

# ROEDORES Y ZOONOSIS EN CALAKMUL

César R. Rodríguez-Luna, Eduardo E. Palomo-Arjona y Carlos N. Ibarra-Cerdeña\*

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav) Unidad Mérida, Departamento de Ecología Humana, Laboratorio de Ecología y Zoonosis. Mérida, Yucatán, México. cesar.rodriguez@cinvestav.mx (CRR-L), eduardo.palomo@cinvestav.mx (EEP-A), cibarra@cinvestav.mx (CNI-C).

\*Autor de correspondencia

Los bosques tropicales del sureste mexicano son muy importantes por su gran biodiversidad, su contribución a la calidad del aire, provisión de agua, su acervo biocultural y por los recursos naturales que ofrece. Sin embargo, en ellos también se presentan algunos riesgos, como la exposición a agentes infecciosos transmitidos por la fauna silvestre.

La Selva Maya es el macizo continuo de bosque tropical más extenso en México, abarcando regiones de los estados que conforman la Península de Yucatán: Campeche, Yucatán y Quintana Roo. En esta región, existen diversas Áreas Naturales Protegidas que resguardan la integridad del ecosistema. Entre ellas, la Reserva de la Biosfera Calakmul, al sureste de Campeche, destaca por ser la de mayor extensión, protegiendo 723,185 hectáreas de este tipo de vegetación, aproximadamente. Además, cuenta con características muy particulares: la vegetación es una mezcla de selvas altas y medianas con selvas bajas temporalmente inundables y vegetación acuática; es una región de alta diversidad de animales silvestres, especialmente de mamíferos, que incluye seis de las siete especies de marsupiales registrados en el país, dos de los tres primates, cinco de los seis felinos, 47 especies de murciélagos y 19 de roedores. Por otro lado, en relación con la presencia humana, dentro de la gran extensión geográfica de la reserva se encuentran al menos 37 localidades, con una población humana estimada en alrededor de diez mil habitantes, lo que representa cerca del 30% de la población total del municipio de Calakmul, donde fue decretada en 1989.

Las características antes mencionadas hacen que la Reserva de la Biosfera Calakmul sea una región en la que los habitantes locales viven inmersos en el bosque tropical, donde también desarrollan parte de sus principales actividades económicas y productivas. Por lo tanto, los habitantes de la región tienen una relación cotidiana muy estrecha, de interacción y contacto directo, con las especies de plantas y animales silvestres que habitan ahí. Esta dinámica de interacción expone a las personas y animales a agentes infecciosos (patógenos) que pueden provocar enfermedades que, por ser causadas por patógenos de la fauna silvestre, se les conoce como zoonosis.

Las zoonosis son enfermedades que pueden transmitirse de los animales a los seres humanos, o viceversa; los patógenos causantes pueden ser virus, bacterias, parásitos u hongos. Las vías de transmisión pueden ser por contacto directo entre animales y personas (por ejemplo, por consumo de carne fresca). También se puede dar por contacto indirecto en zonas compartidas por personas y animales (por ejemplo, por contacto con orina o heces de animales) en las que puede haber contaminación de alimentos o agua, y/o transmisión a través de vectores como los mosquitos, chinches, garrapatas, pulgas, etc. Quizá el ejemplo más claro de una zoonosis en la actualidad es el SARS-CoV-2 (COVID-19), que ha causado

millones de muertes y ha repercutido gravemente en la economía a nivel mundial. Otros ejemplos destacables de zoonosis son la influenza aviar, Zika, Ébola, enfermedad de Lyme, Leishmaniasis, enfermedad de Chagas, entre otras. Las zoonosis conforman un aspecto importante en la salud pública mundial, ya que representan más del 60% de las enfermedades infecciosas. Por ello, la generación de conocimiento acerca de las enfermedades zoonóticas en sitios de alta exposición, como la Reserva de la Biosfera Calakmul, cobra importancia debido a las repercusiones que pueden tener a nivel de la salud pública, así como en aspectos sociales y económicos.

En la Reserva de la Biosfera Calakmul un grupo de especial atención es el de los roedores debido a que se distribuyen ampliamente y pueden encontrarse desde sitios con mucho impacto humano, como pueblos, hasta zonas bien conservadas y con menor impacto humano, como los bosques tropicales. Esta característica hace que los habitantes locales puedan estar expuestos a patógenos zoonóticos al interactuar, de manera directa o indirecta, con roedores infectados que habitan en los sitios donde realizan sus actividades cotidianas y productivas; por ejemplo, las actividades comerciales y agropecuarias que principalmente se llevan a cabo dentro o alrededor de los asentamientos humanos; actividades como la extracción de miel o extracción maderera se desarrollan en zonas de recuperación del bosque tropical (acahuales); mientras que la cacería de subsistencia se presenta en mayor medida en zonas de selva conservada. De hecho, en la región de Calakmul ya se han encontrado roedores infectados por agentes zoonóticos causantes de distintas patologías como la enfermedad de Chagas, Leishmaniasis, Leptospirosis, enfermedad de Lyme y Encefalitis equina venezolana.

La enfermedad de Chagas y la Leishmaniasis se consideran enfermedades desatendidas u olvidadas, que son un conjunto de enfermedades infecciosas que afectan

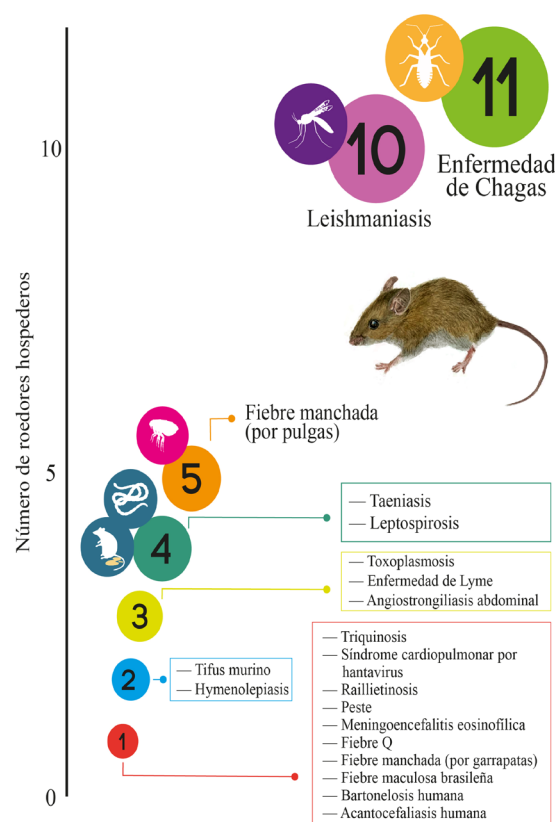


Rata arrocera hocicona (*Handleyomys rostratus*) en una zona de bosque tropical de la localidad Zoh-Laguna (Álvaro Obregón) en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México. En la imagen se aprecia a un individuo macho que porta un arete identificador, el cual le brinda identidad única a los roedores durante el desarrollo de investigaciones sobre su papel como reservorios de patógenos zoonóticos. Fotografía: César R. Rodríguez-Luna.

principalmente a las poblaciones más pobres y con un limitado acceso a los servicios de salud, especialmente aquellos que viven en áreas rurales remotas. La enfermedad de Chagas es ocasionada por el parásito *Trypanosoma cruzi*, que es transmitido por chinches (hemípteros) que se alimentan de sangre de animales reservorios silvestres o domésticos del parásito (por ejemplo, roedores, tlacuaches, armadillos, mapaches, perros, gatos, murciélagos, entre otros), e infectan a las personas expuestas a su picadura al depositar sus heces infectadas en la zona de la picadura o sobre mucosas; la enfermedad puede causar consecuencias irreversibles y crónicas en el corazón, el sistema digestivo y el sistema nervioso si es que no son oportunamente diagnosticadas y reciben tratamiento. La Leishmaniasis es causada por parásitos del género *Leishmania*, es transmitida por la picadura de moscas (flebótomos) a las que en Calakmul le llaman la mosca chiclera; en América la afectación más común es la cutánea, que provoca lesiones ulcerosas, llagas en la piel y puede causar discapacidad grave. Por otro lado, la Leptospirosis es causada por bacterias patógenas del género *Leptospira*, los seres humanos la adquieren por contacto directo con la orina de animales infectados o con un ambiente contaminado por orina; puede presentarse con una amplia variedad de manifestaciones clínicas, desde una forma leve a una enfermedad grave, sus síntomas pueden parecerse a varias enfermedades, como influenza, dengue y otras enfermedades hemorrágicas de origen viral. La enfermedad de Lyme es una infección bacteriana que se contrae por la mordedura de una garrapata infectada; generalmente causa síntomas como sarpullido en la piel, fiebre, dolor de cabeza y fatiga, pero si la infección se agrava puede extenderse a las articulaciones, el corazón y el sistema nervioso. Por su parte, la Encefalitis equina venezolana es producida por el virus del mismo nombre y es transmitida a los humanos mediante la picadura de mosquitos (*Aedes* spp., *Culex portesi*, *Psorophora ferox*), que previamente fueron infectados por alimentarse de aves, roedores o caballos reservorios del virus; la severidad de la enfermedad es variable y en casos graves puede causar la muerte, pues se puede presentar inflamación del cerebro (encefalitis), aunque los síntomas típicos que puede ocasionar incluyen fiebre, dolor de cabeza, malestar general, debilidad, dolor muscular y articular, náusea, vómito y diarrea.

En la región de la Reserva de la Biosfera Calakmul se han registrado 19 especies de roedores. Entre ellas podemos distinguir dos grupos, por sus preferencias de hábitats, el primer grupo lo integran nueve especies que se encuentran casi de manera exclusiva en las zonas de bosque tropical conservado o con una tolerancia moderada a la perturbación, alejadas del contacto humano (especies que podemos llamar urbanofóbicas): la ardilla tropical (*Sciurus deppii*), ardilla yucateca (*Sciurus yucatanensis*), rata de abazones (*Heteromys desmarestianus*), rata arborícola yucateca (*Otonyctomys hatti*), rata trepadora orejona (*Ototylomys phyllotis*), rata arrocera hocicona (*Handleyomys rostratus*), tepezcuintle (*Cuniculus paca*), puercoespín (*Coendou mexicanus*) y sereque (*Dasyprocta punctata*). El segundo grupo lo integran especies adaptadas a las condiciones ambientales creadas o modificadas como resultado de la actividad humana (especies sinantrópicas) y se incluyen ocho especies: la tuza (*Orthogeomys hispidus*), ratón de abazones (*Heteromys gaumeri*), rata arrocera pigmea (*Oligoryzomys fulvescens*), rata arrocera de orejas oscuras (*Handleyomys melanotis*), ratón venado yucateco (*Peromyscus yucatanicus*), ratón de patas blancas (*Peromyscus leucopus*), ratón cosechero delgado (*Reithrodontomys gracilis*) y la rata algodonera tolteca (*Sigmodon toltecus*). Además, entre las especies sinantrópicas se pueden incluir dos especies exóticas: el ratón casero (*Mus musculus*) y la rata negra (*Rattus rattus*), las cuales a pesar de no ser nativas de la región han logrado adaptarse y establecerse en pueblos y ciudades. Estas especies suelen causar severos daños al ecosistema, a las especies nativas, a la salud y a la economía, debido a su acelerada reproducción y dispersión sin control.

Para las 19 especies de roedores presentes en la reserva se han reportado hasta 22 diferentes parásitos causantes de zoonosis. La infección por el parásito de la enfermedad de Chagas se ha registrado en 58% (11 especies) de los roedores,



Zoonosis registradas en los roedores de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México. En la figura se destaca, por el número dentro del círculo y su tamaño, la cantidad de especies de roedores hospederos para cada zoonosis registrada. Imagen: Juan Carlos Martínez-Montes.

la Leishmaniasis en 45% (10 especies), la Fiebre manchada transmitida por pulgas en 23% (5 especies), y la Leptospirosis y la Taeniasis en 18% (4 especies) cada una; sólo por mencionar aquellas zoonosis con la mayor representación, ya que la mayoría de estas enfermedades (10 zoonosis) se han registrado en no más de una especie de roedor en particular.

Pero ¿cuáles son los roedores con mayor número de zoonosis registradas? La respuesta es: ¡los roedores exóticos invasores! la rata negra (*R. rattus*) y el ratón casero (*M. musculus*) cuentan con un récord de 18 y 12 zoonosis, respectivamente. Es decir, ¡tan sólo para la rata negra y el ratón casero se han encontrado 82% y 54% del total de zoonosis reportadas para todos los roedores en la reserva! El número de zoonosis registradas para estos roedores sinantrópicos es mayor, en relación con aquellas especies de roedores que se encuentran preferentemente en sitios conservados, por ejemplo para el puercoespín (*C. mexicanus*) y sereque (*D. punctata*) solamente se ha registrado la enfermedad de Chagas; para la ardilla yucateca (*S. yucatanensis*) únicamente se ha registrado taeniasis; y para la rata de abazones (*H. desmarestianus*), el tepezcuintle (*C. paca*) y la rata trepadora orejona (*O. phyllotis*) se han registrado 2, 3 y 4 zoonosis, respectivamente. De hecho, si consideramos en conjunto a los diez roedores con afinidad sinantrópica (es decir, sinantrópicos y exóticos), estas especies agrupan las 22 zoonosis registradas. Mientras que para los roedores urbanofóbicos, es decir aquellos de mayor afinidad con el bosque tropical conservado, sólo se han registrado 6 diferentes zoonosis. Considerando lo anterior, los habitantes de la reserva se encuentran expuestos a una mayor diversidad de enfermedades zoonóticas cuando interactúan de alguna forma con roedores sinantrópicos que cuando lo hacen con roedores afines al bosque tropical conservado.

Es importante mencionar que por sí misma la presencia de los roedores no significa necesariamente que las personas que entran en contacto directo o indirecto con ellos

deban enfermar. El proceso de infección propio de cada uno de los diferentes patógenos zoonóticos requiere de condiciones muy específicas para que una persona pueda llegar a enfermarse, siendo la primera que el roedor a su vez debe estar infectado. En este sentido, gracias a un largo proceso de investigación, se sabe que existe un patrón que relaciona la condición del hábitat, en este caso el bosque tropical, con la probabilidad de transmisión de zoonosis. De manera general sabemos que, en ambientes naturales conservados, con gran diversidad y abundancia de especies silvestres, la proporción de animales infectados (la prevalencia de infección) es menor; es decir, a pesar de que los agentes infecciosos están presentes, su frecuencia está "diluida" y, por lo tanto, la posibilidad de que ocurra un evento de transmisión de estos agentes infecciosos, desde los animales a las personas, es relativamente bajo; a este fenómeno se le conoce como efecto de dilución. Este hecho deja claro que existe una relación que vincula la conservación de los ecosistemas y la salud humana, de manera que los ecosistemas bien conservados ofrecen un efecto protector para la salud, mismo que se pierde en la medida que son modificados por las actividades humanas.

En la actualidad el enfoque "Una sola salud" (*One-Health*), promovido por la Organización Mundial de la Salud, plantea una visión unificadora que procura equilibrar y optimizar de manera sostenible la salud de las personas, los animales y los ecosistemas, pues reconoce que la salud de las personas, los animales, las plantas y el medio ambiente están estrechamente relacionados y son interdependientes. A partir de esta visión, los científicos pueden plantear panoramas de investigación que involucren a las personas, los sitios donde se desarrollan y las enfermedades a las que se ven expuestos, con el objetivo de generar información que funcione para el planteamiento efectivo de acciones de prevención y reducción de factores de riesgo, basadas en el conocimiento de los agentes infecciosos, su historia natural y sus interacciones en el medio ambiente. Es indudable que en la medida que estemos mejor y más informados nuestra capacidad de prevención debería aumentar.

Debido al gran impacto que pueden tener en la salud pública, es muy importante continuar investigando las zoonosis de grupos clave, como los roedores de Calakmul y la Selva Maya, desde la perspectiva Una sola salud que liga el bienestar de la fauna, las personas y el medio ambiente.

#### AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCyT), por el apoyo a través de la beca posdoctoral I1200/320/2022 al primer autor (CRR-L) y por la beca otorgada a EEP-A para estudiar la maestría en la especialidad de Ecología Humana de Cinvestav. A la Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ) a través del apoyo 81278705 para fortalecer la cooperación estratégica y operativa regional para la protección de la Selva Maya. Al proyecto Sitios Permanentes de Calibración y Monitoreo de la Biodiversidad (SiPeCaM) auspiciado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y el Fideicomiso Fondo para la Biodiversidad (FFB). Al Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav) Unidad Mérida por el apoyo logístico y financiero para la realización de este trabajo. A C. Coutiño Cal y Mayor y a las autoridades de la Reserva de la Biosfera Calakmul y de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas por garantizar el acceso a la zona de estudio.

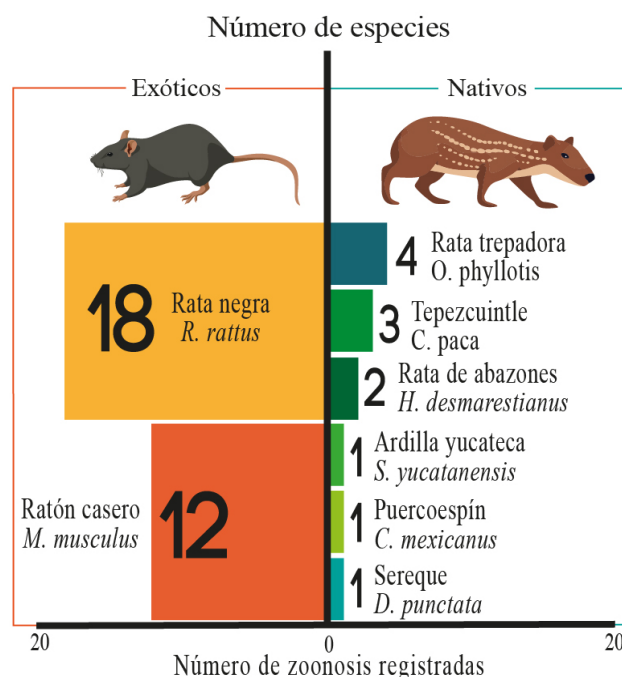
Sometido: 07/sep/2023.

Revisado: 19/sep/2023.

Aceptado: 26/sep/2023.

Publicado: 01/oct/2023.

Editor asociado: Dra. Leticia Cab-Sulub.



Número de zoonosis registradas en roedores de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México, de acuerdo con su afinidad por tipo de hábitat. Izquierda, se presentan dos especies exóticas (como ejemplo de roedores sinantrópicos); derecha, roedores urbanofóbicos (de afinidad por el bosque tropical conservado) para los cuales se han registrado zoonosis. Imagen: Juan Carlos Martínez-Montes.

#### LITERATURA CONSULTADA

- Adisasmito, W. B., *et al.* 2022. One Health: A new definition for a sustainable and healthy future. *PLoS Pathogens* 18:e1010537.
- Brenière, S. F., C. Aznar, y M. Hontebeyrie. 2010. Vector Transmission. Pp. 525-538 *in* American trypanosomiasis (Chagas disease) (Telleria, J., y M. Tibayrenc, eds.). Elsevier Inc. Burlington, EE.UU.
- Gurevitch, J., y D. K. Padilla. 2004. Are invasive species a major cause of extinctions? *Trends in Ecology and Evolution* 19:470-474.
- Ibarra-Cerdeña, C. N., *et al.* En Prensa. Rodents as key hosts of zoonotic pathogens and parasites in the Neotropics. Pp. xx-xx *in* Ecology of wildlife diseases in the Neotropics (Acosta-Jamett, G., y A. Chaves, eds.). Springer Nature. Cham, Suiza.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2020. Censo de Población y Vivienda 2020. Principales resultados por localidad (ITER), 2020. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>. Consultado el 19 de septiembre de 2023.
- Jones, K. E., *et al.* 2008. Global trends in emerging infectious diseases. *Nature* 451:990-993.
- OPS, Organización Panamericana de la Salud. 2016. Enfermedades infecciosas desatendidas en las Américas: Historias de éxito e innovación para llegar a los más necesitados. Organización Panamericana de la Salud/Oficina Regional de las Américas de la Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS). Washington DC, EE.UU.
- SEMARNAP, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 1999. Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera Calakmul. Instituto Nacional de Ecología. Distrito Federal, México.
- Schmidt, K. A., y R. S. Ostfeld. 2001. Biodiversity and the dilution effect in disease ecology. *Ecology* 82:609-619.
- Villalobos-Cuevas, V. A., M. Weber, M. Lareschi, y R. Acosta. 2016. Pulgas parásitas de mamíferos pequeños y medianos de Calakmul, Campeche, México y nuevos registros de localidades. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87:1372-1378.
- Watson, O. J., *et al.* 2022. Global impact of the first year of COVID-19 vaccination: a mathematical modelling study. *The Lancet Infectious Diseases* 22:1293-1302.
- Witte, R., D. Diesing, y M. Godde. 1985. Urbanophobe, urbanoneutral, urbanophile - behavior of species concerning the urban habitat. *Flora* 177:265-282.