mu'yuk to lek yilobil sventa xu' ta jk'eltik ta ora no'ox k'alaluk ti mi xtal li chamele; ja' yu'un sk'an yabtelanel sventa smakel li chamele xchi'uk yalbel smelolal bu sna' xp'ol tale ta ora no'ox li chamele.*

**Jbel cha'bel k'opetik tunesbil ta vun:** *Trypanosoma cruzi*, bik'tal xchanul chamel, smelolal smakel chamel, xch'amel juju-

tos chameletik, chameletik lek x-ayan ta k'ixin osil ch'ambil ta bik'tal usetik, bik'tal jtos usetik, Ja' jtos chamel oy sk'ak'al xchi'uk si-tubel talem ta bik'tal xuvitetik, mi mu xich' poxtael ta ora no'oxe ta xak' tsatsal chamel ta o'ontonal.

*A la memoria de Héctor Manuel Díaz-Albíter, investigador de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa, quien con su trabajo, dedicación y entusiasmo como docente e investigador nos deja un gran legado para continuar con la generación y divulgación del conocimiento científico en la entomología médica.*

La enfermedad de Chagas afecta principalmente al corazón y en menor proporción al esófago y colon en los seres humanos. Fue descrita por primera vez en Brasil por el doctor Carlos Chagas en 1909, aunque evidencias clínicas y genéticas en momias de la cultura chinchorro —asentada en la zona costera del desierto de Atacama en el sur de Perú y norte de Chile entre 7,050 a. C. y 1,500 d. C.— permiten suponer que es tan antigua como aquellas civilizaciones. Es causada por el parásito *Trypanosoma cruzi*, y hoy afecta a entre 6 y 8 millones de personas en el mundo, pero alrededor de 70 millones se encuentran en riesgo de contraerla por vivir en regiones endémicas<sup>1</sup> tropicales y subtropicales del continente americano, especialmente en comunidades rurales y áreas semiurbanas con condiciones precarias.

Este padecimiento, junto con la lepra, el tracoma, el dengue y la chikungunya, se incluye entre los 20 que la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha clasificado como "enfermedades tropicales desatendidas", las cuales escasamente se incorporan a los programas de salud mundial a pesar de que afectan a más de mil millones de personas. Varias de ellas se transmiten por vectores y tienen ciclos biológicos complejos.

**Enfermedad silenciosa**

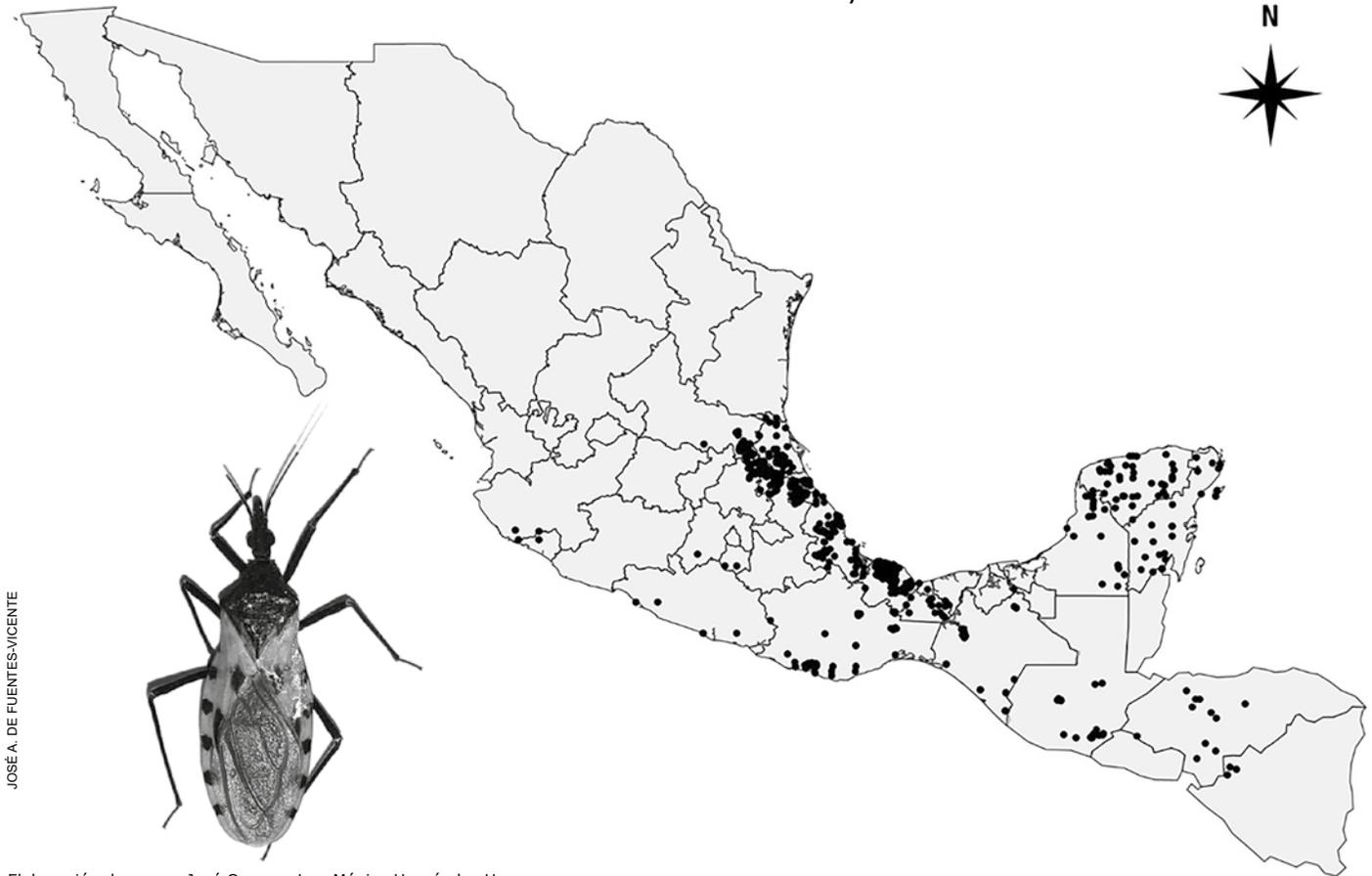
La enfermedad de Chagas se encuentra especialmente en América Latina, aunque en las últimas décadas también ha alcanzado otras latitudes. Como ya mencionamos, es causada por *T. cruzi*, un protozoo que se transmite principalmente entre mamíferos mediante un vector en el que completará su ciclo biológico; estos vectores forman parte de la gran diversidad de insectos triatominos (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) de las regiones tropicales, a los que po-

pularmente se les conoce como chinches besuconas o vinchucas. En estas mismas regiones también abundan los animales que mantienen el ciclo silvestre del parásito, o sea, su transmisión en la naturaleza: armadillos, tlacuaches, pizotes o tejón mexicano (coatí de nariz blanca), mapaches, distintas especies de roedores (ratas, ardillas y otros) y quirópteros (murciélagos).

En cuanto a los espacios con población humana, son las personas y los animales domésticos (perros, gatos, ganado) los que sirven de hospederos para conservar el ciclo de transmisión en la periferia de las viviendas. Las construcciones constituyen un riesgo importante, pues el adobe, la palma o la madera ofrecen en sus numerosas grietas un magnífico refugio a las chinches besuconas, las cuales, llegada la noche, buscan una fuente de alimento que puede ser cualquier animal doméstico o persona.

Hay que aclarar que los insectos triatominos no son portadores de *T. cruzi* en su

<sup>1</sup> Zonas endémicas son los sitios donde una enfermedad tiene presencia continua o cíclica.

Distribución de *Triatoma dimidiata* en México y Centroamérica

JOSÉ A. DE FUENTES-VICENTE

Elaboración de mapa: José Ocampo L. y Mónica Hernández H.

entorno natural; lo adquieren al alimentarse con la sangre de sus reservorios u hospederos infectados (normalmente mamíferos).<sup>2</sup> Ya en la chinche, los parásitos se multiplican en su intestino y son expulsados en las heces u orina. Las personas se contagian por la picadura del insecto o por microlesiones en la piel al rascarse, y también por llevarse las manos contaminadas a los ojos o la boca. Otras formas de transmisión involucran la transfusión de sangre de individuos infectados a sanos, de una madre infectada a su bebé durante el embarazo o a través de alimentos que contienen el parásito.

En México, la enfermedad de Chagas se describió por primera vez en 1938 en Oaxaca; desde entonces se ha reportado en prácticamente todo el país, con predominio en el sur-sureste. Afecta a personas de

<sup>2</sup> Se consideran reservorios aquellos animales que tienen el parásito de forma natural y no les causa daño, o muy leve. En cambio, los hospederos son animales o seres humanos que no lo tienen naturalmente, sino que lo adquieren y sí los afecta.

cualquier edad y casi siempre ocurre de forma silenciosa; es decir, los síntomas son leves y se confunden con cansancio o gripe que se resuelven en unos días, a menos que se presente inflamación de párpados (signo de Romaña) o del sitio de la picadura (chagoma), que es la fase aguda del padecimiento. Es curable con diagnósticos y tratamientos oportunos, pero por lo general la atención llega tarde, después de 10 a 30 años cuando las afectaciones alcanzan el corazón (la fase crónica). Charles Darwin padeció severos malestares durante tiempos prolongados, y una de las hipótesis es que quizá se infectó con *T. cruzi* en Sudamérica; habría tenido fases aguda, de latencia y crónica entre 1834 y 1882, el año de su muerte.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Véase "La muerte de Charles Darwin", de Laura Sánchez García, en *Ecofronteras* 37: <https://bit.ly/3ycRTWU>

### Otro huésped en casa

Los triatominos se encuentran desde el sur de Estados Unidos hasta Argentina, preferentemente en climas cálidos neotropicales. Suelen alimentarse por las noches mientras el hospedero duerme. Antes se asociaban solo a la fauna silvestre, pero cuando los seres humanos se asentaron en sus mismos espacios, se sumaron a las fuentes de alimentación de las chinches y pasaron a ser parte del ciclo del parásito *T. cruzi*. Algunas especies fueron encontrando en las viviendas una buena opción de refugio, donde disponían de alimento (humanos y animales domésticos) y se protegían de depredadores y del clima.

A la fecha se han identificado más de 30 especies de chinches besuconas en México que transmiten el parásito de la enfermedad de Chagas. Se reproducen mediante huevos (ovíparos), tienen un ciclo de desarrollo de tres meses a más de un año, y pasan por cinco estadios de ninfa, periodo

en el que carecen de alas, son sexualmente inmaduras y se alimentan de sangre; miden entre 5 y 44 mm, y por lo general son de movimientos lentos. Ya como adultos poseen una limitada capacidad de vuelo y su coloración es oscura, a veces con un patrón de manchas amarillas, pardas o rojizas que ayudan a reconocer de qué especie se trata. La mayoría vive en cuevas o madrigueras de mamíferos, en árboles y en nidos de aves o gallineros; aunque también son comunes en ambientes con animales domésticos y seres humanos. Las chinches se pueden infectar con *Trypanosoma cruzi* en cualquiera de sus estadios ninfales y adultos; por consiguiente, pueden transmitir el parásito por medio de sus heces u orina cuando se alimenten nuevamente.

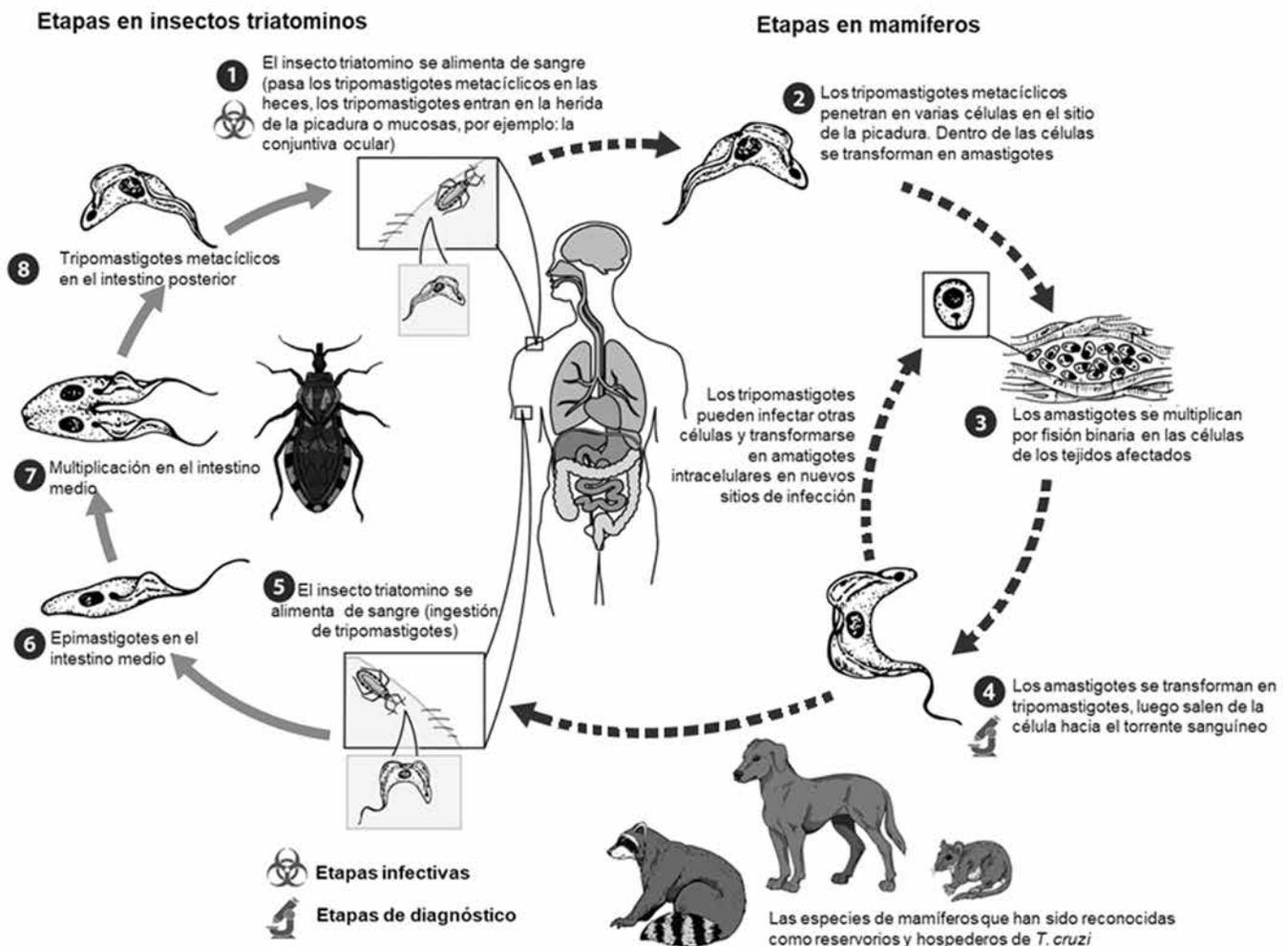
Las especies de mayor riesgo en las viviendas son *T. longipennis*, *T. pallidipennis* y *Triatoma dimidiata* (principal vector en el sureste de México y América Central), seguidas de *T. mazzotti* y *T. phyllosoma*. Ante estos escenarios, los sistemas de salud de los países endémicos han optado por rociar insecticidas en las casas infestadas, pero algunas especies ya muestran resistencia. También es útil mejorar las viviendas, usar mosquiteros y concientizar a la población.

### Ciclos silvestre y doméstico

El gran éxito evolutivo del parásito *T. cruzi* es su extraordinaria capacidad de adaptación; sabemos que puede infectar a más de 100 especies de mamíferos y ser transmitido por las 150 especies de triatominos.

Su transmisión en el ciclo silvestre ocurre a través de la piel o mucosas del tlacuache, ratón, murciélago u otro animal, cuando la chinche se alimenta succionando sangre. También cuando el mamífero hospedero ingiere los parásitos al rascarse con la boca en el sitio donde fueron depositadas las heces u orina del insecto infectado, o por consumir chinches u otros animales parasitados, dependiendo de su cadena trófica. Estos son comportamientos naturales que no pueden evitarse, lo cual posibilita que el parásito se extienda en diferentes ecosistemas del continente americano. En la región sur-sureste de México se ha identificado que el tlacuache norteño (*Didelphis virginiana*) es uno de los reservorios más importantes, además de algunas especies de ratones y murciélagos.

## Ciclo biológico de *Trypanosoma cruzi*



Adaptación: Doireyner Daniel Velázquez-Ramírez

Adaptado del Centro de Control de Enfermedades (CDC). Estados Unidos de América

## El ciclo de vida del parásito *Trypanosoma cruzi*

El parásito que causa la enfermedad de Chagas, *Trypanosoma cruzi*, es un protozoario microscópico de aproximadamente 20 micrómetros. Para sobrevivir necesita de mamíferos reservorios y hospederos, así como de vectores (las chinches besuconas), a fin de cumplir su ciclo de vida. Tiene la capacidad de multiplicarse tanto en los mamíferos como en las chinches, pasando por varias etapas:

- ▶ Circula libremente en la sangre del mamífero infectado; se le conoce como tripomastigote metacíclico.
- ▶ Se introduce en células en un sitio de entrada y se transforma en amastigote.
- ▶ Migra por la sangre hasta llegar al corazón u otro tejido, donde se reproduce.
- ▶ Se transforma de nuevo en tripomastigote y se libera al torrente sanguíneo.
- ▶ La chinche adquiere el parásito al alimentarse del mamífero infectado.
- ▶ En la chinche, se transforma en epimastigote y migra al intestino, donde se multiplica.
- ▶ Viaja al recto y su transformación concluye como tripomastigote metacíclico.
- ▶ La chinche se alimenta de un mamífero y libera al parásito en sus heces u orina.

En cuanto a los animales domésticos, los mamíferos vertebrados constituyen una fuente de alimento para las chinches y se encuentran bastante expuestos a ser infectados con *T. cruzi*; es el caso del ganado vacuno, porcino, caprino, ovino y equino. Los anfibios y aves de corral también son atacados por esos insectos, pero su organismo no permite el desarrollo del parásito, así que no se infectan.

Actualmente han tomado relevancia los estudios en mascotas, con énfasis en los perros. Estos entrañables compañeros pueden padecer la enfermedad de Chagas y manifiestan síntomas similares a los de las personas.

### ¿Cómo prevenir esta enfermedad?

Se sabe que los medicamentos desarrollados hace poco más de 50 años son efectivos en la fase aguda de la enfermedad, aunque para la etapa crónica su efecto es limitado. Ante este panorama, las instituciones de salud han enfocado sus esfuer-

zos en el control de la chinche mediante insecticidas y buscando anticuerpos contra *T. cruzi* en la sangre de mujeres embarazadas y en menores de 10 años (se le llama tamizaje) en zonas endémicas; sin embargo, hasta ahora su alcance es limitado.

No podemos evitar que el parásito se transmita en el medio silvestre, pero sí es factible prevenir que las chinches parasitadas se alojen en nuestras viviendas, y para ello se recomienda mejorar la construcción, por ejemplo, repellando las paredes, así como manteniendo limpios los patios, colocando mosquiteros y revisando continua y cuidadosamente el lugar donde dormimos. En caso de hallar alguna chinche, hay que evitar aplastarla porque si está infectada se esparcen los parásitos; habría que resguardarla en un frasco y llevarla a las instituciones de salud.

Cualquier persona que sospeche que tiene una picadura de chinche debe solicitar una prueba de sangre para verificar si

hay infección por *T. cruzi*; así podrá acceder al tratamiento y evitar el desarrollo de la fase crónica del padecimiento. En cuanto a las mascotas y ganado, se debe estar pendiente del lugar donde descansan o duermen, y verificar frecuentemente que no haya este tipo de insectos.

Actualmente entendemos que la enfermedad de Chagas es muy antigua, persistente y también muy compleja, debido a las múltiples redes de interacción hospederos-parásito-vector. Los avances para controlarla en el continente americano son muy lentos, pues su complejidad se conjunta con el silencioso daño al corazón, la desatención gubernamental y el desinterés farmacéutico para desarrollar o mejorar los fármacos existentes. Por todo esto, la prevención que se logre desde las personas en zonas de riesgo cobra especial relevancia. 🦋

## Bibliografía

Organización Mundial de la Salud. (2020). *La enfermedad de Chagas (tripanosomiasis americana)*. <https://bit.ly/2XR5DUK>

Velasco-Castrejón, O., y Rivas-Sánchez, B. (2008). Apuntes para la historia de la enfermedad de Chagas en México. *Boletín Médico del Hospital Infantil de México*, 65(1), 57-79.

Telleria, J., y Tibayrenc, M. (2017). *American Trypanosomiasis-Chagas Disease: One Hundred Years of Research*. Elsevier.

Doireyner Daniel Velázquez-Ramírez es estudiante del Doctorado en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable de El Colegio de la Frontera Sur (México) | [dvelazquezr@gmail.com](mailto:dvelazquezr@gmail.com) | <https://orcid.org/0000-0002-8802-591X>

José Antonio De Fuentes-Vicente es investigador de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (México) | [jose.defuentes@unicach.mx](mailto:jose.defuentes@unicach.mx) | <https://orcid.org/0000-0001-6507-0964>

Héctor Ochoa-Díaz-López es investigador de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal (México) | [hochoa@ecosur.mx](mailto:hochoa@ecosur.mx) | <https://orcid.org/0000-0002-8421-4983>

# ¿Quién se acuerda de



EDWARD MCELLEN EN PIXNIO

# la malaria?

Yolotl Moreno Hernández y Zandy Evelyn Olivo-Vidal

*Resumen: La malaria es una enfermedad vectorial que causó la muerte de millones de personas en el pasado, quizás incluso la del mítico Tutankamón en Egipto. Su abrumadora letalidad casi se ha olvidado gracias a las intensas acciones coordinadas para prevenirla y tratarla; sin embargo, se mantiene vigente por factores como la pobreza en zonas endémicas, la migración y la reducción de la vigilancia epidemiológica en lo más intenso de la pandemia de covid-19. Aunque México está en fase de preeliminación de este padecimiento, el subregistro es casi seguro, así que, como en cualquier tema de salud pública, la prevención sigue siendo la mejor táctica.*

**Palabras clave:** enfermedades vectoriales, salud pública, paludismo, Anopheles, Plasmodium.

## Maayat'aan (maya): Máax k'aja'an ti' le k'oja'anil malariao'

*Kóom ts'íibil meyaj: Le malariao' jump'éeel paak'be'en k'oja'anil u kíinsmaj millones máako'ob úuchilak, ku tukla'ale' tu kíinsaj tak le jach k'ajóola'an Tutankamón tu noj lu'umil Egipto. Ol tu'ubsa'an le je'ela' jump'éeel yayaaaj k'oja'anil ku kíinsaj tumen ya'ab múuch' meyaj ku beeta'al uti'al u kana'anta'al ma' u jach ts'áaik yéetel uti'al u ts'aka'al; ba'ale' láayli' jach yaan tumen yaan óotsiilil te' kúuchilo'ob tu'ux suuk u paak'al, tumen xan ku bin u k'exik u kaajal wíiniko'ob wáaj migración, yéetel p'aat mun kanáanta'al u yila'al ba'ax k'oja'anilo'ob yaan tumen jach táan óolta'ab u k'aas k'oja'anil covid-19. Kex u noj lu'umil México ti' yaan tu k'iinilo'ob u ch'ejsa'al wáaj u faseil preeliminación le k'oja'anila'; le ba'ax ku ye'esik le ju'unobo' ma' leti' jach ku yúuchili', lebetik je'elbix ti' tuláakal ba'al yóok'olal u toj óolalil wíinik, jach táaj ma'alob k kanáantikekbáaj.*

**Áantaj t'aano'ob:** k'oja'anilo'ob ku paak'ik ik'elo'ob, toj óolalil wíinik, paludismo, Anopheles, Plasmodium.

## Bats'i k'op (tsotsil): ¿Buch'u xtal to ta sjol li malaria chamele?

*Smelolal vun albil ta jbel cha'bel k'op: Li malaria chamele ja' jtos chamel talem ta bik'tal usetik k'alaluk ta xti'vane ja' ta xch'am talel bik'tal xuvitetik, taje icham yu'un epal jch'iel jk'opojeltik ta vo'ne, lamucha jech icham yu'uk ek li Tutankamón tey ta Egipto. Lavie ch'ayem xa ta joltik oy ti chamele koyal ta buch'utik svoloj stsboj sbaik ta yabtelanel sventa smakel xchi'uk spoxtael li chamele; pe taje, li chamel li'e mu'yuk bu lajem, kuxul yo bu oy to epal me'onale, jech k'ucha'al te oy o ta jteklumetik bu ono'ox sna' xp'ol talele, xchi'uk te oy ta stojolal buch'utik nom ta xanavik batel ta yan jteklumetike, te oy ta jteklumetik te yo bu mu'yuk lek chabibil ta stojolal li jpoxtavanejetike, taje epaj talel k'alal ital chamel covid-19. México ta xa la xtub yu'un li chamele, yu'un jech ta xal li yilobiltak svunale, ja' yu'un, k'uuk no'ox ya'yejal sventa jlekilatike, sk'an lek ta jna'tik smakel li chamele.*

**Jbel cha'bel k'opetik tunesbil ta vun:** ja' jtos chameletik talem ta bik'tal usetik ti ja' ta xch'am talel bik'tal xuviteik k'alaluk ta xti'vane, le-kilal kuxlejal ta komon mu'yuk chamel, Chamel talem ta bik'tal usetik k'alal ta xti'vane oy sk'ak'alil, xenel xch'uk k'ux jolal, Ja' jtos chamel talem ta bik'tal xuvit ti ja' ta xch'am talel k'alaluk xti'van sme' bik'tal use, chamel talem ta bik'tal usetik, Anopheles, Plasmodium.

Como si fuera una historia de ciencia ficción, se han encontrado rastros de malaria en mosquitos atrapados en ámbar de hace más de 20 millones de años. Es una de las enfermedades más antiguas entre las civilizaciones humanas y podría haber estado relacionada con la muerte de Tutankamón, el legendario faraón egipcio, entre muchos otros personajes destacados.

Además de su antigüedad, cabe resaltar su letalidad. Un reporte de la organización Medicus Mundi, publicado en 2015, mostró un dato escalofriante: la malaria ha causado la muerte de más de la mitad de la población que ha habitado el planeta. Sus impactos, entonces, han sido muy graves y por eso también se ha invertido mucho en investigación; incluso se han otorgado varios premios Nobel a especialistas dedicados a su estudio. Si bien no se ha podido erradicar, los esfuerzos colectivos y las técnicas para su control y prevención sí han logrado reducirla. Tal vez por eso ya no es común escuchar noticias acerca de la malaria, aunque quizá también porque hemos normalizado su presencia después de tan-

tos siglos de convivir con ella. Esta enfermedad cambió la existencia humana de manera equiparable a la actual covid-19, cuyas formas de ataque y métodos de infección revolucionaron la vida cotidiana; y aún se le debe combatir en diversas partes del mundo.

### Cada dos minutos...

La palabra malaria tiene raíces italianas que le confieren el significado de "mal aire". También se le conoce como paludismo, término que proviene del latín y alude a enfermedades de las zonas pantanosas; la referencia a este elemento de la geografía se relaciona con las distintas regiones de climas tropicales, húmedos o semihúmedos, en donde prevalece la enfermedad.

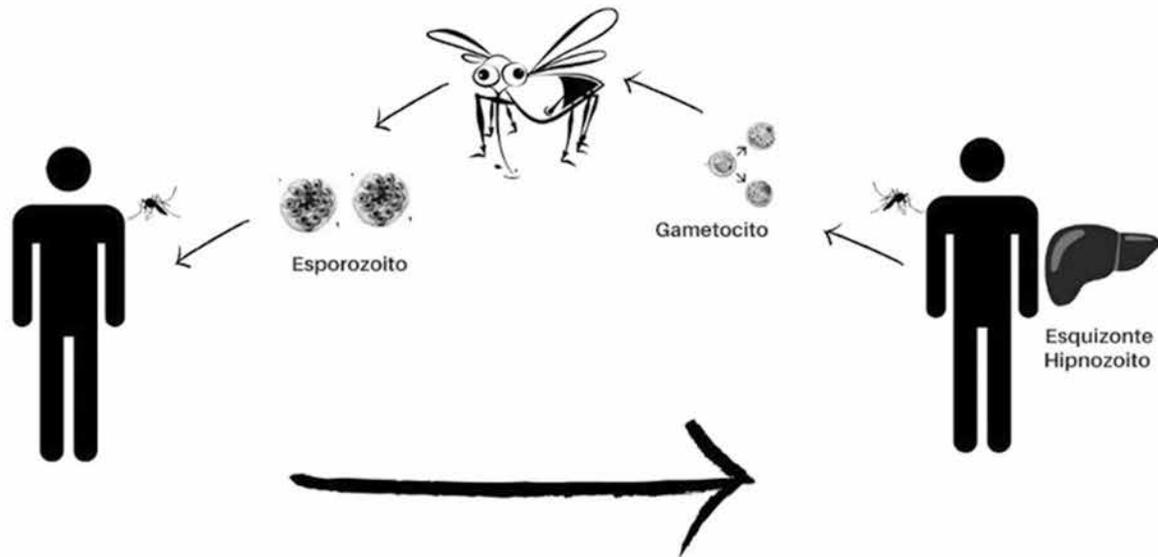
Sus causantes son los parásitos del género *Plasmodium*, unos protozoarios microscópicos que se transmiten a las personas por la picadura de un mosquito del género *Anopheles*; desde luego, el mosquito debe estar infectado por el mencionado protozoario. El mecanismo es similar al de enfermedades como el dengue, la chikunguña y el zika, entre otras. En la malaria

los parásitos ingresan al cuerpo humano cuando un *Anopheles* hembra pica a una persona para alimentarse de su sangre (figura 1). El contagio es igualmente posible mediante una transfusión sanguínea de un individuo con malaria a otro sano.

Al inicio, los parásitos se reproducen en el hígado del hospedero y son liberados al torrente sanguíneo en un lapso de 10 a 15 días; en ese momento se manifiestan los primeros síntomas: fiebre, sudoración y escalofríos, que luego se acompañan de dolor de cabeza, náuseas, dolor en articulaciones y malestar en general. Se puede confundir con otros padecimientos febriles, incluso con gripa, pero es vital identificarla oportunamente, pues es tratable con medicamentos. En su etapa más severa provoca convulsiones, confusión mental, insuficiencia renal, síndrome de dificultad respiratoria aguda e incluso estados de coma y la muerte.

La malaria ha sido tan avasalladora en el transcurso del tiempo, que se ha documentado su impacto en diversas batallas y rebeliones, incluyendo las dos guerras mundiales; se cree que en muchos casos

Figura 1. Ciclo de la malaria.



Elaboración: Yoloti Moreno H.

las pérdidas humanas se debieron más a la enfermedad que al combate. Se han desarrollado distintos mecanismos para enfrentarla, sobre todo desde finales del siglo XIX, cuando se descubrió qué parásitos la causan y cómo se transmite. Y ya en el siglo XXI la perspectiva mejora: gracias a las iniciativas y programas de control vectorial (control de los mosquitos) y a las campañas mundiales de prevención e identificación, se considera que se han salvado 4.3 millones de vidas desde el año 2000, ya que se han reducido las tasas de mortalidad en 47%.

En 2019, de los 87 países con malaria, 46 notificaron menos de 10 mil casos y 24 confirmaron no haber registrado transmisiones durante tres años o más. La Organización Mundial de la Salud (OMS) certificó que 11 de ellos ya la erradicaron, y México se encuentra en una fase de preeliminación.

Lamentablemente aún no estamos al final del camino. De acuerdo con el último informe de la OMS, en los últimos años aumentaron los casos, pasando de los 227 millones reportados en 2019 a 241 millones en 2020. Ese año, la malaria causó 627 mil muertes, lo que representa un incremento de 69 mil respecto a 2019 (gráfica 1). El incremento podría explicarse por

las interrupciones de los servicios y programas de prevención a causa de la pandemia de covid-19, y reafirma la necesidad de no bajar la guardia, pues se trata de una enfermedad muy persistente. Esto no solo se debe a la presencia del mosquito vector y el parásito, sino a la falta de servicios básicos de salubridad e higiene e incluso a factores como la migración. Al respecto, la movilidad humana implica un gran desafío, ya que el movimiento de personas desde zonas de alta transmisión puede derivar en una potencial reintroducción de la malaria a zonas de baja transmisión o que habían sido declaradas libres de ella.

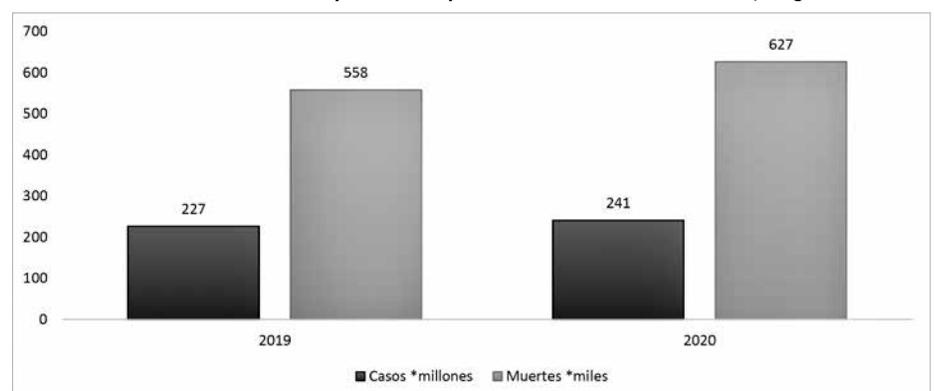
Por supuesto, hay grupos de población que tienen mucho más riesgo de contraerla y desarrollar un cuadro clínico grave, por

ejemplo, infantes menores de 5 años, mujeres embarazadas, pacientes con VIH y quienes padecen enfermedades que afectan su sistema inmunológico. De acuerdo con la Organización Panamericana de la Salud, cada dos minutos muere un niño por malaria.

### Enfermedad prevenible y curable

La malaria puede prevenirse mediante el control de los mosquitos, y por eso ha estado vinculada al controvertido DDT y su uso extensivo en varios países durante las décadas de 1940 y 1950; hoy en día se intentan nivelar los riesgos ambientales y sanitarios por el uso de pesticidas frente a las ventajas de la fumigación.

Gráfica 1. Número de casos y muertes por malaria a nivel mundial, según la OMS



Fuente: OMS (2021).

En México existen programas dirigidos por la Secretaría de Salud (SSA) que se enfocan en el control o eliminación del vector y el parásito, y se focalizan en las regiones endémicas, que son los sitios con mayores casos debido al clima y otras condiciones ambientales, además de factores sociales, como pobreza, migración o ausencia de servicios básicos. Estos programas consideran la fumigación, pero acompañada de diversas acciones. Un punto medular en las campañas es el descacharro, o sea, la eliminación de cacharros u objetos en donde puede estancarse agua que propicia la proliferación de mosquitos. Cabe mencionar que algunos métodos preventivos incluso se han vuelto parte de la vida cotidiana, entre ellos el uso de mosquiteros en las ventanas y pabellones en las camas o hamacas en muchos lugares.

Por otra parte, es muy necesaria la vigilancia epidemiológica, es decir, la evaluación permanente de la enfermedad para tomar decisiones en cuanto a salud pública. En los últimos veinte años, el impulso a las estrategias de control del vector y el uso de medicamentos antipalúdicos han sido factores clave para reducir la carga mundial de morbilidad. Sin embargo, a pesar de sus excelentes resultados, algunos medicamentos no siempre son accesibles a las comunidades en riesgo; además, el abandono frecuente de los tratamientos repercute en la resistencia del parásito y aumenta el peligro para toda la población. Existen también tratamientos preventivos o quimioprolifáticos destinados sobre todo a las personas que viajan hacia zonas endémicas de la enfermedad, los cuales incluyen medicinas confiables y bajos costos, pero no son re-



CARMEN ROSAS

comendables para quienes habitan en esos lugares.

Otra acción preventiva recomendada por la OMS desde octubre de 2021, es la administración generalizada de la vacuna antipalúdica RTS,S/AS01 a los niños que viven en sitios con transmisión de moderada a intensa de paludismo por *Plasmodium falciparum*, como es África Subsahariana; ya está demostrado que reduce significativamente sus formas grave y mortal en ese grupo de edad. Pero esta vacuna no es funcional para México ni para otras zonas de América, pues en estas regiones el parásito predominante es *Plasmodium vivax*.

### La malaria aún no puede olvidarse

Tal como documentamos en este artículo, aunque en numerosas sociedades la malaria o paludismo se considera un asunto del pasado, una enfermedad que ya ni se recuerda o que ha quedado como referencia histórica, para muchas otras es una amenaza vigente y grave. Su eliminación se define como la interrupción de la transmisión local de una determinada especie de parásito palúdico en una zona geográfica, gracias a acciones intencionadas. Obviamente esto no basta; es imprescindible que se desarrollen medidas permanentes para impedir nuevas transmisiones. En 2020 hubo 26 países que notificaron menos de 100 casos autóctonos, esto es, que se originan en la localidad, lo que representó un significativo avance en la lucha contra esta enfermedad, pues en 2000 habían sido apenas seis países.



FRANCISCO N. SERRANO C.



Mosquito posado sobre un rotavapor (instrumento para destilación), mientras se obtienen extractos de una planta con posible actividad antimalárica: *Cecropia Obtusifolia* Bertol. Centro de Investigación Biomédica del Sur CIBIS IMSS, Xochitepec, Morelos, México.

El 25 de febrero de 2021, El Salvador se convirtió en la primera nación centroamericana que obtuvo el reconocimiento como país libre de malaria. De acuerdo con especialistas, fue gracias a que el trabajo se enfocó en el control y eliminación del vector, a la descentralización de los laboratorios para lograr el diagnóstico oportuno de la enfermedad directamente en las zonas afectadas, al acceso a tratamientos y a la integración de la población en las medidas de control e identificación mediante brigadas y capacitaciones. Con todo esto, la gente cuenta con mayor información y ya no necesariamente debe viajar a las cabeceras municipales o a los hospitales de las grandes ciudades para ser atendidos a tiempo.

Como ya mencionamos, México se encuentra en una etapa de preeliminación de la malaria gracias a sus programas para

controlar a los mosquitos. Desde 1990 no se han reportado muertes por esta enfermedad, pero sigue habiendo casos. Es importante mencionar que, en 2020, la vigilancia epidemiológica anual de la SSA se vio afectada por la pandemia de covid-19, de modo que podría haber subregistros, es decir, que las cifras reales serían mucho más altas que las que aparecen en los datos oficiales.

No es difícil asumir esto al comparar los reportes epidemiológicos de algunas enfermedades. En cuanto a la malaria, los registros de 2019 señalaban 147 casos en el sur de Chihuahua y 411 en Chiapas, mientras que para 2020, el año de la pandemia, esa cantidad se redujo a 21 casos para todo el estado de Chihuahua y 65 para Chiapas. Se observó un comportamiento semejante en las cifras de la Incidencia Parasitaria Anual y en el reporte de localidades acti-

vas: en 2019 se identificaron 246 localidades, pero en 2020 solo 44. Podría ser que estas notorias reducciones se deban a que los padecimientos realmente van a la baja, pero lo más probable es que las actividades de vigilancia y control disminuyeron a causa de la covid-19.

Lo cierto es que la atención de la malaria debe encauzarse hacia la identificación de las poblaciones en riesgo, para así seguir adecuando los métodos de eliminación de los mosquitos junto con el tratamiento integral de la enfermedad, siempre involucrando a la población afectada, pues son ellos quienes requieren el acceso e integración a los métodos de control y prevención de esta enfermedad. Solo así se podrá conseguir el objetivo de eliminarla en México. El reto es grande, pero no imposible. 🤝

## Bibliografía

World Health Organization (WHO). (2021). *World malaria report 2021*. <https://cutt.ly/UJx0Wbq>

Secretaría de Salud (SSA). (2021). *Situación epidemiológica de malaria en México. Semana 27, 2020*. <https://cutt.ly/mJx0TVn>

MedicusMundi. (2019, 25 de abril). Malaria: El repunte de una de las enfermedades más antiguas del mundo. *medicmundi*. <https://cutt.ly/UJx002X>

Yolotl Moreno Hernández es estudiante de Doctorado en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable, El Colegio de la Frontera Sur (México) | [yolotl.moreno@estudianteposgrado.ecosur.mx](mailto:yolotl.moreno@estudianteposgrado.ecosur.mx) | <https://orcid.org/0000-0001-8407-424X>

Zendy Evelyn Olivo Vidal es técnica académica de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa (México) | [ozendy@ecosur.mx](mailto:ozendy@ecosur.mx) | <https://orcid.org/0000-0001-6242-7964>

# Arbovirosis

## en México:

### de la fiebre amarilla del Popol Vuh al zika del siglo XXI



MARY F. ADAMS EN PIXNIO

W. H. O. USCDCP EN PIXNIO

César Antonio Irecta Nájera, Valeria Gómez Ovando y Soraya Amali Zavaleta Muñiz

*Resumen:* Las enfermedades dengue, chikungunya y zika han destacado en las políticas de salud pública en México con intensas campañas de prevención. Son provocadas por un tipo de virus particular: los arbovirus, que se transmiten por artrópodos hematófagos, especialmente garrapatas y mosquitos. Existen alrededor de 320 mil arbovirosis, que afectan especialmente a los mamíferos, tanto domésticos como de vida silvestre, y algunos de ellos pueden también infectar a las personas. En México tenemos varias de estas enfermedades a escala regional, pero en nuestro mundo interconectado, el riesgo de que se expandan es muy alto; por eso conviene conocer más acerca de sus dinámicas.

**Palabras clave:** arbovirus, zoonosis, enfermedades vectoriales, artrópodos, Aedes.

## Maayat'aan (maya): *Ik'el arbovirostis ti' u noj lu'umil México: u k'oja'anil fiebre amarilla ku chíikpajal ti' Popol Vuh* tak u k'oja'anil zika tu ja'abil siglo XXI

*Kóom ts'iibil meyaj: Le k'oja'anilo'ob je'elbix dengue, chikungunya yéetel zika jach ku táan óolta'al ti' u kanáanil toj ólala kaaj tu lu'umil México yéetel ya'abach campañas tu'ux ku ya'alal bix u kanáantikubáaj máak. Ku paak'a'al tumen jump'éeel ch'i'ibalil ik'el: u k'aaba'e' arbovirus, ku taasa'al tumen yik'elo'ob k'ajóola'an beey artrópodos hematófagos, je'elbix peecho'ob yéetel mejen k'oxolo'ob. Yaan kex 320 mil ik'elil arbovirostis, jach ku loobiltik ba'alche'ob ku chu'úcho'ob, le aalak'ta'ano'ob bey xan le ku kuxta'alo'ob k'áax, yéetel ichilo'obe' yaan ku béeytal u paak'ik le k'oja'anil ti' wíiniko'ob. Tu noj lu'umil Méxicoe' yaan jejeláas le k'oja'anilo'oba' chéen ichil wa jayp'éeel petenilo'ob, ba'ale' beey yóok'olkaab tuláakal ba'al nuupa'an, jach ojéela'an yaan u t'i'itpajal; lebetik k'a'ana'an k k'ajóoltik ba'axi' yéetel bix u péek.*

**Áantaj t'aano'ob:** arbovirus, zoonosis, k'oja'anilo'ob ku paak'ik ik'elo'ob, artrópodos, Aedes.

## Bats'i k'op (tsotsil): *Arbovirostis ta Mexico: ta olon tale ja' ba'yel tal chamel fiebre amarilla sbi jech ta xal svunal Popol Vuh, ta ora xa ne ta sjabilal jun xcha'vinik siglo ja' xa zika chamel sbi.*

*Smelolal vun albil ta jbel cha'bel k'op: Chameletik jech k'ucha'al dengue, chikungunya xchi'uk zika lek abtelanbil ta stolal buch'utik yich'ojik ta venta smakel li chameletik ta sjunlej yosalal México. Li chameletik le'e te ta xtal ta bik'tal chonetik: arbovirus, ja' ta xch'am tal artrópodos hematófagos, jech k'ucha'al sipetik xchi'uk bik'tal usetik. Oy 320 mil ta chop arbovirostis, yalel toyol, ja' ta x-ipaj yu'un ts'unbilal chonbolometik oy ta na xchi'uk li te'tikal chonbolometike, oy jchop xu' ta x-ipaj yu'un krixanoetik ek. Ep ta tos chameletik kuxajtik oy ta jujusep jteklum ta México, jech k'ucha'al nitil tsakal jkuxlejtik xchi'uk yantik muk'ta jteklumetik li' ta banumile, oy la yik'al xtanj talel ta jtojolaltik li chameletik taje; jech o xal sk'an xich' ojtikinel to yan k'u yelanil li chameletik líe.*

**Jbel cha'bel k'opetik tunesbil ta vun:** Chameletik talem ta bik'tal chonetik, Zoonosis, Chamel ch'ambil ta skoj ti'el yu'un bik'tal kiletel xchi'uk viletel chonbolometik, Ep ta chop bik'tal kiletel viletel chonbolometik, Jchop bik'tal usetik oy ta sjunlej banumil ta xch'am talel k'ak'al chameletik.

Los virus se encuentran en una especie de limbo entre la vida y lo inerte, pues no se consideran seres vivos, pero sí presentan algunas de sus características, como el poder reproducirse, o más propiamente, replicarse. Ahora bien, para la reproducción se necesitan las funciones metabólicas de las células y esto es un inconveniente para los virus, ya que carecen de ellas. Su forma de resolverlo es utilizando las células de algún organismo vivo. En tal sentido, el Instituto Nacional del Genoma Humano (<https://www.genome.gov/>) los define como partículas que contienen encapsulado su código genético (ADN o ARN), y para hacer copias de sí mismos infectan una célula, proceso en el que la dañan o matan.

Varios de estos agentes infecciosos virales se caracterizan por ser transmitidos por artrópodos (*arthropod-borne viruses*), sobre todo garrapatas e insectos hematófagos; se les conoce como arbovirus por la contracción de las palabras que los definen en inglés. Los artrópodos son entonces sus vectores y estos los transfieren a mamíferos y aves al picarlos, mismos que se convierten en huéspedes u hospederos que

pueden enfermarse. Los seres humanos no forman parte del ciclo biológico de la mayoría de los arbovirus, pero pueden verse inmersos si las condiciones lo permiten, como en el caso del dengue, chikungunya y Zika,<sup>1</sup> por lo que conocer la distribución geográfica y sus principales vectores y hospederos permite elaborar estrategias para disminuir afectaciones.

### Mosquitos *Aedes* y su trilogía de virus

De acuerdo con un reporte de la Escuela de Salud Pública de Columbia, en el mundo hay más de 320 mil virus que producen enfermedades en los mamíferos, y aproximadamente 200 de ellos infectan a las personas. Los padecimientos de mayor impacto son los que causan encefalitis (inflamación del cerebro y sistema nervioso central), fiebre asociada al sangrado de diferentes órganos y, en la actualidad, los que conllevan complicaciones respiratorias.

<sup>1</sup> La palabra zika se escribe con minúscula inicial cuando se trata del nombre de la enfermedad, pero lleva mayúscula al referirse a su agente: virus del Zika, pues en ese caso alude al bosque llamado Zika, en Uganda, donde la enfermedad se identificó por primera vez.

En cuanto a las arbovirostis, las más importantes en la salud pública son transmitidas por mosquitos, sin embargo, algunas del grupo de enfermedades transmitidas por garrapatas (TBV, por sus siglas en inglés) están cobrando importancia en Europa y Asia por producir encefalitis y fiebres hemorrágicas; entre los responsables tenemos, por ejemplo, al virus de la encefalitis transmitida por garrapatas, el virus de la fiebre hemorrágica del Crimea del Congo y el virus Powassan.

En México ha habido varias infecciones masivas de arbovirostis a lo largo de su historia, con mosquitos como vectores. Una de ellas es la fiebre amarilla, que existe desde la época prehispánica. En *El Popol Vuh* y los *Chilam Balam* se le llama *xekik* y se le describe como vómito de sangre; aparentemente predominó en los estados de Yucatán y Veracruz. En cuanto a registros más modernos, se puede mencionar el grupo de enfermedades llamadas encefalitis equina (del Este, Oeste y venezolana), que se localizan en las regiones norte, sureste y occidente del país; son muy relevantes en la salud veterinaria, ya que afectan a caba-



DANIEL SOTO EN PIXABAY



MARION STREIFF EN PIXABAY

llos, vacas y cerdos, entre otros animales, aunque también a las personas.

En la última década, el país se ha enfrentado a tres enfermedades transmitidas básicamente por las mismas especies de mosquitos (figura 1), aunque provocadas por diferentes virus y con los seres humanos como principales hospederos: virus dengue (DENV) y del Zika (ZIKV), que son miembros de los *Flavivirus*, y virus chikungunya, de la familia *Togavirus* (CHIKV).<sup>2</sup>

El DENV es transmitido por el mosquito *Aedes aegypti*, su vector principal, y por *Aedes albopictus*. Sus primeros registros provienen de China (265-420, d. C.), mientras que la primera infección reportada en América data del siglo XVII. Una publicación encabezada por la especialista María Guzmán documenta que fue durante el periodo del comercio de esclavos cuando se expandió por todo el mundo la fiebre del dengue o “fiebre rompe huesos”, llama-

<sup>2</sup> Las referencias entre paréntesis son los acrónimos oficiales de los agentes patógenos virales. El nombre de los virus en ocasiones alude a las características de la enfermedad, como el SARS-COV-2: Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus; o bien, a signos o síntomas en lenguas locales, como el chikungunya. Las denominaciones también obedecen a otros factores, por ejemplo el lugar de origen del virus.

da así por el dolor muscular y articular que produce. En su forma grave —antes dengue hemorrágico— provoca un fuerte sangrado en diferentes órganos, y tiene presencia en casi todo México, en diferentes grados, pero se acentúa en lugares con climas cálidos y en época de lluvias. Aunque existe desde hace mucho tiempo, cobró nueva relevancia al ser la arbovirosis más frecuente en 2020; la Secretaría de Salud (SSA) documentó cerca de 20 mil casos.

El CHIKV se propaga básicamente por los mismos vectores. La infección se descubrió en 1952 en un brote de enfermedad febril en Makonde, sitio ubicado entre Tanzania y Mozambique. En 2013, la Organización Panamericana de la Salud reportó los primeros casos en varias islas caribeñas de América y en 2014 se detectó en México, en una mujer que había viajado a tales islas para un evento deportivo. Esta enfermedad produce un intenso dolor articular de inicio repentino, fiebre alta y lesiones en la piel. En el idioma makonde, chikungunya significa “aquel que se encorva”, imagen vinculada al fuerte dolor de espalda que provoca. Afortunadamente se están reduciendo los casos en México y a finales de 2021 ape-

Figura 1.



Datos tomados de varios números del Boletín Epidemiológico, Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (2020).

| Arbovirus  | Taxonomía                     | Vector   | Hospederos  | Síntomas en las personas  | Registros en México   |
|--|-------------------------------|--|---|---|---|
| Virus de la encefalitis equina del Este, del Oeste y venezolana. | Familia <i>Togaviridae</i> .  | Mosquitos del género <i>Culex</i> .                                      | Principalmente caballos, burros y mulas, aunque puede afectar a los humanos.  | Síntomas leves, como fiebre y náuseas, pero también graves: efectos neurológicos, convulsiones, coma y la muerte. | Zacatecas, Michoacán, Guerrero, Chiapas, Campeche, San Luis Potosí, Jalisco, Tamaulipas y Veracruz. |
| Encefalitis de San Luis.   | Familia <i>Flaviviridae</i> . | Mosquitos del género <i>Culex</i> .                                      | Aves silvestres y de corral, humanos.   | Desde fiebre, dolores de cabeza y náuseas, hasta infección en el sistema nervioso central, coma y la muerte.      | Veracruz, Durango y Nayarit.  |
| Virus Tlacotalpan.   | Familia <i>Bunyaviridae</i> . | Mosquitos del género <i>Culex</i> , <i>Mansonia</i> y <i>Anopheles</i> . | Humanos y en animales de granja, como vacas y cerdos. No se han identificado hospederos en vida silvestre.  | No se sabe si la picadura puede producir la enfermedad, pues no se han reportado casos patógenos. <sup>1</sup>    | Veracruz y Tabasco.   |
| Virus del Nepuyo.  | Familia <i>Bunyaviridae</i> . | Quizá los mosquitos del género <i>Culex</i> .                            | Se desconocen hospederos en vida silvestre. El único caso documentado en humanos fue un investigador que estudiaba el virus.  | Fiebre y dolores agudos de cabeza.  | Veracruz y Tamaulipas.  |
| Virus Patois cepa mexicana.                                      | Familia <i>Bunyaviridae</i> . | Mosquitos del género <i>Culex</i> .                                      | Animales de granja, ratas de alcantarilla y algunos mamíferos de vida silvestre, como mapaches y tlacuaches. Se transmite a las personas, pero no se ha detectado que les cause enfermedad. |   | Veracruz, Oaxaca y Nayarit.   |

<sup>1</sup> Las pruebas de inmunidad han manifestado que las personas tienen *anticuerpos memoria*, lo que indica que han sido expuestas al virus, pero no han podido asociarse a un cuadro patológico.

nas había cuatro registros, mientras que en los picos más álgidos en 2015 se detectaron hasta 11,577 casos.

El ZIKV lo transmiten los mismos mosquitos ya mencionados, junto con *Aedes polynesiensis*. La enfermedad se identificó en 1947 en Uganda; llegó a América en 2015, a Brasil y Chile, y a fines de ese año, a México. La mayoría de los pacientes de zika presentan síntomas leves, como fiebre, conjuntivitis, dolor de articulaciones y huesos; sin embargo, hay personas que desarrollan parálisis muscular (síndrome de Guillain Barré), que puede ser mortal si afecta los músculos respiratorios. En mu-

neros embarazadas existe un riesgo particular, pues durante el primer trimestre de embarazo el embrión puede padecer problemas neurológicos graves, como la disminución de la masa encefálica (microcefalia). También parece haber un retroceso de la enfermedad en México; en 2021 se detectaron 34 casos, en contraste con los 7,560 de los momentos más difíciles de la pandemia en 2016.

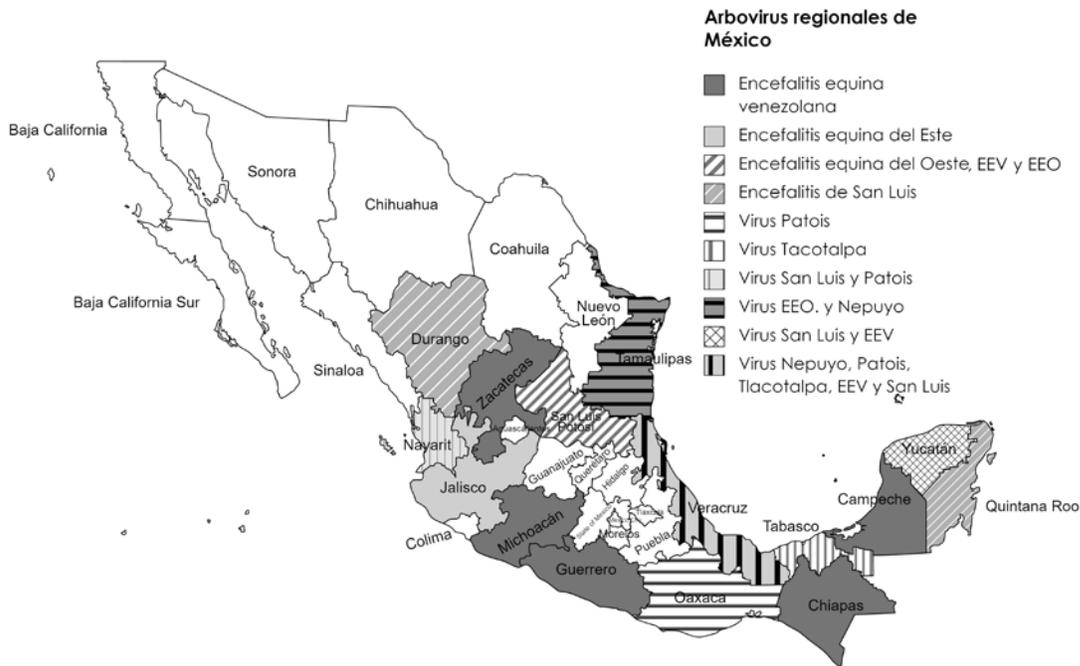
### Arbovirus regionales de México

Los focos epidémicos del DENV, CHIKV y ZIKV son determinantes en la salud humana, y son virus ampliamente conocidos en

México por las campañas de difusión de la SSA. El dengue sigue teniendo una presencia importante, y aunque el zika y la chikungunya han ido disminuyendo (figura 2), aún se les vigila estrechamente debido a los brotes epidémicos registrados desde 2013.

Estas arbovirosis no son las únicas, existen otras de carácter regional; entender su dinámica nos puede dar pistas para prevenir futuras pandemias en el país, y por eso presentamos a continuación algunas no tan conocidas, pero potencialmente epidémicas en caso de haber condiciones favorables.

Figura 2.



Datos tomados de varios números del Boletín Epidemiológico, Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (2020).

No es sencillo evaluar los síntomas en los animales, pero se valoran las manifestaciones de adinamia (se mueven menos), hemorragia, diarrea o fiebre, entre otras. También se realizan búsquedas intencionadas en posibles reservorios, es decir, en animales en donde el agente infeccioso podría estar de manera natural.

Si bien no es el caso de la mayoría de las arbovirosis regionales, algunos de los virus mencionados han producido focos epidémicos de consideración, como la encefalitis de San Luis, que fue la viremia más importante en Hermosillo, Sonora, en la década de 1960 y hasta mediados de los años setenta, superando los casos de dengue. También destaca el grupo de enfermedades de

las encefalitis equinas, las cuales pueden producir afectaciones económicas importantes en la ganadería; al respecto, la encefalitis equina venezolana ha tenido varios brotes epidémicos pequeños en los estados del sur, como Campeche, Chiapas y Quintana Roo, y en la década de 1970 causó la muerte de aproximadamente 10 mil equinos (caballos, asnos y mulas).

Aun cuando muchas de las arbovirosis regionales descritas no significan un riesgo grave para la salud de la población, es fundamental seguir estudiándolas, pero tomando en cuenta las zonas en las que han sido registradas, junto con sus vectores, dinámica de transmisión y enfermedades que provocan. Sin duda que esto ayuda-



ALEXAS EN PIXABAY

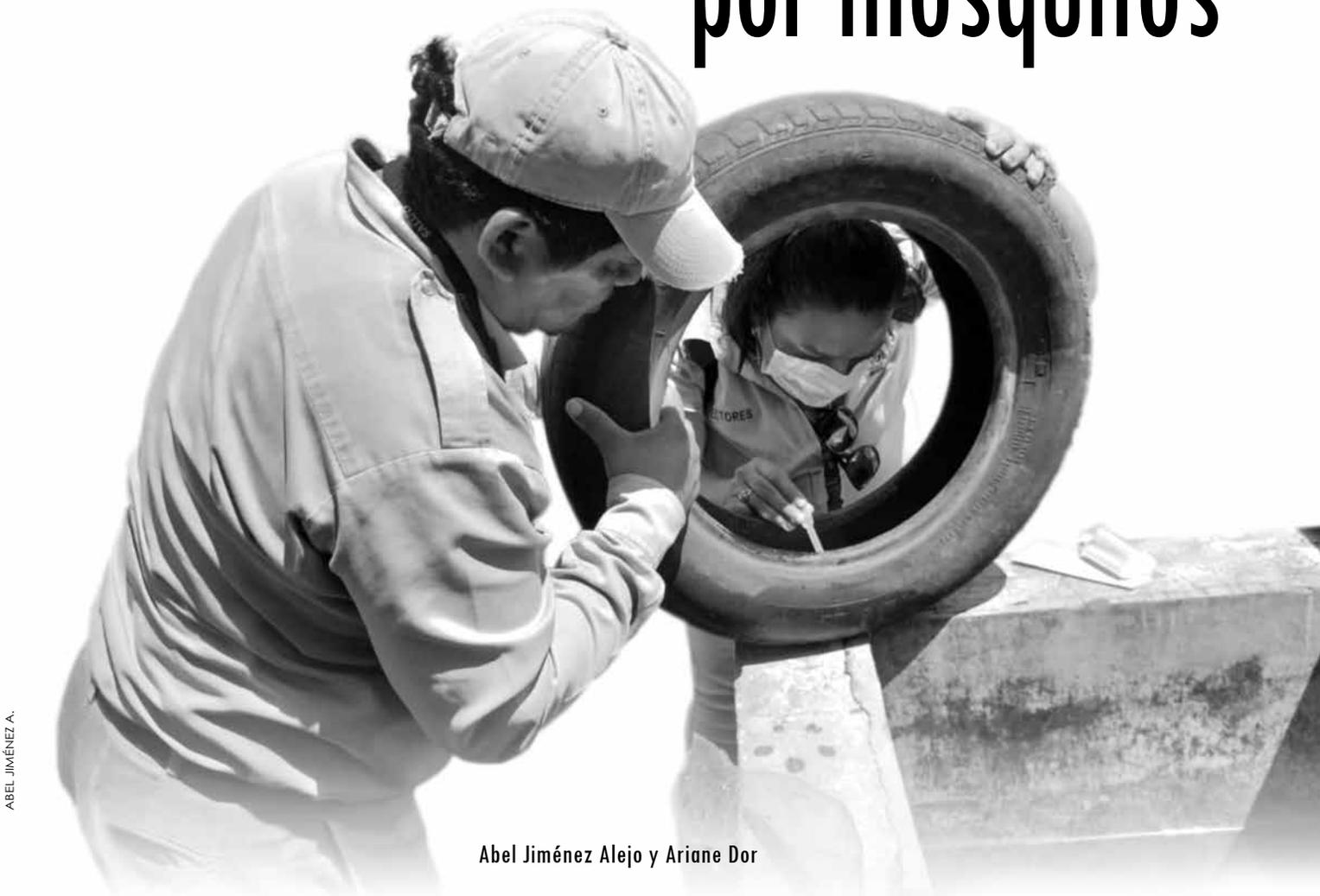
rá a prevenir la aparición de nuevas enfermedades y epidemias, como la de covid-19 que actualmente vivimos. 🔄

## Bibliografía

- Góngora-Biachi, R. A. (2004). La erradicación de la fiebre amarilla en Mérida, Yucatán: una historia de tenacidad y éxito. *Revista Biomédica*, 15(4), 251-258.
- Guzman, M. G., Gubler, D. J., Izquierdo, A., Martinez, E., y Halstead, S. B. (2016). Dengue infection. *Nature Reviews Disease Primers*, (2), 1-26. <http://dx.doi.org/10.1038/nrdp.2016.55>
- Zárate, M. L. (2016). *Arbovirus y Arbovirosis en México*. México: Instituto de Salubridad y Enfermedades Tropicales.

César Antonio Irecta Nájera es investigador de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa (México) | [cirecta@ecosur.mx](mailto:cirecta@ecosur.mx) | <https://orcid.org/0000-0001-9914-1230>  
 Valeria Gómez Ovando es estudiante de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa (México) | [valeria.ovando21@hotmail.com](mailto:valeria.ovando21@hotmail.com) | <https://orcid.org/0000-0002-2935-1627>  
 Soraya Amali Zavaleta Muñiz es profesora de la Universidad Juárez del Estado de Durango (México) | [zams2019@yahoo.com.mx](mailto:zams2019@yahoo.com.mx) | <https://orcid.org/0000-0001-6572-3507>

# “Cierto o falso” en la transmisión de enfermedades por mosquitos



ABEL JIMÉNEZ A.

Abel Jiménez Alejo y Ariane Dor

*Resumen: En el mundo existen más de 3,592 especies de mosquitos y 239 habitan en territorio mexicano. Algunos son vectores de parásitos que causan enfermedades graves, por lo que la información útil y confiable es necesaria. Aquí te compartimos siete creencias muy extendidas, pero equivocadas, acerca de los mosquitos, a fin de evidenciar que no todos causan enfermedades ni todos pican, y no es la “dulzura” de las personas lo que atrae a las hembras. Y aunque en zonas sin servicios adecuados la población es más vulnerable, cualquiera está expuesto si hay condiciones ambientales propicias, así que información y prevención son la clave.*

**Palabras clave:** Aedes, dípteros, prevención, agua limpia, enfermedades vectoriales.

**Maayat'aan (maya): "Jaaj wáaj ma" yóok'olal k'aja'anilo'ob ku paak'ik mejen k'oxolo'ob**

*Kóom ts'íibil meyaj: Way yóok'olkaabe' yaan máanal 3,592 p'éelel ch'í'ibalil mejen k'oxolo'ob yéetel 239 p'éelel ch'í'ibalil kuxa'an tu noj lu'umil México. Yaane' ku paak'ik ik'elo'ob ku taasiko'ob yayaaj k'oja'anilo'ob, lebetik jach k'a'ana'an tuláakal ba'ax ku ts'áabal k'ajóobil yóok'sale' jaaj yéetel ku yáantaj. Ichil le ts'íibil meyaj' kek e'esik úukp'éelel ba'alo'ob jach ku tsikbata'al yóok'olal mejen k'oxolo'ob, ba'ale' ma' jaajo'obi', uti'al k e'esike' ma' tuláakal ku paak'iko'ob k'oja'anilo'ob mix tuláakal ku chí'ibalo'ob, bey xan ma' u "ch'ujukil" máak beetik u naats'al le xch'upul k'oxolo'obe'. Kex ti' le' kúuchilo'ob tu'ux mina'an tuláakal ba'alo'ob k'a'ana'an uti'al jump'éelel ma'alob kuxtal jach ku paak'al le k'oja'anila', je'en máax ku béeytal u k'oja'antal wáaj ma' uts yanik ba'ax bak' paachtiki', lebetik k k'ajóoltik yóok'sal yéetel k kanáantikekbáaje' jach k'a'ana'an.*

**Áantaj t'aano'ob:** Aedes, ka'ap'éelel xik'o'ob, kanáanil, sak ja', k'oja'anilo'ob ku paak'ik ik'elo'ob.

**Bats'i k'op (tsotsil): "Melel o mi jutbil k'op" ti oy chamel ta xich' ch'ambil talel ta bik'tal usetike**

*Smelolal vun albil ta jbel cha'bel k'op: Ta sjunlejal banumile oy ep ta tos bik'tal usetik ch-jelav ta 3,592 yepalil, ja' no'ox ta yosilal México oy 239 ta chop kuxajtik. Jchope ta xch'am talel bik'tal xuvitetik ti ja' ta xak' tsatsal chameletik k'alal ta xti'van li bik'tal usetike, ja' yu'un oy stunel xka'itik smelolal k'uxi xu' makel li chemele ta stojolal buch'u yich'ojik ta ventae. Ta vun lí'e ta xkak'tik ta ilel vuk chop a'yejetik ch'unbil xa ku'untike, ak'o mi mu jechuk u, taje ja' ya'yejal k'usi ja' mu ja'uk ka'iojtik ta skoj yu'un ti bik'tal usetike, lí'ne ja' sventa xkak'kutik ta ilel ti mu skotoluk bik'tal usetik ta xch'am talel chameletik xchi'uk mu skotolikuk sna' ta xti'van, xchi'uk ma'uk "xchi'ilul" buch'uuk no'ox ta xik' talel li sme' bik'tal usetike. Ja' tsots sk'oplal x-ipajik ta chamel jteklum bu mu'yuk to lek sve'elik ya'alike xchi'uk snaik xch'ayobalike, buch'uuk no'ox xu' ta x-ipaj ti mi mu'yuk lek xkuxlebe, ja' yu'un tsots sk'oplal ya'iel smelolal sventa smakel li chamele.*

**Jbel cha'bel k'opetik tunesbil ta vun:** Aedes, Ja' jchop bik'tal us oy ta sjunlej banumil ta xch'am talel k'alal chameletik, Ja' jtos bik'tal usetik oy cha'lik no'ox xik', mu'yuk chanlik xik'tak jech k'ucha'al yantike, smelolal smakel li chameletike, lekil yoxo', Ja' k'alaluk x-och chamel ta jbek'taltik ta skoj ti'el yu'un bik'tal usetik.

La frontera mexicana con Guatemala es un canal migratorio que, por su intensa movilidad humana, facilita la circulación de enfermedades entre países, y fue por esta puerta que llegaron a México la chikungunya y el zika en 2014 y 2015, respectivamente. En contraste con la muy reciente llegada de tales padecimientos tropicales, los primeros casos de dengue se registraron desde 1941 y actualmente su incidencia en el sureste mexicano es muy grande; sin duda, las condiciones de la zona son favorables para el desarrollo de los mosquitos que transmiten los virus de esas y otras enfermedades. Al respecto hay muchas creencias, así que a continuación exploraremos algunas para verificar qué tan verdaderas son.

## 1. Todos los mosquitos transmiten enfermedades

Se ha documentado que en el mundo existen alrededor de 3,590 especies de mosquitos, los cuales pertenecen al orden de los dípteros. De ellas, 239 habitan en México, según señalan Sergio Ibáñez-Bernal y Carmen Martínez Campos, pero solo algunas se vinculan con enfermedades: *Aedes aegypti*,

Figura 1. Hembra de *Aedes aegypti* con el abdomen lleno de sangre.



Fuente: James Gathany.

el mosquito de la fiebre amarilla (fig. 1), y *Aedes albopictus* (fig. 2), el mosquito tigre, son transmisores de virus que provocan dengue, chikungunya y zika; los del género *Anopheles* (fig. 3) son vectores del protozoario del paludismo, en tanto que los *Culex* (fig. 4) transmiten el virus del oeste del Nilo, este último principalmente entre aves, caballos y murciélagos. Se encuentran dentro y fuera de las casas en las comunidades del sureste mexicano. El personal de salud que promueve el control del dengue mane-

ja mucho el nombre *Aedes aegypti*, mismo que los pobladores del sureste en Chiapas llaman "zancudo", probablemente por sus patas o zancas largas. Sin embargo, existen otros dípteros parecidos que son benéficos, ya que sus larvas se alimentan de las de los zancudos; por ejemplo, las títulas o gigantes (figs. 5A, 5B), pueden medir de 2 a 6 cm de largo y los del género *Toxorhynchites* (figs. 6A, 6B). Es claro entonces que no todos los mosquitos transmiten enfermedades.

## 2. Dengue, zika y chikungunya son enfermedades de la pobreza

La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera al dengue, la chikungunya y el zika como enfermedades desatendidas. Afectan más a los países de las regiones tropicales de Asia, África y América por las condiciones ambientales que son favorables a los mosquitos, y en esos sitios las poblaciones humanas que viven en circunstancias precarias están más expuestas por dos razones: 1) como no tienen fácil acceso al agua, deben conservarla en recipientes; 2) la falta de servicio de recolección de basura favorece la acumulación de desechos que eventualmente se transforman en criaderos de mosquitos.

A las hembras de los zancudos les encanta poner sus huevos en las paredes internas de recipientes con agua, como tanques, tambos, llantas, taparoscas, trastes, floreros, bebederos para animales y cualquier plástico o cacharro. Luego nacen las larvas, conocidas comúnmente como sanguijuelas, que nadan, se alimentan y crecen en esa agua. Después de 4 a 5 días se convierten en pupas o "maromeros", como se les llama en algunos lugares, para finalmente transformarse en adultos machos y hembras (fig. 7).

Si bien la falta de agua entubada y de recolección de basura propician la acumulación de líquido para criaderos potenciales, de todos modos el zancudo habita en

Figura 3. Hembra de *Anopheles gambiae* alimentándose.



Fuente: Cuaderno de Cultura Científica, <https://bit.ly/3x00k7i>

donde quiera que haya agua limpia estancada y podrá transmitir enfermedades a cualquier persona. Cabe aclarar que el "agua limpia" no significa lo mismo para los humanos que para los zancudos. Para una persona, es la que se bebe o se usa para limpieza. Para una zancuda, en cambio, es aquella que reúne las condiciones para el desarrollo óptimo de sus crías; sin importar si proviene de la llave o de la lluvia, es mejor que tenga materia orgánica suficiente que permita la proliferación de bacterias, protozoarios de vida libre y algas que sirven de alimento a las sanguijuelas. Esto aplica desde el agua de un tanque, con muy poca materia orgánica y considerada

limpia por los humanos, hasta el agua de los bebederos de aves de corral, que suele ser turbia y por lo regular abundante en larvas y pupas de zancudos.

## 3. Todos los mosquitos pican

Para obtener energía, hembras y machos de mosquitos se alimentan de néctar y otros azúcares de plantas, pero las hembras de algunas especies necesitan ingerir sangre que les brinde la proteína suficiente para la maduración de sus huevos; son hematófagas. Las hembras de los zancudos *Aedes aegypti* prefieren en específico la sangre de los humanos y en menor porcentaje la de animales domésticos, como gatos y perros. Sin embargo, no todas las especies nos ven como un plato delicioso; hay mosquitos que no se alimentan de sangre, por ejemplo, las típulas.

## 4. La zancuda solo pica de día

Las diferentes especies de mosquitos hematófagos tienen ritmos muy diferentes. Algunos son activos y pican durante las noches, como los *Culex* y *Anopheles*; otros en el amanecer y anochecer, como *Culex nigripapulus*, y otros durante el día, como *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus*, los cuales se mantienen activos si hay luz en la casa por las noches.

Figura 2. Hembra de *Aedes albopictus* alimentándose.



Fuente: <https://bit.ly/3Mhmp79>

Figura 4. Hembra de *Culex quinquefasciatus* sobre un dedo humano.

Fuente: James Gathany, CDC, <https://bit.ly/3mfnUIh>

## 5. La sangre dulce atrae a los zancudos

¿Quién no ha escuchado esto? Sin embargo, lo que atrae a las zancudas son las secreciones corporales, como el sudor, junto con la alta temperatura corporal y la gran cantidad de dióxido de carbono expirado. La información genética de cada persona regula estos parámetros, y por esto es que hay personas que se vuelven su plato preferido y otras no tanto. La reacción alérgica después de la picadura también está determinada por la genética; habrá quien reaccione con ronchas y comezón, y a quien no le pasará nada. Nuestros hábitos igualmente influyen para atraer o repe-

ler a los mosquitos, y algunos factores nos confieren mayor atractivo: las prendas de color oscuro, la actividad física intensa que aumenta la temperatura corporal y el ritmo de respiración, el consumo de cerveza que modifica la composición del aliento y las emanaciones de la piel. Al contrario, bañarse después de hacer ejercicio, vestir ropa clara y larga, y mantenerse en lugares con corrientes de aire mantendrá lejos a las zancudas. Recientemente, el especialista Hong Zhang y colaboradores mostraron que el olor de ratones contaminados por dengue o zika atrae más a los mosquitos que el olor de ratones sanos.

Figura 5A. Larva de *Tipula* sp.

Fuente: Adler y Courtney (2019, pp. 10, 70, <https://bit.ly/3GPURo7>).

Figura 5B. Mosquito adulto, *Tipula* sp.

Fuente: <https://bit.ly/3ajQxkZ>

## 6. Dengue, zika y chikungunya se transmiten de persona a persona

Cuando una zancuda se alimenta de sangre, ingiere los virus que causan dengue, chikungunya o zika. Estos llegan al estómago de la zancuda, pasan por sus capilares sanguíneos y transitan por su cuerpo hasta alojarse en sus glándulas salivales, donde permanecen listos para ser inyectados a otra persona en la próxima comida. A cualquier padecimiento provocado de mosquito a humano o animal se le conoce como "enfermedad transmitida por mosquito"; es el caso del dengue y la fiebre chikungunya. Pero el virus del Zika<sup>1</sup> puede también transmitirse por relaciones sexuales sin protección o de una mujer embarazada al feto.

## 7. Los mosquitos pueden transmitir covid-19

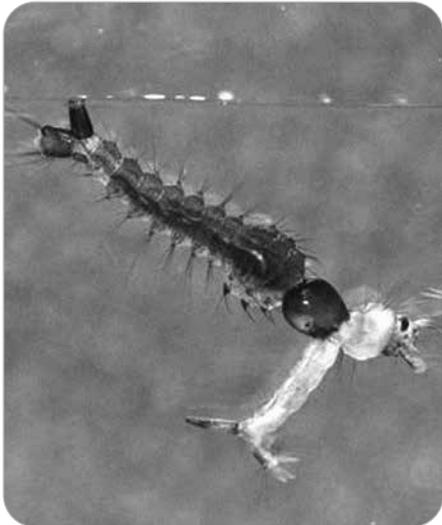
El SARS-CoV-2, agente que provoca la enfermedad covid-19, no puede transmitirse por picaduras de mosquito. Es un virus respiratorio que se propaga por contacto con una persona infectada a través de gotículas expulsadas al toser, estornudar, respirar o hablar. Yan-Jang Huang y sus colaboradores mostraron en 2020 que el SARS-CoV-2 no se replica en los mosquitos *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus* ni *Culex quinquefasciatus*, y no puede ser inoculado en el ser humano con sus picaduras.

## ¿Cómo controlar los mosquitos?

Podemos hacer mucho para protegernos de los mosquitos, pero una acción debe acompañarse de otra, pues los actos aislados no bastan. Como ya lo vimos, las hembras buscan criaderos con "agua limpia", así que no deben encontrarla en nuestras casas. Protejamos pilas y tanques con mosquiteros, eliminemos los cacharros susceptibles de almacenar agua de lluvia, cambiemos el líquido de floreros y bebederos de animales

<sup>1</sup> La palabra zika se escribe con minúscula inicial cuando se trata del nombre de la enfermedad, pero lleva mayúscula al referirse a su agente: virus del Zika, pues en ese caso alude al bosque llamado Zika, en Uganda, donde la enfermedad se identificó por primera vez.

Figura 6A. Larva de *Toxorhynchites rutilus* consumiendo larvas de *Culex* sp.



Fuente: Schiller *et al.* (2019, <https://bit.ly/3PX1JEu>).

Figura 6B. Mosquito adulto de *Toxorhynchites* sp.

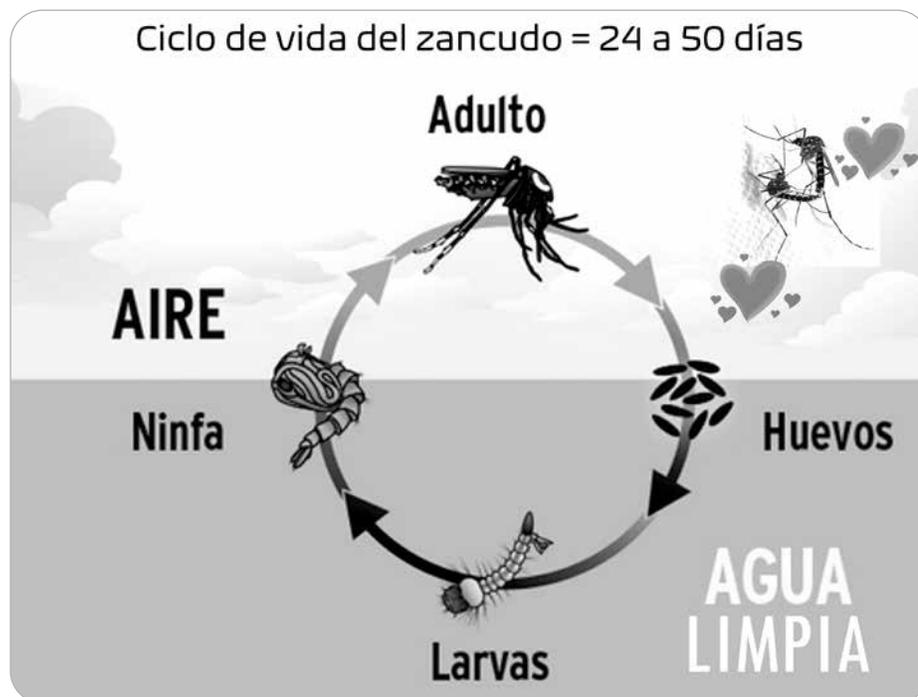


Fuente: <https://bit.ly/3GQEyYn>

cada dos días y restreguemos sus paredes, porque aquí es donde los huevos de mosquito se quedan adheridos. En las comunidades que dependen de agua de pozo (no clorada) se usan peces llamados “pupos” o “potetes” en tanques y pilas; son pequeños y perfectos depredadores de larvas y pupas.

Además, el personal de la Secretaría de Salud (SSA) visita las casas para complementar las actividades de control de los zancudos. Revisan que no haya criaderos y, si los encuentran, los destruyen o recomiendan deshacerse de ellos; cuando es necesario, ofrecen productos especiales para colocarlos en las pilas u otros recipientes grandes de modo que maten a las larvas, o bien, que impidan su crecimiento y se interrumpa su transformación en mosquitos adultos. Estos productos son útiles, pero no infalibles, o no actúan sobre todas las fases del desarrollo del insecto. Por otra parte, si bien las fumigaciones eliminan a los mosquitos, también a los insectos benéficos, por ejemplo, las abejas; además, es un procedimiento caro y su uso descontrolado genera resistencia en los insectos, por eso debe ser la última opción. Así que ya lo sabemos, para disminuir el riesgo de enfermarse es fundamental estar informado, protegerse y evitar criaderos de mosquitos en nuestro hogar y en el vecindario. 🦋

Figura 7. Ciclo de vida del zancudo *Aedes aegypti*.



Fuente: Ariane Dor, modificado de <https://bit.ly/3Q04qVR>

## Bibliografía

- Huang, Y. J. S., Vanlandingham, D. L., Bilyeu, A. N., Sharp H. M., Hettenbach, S. M., y Higgs, S. (2020). SARS-CoV-2 failure to infect or replicate in mosquitoes: an extreme challenge. *Scientific Reports*, 10(11915). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68882-7>
- Ibáñez-Bernal, S., y Martínez Campos, C. (1994). Clave para la identificación de larvas de mosquitos comunes en las áreas urbanas y suburbanas de la República mexicana. *Folia Entomológica Mexicana*, (92), 43-73.
- Zhang, H., Zhu, Y., Liu, Z., Peng, Y., Peng, W., Tong, L..., y Cheng, G. (2022). A volatile from skin microbiota of flavivirus-infected hosts promotes mosquito attractiveness. *Cell*, 18(14), 2510-2522. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2022.05.016>

Abel Jiménez Alejo es investigador posdoctoral en El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula (México) | [abel.jimenez@ecosur.mx](mailto:abel.jimenez@ecosur.mx) | <https://orcid.org/0000-0002-7231-7790>

Ariane Dor es investigadora por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología 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>

# Pasado y futuro

## del cambio climático y el calentamiento global

Arantza Casas Ortiz y Elsa Arellano Torres

*Resumen: Si bien el cambio climático es un concepto en boga, no lo es tanto la reflexión al respecto. Sabemos que la Tierra siempre ha pasado por periodos de enfriamiento y calentamiento, pero las afectaciones actuales parecen más graves. Hace 55-60 millones de años hubo un evento climático en el que el CO<sub>2</sub> se incrementó tanto como ahora, aunque en un lapso de 200 mil años, tiempo que permitió que las especies se adaptaran; en contraste, el actual calentamiento global está ocurriendo entre 20 y 50 veces más rápido. El pasado debería darnos pistas para prever el futuro próximo e impulsarnos a tomar decisiones.*

**Palabras clave:** sistema climático terrestre, GEI, Máximo Térmico, paleoceanografía, paleoclimatología.

## Maayat'aan (maya): Bix ka'achil yéetel bix bin yanik sáamal u k'eexpajal u k'iinil ja'ja'il wáaj ke'elil yéetel u chokojtal yóok'olkaab

*Kóom ts'ibil meyaj: Kex le u k'eexpajal u k'iinil ja'ja'il wáaj u k'iinil ke'elil, le k'ajóola'an beey cambio climático jump'éeel ba'al jach táan u tsikbata'al, ma'atáan u jach tuukulta'al ba'ax ku taasik. K ojéel yóok'olkaabe' suuk u máansik k'iinilo'ob ke'elil bey xan chokojil, ba'ale' le talamilo'ob yaan bejla'e' táaj yaajo'ob. Yaan 55 wáaj 60 millones ja'abo'obak úuch jump'éeel noj ba'al ka jach na'ak le CO<sub>2</sub> beey bejla'e', ba'ale' le je'ela' úuch ichil 200 mil ja'abo'ob, yanchaj ya'abach k'iino'ob uti'al u suuktal le jejeláas ch'í'ibalo'ob; ma' beey bejla'e', tumen bejla'e' u chokojtal yóok'olkaab wáaj calentamiento globale' táan u yúuchul ichil 20 tak 50 téeno'ob jach seba'an. Ba'ax máanlil ka'ach úuchile' k'a'ana'an u ye'esik to'on ba'ax kun taal sáamal wáaj ka'abej yéetel k'a'abet u ka'ansiko'on k yéey ba'ax ma'alob ti' k kuxtal.*

**Áantaj t'aano'ob:** sistema climático terrestre, GEI, jach chokojtaj, paleoceanografía, paleoclimatología.

## Bats'i k'op (tsotsil): K'usitik ech'em xchi'uk k'usitik to ta xtal ta jkuxlebtike, ta xk'ixnaj xa sjunlej li banumile.

*Smelolal vun albil ta jbel cha'bel k'op: Ep tael xa ta ael a'yejejetik ta xal xjel xa tal jkuxlebtik ta banumile, ja' jutuk no'ox a'ibil lek li smelolale. Ta xkuxlej li banumile jna'ojtik oy bak'intik ta sikub o mi mo'oje ta xk'ixnaj, pe lavie toj tsots ti k'usitik xjelan xa talele. Ta olon tale ta 55-60 millon sjabilal xae oy k'usi sok tal ta ik' ja' epaj talel li CO<sub>2</sub> xko'olaj jech k'ucha'al ta ora xa k'ak'al li'e, tey ech' lajunvinik mil sjabilal sventa xnop talel li chonbolometik oy ta banumile; ta ora li' ne, oy la ta jtob o mi lajuneb yoxvinik ti ta anil xa no'ox ta xk'ixnaj talel li banumile. Jech o xal sk'an ta jk'eltik ta partil sventa jtabetik smelolal k'uxi xu' ta xlekub tal li jkuxlebtike.*

**Jbel cha'bel k'opetik tunesbil ta vun:** k'uxi ta xk'ixnaj ta sikub li banumile, GEI, Máximo Térmico, paleoceanografía, paleoclimatología.

Desde que inició la pandemia de covid-19, las noticias no han dejado de afirmar que el cambio climático se mantiene pese al confinamiento y a la interrupción de mucha de la actividad económica. ¿Por qué pensar que la situación podría mejorar si no hemos hecho gran cosa para que suceda? Al reflexionar en esto nos interesó conocer qué noción se tiene sobre el cambio climático y el calentamiento global, aun cuando sabemos que son temas controversiales dependiendo de la fuente de consulta y de la perspectiva desde la que se les analice.

Con este fin contrastamos dos escenarios climáticos: el actual y uno que ocurrió hace 55-60 millones de años. Si nuestros lectores y lectoras tienen suficientemente claras algunas definiciones y procesos naturales, podrán valorar el tema con más imparcialidad, considerando que si bien el cambio climático y el calentamiento global no pueden revertirse automáticamente, sí podríamos ayudar a mitigar sus efectos y a reducir el impacto de la especie humana sobre el ambiente.

### Una encuesta para indagar

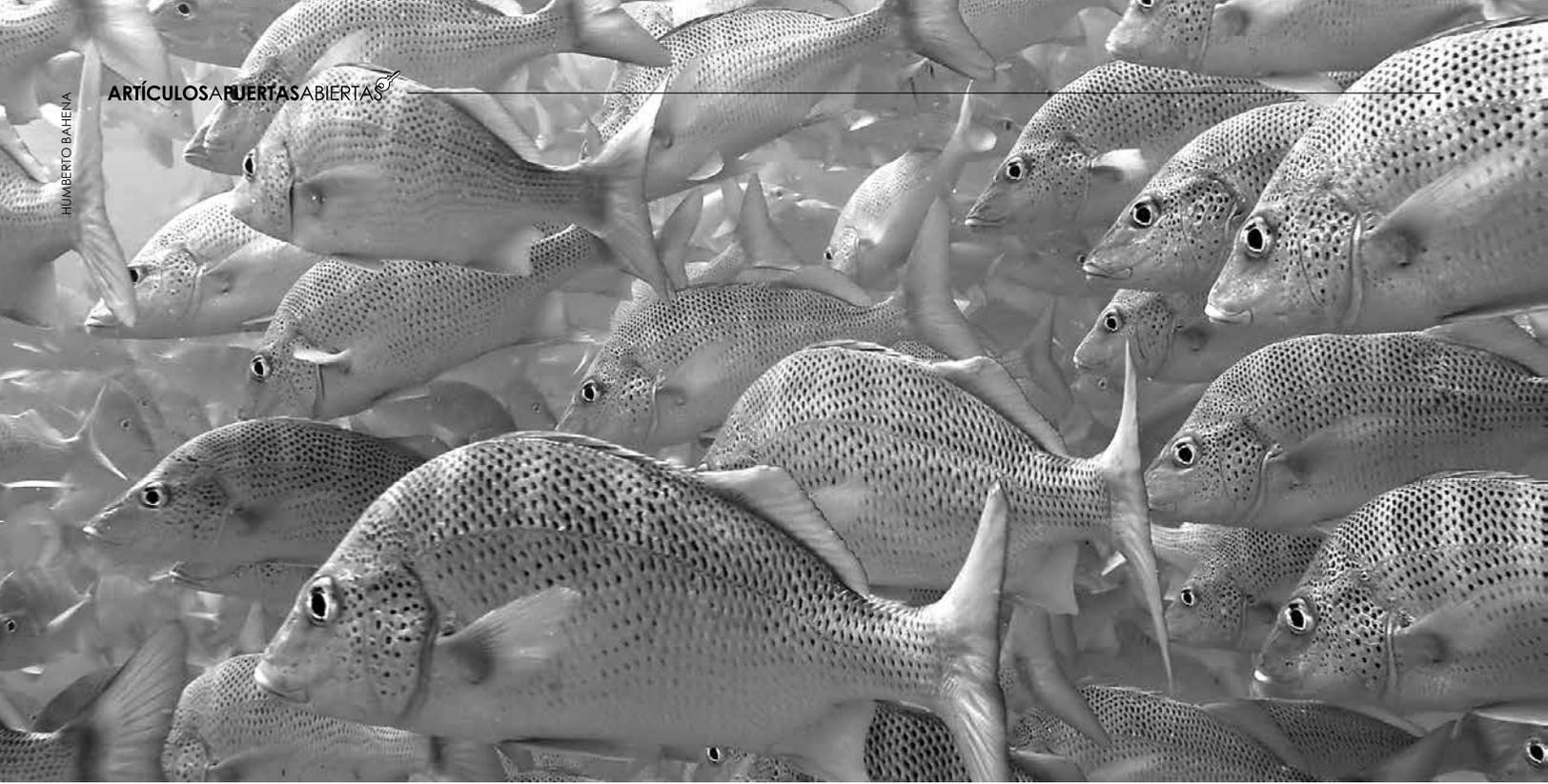
Durante el otoño de 2020 realizamos una encuesta en línea al público en general para indagar sobre qué se sabe del cambio cli-

mático y el calentamiento global. El 100% de los participantes afirmaron haber escuchado ambos términos, y aunque el 48% aseguraba conocer la diferencia, realmente no los distinguían. Tal falta de claridad en parte se debe a un incorrecto manejo de la información y a que son temas sobre los que no se reflexiona lo suficiente. Por eso brindaremos a continuación algunas referencias, partiendo de que son procesos complejos que corresponden al sistema climático terrestre.

Podemos imaginar este sistema como un conjunto de esferas o componentes (atmósfera, hidrósfera, litósfera y biósfera) con características físicas, químicas y biológicas específicas, las cuales se ensamblan a la perfección y permiten que las condiciones climáticas se mantengan constantes por tiempos definidos en escalas de décadas, siglos, miles o millones de años. Todas las esferas mantienen múltiples interacciones entre sí, de modo que se modifican por procesos que acentúan o atenúan sus efectos. Si alguna sufre alteraciones —aumento en la concentración de gases de efecto invernadero o de la temperatura, una disminución en la humedad o en el número de especies vegetales—, la respuesta es la modificación del sistema climático.

La Tierra ha pasado por gran variedad de eventos en los que se ha congelado por miles de años y luego se ha calentado por otros tantos. Cada etapa de enfriamiento y calentamiento necesita de muchísimos años y múltiples factores para desarrollarse. Entre cada intervalo de variación ocurre un cambio climático con modificaciones tales, que el ambiente nunca vuelve a ser igual. Un precursor de estos cambios pudo ser un enfriamiento o calentamiento global, pero centrémonos en este último; lo definiremos como un fenómeno en el que la temperatura promedio de la superficie terrestre aumenta porque se absorbe y se retiene el calor proveniente de la energía solar. Otros factores terrestres, como la ausencia de hielo polar, la disminución de la vegetación y el aumento de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) o metano (CH<sub>4</sub>), pueden acentuar el efecto invernadero de la atmósfera, causando que el planeta se caliente todavía más.

Cuando las interacciones entre las esferas del sistema se transforman, el clima y sus efectos también lo hacen, aunque dejan un registro geoquímico o pistas de las condiciones climáticas en restos de organismos microfósiles en las cuencas oceánicas y lacustres. Gracias a estas pistas se conoce cómo han ocurrido las transiciones climáti-



cas a lo largo del tiempo. La paleoclimatología y la paleoceanografía son las ciencias que se encargan, respectivamente, de estudiar los registros del clima en el pasado, y el papel del océano como regulador climático a diferentes escalas de tiempo. Así podemos obtener información sobre cómo ha variado el sistema climático en periodos previos a la aparición de la humanidad, y estimar a futuro las respuestas del sistema climático.

### Evento de transición Paleoceno-Eoceno

Hablemos de un evento climático que nos recuerda lo que está sucediendo en el presente; ocurrió hace 55 millones de años y duró unos 200 mil años: el Máximo Térmico de la transición Paleoceno-Eoceno o PETM, por sus siglas en inglés. Se identifica climáticamente como un aumento en la temperatura superficial del planeta debido a mayores concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI). Desde luego que ese incremento no fue por quemar hidrocarburos, sino por múltiples e intensas erupciones volcánicas, seguidas del derretimiento de suelos congelados y hielo polar.

¿Pero qué tiene que ver el PETM con la actualidad? Las concentraciones de GEI tuvieron valores similares a los que presencia-

mos ahora ( $\text{CO}_2 = 416 \text{ ppm}$ ), de acuerdo con evidencia paleoclimática, aunque la gran diferencia es que aquel incremento de  $\text{CO}_2$  no ocurrió en 180 años, sino en 200 mil. La lenta tasa de calentamiento permitió que muchas especies terrestres tuvieran tiempo suficiente para adaptarse y diversificarse, evitando su extinción masiva.

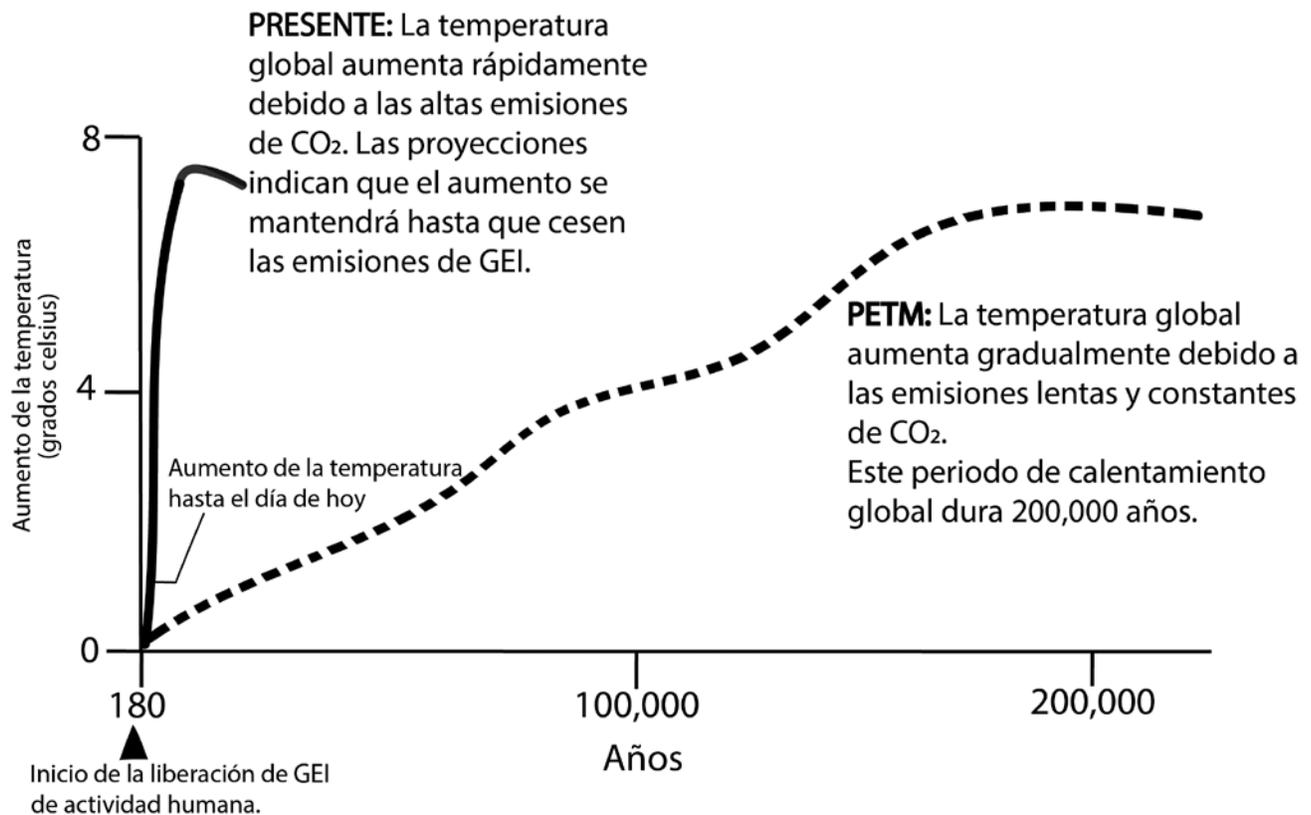
Y entonces, ¿qué desencadenó el calentamiento global del PETM? Mirando al sistema terrestre en su conjunto, sabemos que la circulación oceánica es otra variable esencial en la regulación del clima de la Tierra. Hoy en día, los oceanógrafos saben que en el mar no solo existen corrientes superficiales, sino también corrientes profundas. La circulación oceánica superficial ayuda a distribuir y direccionar el transporte de calor y humedad por todo el planeta gracias a los vientos, pero la circulación profunda es diferente. El patrón de las corrientes oceánicas profundas se parece a una montaña rusa con rutas definidas. Hoy sabemos que inicia en el Atlántico Norte como una corriente de agua fría polar muy densa que se hunde y fluye por los fondos oceánicos hacia el hemisferio sur. Ahí se mezcla y se calienta un poco, pierde densidad y profundidad, y asciende cerca de la zona subtropical donde sigue su viaje hacia zo-

nas polares; se enfría nuevamente y reinicia su recorrido.

Los paleoceanógrafos han reconstruido las corrientes oceánicas durante el PETM, y han hallado que la formación de aguas profundas se encontraba principalmente en el hemisferio sur, no en el Atlántico Norte, además de que el agua del océano profundo era menos fría, en parte por un evento volcánico significativo.

Actualmente, que haya corrientes de agua fría en el fondo oceánico es muy importante porque funcionan como un sistema de refrigeración, proveen una buena oxigenación a las profundidades oceánicas y permiten que diferentes organismos vivan en ellas; además, favorecen la formación de zonas de gran diversidad biológica. Sin embargo, durante el PETM, todo eso no ocurrió; su final tardó unos 30 mil años, que fue lo que demoró el enfriamiento de las condiciones climáticas del planeta. Hoy en día los oceanógrafos analizan el futuro de la circulación oceánica profunda, dado que sus cambios son muy lentos comparados con la superficie. Este análisis interesa porque si bien sabemos que estamos afectando funcionalmente al océano, el proceso y las secuelas son inciertos (figura 1).

Figura 1. Aumento de la temperatura global en el presente y durante el PETM.



Fuente: Modificada de Sinclair, P. (2011). Graph of the Day: Scientific American on Today's Greenhouse vs. History-the PETM. *Climate Denial Crock of the Week*. <https://bit.ly/3PIQ8xy>

## El pasado es la clave del presente

Como un breve resumen, podemos afirmar que el cambio climático es un proceso natural que incluye fases de enfriamiento y calentamiento que pueden durar desde cientos hasta miles de años. Tomamos como referencia el PETM porque es un evento análogo al calentamiento que atestigüamos en nuestros días. Aunque las fuentes de emisiones de GEI en el presente derivan más bien de la actividad humana, ambos eventos se centran en el vínculo entre la concentración de GEI y la elevación de la temperatura global, entre otros cambios colaterales.

Se ha cuantificado que la temperatura superficial del planeta se ha incrementado 1 °C en 150 años, y aunque no lo parezca, es un aumento que no habría ocurrido en tan corto tiempo en forma natural. Comparado con la tasa promedio de calentamiento global del PETM, se advierte que el actual es en-

tre 20 y 50 veces más rápido, por lo que las especies terrestres, incluida la humana, no podrán adaptarse a variaciones ecológicas y ambientales tan abruptas.

Al recordar el tiempo que tardó el restablecimiento de las condiciones climáticas al finalizar el PETM (después de 30 mil años), resulta difícil imaginar que la humanidad pueda esperar tantos miles de años para regresar a la estabilidad climática previa a nuestra aparición. Y más aún con nuestro acelerado estilo de vida. Por eso el estudio del pasado nos ayuda a colocar en perspectiva lo que realmente ocurre en el presente. Además, es posible deducir que el actual calentamiento global tendrá implicaciones de gran magnitud, como variaciones en los patrones de circulación oceánica, la inevitable extinción de especies y una infinidad de afectaciones a las actividades sociales y económicas.

Debemos reconocer que el actual cambio climático no es algo que la humanidad podrá controlar en el futuro, y la realidad es que todos, como humanidad, somos responsables, aunque no estamos totalmente conscientes de la situación. Es por ello que el compromiso individual con nuestro entorno es relevante, y la tarea consiste en analizar qué acciones pueden mejorar tanto el ambiente que nos rodea, como nuestro futuro. Existen trabajos que se enfocan en crear planes y propuestas de adaptación y mitigación del cambio climático. Debemos consultarlas, y a partir de la información que vamos obteniendo decidir cuáles medidas podríamos implementar. Si bien no existen estrategias perfectas, lo fundamental es reflexionar sobre nuestros hábitos de consumo y guiarnos hacia aquello en lo que podemos contribuir. ☞

Tabla 1. Definiciones

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| Sistema climático                   | Interacción que consta de al menos cuatro componentes o esferas: la <i>atmósfera</i> o capa gaseosa de la Tierra; la <i>hidrósfera</i> o capa acuosa conformada por ríos, lagos, océanos y agua congelada; la <i>litósfera</i> que corresponde a la corteza terrestre, y la <i>biósfera</i> o el complejo conjunto de organismos vivos, donde queda incluida la humanidad.  |
| Variabilidad climática              | Se refiere a las condiciones climáticas que exceden los valores medios o “normales” para una región geográfica determinada. Suceden en todas las escalas temporales y espaciales; sin embargo, sus causas pueden ser naturales o propias del mismo sistema climático, por ejemplo, una alteración en la humedad debido al cambio de dirección de una corriente oceánica que no permite el paso de vientos húmedos a otra región del planeta. O bien, pueden ser consecuencia de las actividades humanas que impactan en el sistema climático, como las emisiones de GEI a la atmósfera por quema de combustibles fósiles y deforestación. |
| Cambio climático                    | Variación en el clima que persiste durante largos periodos y que se atribuye a diferentes procesos naturales internos (erupciones volcánicas, cambios en la composición de hielo oceánico o en la distribución de la vegetación, actividades antropogénicas) o externos (actividad solar). Se suma a la variabilidad del clima observada durante periodos de tiempo comparable.   |
| Calentamiento global                | Se refiere al aumento a largo plazo de la temperatura media atmosférica en el sistema climático como consecuencia de la intensificación o prolongación del efecto invernadero.  |
| Registro geoquímico en oceanografía | Registro de señales químicas que se obtienen a partir del análisis de microfósiles o rocas sedimentarias. Estos datos permiten realizar interpretaciones sobre las condiciones del ambiente (temperatura, nivel del mar, salinidad, circulación oceánica) durante la formación de los organismos y las rocas.   |
| Mitigación ambiental                | Intervención humana encaminada a reducir las fuentes de gases de efecto invernadero para atenuar sus efectos negativos.   |
| Efecto invernadero                  | Proceso natural en el cual la radiación térmica emitida por la superficie del planeta es absorbida por los gases de efecto invernadero, provocando un aumento en la temperatura global. Es un componente esencial en la regulación del clima en el planeta.   |
| Paleoceanografía                    | Ciencia que estudia la historia de los océanos a escala geológica, enfocándose en patrones de circulación oceánica, geología, química y patrones de sedimentación.  |
| Paleoclimatología                   | Ciencia que estudia los patrones y causas del cambio climático en el pasado, con la finalidad de ofrecer información que permita entender la variabilidad climática a largo plazo para evaluar condiciones climáticas extremas.   |

## Bibliografía

Cárdenas Guzmán, G. (2018). Economía circular. Del objeto desechable a la producción sustentable. *¿Cómo ves?*, (230).

Lee, H. (2020, 23 de marzo). Un calentamiento global súbito empezó en una inundación de magma. *Investigación y Ciencia*. <https://bit.ly/3tcbAFJ>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). (2012). *Huella ecológica, datos y rostros*. México: Semarnat. <https://bit.ly/3mbL3LU>

Arantza Casas Ortiz es pasante de licenciatura en la Universidad Nacional Autónoma de México | [araco@ciencias.unam.mx](mailto:araco@ciencias.unam.mx) |

Elsa Arellano Torres es profesora en la Universidad Nacional Autónoma de México | [elsa\\_arellano@ciencias.unam.mx](mailto:elsa_arellano@ciencias.unam.mx) | ORCID 0000-0001-5237-8636

PNGWING

# Isótopos:

## las huellas digitales de los átomos

Eduardo Cejudo Espinosa, Fanny de Gante Ayora y Daniela Ortega Camacho

*Resumen: Los elementos químicos integran la base material de todo lo que existe, y son parte de diversas interacciones no solo entre ellos y el entorno, sino de las que suceden al interior de cada uno. Sus propiedades particulares obedecen a que sus átomos están agrupados en arreglos específicos, y al cambiar el número de protones, se da lugar a la aparición de los isótopos, los cuales permiten que un elemento tenga distintas particularidades sin dejar de ser el mismo, y que se le pueda utilizar en diversas aplicaciones ya sea en la medicina, en el estudio de migraciones de animales y hasta para un mejor entendimiento de los cambios en el clima.*

**Palabras clave:** agua, átomo, lluvia, peso molecular, elementos químicos.

**Maayat'aan (maya): Isótopos: beey wa u péets' k'abo'ob átomose'**

*Kóom ts'íibil meyaj: Le k'ájoola'an beey elementos químicos' u chuun tu'ux ku taal tuláakal ba'ax yaan yóok'olkaab, ku paklan meyaj'ob ma' chéen ichilubáajo'ob yéetel ba'ax bak' pachtiko'ob, tak yéetel ba'ax yaan tu ts'u jujuntúulil. Ba'ax u biilal wáaj u propiedadesil ku taalo'ob ti' bix múuch'enmúuch' u atomosil, yéetel le kéen u k'exo'ob jayp'éeel u protones, ku taasik túun u yantal isótopos, le je'elo'oba' ku cha'iko'ob u jeelpajal bix le elementoo' ba'ale' láayli' leti'e'; ts'o'oke' ma'alob uti'al ba'alo'ob jach k'a'ana'an, ku yáantaj je'elbix ti' ts'aak, ti' u xo'okol bix u bin u k'exiko'ob tu'ux ku kuxtalo'ob ba'alche'ob, bey xan uti'al k' utsil na'atik ba'axten wáaj bix u k'expajal u k'iinil ke'elil wáaj u k'iinil ja'ja'il.*

**Áantaj t'aano'ob:** ja', átomo, cháak, peso molecular, elementos químicos.

**Bats'i k'op (tsotsil): sbe chkom yu'un ch'uch'ul kuxlejal**

*Smelolal vun albil ta jbel cha'bel k'op: Li slikebal k'usi x-ayanan ta skotol banumile oy xch'uch'ultak, le'e ma'uk no'ox stinoj stsakoj sbaik xchi'uk xchi'iltake, taje snitoj stsakoj sbaik ta jujun tal te yo bu tsobolike. Yu'un li xch'uch'ul xkuxle-jale komon tsobajtik ta jchop no'ox, k'alaluk chjel yotolal skap protones sbie, ja' tey chlok' talel li isotopos sbie, ti ja' te xlok'talel skap jeltso no'ox xch'uch'ultake ak'o mi ja' o no'ox u mu xjel, ja' te xlok' talel sju'el sventa spasel k'usitik no'ox, xu' xtunan ta spasel poxiletik, ta sk'elet k'u yelan xanav batel chonbolometik ta yan osilaltik, xu' no'ox xtok sven-ta sna'el smeloal k'u yu'un ta sikub ta xk'ixnaj li banumile.*

**Jbel cha'bel k'opetik tunesbil ta vun:** yoxo', ch'uch'ul kuxlejal, vo', yalal xch'uch'ul k'usitik, xch'uch'ultak k'usitik.

Es posible que a la palabra isótopo no sea parte de nuestro vocabulario diario y que nos haga pensar en algo peligroso, dañino o hasta catastrófico por relacionarla con cuestiones de radiación, pero no es así. Se trata de átomos que son parte constitutiva de muchos componentes de la naturaleza, incluido nuestro cuerpo; es decir, que se encuentran en toda la materia que conforma el universo. Los seres humanos hemos aprovechado varias de sus características para conocer y desentrañar los misterios de la física, la biología, la química o la arqueología, e incorporarlos en procesos de la vida cotidiana. Por ejemplo, tenemos isótopos del yodo que se aplica con usos medicinales o el carbono 14 ( $^{14}\text{C}$ ) que se utiliza para determinar la edad de restos arqueológicos.

**Lo mismo, pero diferente**

Recordando las clases de química de la secundaria o bachillerato, sabemos que se han descubierto 118 elementos, agrupados en la tabla periódica, y que son el componente de toda la materia del universo, desde luego, incluidos nuestros cuerpos. Son muy distintos entre sí, y como muestra tenemos al cobre y el acero, que son duros y resistentes, en contraposición con el oxígeno, el hidrógeno y el helio, gases que no se perciben a simple vista. Sus propiedades

particulares obedecen a que sus átomos están agrupados en "arreglos específicos" que los hacen ser una cosa y no otra.

Para clarificar esta idea, conviene revisar la estructura del átomo, resaltando que es la partícula más pequeña que conserva las características de un elemento químico:

|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>Núcleo</b>     | <p><i>Protones.</i> Partículas con carga positiva; su número es fijo en cada elemento y esto lo determina; el número de protones constituye el número atómico, distinto en todos los elementos.</p> |
|                   | <p><i>Neutrones.</i> Partículas sin carga; su número puede ser variable en un elemento.</p>   |
| <b>Electrones</b> | <p>Partículas que giran alrededor del núcleo y tienen carga negativa.</p>   |

Imaginemos que tenemos una barra de oro y la fragmentamos en pedazos cada vez más pequeños; llegaremos hasta los minúsculos trozos que miden apenas unos nanómetros. Para dimensionar esta diminuta escala, consideremos que un milímetro equivale a un millón de nanómetros, y en uno solo de ellos hay todavía numerosos átomos que conservan las características del oro (79 protones), así que de algún modo siguen siendo oro.



STEVE BIDMEAD EN PIXABAY

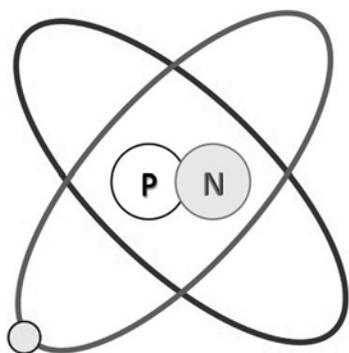
Ahora bien, los isótopos son átomos de un mismo elemento, pero con distinta masa atómica; es decir, que pueden pesar menos o más sin que se altere su número atómico o cantidad de protones. Por ejemplo, el número atómico del carbono siempre será 6, aunque habrá variaciones en su masa atómica;

en el elemento "normal" esta es de 12, ( $^{12}\text{C}$ ), y tiene como hermanos al carbono 13 ( $^{13}\text{C}$ ) y el carbono 14 ( $^{14}\text{C}$ ), que son más pesados por su mayor masa.

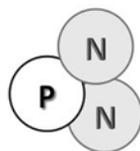
Recapitulando, los isótopos se definen como las diferentes formas que presenta un elemento químico sin dejar de serlo, y la

única diferencia entre isótopos de un mismo elemento es el peso molecular, ya que contienen neutrones en exceso o carecen de ellos. La palabra proviene del griego e integra los componentes "igual" (*isos*) y "lugar" (*topos*), así que equivale a decir "la misma forma" o "el mismo lugar" (figura 1).

Figura 1.



$^1_1\text{H}$  - Ligero



$^2_1\text{H}$  - Pesado



$A$  = Peso Atómico

$P$  = Protones

$H$  = Hidrógeno

Ejemplo de dos isótopos del hidrógeno (H). La notación química usada para representar al elemento hidrógeno (H) es la forma  $^A_P\text{H}$ , donde A representa el peso atómico, y P el número de protones. Los círculos P y N se refieren a los protones y neutrones del núcleo.

## Los isótopos en nuestro ambiente

Una vez que hemos comprendido la constitución de los isótopos, el siguiente paso es diferenciarlos, ya que en la naturaleza existen de manera estable e inestable, y ambos son de gran importancia en múltiples procesos de la biósfera que debemos comprender, por ejemplo, para cuantificar el agua que se mueve en el planeta, para estudiar la intemperización o fragmentación de las rocas, o el origen y degradación de los contaminantes, entre otros. Vale mencionar que la biósfera se refiere a la red de todos los seres vivos del planeta, con sus entornos, dinámicas y sistemas.

Los isótopos estables son formas no radiactivas de átomos; también hay formas inestables que reciben el nombre de radioisótopos, los cuales emiten radiación hasta transmutarse en una forma más estable. Lo que los estabiliza es la relación adecuada entre el número de protones y neutrones en el núcleo, el llamado "número mágico". Ochenta de los primeros 82 elementos de la tabla periódica contienen isótopos estables; destacan aquellos con

números atómicos menores a 20, puesto que mantienen una relación neutrón-protón de 1:1. Algunos ejemplos: hidrógeno, helio, carbono, nitrógeno, oxígeno, flúor, neón, magnesio, cloro y potasio.

Por otra parte, los elementos con número atómico mayor a 83 tienen solo isótopos radiactivos inestables. Estos isótopos pierden masa (protones y neutrones) y energía mediante el fenómeno llamado decaimiento radiactivo, el cual emite radiación (alfa, beta y gamma) y llega a provocar que un elemento se transforme en otro al perder protones.

La diferencia entre estabilidad y relación neutrones-protones de los isótopos en los distintos elementos en la naturaleza permite conocer y analizar fenómenos para aprovecharlos en estudios del medio ambiente, medicina, nutrición y ciencia forense. En muchas ocasiones, la cantidad de isótopos que se movilizan por reacciones físicas, químicas o biológicas, puede ser cuantificada de modo que es posible aprovecharlos, pues su huella digital indicadora permite saber cómo ocurrieron esos procesos naturales.

Un ejemplo de esto lo tenemos con los isótopos naturales del agua durante la lluvia. El principal origen del agua es el océano, el cual se evapora cerca de las costas o mar adentro; a medida que el aire mueve este vapor hacia tierra, se condensa en nubes y cae finalmente como lluvia tal vez a kilómetros del lugar de evaporación inicial. Si las nubes dejan la lluvia en la costa, como en Mérida, Yucatán, la composición isotópica del agua será muy parecida a la de las nubes y a la del mar; pero será diferente en las altas montañas, por ejemplo, en la Ciudad de México. Esto se debe a que el líquido más pesado es el que cae o se precipita primero; en cambio, el más ligero viaja tierra adentro en forma de nubes, las cuales llevan el vapor de agua que no cayó como precipitación, y se desplazan hacia otras regiones con una composición isotópica diferente de la inicial.

Tal diferencia en proporciones de isótopos estables de la lluvia se llama fraccionamiento isotópico, y es a través de este proceso y su estudio que podemos saber el origen del agua. La composición isotópica

G. ACOSTA

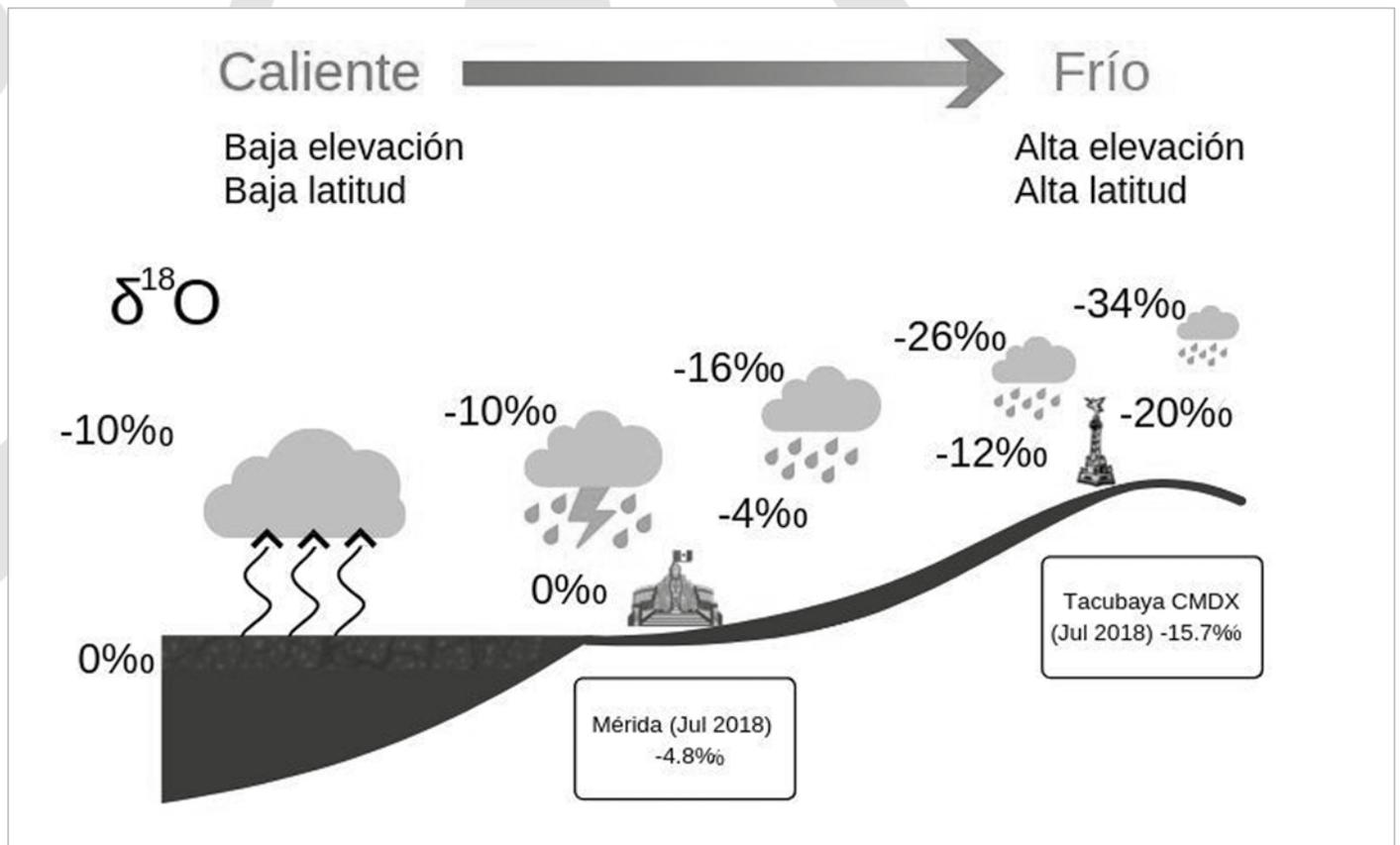


Toma de muestra de la lluvia acumulada durante un mes, la cual se utiliza para medir la composición isotópica del agua. Peto, Yucatán.

de la lluvia es el equivalente a una huella digital distintiva que se simboliza con la letra delta minúscula ( $\delta$ ) en la literatura especializada, y que se ha empleado para estudiar el movimiento del agua en diversas regiones del planeta, para conocer la recarga de mantos freáticos y determinar la explotación adecuada del agua subterránea en los acuíferos.

Los acuíferos son formaciones geológicas hidráulicamente conectadas entre sí, por las que circula o se almacena agua que puede ser extraída para su explotación y aprovechamiento. Es decir, con esta información es posible saber cuánta lluvia está realmente llenando nuestros pozos y qué cantidad es conveniente extraer del subsuelo para no agotarla. La composición isotópica del agua nos ayuda a contar con información adecuada y tomar buenas decisiones (fig. 2).

Figura 2.



Fraccionamiento isotópico del agua de lluvia en la precipitación pluvial. El agua que llueve cerca de la costa (Mérida, Yucatán) tiene una composición isotópica ( $\delta^{18}\text{O}$ ) similar a la del agua del mar. La composición isotópica de las nubes en altas elevaciones (Ciudad de México) o diferentes latitudes tiene una composición isotópica diferente, empobrecida en el isótopo  $^{18}\text{O}$  (valores más negativos). Fuente: Red Nacional de Monitoreo de la Composición Isotópica Estable y del Contenido de Tritio Ambiental de la Precipitación Pluvial, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Veamos otro ejemplo, ahora dentro de un organismo vivo. Pensemos en una planta enraizada en el patio de una casa. Necesita nutrientes para sobrevivir, crecer y reproducirse; y los nutrientes solo los puede tomar del suelo o del poco abono que le ponemos de vez en vez. En este caso, los nutrientes con isótopos ligeros son los primeros que la planta toma, pues le ocurre lo mismo que nosotros al cargar las bolsas de la despensa: nos cuestan menos trabajo las que son ligeras, y las preferimos si vamos a transportarlas una distancia considerable. Pues en el suelo pasa lo mismo, los nutrientes ligeros son preferidos sobre los pesados; son los primeros en movilizarse hacia las plantas y formar el nuevo tejido, como hojas o flores.

## Múltiples aplicaciones

Como podemos ver, los isótopos son parte de los elementos más simples que existen en la naturaleza, y los aprovechamos por sus características particulares para tareas disímiles. Podemos mencionar varios ejemplos, como el relacionado con un isótopo del hidrógeno llamado deuterio ( $^2\text{H}$ ), el cual se usa en investigación relativa al agua y a la nutrición. O bien, en la agricultura, el isótopo estable más utilizado es el nitrógeno 15 ( $^{15}\text{N}$ ) para el estudio de los agroquímicos, ya que los fertilizantes sintéticos (artificiales) tienen una composición isotópica diferente de los fertilizantes naturales, como el estiércol o el salitre. Una muestra más es el carbono 13 ( $^{13}\text{C}$ ) que se usa en la farmacología para evaluar la asimilación de medicamentos en el organismo.

## Bibliografía

Clark, I., y Fritz, P. (1997). *Environmental isotopes in hydrogeology*. Estados Unidos: CRC Press.

Red Nacional para Monitoreo de Isotopía Estable de Lluvia (RENIP) – Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). <https://bit.ly/3xiYHmH>

Kendall, C., y McDonnell, J. J. (eds.). (1998). *Resources on isotopes isotope tracers in catchment hydrology*. Amsterdam: Elsevier Science. <https://on.doi.gov/3tbjhTF>

Eduardo Cejudo Espinosa es investigador en el Centro de Investigación Científica de Yucatán (México) | [eduardo.cejudo@cicy.mx](mailto:eduardo.cejudo@cicy.mx) | <https://orcid.org/0000-0002-5779-517X>  
 Daniela Ortega Camacho es técnica académica en el Centro de Investigación Científica de Yucatán (México) | [daniela.ortega@cicy.mx](mailto:daniela.ortega@cicy.mx) | <https://orcid.org/0000-0001-6125-2146>  
 Fanny Margarita de Gante Ayora es técnica de Enlace en el Centro de Investigación Científica de Yucatán (México) | [fanny.degante@cicy.mx](mailto:fanny.degante@cicy.mx) | <https://orcid.org/0000-0002-2297-8662>



Agua de lluvia en un contenedor para evitar su evaporación. Esta estrategia de colecta permite involucrar a la comunidad en la toma de muestras con valor científico y práctico, como actividad de ciencia ciudadana. Bacalar, Quintana Roo.

Otra aplicación de los isótopos estables se observa en los estudios de migración de animales. Se ha usado el deuterio en plumas de aves para identificar su origen; también se ha estudiado la dieta de mamíferos marinos a través de sus largas travesías, así como los sitios de alimentación preferidos de animales tan disímiles como murciélagos y camarones. O para entender cómo es que nuestro clima está cambiando, las personas dedicadas a la investigación de las ciencias atmosféricas usan los isótopos del carbono para determinar cuánto dióxido de carbono entra y sale de cada reservorio,

como el suelo, los bosques, los manglares y las industrias.

Muchos otros isótopos estables están utilizándose cada vez con más frecuencia, y esto nos ayuda no solo a entender mejor muchos de los procesos de la naturaleza, sino a facilitar diversos aspectos de la vida cotidiana. 

# LEYENDO EL SUR

## Universidad y heterodisidencia

Esta sección está dedicada a la presentación de las novedades de Libros ECOSUR. Es el turno de El significado de la universidad desde la experiencia LGBT. ¡Conócelas!

**Maayat'aan (maya): Noj naajil xook yéetel u jela'an tuukuil uti'al u yéeyik u nuup wíinik**

*Ti' le jaatsa' kek ts'áaik k'ajóoltbil wajayp'éel túumben áanalte'ob ti' u catálogoil Áanalte'ob ECOSUR, le meyaj Ba'ax le noj naajil xook ichil u kuxtal máaxo'ob LGBT. ¡Ka k'ajóolto'ob!*

**Bats'i k'op (tsotsil): Sna'benal stekel k'usitik oy ta patil xokonil xchi'uk smelolal k'u yu'un oy yan snopbenal vinik ants ta xa'i sba ta stuke.**

*Ta yilobil li'e ta xkak'kutik ta ilel ach' vunetik oy ta yilobil vun yu'un ECOSUR, ja' te oy K'usi na'bil chanbil ta skoj spasel li abtele LGTB. ¡Ojtikino!*



### El significado de la universidad desde la experiencia LGBT

Arturo Gerardo Ruiz Utrilla

El Colegio de la Frontera Sur,  
Benemérita Universidad  
Autónoma de Puebla

#### Formato:

📖 Impreso: 978-607-8767-57-1  
📱 Epub: 978-607-8767-61-8

#### Tipo de obra:

Libro académico de coyuntura

#### Serie/s:

- 👤 Género, salud y dinámicas poblacionales
- 👤 Cultura e identidades
- 📖 Libros electrónicos

#### Público al que va dirigido:

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

“Todas las personas somos presas, pero también vigilantes, jueces y verdugos. Las matrices sociales de control y opresión siempre se encuentran presentes, tal como la *matrix* por medio del *agent*, como una potencia latente que se activa ante la programación, que toma los cuerpos, los posee y, por medio de estos, reacciona y opera”.



## Objetivo de la obra

Estudiar el significado de la universidad por medio de la exploración y análisis de la experiencia de estudiantes heterodisidentes, a través de las categorías de violencias y resistencias.



## ¿Cómo se obtuvo la información?

La obra es resultado del trabajo de investigación doctoral del autor, quien para generar la información recurrió a las entrevistas en profundidad y grupos focales, y luego se aplicaron herramientas de análisis.

## ¿Por qué debemos leerlo?

Aporta una visión sobre la construcción social de la universidad desde la perspectiva de estudiantes con sexualidades no hegemónicas, y busca responder interrogantes sustantivas: ¿qué violencias existen en ese ámbito y cómo se afrontan? ¿Cuál es el rol de la universidad en este entramado complejo de vulnerabilidades?

## Tres datos relevantes

 La abundante información de la obra integra aspectos relacionados con ámbitos filosóficos apoyados en Heidegger, Foucault y Butler.

 Se incluyen interpretaciones ligadas al film *The Matrix*, con lo que se traspasan las convenciones y se brinda otro enfoque de comprensión a los fenómenos reportados.

 El autor realiza una aportación conceptual mediante la categoría LGBT-Discriminación (LGBT-D) para el estudio de las violencias de género.

El libro nos acerca a realidades tan dolorosas como la de una persona gay que confesó haber deseado ser el único estudiante en su salón de clases, después de recordar y contar las formas de vejación que vivía de forma sistemática.

## Distinciones

La obra deriva de una tesis de posgrado, dirigida por Angélica A. Evangelista García, la cual recibió mención honorífica a la mejor tesis del año 2021 del Premio Jan de Vos.

Información brindada por Arturo Gerardo Ruiz Utrilla

**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)

# El futuro de los hongos



LILIA MORENO

## Conversación con José Ernesto Sánchez Vázquez\*

Elena Anajanci Burguete Zúñiga

*Resumen: José Ernesto Sánchez, académico de ECOSUR, aborda en entrevista que, independientemente de las levaduras, los seres humanos tienen poco tiempo de conocer la gran diversidad de hongos y de aprovechar sus cualidades medicinales o nutritivas. Se considera que existe más de un millón de especies, aunque apenas se ha estudiado el 5% de ellos, así que la mayor parte de su potencial aún está por descubrirse.*

\* Extracto de la entrevista transmitida en mayo de 2022 en "Voces de la ciencia desde el sur", [www.radiodelcolmich.com](http://www.radiodelcolmich.com)

## Maayat'aan (maya): Kuuxumo'ob wáaj hongos uti'al jantbil yéetel uti'al ts'aak. Tsikbal yéetel José Ernesto Sánchez Vázquez

*Kóom ts'íbil meyaj: José Ernesto Sánchez, juntúul u ajka'ansajil ECOSUR, ku tsibaltik to'on ichil le tsikbal k'atchi'il junpay le levaduras'obe', ma' úuch k'ajóolta'ak tumen wiiniko'ob yaan ya'ab u jejeláas ch'i'ibalil kuuxumo'ob yéetel bix u k'a'ana'ankunta'al uti'al meyaj ts'aak wáaj uti'al jantbil. Ku tukulta'ale' yaan máanal jump'éeel millón ch'i'ibalilo'ob, ba'ale' chéen ts'o'ok u xo'okol u 5%, lebetik ma' béeyak u kajóolta'al u jach k'a'ana'anil.*

## Bats'i k'op (tsotsil): Jchop yuyetik chechevetik stak' lajese xchi'uk ja' poxiletik. Ja' ta xk'opoj ta xlo'ilaj Ernesto Sánchez Vázquez

*Smelolal vun albil ta jbel cha'bel k'op: José Ernesto Sánchez, jchanvun ta ECOSUR, ja' ta xal slo'il a'yej ti ma'uk no'ox oy slekila' li itajetike, jutuk to ojtikinbil k'u to yepal oy ta chop li yuyetik chechevetike sk'an to na'el k'uxi xtun lek ku'utik sventa xpoxtael chameletik xchi'uk yojtikinel sju'elale. Ch-ech' to la ta jun millón ta chop yuyetik chechevetik taje, pe ja' to no'ox chanbil ojtikinbil vo'ob ta chop ta skotol, jech o xal sk'an to xvinaj lek sju'elale*

Tan cotidianos como desconocidos y misteriosos, los hongos son pieza clave en el equilibrio ecosistémico. Conforman el reino Fungi, uno de los conjuntos en los que se clasifican las formas de vida en la naturaleza, junto con los reinos Animalia (animales), Plantae (vegetales), Monera (bacterias y arqueas) y Protista (protozoarios y algas). Los hay de tamaño microscópico o macroscópico, y como podemos suponer, estos últimos son los más conocidos, pues incluyen especies comestibles que son una fuente de compuestos bioactivos con propiedades funcionales e incluso medicinales, y algunos son un alimento tradicional en México desde la época prehispánica. Son organismos muy valiosos y de ello trata esta entrevista con José Ernesto Sánchez Vázquez, investigador del Departamento de Ciencias de la Sustentabilidad en El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad Tapachula.

### ¿Cómo surge tu interés por estudiar los hongos?

Desde que realicé el doctorado en Ciencias Alimenticias empecé a incorporar el tema de la levadura en mis estudios; se trata de unos hongos microscópicos y unicelulares que pueden fermentar sustancias, y que desde tiempos antiguos intervienen en la elaboración de cerveza, vino y pan. Luego, mis primeras investigaciones fueron sobre las levaduras de la fermentación del cacao, y posteriormente me enfoqué en el análisis de los residuos de la agricultura para la producción de hongos comestibles.

### ¿Qué son los hongos?

Los hongos constituyen un vasto reino de la naturaleza llamado Fungi. Su número de especies es inmenso en comparación con el de las plantas. Algunos son minúsculos, como los que crecen en las tortillas, el pan y la hojarasca, y otros son más grandes, como los que brotan del suelo o los árboles y semejan sombrillas, abanicos, costras o nidos; los hay que son parásitos de árboles y plantas, mientras que otros favorecen su desarrollo al formar asociaciones llamadas micorrizas que benefician a ambos. En ECOSUR trabajamos especialmente con los macromicetos, es decir, los que

se ven a simple vista. Al respecto, habría que decir que la mayoría de ellos también presentan una etapa microscópica al inicio de su desarrollo.

### ¿Cuáles son o cómo se clasifican los macromicetos?

Son bastante diversos. Existen clasificaciones académicas basadas en las caracterís-



JOSE E. SANCHEZ

ticas de las células de estos organismos o en otros aspectos de su biología, pero en cuanto a su uso práctico podemos agruparlos en los comestibles, los de ornato e ino-cuos, los venenosos o tóxicos, los que son patógenos de plantas o animales, e incluso los medicinales, por ejemplo, el que popularmente se conoce como seta tiene en su composición química sustancias que ayudan a controlar el colesterol. Todos cumplen una función muy importante en la naturaleza: la de reciclar la materia orgánica. En este sentido, se dice que los hongos descomponen la materia, aunque en realidad solo se nutren, y al hacerlo, incorporan algunos elementos a sus células: minerales, nitrógeno y carbohidratos, para convertirlos en componentes celulares más complejos (es decir, proteínas, ácidos nucleicos y otras sustancias), que quedan disponibles para otros organismos que se alimentan de estos hongos, entre ellos los seres humanos. Entonces, los hongos contribuyen a completar el ciclo del carbono, del nitrógeno y de todos los minerales, y así la vida sigue.

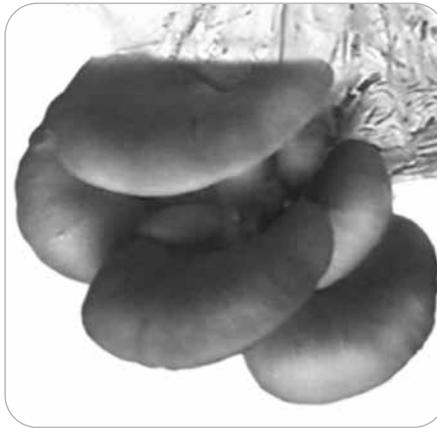
### ¿Cuántas especies podemos encontrar?

Hay mucha discrepancia, pero se cree que existe alrededor de millón y medio de especies de hongos, aunque solo son estimaciones. La verdad es que a nivel mundial se ha estudiado acaso el 5%; es decir, que se desconoce el 95% y ni siquiera han sido reportados.

### ¿Qué importancia tienen los hongos comestibles?

Hay gente que conoce muy bien los hongos silvestres comestibles y los cosechan en el campo durante la época de lluvia. Sobre todo sucede en áreas rurales en las que esto es parte del conocimiento tradicional, como en los alrededores de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, Ciudad de México y en varias entidades más. Hay otra parte de la población, en general de espacios urbanos, que les temen por creer que todos son venenosos, aunque prácticamente la mayoría de los mexicanos conoce los hongos

JOSE E. SANCHEZ



Seta, *Pleurotus ostreatus*.

JOSE E. SANCHEZ



Cuitlacoche o huitlacoche.

comestibles cultivados, como el champiñón, la seta (*Pleurotus ostreatus*) y el cuitlacoche o huitlacoche. Su consumo varía según la región, pues los hongos necesitan de condiciones determinadas para crecer, como el clima templado y el mantillo del bosque, lo cual no se encuentra en las costas, pero sí en zonas más altas o boscosas.

Por otra parte, estos organismos tienen más proteína que la mayoría de los vegetales, y 90% de humedad; así que en materia seca su contenido de proteínas es alto y al comerlos frescos lo que más consumimos es agua. La proteína de los hongos se parece más a la de origen animal que a la vegetal, lo que los hace más nutritivos, además de que contienen diversas vitaminas, como el complejo B y la vitamina D. Y hay que resaltar que son bajos en gra-

sa, apenas tienen entre 5 y 6%. Por eso son saludables para las personas con problemas de colesterol; y como son bajos en sales, tienen más potasio y no tanto sodio, son ideales para la gente con problemas cardíacos.

### ¿Cómo podemos identificar un hongo tóxico?

En esto hay que tener mucho cuidado porque se requiere de conocimiento previo. No hay regla general o método que permita conocer si un hongo es venenoso, tóxico, alimenticio o medicinal. Es algo que se ha transmitido de generación en generación desde que la humanidad se dio cuenta de que podían ser comestibles; todo este tiempo ha sido prueba y error. Lo mismo sucede con las plantas, por ejemplo, aprendimos a comer frijol, pero esto no quiere decir que nuestros antepasados supieran desde el principio que todas las plantas que crecen con vaina son comestibles. La enseñanza y el aprendizaje tradicionales son la clave, y es lamentable que parte de esta riqueza se esté perdiendo con el desarrollo de la civilización occidental.

### ¿Los hongos se pueden cultivar en casa?

Los hongos comestibles pueden cultivarse tanto en el exterior como en el interior; en un sótano, garaje o área cubierta del jardín, donde el espacio sea húmedo y ventilado, pero sin corrientes de aire. Hay varios tipos y se generan de distintas formas. Por ejemplo, el cuitlacoche se puede cultivar, pero necesita de la planta de maíz. Otros crecen sobre materia muerta, como troncos, ramas y hojas, residuos de pasto, paja o desechos de cosecha. La seta a la que se le llama "oreja" se desarrolla también sobre materia residual de la agricultura, por lo tanto puede cultivarse pasteurizando y esterilizando los elementos que le sirven de sustrato, y así se reducen o eliminan los contaminantes del material donde se encuentran. El champiñón crece sobre sustratos más elaborados, aunque la tecnología



JOSÉ E. SÁNCHEZ

*Pleurotus djamor*

ha avanzado tanto que ya es posible producirlos de forma parecida a las setas. Otros que también son comestibles no se pueden cultivar ni hacer crecer en laboratorio, pues viven en relación directa con árboles vivos con los que intercambian nutrientes a través de las raíces; esto ocurre, entre otros, con algunos del género *Boletus*, que tienen muy buen sabor.

### Háblenos de los hongos medicinales

Actualmente hay muchas investigaciones para aprovechar mejor las cualidades de los hongos en la dieta humana y en la medicina alópata. Al parecer algunos podrían ser beneficiosos en el tratamiento del Alzheimer, mientras que otros contrarrestan los problemas inflamatorios y el colesterol, o mejoran el sistema inmune y el ritmo cardíaco.

La humanidad empezó a domesticar el reino vegetal hace 10 mil años, y las plantas nos han proveído de casa, vestido y enseres para una vida confortable. En cambio, nuestra relación con el poco conocido reino de los hongos no ha sido tan larga ni tan intensa; quizá se empezaron a cultivar en el año 600 d. C., y me refiero a los macroscópicos, porque las levaduras tienen más tiempo de ser aprovechadas y estudiadas. El potencial de estos maravillosos organismos es muy grande. Incluso

se habla de materiales basados en hongos que podrían sustituir al cuero o las telas; en la nanotecnología se proyectan componentes a partir de ellos para almacenar energía, y en la medicina se utilizan compuestos generados y producidos por hongos, denominados biofármacos.

### ¿Qué investigaciones se realizan actualmente en ECOSUR?

En colaboración con colegas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INEFAP) contamos con un proyecto en el que se utilizan metabolitos de varios hongos comestibles —sustancias producidas y a veces excretadas por los hongos debido a su metabolismo— para controlar las diarreas causadas por nematodos en ovinos, es decir, borregos. Estos parásitos cumplen una parte de su ciclo en el aparato digestivo de los bovinos provocándoles diarreas e incluso la muerte. Al respecto, sabemos que muchas especies comestibles, entre ellas las del género *Pleurotus*, producen metabolitos que pueden contra-

rrestar esos efectos nocivos, e inclusive el sustrato degradado en el que se cultivó el hongo se puede procesar para suplementar la comida del ovino y combatir a los nematodos.

Por otra parte, estudiamos el uso de metabolitos fúngicos. Los hongos, sobre todo los que crecen sobre la madera, cuentan con un tipo de enzimas llamadas ligninolíticas, que justamente degradan la lignina. La degradación es el proceso mediante el cual la materia se va descomponiendo en fragmentos o moléculas más pequeñas; y la lignina es un componente de los tejidos de las plantas que se degrada difícilmente, salvo por la acción de los hongos. La importancia de esto radica en que las moléculas de la lignina tienen similitud con las de compuestos tóxicos contaminantes, como fungicidas, insecticidas, herbicidas o contaminantes emergentes. Estos últimos son difíciles de degradar y dado que se utilizan ampliamente, se encuentran siempre en las aguas residuales; entre ellos se encuentran el ácido acetilsalicílico (aspirina), la cafeína y los antiinflamatorios o medicamentos contra el dolor. Pues bien, reiterando que la estructura de dichas sustancias es parecida a la lignina, entonces las enzimas de ciertos hongos podrían ayudar a descomponerlas y reducir su efecto contaminante.

### ¿Cuál es el futuro de los hongos?

El potencial que tienen los hongos es enorme. Apenas empezamos a conocerlos. A nivel mundial se cultivan unas 14 mil plantas, mientras que los hongos no pasa de un centenar. ¡Y hay cinco veces más hongos que plantas! Definitivamente hay mucho por investigar y conocer. Afortunadamente, el futuro es muy prometedor. Sin menospreciar su valor alimenticio, esperamos que se desarrollen nuevos fármacos, nuevos nutracéuticos, nuevos materiales sustitutos de piel, tela, papel y plástico, nanoestructuras para conservar energía, por citar algunos casos actualmente en investigación. ☘



JOSÉ E. SÁNCHEZ

*Pleurotus eryngii*

# Remembranzas de una visita inesperada

Mikhail Sokolov y Francisco Infante



Auto sedán modelo Tatra T87, similar al que utilizaron Jiri Hanzelka y Miroslav Zikmund en su viaje por Centroamérica y México. El auto estaba propulsado por un motor V8 de 2.9 litros montado en la parte trasera que producía 85 caballos de fuerza; podía alcanzar velocidades de 160 km/h y rendía hasta 8 km/l de gasolina. El diseño de su carrocería lo convirtió en uno de los más famosos del mundo, e influenció a Ferdinand Porsche en la creación del Volkswagen Beetle; estuvo a cargo de Paul Jara, quien también creó los dirigibles alemanes Zeppelin. La carrocería incluye una aleta en la parte trasera que ayuda a reducir la resistencia del aire, técnica que más tarde se usaría en los aviones.

*Ver escrito el nombre de la ciudad del sur de México donde había vivido durante varios años, fue el inicio de un recorrido literario para Misha, quien en compañía de Francisco siguen a dos europeos que 75 años atrás realizaron un largo trayecto para revisar las capacidades técnicas del automóvil checo Tatra. Ese viaje unió imaginariamente a Rusia con México y describe el modo de vida en Tapachula después de la Segunda Guerra Mundial.*

## **Maayat'aan (maya): K'a'ajsajil jump'éeel xiímbal ma'atáan u pa'ata'al ka'achil**

*Ka tu yilaj ts'íibta'an u k'aaba' le noj kaaj yaan tu nojolil u noj lu'umil México tu'ux kaajlaj ya'ab ja'abo'obe', leti' ka chuun beey jump'éeel xiímbalil ichil tsikbal ts'íibo'ob uti'al Misha, máax láak'inta'an tumen Francisco ku bino'ob tu paach ka'atúul tsuulo'ob europailo'ob, máako'ob máanal 75 p'éelel ja'abo'obak tu xiímbalto'ob jump'éeel chowak beej uti'al u yiliko'ob wa ma'alob u meyaj le coche República Checa Tatra. Le xiímbalilo' tu beetaj beey wa nuupa'an Rusia yéetel México, yéetel ku tsolik bix u kuxtal máak ka'achil tu noj kajil Tapachula ka ts'o'ok u ba'ate'il segunda guerra mundial.*

## **Bats'i k'op (tsotsil): Xtal ta jolil k'alaluk ay ta vu'lal mu'yuk bu snopoj ta spas**

*K'alaluk laj yil tsakal sbi jteklum oy ta yolon yosilal México, te yo bu ech' ta naklej ep jabile, Li Misha ja' te sliques yabtel ta sk'elel sts'ibael vUNETIK, xchibalik xchi'uk xchi'il Francisco la xchi'inik batel cha'vo' jch'iel jk'opojeletik talemik ta namal banamil europa, taje yech'el xa ox vo'lajuneb xchanvinik sjabilal, ti nom ixanavik batel sventa sk'elik stsatsal sju'elal skaroik checo Tatra. Li jxanviletike te nitik tsakal kom ta sna'benal sjol yo'ontonik Rusia xchi'uk México xchi'uk ta xal xtok k'u yelan stalel xkuxlejal yu'unik ta Tapachula sje-lavel xcha'kojal muk'ta leto ech' ta banumile.*

Después de trabajar durante 15 años en El Colegio de la Frontera Sur en Tapachula, Chiapas, Mikhail (Misha) regresa a Moscú, ciudad que lo vio nacer y donde ha pasado la mayor parte de su vida. En una de esas frías noches de invierno, releendo algunos libros de la biblioteca que le había heredado su padre, llega a un libro bellamente ilustrado de siete gruesos volúmenes. Se trata de una obra que narra los viajes de dos europeos, entre 1947 y 1950. Misha ya conocía ese libro desde su infancia, pero ahora tenía otro significado, pues uno de los volúmenes contenía información sobre ciudades de América Central y México, una región que ahora Misha conocía bastante bien. Su asombro llegó al límite cuando leyó la palabra Tapachula. Leyó el texto con entusiasmo y nostalgia y pensó que sería interesante hacérselo saber a sus amigos mexicanos.

Al día siguiente llamó a Francisco y estuvieron conversando sobre el tema por mucho tiempo. Así surgió la idea de elaborar esta narrativa que sintetiza el paso de esos viajeros por el sur de México. Pensaron que dar a conocer este viaje, que es totalmente desconocido para los habitantes de la región, despertaría mucho interés. Aunque el presente texto está basado en el libro de los viajeros, la narrativa, interpretaciones y puntos de vista, son propios de los autores de este manuscrito.

## El propósito de los viajes

El volumen que hace referencia a México lleva como título *Entre dos océanos*. Los autores son Jiri Hanzelka y Miroslav Zikmund, dos ingenieros checos. Su viaje por África, América del Sur, América Central y México había sido financiado por la compañía de autos checa Tatra, para que probaran el modelo Tatra T87. El propósito era estudiar las capacidades técnicas del automóvil en diferentes condiciones climáticas, a distintas altitudes y en diversos tipos de carreteras y en terracería. De manera secundaria se exploraba el estudio de mercados para vender productos checos, en particular automóviles

y motocicletas. Se consideraba importante establecer una red de representaciones en países con los que Checoslovaquia tenía poco o nulo comercio, pero que podían ser mercados potenciales para la exportación. Los resultados de la expedición superaron significativamente los objetivos técnicos y comerciales, y se convirtieron en un estudio a gran escala de geografía, naturaleza, economía, historia, sociología y etnografía de diferentes pueblos.

Hanzelka y Zikmund visitaron lugares tan remotos que a veces eran los primeros extranjeros que los lugareños miraban en su vida. Después de sus viajes escribieron cientos de reportajes, varios libros, y publicaron miles de fotografías y varios documentales. Sus libros se traducirían a numerosos idiomas. Ellos llegaron al continente americano por Buenos Aires, Argentina, a mediados de 1948. De ahí pasaron a Brasil y demás países. Ingresaron a Centroamérica a través de Panamá, a donde arribaron por mar. Desde allí, el camino continuó por tierra. Condujeron por Costa Rica, Nicaragua, Honduras, El Salvador y Guatemala. Su primera ciudad en México fue Tapachula, Chiapas.

## En las puertas del Suchiate

Antes de llegar a la frontera, los viajeros sabían que México y Guatemala no estaban unidos por carretera. Así lo indicaban los mapas. Una raya blanca se extendía hasta el azul del océano Pacífico con una advertencia en inglés: "*Automobile travel not recommended south of Comitán*" (*No se recomienda viajar en auto al sur de Comitán*). Un vistazo al mapa indicaba la interrupción de la carretera, y recordaron a un gringo que conocieron en Costa Rica, quien les había advertido: "Lo peor está en México antes de la frontera con Guatemala. Los mexicanos construyeron su carretera en el norte y Guatemala se unió con México en el sur". Apenas unas semanas antes, en El Ocotil, había tenido lugar un hecho histórico en presencia del presidente de México. Este país había terminado la carretera panamericana desde su frontera con Estados

Unidos hasta Guatemala. Sin embargo, los mexicanos no pudieron estrechar la mano de sus vecinos del sur porque no había una calzada similar por la que los guatemaltecos hubieran podido llegar a la celebración.

La entrada a México por Tapachula parecía la única opción. Para hacer más dramática la situación, poco antes de los límites con México, el auto se averió y ya no avanzó más. Un amable señor llamado Julio Cajas, chofer de una camioneta Chevrolet, se detuvo para ayudarlos. Por supuesto que se convirtió en su amigo, a quien a menudo recordaban con mucho cariño y respeto.

## Llegando a la "Perla del Soconusco"

Los viajeros acaban de ingresar a territorio mexicano. Se encuentran en el rincón más al sur de este país. No hace mucho se despidieron de Julio y todavía están impresionados por su amabilidad y el fantástico paisaje de Guatemala.

El problema de entrar por Tapachula era la falta de comunicación por carretera con el resto del país; ese vacío se sorteaba por barco o tren. Los funcionarios de la aduana en Talismán fueron muy corteses, pero sus rostros estaban confundidos con el carnet internacional. Era la primera vez que tenían un documento así en sus manos. Después de horas de discusión, acordaron que pagarían un permiso de entrada especial. Ya cansados por la cantidad de trámites que había que cumplir, pudieron finalmente ingresar al país y enfilarse hacia la ciudad.

Son las cinco de la tarde en Tapachula. El sol es ardiente todavía. El calor ya ha aminorado un poco y la gente empieza a desperezarse después de una corta siesta. Por las calles del centro aparecen los lustrabotas, los comerciantes de elotes, entre muchos otros vendedores callejeros. A lo lejos se ve el impresionante volcán Tacaná, que parece observar todo de manera silenciosa. En las tiendas se ofrecen camisas, pantalones de lino, sombreros y muchas cosas más, pero comprar en establecimientos

no es tan divertido como hacerlo en la calle. Al momento de comprar y durante el regateo de precios, el acento con el que hablan delata a los clientes extranjeros. El español de los checos suena más apacible, suave y melodioso, según dicen. El aroma de café tostado inunda las calles y se mezcla con el olor del sudor humano. Llama la atención la gran cantidad de personas con ropa raída y descolorida. Gente que deambula sin ir a ningún lado. Desde las puertas abiertas de un restaurante suena una guitarra melancólica entonando una melodía típica, como reafirmando la pertenencia al país azteca.

Los trámites para trasladar el carro continuaron en los días subsiguientes. Muchos de esos trámites tenían que iniciar en la estación del ferrocarril, en cuyas inmediaciones la vida lleva un ritmo más rápido, aunque también hay más holgazanería y tambaleo sin rumbo. Las personas se sientan en sacos, cajas y bolsas. La gente ociosa pareciera envidiar a todos los que están ocupados en algo. Hay quienes invirtieron su modesto capital en botellones para preparar aguas frescas en un balde con un trozo de hielo, y corren por la plataforma de la estación del tren ofreciendo limonada para tratar de recuperar lo invertido.

Al detenerse frente a la estación del tren, una multitud se reunió alrededor de los viajeros y su auto. Decenas de pares de manos fuertes se acercaron al equipaje ofreciéndose a cargarlo. De veinte bocas salieron las palabras: "Te llevaré al mejor hotel, puedo lavar y planchar tu ropa". "¿Necesitas embarcar el coche en el tren? ¿Ir a la aduana? ¿O quieres saber en qué parte de Tapachula están las chicas más guapas?". Era difícil entender tantas voces y ojos, distinguir a los honestos de los estafadores, ¿cómo dar la oportunidad de ganar a uno y decepcionar a veinte? Una corazonada les hizo elegir a un muchacho que por alguna razón sobresalía. Llevaba sombrero, como los demás, pantalones de lino, como los demás, era joven como los demás, pero sus ojos brillaban y

despertaban confianza. "Alfonso Ramírez, a sus órdenes", dijo, mientras saludaba con la cabeza y mostraba dos filas de dientes prominentemente blancos. Cinco minutos después, Alfonso ya sabía para qué se le había contratado. "Por hoy no hay nada que hacer", dijo; "porque ya todo está cerrado. Debemos empezar mañana por la mañana". ¿Y qué pasará mañana? "Primero, a la oficina de mecanografía. Allí deben completar todos los cuestionarios, unos quince. Luego a la municipalidad, la administración de la ciudad. Allí se les debe dar permiso para cargar el coche. Luego a la policía. Un permiso de nuevo. Luego a la aduana". ¿Cuánto tiempo se tarda en llegar a Veracruz? "Considérenlo en diez o quince días señores".

Después de varios días, al finalizar todos esos trámites, había una palabra que retumbaba constantemente en el cerebro de los viajeros: ¡Mañana, mañana! Nuevamente, esta palabra fatal sobrevolando toda la América Latina. La palabra más común en todo el continente, decían. Alfonso, ya cansado de tanta quejumbre les contestó: "¡No se preocupen, europeos! ¿Por qué están ustedes apurados? ¿Por qué siempre tienen prisa? Después de todo, mañana es el día, mañana es la esperanza. Y mañana también es una mañana. ¿No suena bonito?".

## El viaje por el sur de México

Después de Tapachula, Hanzelka y Zikmund enfilaron hacia Veracruz con el auto montado en el tren. Durante su estancia en el país visitaron ciudades y poblados de Chiapas, Estado de México, Guerrero, Oaxaca, Quintana Roo, Veracruz, Tabasco y Yucatán. Pasados varios meses, los dos amigos se separaron en la Ciudad de México. Hanzelka voló a Praga y Zikmund fue a Veracruz con el auto. Tras superar muchas dificultades burocráticas en varios puertos y cambiando tres veces de barco, llegó al puerto de Gdynia, Polonia, tres meses después. Finalmente, en noviembre de 1950, llegó también a Praga. ¡Hogar, dulce hogar!

## Epílogo

Miroslav Zikmund y Jirí Hanzelka se conocieron como estudiantes. Se graduaron en 1938 y desarrollaron un plan para viajar por los cinco continentes. Pero comenzó la Segunda Guerra Mundial y aplazaron su plan hasta 1947. Hanzelka tenía entonces 27 años y Zikmund 28. Después de viajar juntos por cerca de 100 países de Europa, África y América, se establecieron nuevamente en Checoslovaquia y escribieron las vivencias de sus viajes en varias obras, con un lenguaje imaginativo y humor ligero. Debido a que ambos apoyaban el movimiento que dio origen a la Primavera de Praga, fueron perseguidos y expulsados de la unión de escritores checoslovacos. Ambos permanecieron desempleados por mucho tiempo y sus libros no se publicaron sino hasta después de 1969.

Atravesaron por una época difícil en la cual Hanzelka trabajó como jardinero y fogonero por algún tiempo. Zikmund tuvo mejor suerte y logró hacer varios viajes a Japón, Australia, Sri Lanka y las islas Maldivas. Con la caída del socialismo en Checoslovaquia, sus libros comenzaron a publicarse y se volvieron autores muy populares. Sus obras se tradujeron a 11 idiomas convirtiéndose en *best sellers*.

Como Europa quedó en ruinas después de la Segunda Guerra Mundial, la mayoría de la gente de los cinco continentes perdió la oportunidad de viajar durante muchos años; en esta situación los libros de Hanzelka y Zikmund pasaron a ser una ventana abierta al mundo.

Hanzelka falleció el 15 de febrero de 2003 en Praga, pero Zikmund continuó narrando las vivencias de sus viajes por mucho tiempo más; por su trabajo de explorador y escritor, recibió un doctorado honoris causa y la medalla al mérito de la República Checa. Murió el 1 de diciembre de 2021 a la edad de 102 años. 



## Conflictos entre mundos. Negación de la alteridad, diferencia radical, ontología política

Federico Valdés Bize, Romina Martínez Velarde, Mariana Borja Hernández, Fernando Limón Aguirre, Alberto Vallejo Reyna, Omar Felipe Giraldo

Esta obra colectiva hace suyo el programa de la ontología política y los conflictos ontológicos propuesto por Mario Bleser, Marisol de la Cadena y Arturo Escobar, para analizar con detalle etnográfico cuatro experiencias en México y Guatemala. Así, el libro expone cómo en muchos conflictos asociados a las inversiones de gran capital, la gestión territorial del Estado nación o el extractivismo científico, no hay siempre un acuerdo sobre lo que está en juego durante dichas intervenciones. Construir una civilización pluriversal capaz de desterritorializar las certezas e inercias de cada mundo, mientras permite la territorialización de los mundos con los cuales se encuentra, es parte de la propuesta contenida en sus páginas.

### CONFLICTOS ENTRE MUNDOS

Negación de la alteridad, diferencia radical, ontología política

Omar Felipe Giraldo

Coordinador

Federico Valdés Bize  
Romina Martínez Velarde  
Mariana Borja Hernández  
Fernando Limón Aguirre  
Alberto Vallejo Reyna



## Cartografías de la subalteridad migratoria: bestialización, inhumanidad y contrahegemonía en la frontera México

Sergio Prieto Díaz

Este libro es un paso más en el largo camino para resarcir la deuda histórica que la humanidad tiene con las personas migrantes. Provee una mirada directa y amena, profundamente humana a las complejidades de la migración indocumentada en el mayor corredor migratorio del mundo: México. A través de un viaje histórico, social y cartográfico, la figura de la persona migrante indocumentada será despojada de su contemporaneidad para ser interpretada como "nueva" subalteridad migratoria, continuidad de barbarie, esclavitud y más. Superando esta construcción tendente a la inhumanidad, el libro atiende a las manifestaciones de resistencia de estas personas, recuperando experiencias y conocimientos a través de metodologías de mapeo crítico. De esta forma, la obra espera cimbrar la marginación histórica a la que han sido orillados quienes migran, poniendo en el centro de la discusión su voz y sus propios conocimientos.



Cartografías de la subalteridad migratoria:

bestialización, inhumanidad y contrahegemonía en la frontera México

Sergio Prieto Díaz

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)

