

Therya

ixmana

ISSN 2954-3606

Volumen 4 Número 2

Mayo 2025



www.mastozoologiamexicana.com

AMMAC

En la portada:

El tlacuache o zarigüeya *Didelphis virginiana* es un marsupial perteneciente al Orden Didelphimorphia. En la fotografía el individuo se encuentra sobre una planta de *Agave cupreata* conocido localmente como agave chino, la cual es una especie importante para la producción del mezcal. Se tomó en la localidad de Etúcuaro en el municipio de Madero, Michoacán. Fotografía: María del Rosario Arreola-Gómez.

La palabra identificadora de nuestra revista "ixmana"

Proviene del Náhuatl que significa divulgarse, extenderse, ser conocido, hablar de una cosa, aplanar o poner el suelo plano. *Therya ixmana* es una revista de divulgación y difusión científica con el objetivo de poner el conocimiento de los mamíferos disponible para el público en general de manera amena y asequible.

Nuestro logo "Ozomatli"

Proviene del náhuatl se refiere al símbolo astrológico del mono en el calendario azteca, así como al dios de la danza y del fuego. Se relaciona con la alegría, la danza, el canto, las habilidades. Al signo decimoprimer en la cosmogonía mexica. "Ozomatli" es una representación pictórica de los mono arañas (*Ateles geoffroyi*). La especie de primate de más amplia distribución en México. "Es habitante de los bosques, sobre todo de los que están por donde sale el sol en Anáhuac. Tiene el dorso pequeño, es barrigudo y su cola, que a veces se enrosca, es larga. Sus manos y sus pies parecen de hombre; también sus uñas. Los Ozomatin gritan y silban y hacen visajes a la gente. Arrojan piedras y palos. Su cara es casi como la de una persona, pero tienen mucho pelo."

Editora en Jefe

Dra. Alina Gabriela Monroy Gamboa. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., Baja California Sur, México.

Editora Asistente

Dra. Leticia Cab Sulub. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A. C., San Luis Potosí, México.

Consejo Editorial

Dr. Sergio Ticul Álvarez Castañeda. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., Baja California Sur, México.

Dra. Gloria Eugenia Magaña Cota. Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México.

PhD. Ricardo A. Ojeda. Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas, CONICET, CCT Mendoza, Argentina.

Editores Asociados

Dr. Eduardo Felipe Aguilera-Miller. Estación Biológica La Malinche, Universidad Autónoma de Tlaxacala, Tlaxcala, México.

Dr. Francisco Javier Botello López. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

Dra. Susette Sami Castañeda Rico. Smithsonian Conservation Biology. Institute and George Mason University, Virginia. Estados Unidos de América.

Dra. Tania Anaíd Gutiérrez García. Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.

Dra. Cintia Natalia Martín Regalado. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Instituto Politécnico Nacional. Oaxaca, México.

Dra. Mariana Munguía Carrara. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Ciudad de México, México.

Dr. Juan Pablo Ramírez Silva. Universidad Autónoma de Nayarit, Nayarit, México.

Therya *ixmana* volumen 4, número 2, febrero 2025-mayo 2025. Es una publicación digital cuatrimestral editada por la Asociación Mexicana de Mastozoología A. C. Calle 78 entre 13-1 y 128 Núm. 578. Colonia Residencial Pensiones VI Etapa. Mérida, Yucatán, México, 97217. www.mastozoologiamexicana.com. Editora responsable: Dra. Alina Gabriela Monroy Gamboa (therya.ixmana@gmail.com). Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2022-021512274000-102. ISSN 2954-3606. Responsable de la última actualización de este número, Unidad de informática de la Asociación Mexicana de Mastozoología A. C. Dra. Alina Gabriela Monroy Gamboa, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. Instituto Politécnico Nacional 185. La Paz, Baja California Sur, México, 23096. Fecha de la última actualización: 23 de julio 2022.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C.



Therya *ixmana*

CONTENIDO

75-77

EL LENTO RETORNO DEL PERRITO LLANERO A ZACATECAS

Manuel Valdez Alarcón,
Maximiliano Monroy
Sánchez y Lizardo Cruz
Romo

78-80

MONITOREO DE MOVIMIENTOS ENTRE ARBUSTOS PARA UNA GANADERÍA SOSTENIBLE

Judith Aviña Hernández y
Juan José Montes Sánchez

81-83

¿DÓNDE ESTÁ LA DIVERSIDAD DE MAMÍFEROS EN OAXACA?

Natalia Martín-Regalado,
Miguel Briones-Salas y
Mario C. Lavariega

84-85

MICROORGANISMOS FANTÁSTICOS Y DÓNDE ENCONTRARLOS

Hanya D. Arellano-
Hernández, Leslie M.
Montes-Carreto y José
Antonio Guerrero

86-88

MAMÍFEROS DEL VALLE DE PEROTE: ENDEMISMOS Y EXTINCIONES

Sandra H. Montero-
Bagatella y Alberto
González-Gallina

89-92

RELATOS SOBRE LAS FOCAS EN DIVERSAS CULTURAS

José Ángel Ortega-
Borchardt, Yolanda
Schramm, Arlette
Pacheco-Sandoval

93-94

ADAPTANDO LA CONVIVENCIA PARA SOBREVIVIR

Erika J. Cruz-Bazan, Alina
Gabriela Monroy-Gamboa
y Jorge E. Ramírez-Albores

95-96

EL PEQUEÑO DISPERSOR DE SEMILLAS DE LOS ECOSISTEMAS

Edwin Hernández-López y
Héctor M. J. López-Castilla

97-99

VENERADOS O DETESTADOS: BREVE HISTORIA SOBRE LOS MURCIÉLAGOS HEMATÓFAGOS

D. M. Girón-Juárez y Yael
Sánchez-López

100-102

UN BUFFET CITADINO CON HORARIO NOCTURNO

Rebeca Selene Miguel
Méndez, Alejandro Salinas
Melgoza

103-104

AHORRO DE ENERGÍA EN MURCIÉLAGOS, ENIGMA NOCTURNO

Kevin I. Medina-Bello y
Jorge Ayala-Berdón

105-106

UN TLAQUACHE MUY MEXICANO

Gonzalo A. Hernández
Ayala y Eduardo Mendoza

107-109

MARSUPIALES Y POLINIZACIÓN: UNA RELACIÓN IMPORTANTE POCO CONOCIDA

Miguel Ángel Ortiz-Acosta,
Jorge Antonio Gómez-Díaz
y David Valenzuela-Galván

110-111

EL ARTE DE NO SER COMIDO, ESTRATEGIAS MAESTRAS

Jonathan Josue Zamora
Doria

112-114

CÓMO EVITAR EL CONTROL LETAL DE ROEDORES COMENSALES

Margarita Gil-Fernández,
Christian A. Delfín-Alfonso
y M. Cristina MacSwiney G.

115-117

DE MASTOZOOLOGÍA A MASTOPOLÍTICAS

Javier Enrique Sosa-
Escalante



Therya *ixmana*

CONTENIDO

118-119

HUELLAS INTERRUMPIDAS: TRAGEDIA PARA MAMÍFEROS EN CARRETERAS HONDUREÑAS

Manfredo A. Turcios-Casco
y Celeste M. López

120-122

¿ESTÁN DE MODA LOS ROEDORES O SOLO LOS CAPIBARAS?

Gloria Tapia-Ramírez y
Aaron Hernández-Núñez

123-124

LOS PERROS FERALES Y LA TRANSMISIÓN DE ENFERMEDADES

Juan José Pérez-Rivero,
José Salcedo Jiménez y
Georgina Cruz Gutiérrez

125-127

DIME CÓMO AÚLLAS Y TE DIRÉ QUIÉN ERES

Natalia Maya Lastra,
Pedro A. D. Díaz y
Ariadna Rangel Negrín

128-130

DESCUBRIENDO UN CONEJO PERDIDO PARA LA CIENCIA

Consuelo Lorenzo,
J. Alberto Almazán-
Catalán y Rodolfo
Rodríguez-Ruiz

131-133

MICROBIOS, OLORES Y EVOLUCIÓN, SECRETOS DEL MUNDO INVISIBLE

Juan P. Merino-
Villalobos, Heidi P.
Galván-Antonio y Mario
A. Urbina-Mata

134-135

MAMÁS PRIMATES: ENTRE LA PROTECCIÓN Y LA INDEPENDENCIA

Maud Czerwinski, Ariadna
Rangel Negrín y Pedro A.
D. Díaz

136-139

DESCIFRANDO SONIDOS NOCTURNOS: ESTUDIEMOS LA ACÚSTICA EN MURCIÉLAGOS

Natalia Ramírez-Ortiz, M.
Cristina MacSwiney G. y
Sandra Ospina-Garcés

140-142

CRUZAR O MORIR EN EL INTENTO: FAUNA ATROPELLADA

Marcos Briceño-Mendez,
Salvador Montiel y Yamilli
Contreras-Perera

143-144

EL ACCIDENTE DE CHÉRNOBIL, ¿CONSERVA A MESOMAMÍFEROS?

Lia Celina Méndez-
Rodríguez y Sergio Ticul
Álvarez-Castañeda

145-148

RATAS GIGANTES COMBATEN EL TRÁFICO ILEGAL DE ESPECIES

José Eduardo Reynoso-
Cruz y Walter Magesa

EL LENTO RETORNO DEL PERRITO LLANERO A ZACATECAS

Manuel Valdez Alarcón, Maximiliano Monroy Sánchez y Lizardo Cruz Romo*

Espacios Naturales y Desarrollo Sustentable A. C. Ciudad de México,
Ciudad de México, México. manuel.valdes@endesu.org.mx (MVA),

maximiliano.monroy@endesu.org.mx (MMS), lizardo.cruz@endesu.org.mx (LCR).

*Autor de correspondencia

¿Te has puesto a pensar en todo el esfuerzo que se requiere para regresar a una especie a su hábitat natural, una vez que fue eliminada de su entorno natural por nosotros mismos? El esfuerzo es mucho más grande de lo esperado, debe ser sostenido a largo plazo, interdisciplinario, y es fundamental que participen las comunidades. Ahora les contaremos el largo camino del regreso del perrito llanero mexicano al norte de Zacatecas, México.

Las especies que tienen una función crucial en los ecosistemas generando cambios profundos en las características bióticas, en muchos casos han sido nombradas especies clave, y unas de ellas son los perritos llaneros. Estas especies juegan un papel crítico para los pastizales y cuando falta en el ecosistema hemos visto que se pierde la estructura y función y, por lo tanto, los servicios ecosistémicos de los cuales todos dependemos.

El perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus*) pertenece al orden Rodentia y a la familia Sciuridae, que incluye a las ardillas (arborícolas y terrestres) y marmotas. Este tipo de ardillas habitan en grandes áreas de pastizales halófilos y valles intermontanos, formando grupos familiares compuestos por hembras y machos, tanto jóvenes como adultos. Sus sociedades presentan complejas jerarquías e interacciones sociales entre individuos, de manera que exhiben un gran repertorio de vocalizaciones como parte de su comunicación y alertas contra depredadores. Construyen sus madrigueras excavando el suelo y formando intrincados sistemas de túneles donde viven y que comparten con otras especies animales, como el tecolote llanero (*Athene cunicularia*), la ardilla moteada (*Xerospermophilus spilosoma*), serpientes de cascabel (*Crotalus atrox*), lagartijas (*Aspidocelis* spp.), otros roedores (*Dipodomys* spp.) y lagomorfos (*Sylvilagus audubonii*, *Lepus californicus*).

Esta especie de roedor es de las ardillas terrestres más grandes, tiene un cuerpo robusto, sus extremidades son cortas, sus orejas son pequeñas, la coloración de su cuerpo es de color café grisáceo o café amarillento con una mezcla de pelo negro que puede darles un tono grisáceo en el dorso, el extremo de su cola suele ser de color negro o café oscuro, y su vientre es más claro que el dorso. Tiene una longitud total promedio de 389.5 mm de longitud, una longitud de cola de 88.7 mm y un peso corporal entre 700 y 1200 gr. Suelen

acumular grasa corporal para el periodo de invierno, pero no hibernan, lo que significa que permanecen activos durante todo el año. Su ciclo reproductivo suele comenzar a finales de enero y febrero, el nacimiento de las crías ocurre a finales de febrero y principios de marzo, los juveniles emergen de la madriguera los primeros días de mayo, suelen tener entre 4 y 5 crías por camada, el periodo de gestación no es muy claro, pero puede ser de entre 28 a 30 días. Se alimentan de gramíneas, hierbas anuales, raíces e insectos, en ocasiones comen algo de corteza de los arbustos y mezquites sobre todo cuando hay poca disponibilidad de recursos.

En México, habitan dos especies de perritos llaneros; el perrito llanero de cola negra (*Cynomys ludovicianus*) que habita el norte de Chihuahua y el noreste de Sonora, y el perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus*), mencionado anteriormente, que habita el semidesierto y se considera una especie remanente del Pleistoceno, producto de la expansión y contracción de las colonias del perrito de la pradera de cola negra asociados



El perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus*; arriba) cumple funciones muy valiosas en el ecosistema, además, sus madrigueras proporcionan refugio a otras especies como el tecolote llanero (*Athene cunicularia*, abajo).
Fotografías: Manuel Valdez

a los cambios de la distribución de los pastizales durante los periodos de glaciares e interglaciares. Actualmente, sus colonias se encuentran fragmentadas y algunas de ellas aisladas geográficamente. Su distribución actual se restringe a los estados de Nuevo León, Coahuila, San Luis Potosí y Zacatecas. Actualmente, el 74 % de la superficie ocupada por las colonias se encuentra en Nuevo León, el 24 % en Coahuila, y tan solo el 2 % en conjunto entre San Luis Potosí y Zacatecas. Al parecer las colonias de perrito llanero mexicano de los estados de San Luis Potosí y Zacatecas quedaron aisladas en áreas de pastizales halófilos con suelos menos productivos que las colonias de Coahuila y Nuevo León, adicionalmente, las prolongadas sequías, los cambios en la composición y estructura de la vegetación causados por actividades humanas el cambio de uso de suelo para el desarrollo agrícola y el sobre pastoreo, han sometido a sus colonias a un mayor estrés por el deterioro de la calidad del hábitat y la falta de recursos para subsistir. El aislamiento geográfico y el reducido tamaño de las colonias propició que a finales de la década de 1970 se consideraran extintas las que se tenía registro en el estado de Zacatecas.

La pérdida de esta especie clave también trae consigo la desaparición de la diversidad de especies asociadas a estos ecosistemas como el tecolote llanero (*A. cunicularia*), la ardilla moteada (*X. pilosoma*), aves de pastizal (como *Empidonax traillii*, *Haemorhous mexicanus*, *Spizella wortheni*) y una gran variedad de depredadores como aves rapaces (*Parabuteo unicinctus*, *Buteo jamaicensis*, *Aquila chrysaetos*) y mamíferos medianos como el tlacoyote (*Taxidea taxus*), el lince (*Lynx rufus*) y el coyote (*Canis latrans*). Además, las interacciones ecológicas del perrito llanero mexicano son muy importantes, ya que contribuyen fuertemente a la fertilización del suelo, la filtración de agua al subsuelo y sus madrigueras sirven como refugio para otras especies. Debido a estos servicios, se consideran moduladores del paisaje manteniendo los pastizales bajos para estar alerta de los depredadores y proporcionando servicios adicionales a la biodiversidad con la que cohabita.

Actualmente, el perrito llanero mexicano está en la categoría de Peligro de Extinción (P) en la NOM-059-SEMARNAT-2010, instrumento de la política pública que determina las especies en riesgo de extinción en México, y En Peligro (EP) por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, quien categoriza a las especies en riesgo a nivel mundial. El alto riesgo de la pérdida de las colonias de perrito llanero mexicano en San Luis Potosí y su desaparición en el estado de Zacatecas planteó la necesidad de establecer una estrategia de recuperación de esta especie. Por esta razón en el 2005, en una iniciativa de la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), el Gobierno del estado a través del Instituto del Medio Ambiente de Zacatecas (IEMAZ) y Espacios Naturales y Desarrollo Sustentable (ENDESU) iniciamos la búsqueda y evaluación de las áreas con registros históricos de distribución, sin embargo, las condiciones sociales de aceptación no eran propicias para la reintroducción en algunas de estas áreas. En 2010, se logró establecer un acuerdo con un ejido en el municipio de El Salvador para iniciar la recuperación de la especie.

La repoblación inició en el 2010 con 100 ejemplares y para 2019 se contaba con una población de 2151 ejemplares en una superficie de 38.3 ha. Sin embargo, las actividades

en una superficie de 38.3 ha. Sin embargo, las actividades de sobrepastoreo y la sequía ocurrida en el 2020 y 2021 propiciaron escasez de alimentos para la subsistencia del perrito llanero mexicano, lo que llevó a una pérdida del 45 % de su población en el 2021.

La pérdida de las colonias de perrito llanero mexicano se ha incrementado por las causas mencionadas anteriormente, y han sido aumentadas por el cambio climático. Para el 2019, visitamos 25 colonias en San Luis Potosí, encontrando que 12 estuvieron inactivas. Se estimó una superficie de ocupación de 215 km² de las colonias activas en toda su área de distribución, incluidas las tres reintroducciones que se hicieron en el estado de Zacatecas. La reducida superficie de estas colonias, aunado a la reducción de la calidad del hábitat y las sequías prolongadas, las hace altamente vulnerables a desaparecer.

Una de las sequías más intensas de la región, que se prolongó hasta 2023, sólo con presencia de escasas lluvias, ocasionó la desaparición de las colonias reintroducidas en el 2015 en otros municipios de Zacatecas. Estas colonias fueron mostrando una reducción progresiva de su población, concentrándose en una menor superficie. Por ejemplo, para finales de 2021, la colonia del municipio de Concepción del Oro sólo contaba con una superficie de 1.76 ha y tan solo 26 individuos de perrito llanero mexicano, y un año después la colonia había desaparecido a consecuencia de la extrema sequía y el sobrepastoreo. Con la desaparición de las colonias y la fuerte disminución de las poblaciones, nos planteamos llevar a cabo una estrategia para suplementar de alimento y asegurar la permanencia de la colonia del municipio de El Salvador. La suplementación consistió en verduras (trozos de zanahoria y lechuga) donadas por algunos productores de la región, posteriormente se complementó con pellet para conejo. El alimento se proporcionaba cada semana en toda la colonia procurando que se colocara en las entradas de madrigueras donde se observara la actividad de los perritos llaneros mexicanos. El suplemento se realizó durante la época más crítica de sequía, lo que permitió iniciar la recuperación de la población y para finales de 2023 se estimó una densidad de la población de 1550/perritos llaneros mexicanos.

Actualmente, las colonias de perrito llanero mexicano continúan en crecimiento, en visitas recientes se han registrado dos colonias nuevas por dispersión natural de la colonia fuente original. La dispersión se ha facilitado por la composición de la vegetación, la estructura del paisaje y los parches de pastizales. Hoy en día, la colonia principal tiene una superficie de 45.2 ha con una abundancia de aproximadamente 2475 perritos llaneros mexicanos (es decir 55 individuos por hectárea en mayo 2024), la segunda colonia presenta una superficie de 3.5 ha, y la tercera está en reciente formación a 1 km de la segunda como un proceso de dispersión natural. Aunque, no hemos calculado sus abundancias es una buena señal en el proceso de recuperación de la especie.

Los esfuerzos para la recuperación de las poblaciones del perrito llanero mexicano se han enfocado en reforzar algunas colonias para el estado de San Luis Potosí y Zacatecas, que contribuyen a mantener la variabilidad genética, sin embargo, es importante recuperar la conectividad de las colonias principales y la conservación de los pastizales. La reintroducción de las colonias de Zacatecas sería imposible

sin el trabajo continuo con las comunidades para regular el sobrepastoreo. La recuperación de los pastizales nativos, la implementación de alternativas de manejo como la suplementación en periodos críticos como las recientes sequías de los últimos años, los reforzamientos para mantener la variabilidad genética y, la evaluación de áreas con buena calidad de hábitat para ampliar las colonias a largo plazo, además de la participación de la comunidad, han sido factores fundamentales para la conservación y seguimiento de la especie en Zacatecas y la recuperación del valor cultural de la vida silvestre en el estado.

Hemos aprendido que el retorno de las especies es un proceso lento, debe ser sostenido en el tiempo con la participación de las comunidades, al final, todo el esfuerzo se verá recompensado para todas las especies que compartimos los ecosistemas de México.



Perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus*) observando desde su madriguera durante las faenas de suplementación (arriba). Personas distribuyendo alimento que ha permitido a las colonias del perrito de la pradera sobrevivir durante periodos de sequía extrema en Zacatecas (abajo).
Fotografías: Manuel Valdez Alarcón.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento a la comunidad de Tanque Nuevo por su participación y trabajo en campo para asegurar la permanencia del perrito llanero mexicano en Zacatecas, un especial agradecimiento a M. Macías Patiño por su dedicación durante todos estos años de labor y trabajo en acciones de conservación, y a todos los compañeros de Espacios Naturales y Desarrollo Sustentable A. C. (M. Ramírez, L. Torres, J. Morales, A. Orosco, S. Delgado y F. Mendoza), que han dedicado tiempo y esfuerzo en campo para lograr la recuperación de perrito llanero mexicano. A L. Leyequien y su equipo de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Finalmente, a todas las asociaciones y empresas que han apoyado este proyecto de Restauración de Pastizales y sus Especies Prioritarias, a Espacios Naturales por el esfuerzo sostenido para la recuperación de esta especie y su hábitat en el estado de Zacatecas.

LITERATURA CONSULTADA

- Álvarez-Castañeda, S.T., T. Lacher y E. Vázquez. 2019. *Cynomys mexicanus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T6089A139607891. Consultado 17 de noviembre de 2024.
- Castellanos-Morales G., N. Gámez, R. A. Castillo-Gámez y L. E. Eguarte. 2016. Peripatric speciation of endemic species driven by Pleistocene climate change: The case of the Mexican Prairie dog (*Cynomys mexicanus*). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 94:171-181.
- Matson J. O. y R. H. Baker. 1986. *Mammals of Zacatecas*. Special Publications. Texas Tech. University Press 24:1-88
- Medellín L., R. y H. V. Bárcenas R. 2021. Evaluación del estado de conservación y amenazas de *Cynomys mexicanus* en el marco del examen de revisión periódica de especies listadas en los Apéndices de la CITES. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ecología. Informe final SNIB-CONABIO, Proyecto No. QE005. Ciudad de México, México.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2019. MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010. *Diario Oficial de la Federación* 14 de noviembre de 2019.
- Scott-Morales, L., E. Estrada, F. Chávez-Ramírez y M. Cotera. 2004. Continued decline in geographic distribution of the Mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*). *Journal of Mammalogy* 85:1095-1101.
- Severson, K. E. y G. E. Plumb. 1999. Comparison of methods to estimate population densities of black-tailed prairie dogs. *Wildlife Society Bulletin* 2684:859-866.
- Treviño-Villareal, J. y W. Grant. 1998. Geographic range of the endangered Mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*). *Journal of Mammalogy* 79:1273-11287.

Sometido: 05/dic/2024.

Revisado: 23/dic/2024.

Aceptado: 10/ene/2025.

Publicado: 05/feb/2025.

Editor asociado: Dra. Natalia Martín-Regalado.

MONITOREO DE MOVIMIENTOS ENTRE ARBUSTOS PARA UNA GANADERÍA SOSTENIBLE

Judith Aviña Hernández^{1*} y Juan José Montes Sánchez²

¹Programa de Agricultura en Zonas Áridas, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnología. La Paz, Baja California Sur, México. judithavin04@gmail.com

²Programa de Agricultura en Zonas Áridas, Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías - Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Guerrero Negro, Baja California Sur, México. jmontes@cibnor.mx

*Autor de correspondencia

Pareciera que cabras y vacas deambulan sin dirección por matorrales del oasis de Los Comondú, pero el uso de herramientas de percepción remota ayuda a identificar los patrones de movimiento que el ganado realiza en condiciones de pastoreo extensivo tradicional.

El pastoreo extensivo es el sistema ganadero más importante en las regiones áridas y semiáridas del mundo. Este sistema de producción implica que el ganado se alimente principalmente en el agostadero, conformado por ambientes naturales como pastizales, matorrales, bosques y humedales. En estas regiones la vegetación cambia a lo largo del territorio y del año, lo cual causa que el ganado recorra diferentes distancias y se distribuya en diferentes áreas a lo largo del día y entre temporadas. Estos movimientos indican la manera en que el ganado hace uso del recurso, influenciado por sus necesidades de alimentación y las prácticas de manejo que realizan los rancheros.

En las regiones áridas y semiáridas de México, la producción ganadera es dominada por un sistema extensivo tradicional en tierras ejidales de uso comunal. Históricamente en las regiones desérticas, los oasis se han convertido en paisajes bioculturales que han permitido el desarrollo de la ganadería. El oasis de Los Comondú (San Miguel de Comondú y San José de Comondú) en el estado de Baja California Sur, México, se encuentra dentro de la región desértica peninsular. A sus alrededores, en las serranías y planicies, predomina la

vegetación de matorral sarcocaula compuesta por una amplia variedad de arbustivas leñosas como palo fierro (*Olneya tesota*), mesquite (*Prosopis articulata*), gobernadora (*Larrea tridentata*), cactus como la pitaya dulce (*Stenocereus thurberi*), cholla (*Cylindropuntia cholla*), cardón (*Pachycereus pringlei*), entre otros. En esta región los matorrales se utilizan para la ganadería extensiva enfocada a la cría de caprinos (*Capra hircus*) y bovinos (*Bos taurus* x *B. indicus*). La mano de obra suele ser de tipo familiar y la producción se concentra en queso y animales; por ejemplo, becerros para los corrales de engorda y cabritos lechales (lactantes) para consumo.

El movimiento de los animales en pastoreo extensivo es influenciado por las condiciones de distribución irregular y heterogénea de la vegetación que representan cambios en la abundancia y calidad del alimento. Esto impulsa cambios en el comportamiento animal, como lo son la distancia de los recorridos diarios, el tamaño del área de pastoreo (contracciones y expansiones), la migración estacional del área de pastoreo, e incluso genera alteraciones en la condición corporal y en los requerimientos fisiológicos (e.g., energía, proteína, minerales, agua y masa o volumen de alimento) causado por la actividad de pastoreo (i.e., caminar). En adición, situaciones de origen social, cultural y económico como la seguridad, la tenencia de la tierra, la organización entre los pobladores y precio del producto en el mercado influyen en las prácticas de la ganadería extensiva.

La ganadería de precisión es un concepto basado en el uso de sensores remotos capaces de coleccionar datos en tiempo real y softwares para el procesamiento de estos datos, que en conjunto ofrecen información de los animales



Cabra y vaca monitoreadas con dispositivo GPS en el oasis de Los Comondú, Baja California Sur, México.
Fotografías: Judith Aviña Hernández.

para tomar decisiones de gestión específicas. El sistema de posicionamiento global (GPS, por sus siglas en inglés) se ha convertido en una herramienta importante para rastrear el movimiento del ganado sin alterar su comportamiento, por lo que la confiabilidad de los registros es alta. Las coordenadas GPS de la localización de los animales permiten estimar las distancias recorridas, el tamaño de las áreas de pastoreo de los rebaños y hacer inferencias sobre el bienestar animal.

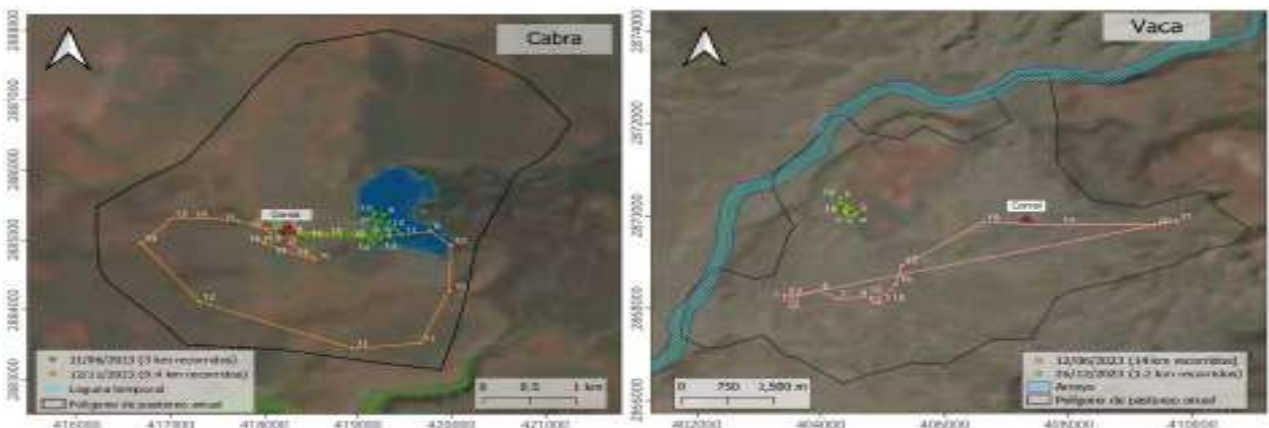
El uso de collares GPS en el oasis de Los Comondú entre abril de 2023 y marzo de 2024 permitió estimar las distancias diarias recorridas por los individuos monitoreados. El rebaño de cabras caminó menos por día y tuvo áreas de pastoreo de menor tamaño en primavera-verano (6.19 km/día y 795 hectáreas, respectivamente) que en otoño-invierno (7.57 km/día y 1558 hectáreas, respectivamente). Este comportamiento se relaciona con la disponibilidad de agua en una laguna estacional al interior del área de pastoreo y al crecimiento de las plantas. La laguna estacional se abastece de agua durante la temporada de lluvias y su duración depende del nivel de precipitación, siendo mayor cuando hay presencia de huracanes en verano y en menor proporción durante las lluvias invernales. En el verano de 2022 la laguna se abasteció de agua con el paso del huracán "Kay" y se secó en el verano de 2023 y en su lugar brotaron especies de pastos y herbáceas preferidas por las cabras. Esto favoreció el pastoreo del rebaño en el área de la laguna ya seca y cerca del corral de descanso nocturno durante primavera y verano. Por otra parte, después de la temporada de lluvias aumentó la vegetación en las áreas más elevadas por lo que las cabras se alejaban más del corral en busca del alimento más verde en otoño e invierno.

En tanto, el rebaño de vacas caminó más entre finales de primavera y el verano (5.73 km/día) que entre finales de otoño, invierno e inicios de primavera (3.96 km/día); siendo opuesto a lo ocurrido con las cabras. Es importante destacar que ambas especies pastorean en el matorral sarcocaulé, pero en cuanto al terreno, las cabras están en la serranía y las vacas en una planicie con algunas elevaciones. Además, las vacas usaron temporalmente distintos segmentos al interior del área anual de pastoreo que sugiere un comportamiento migratorio o rotacional. Esto se relaciona con cambios en la abundancia de pastos y de otras especies vegetales preferidas por el animal, ocurrencia de lluvias puntuales dentro del área anual de pastoreo y búsqueda de agua del arroyo. La movilidad y la migración estacional de los rebaños debe mantenerse para preservar la eficiencia de los sistemas ganaderos extensivos.

El ritmo circadiano se refiere a los ciclos biológicos ocurridos en periodos de 24 horas cuyas variaciones son causadas principalmente por la presencia de luz y oscuridad, pero que también se ven afectados por variaciones propias de cada especie animal en respuesta a cambios ambientales naturales o causados por el hombre. El ritmo circadiano de un animal se encuentra estrechamente relacionado con sus patrones de actividad diaria. Los patrones de actividad del ganado pueden ser identificados e interpretados a partir de registros GPS. Algunos dispositivos solamente registran la posición geográfica del animal cuando este se encuentra en movimiento, por lo que el porcentaje de registros por hora puede relacionarse con cambios en la intensidad de la actividad. Las mediciones de distancia entre registros también son un indicador de la actividad del ganado considerando que



Patrones de uso del área de pastoreo en rebaños de cabras y vacas en el oasis de Los Comondú, Baja California Sur, México. Mapas: Judith Aviña Hernández.



Ejemplos del recorrido diario de ganado caprino y bovino en un día de verano (junio de 2023) y un día de otoño/invierno (noviembre-diciembre de 2023). Los puntos indican la hora y ubicación de los animales. Mapas: Judith Aviña Hernández.

mayores distancias implican un mayor desplazamiento del individuo y búsqueda de alimento. Las prácticas inadecuadas de manejo o condiciones ambientales estresantes tienen efectos negativos en los patrones de actividad del ganado y en consecuencia en la productividad.

En ambientes áridos, donde las temperaturas de verano pueden ser muy elevadas durante el día, la actividad del ganado puede disminuir significativamente al mediodía y los periodos pico de pastoreo ocurren cerca del amanecer y anochecer, e incluso durante la noche. Esta variación en el patrón de actividad diario fue observada en el grupo de vacas monitoreado. Las vacas fueron más activas por las mañanas (06:00 - 10:00 hrs) y por las tardes (16:00 - 20:00 hrs), después de las horas de más calor. Además, el grupo de vacas regresaban de manera frecuentemente al corral de manejo para tomar agua en el bebedero.

El patrón de actividad de las cabras es influenciado por las prácticas de manejo del ganadero. Usualmente los ranchos dedicados a la cría de cabras realizan la ordeña durante las mañanas, aproximadamente entre las 06:00 y 09:00 hrs. Las cabras monitoreadas salieron a pastorear de manera libre después de la ordeña (07:00 hrs) y volvían solas al rancho antes del atardecer (17:00 hrs). Además, las cabras presentan un pico de mayor actividad entre 07:00 y 10:00 hrs, después la actividad se redujo de manera constante.

En ecosistemas frágiles, el sobrepastoreo puede reducir la diversidad de plantas y la cobertura del suelo, aumentando los riesgos de erosión. El sistema de ganadería extensiva suele practicarse dentro de amplias áreas de pastoreo, dominadas por un paisaje heterogéneo. La selectividad que tiene el ganado hacia el consumo de especies vegetales más paladeables y de mayor calidad puede ocasionar una preferencia de uso del espacio desigual y el sobrepastoreo de sitios en que predominan las especies preferidas por el ganado. La ganadería de precisión es una propuesta de manejo basada en la generación constante de datos en tiempo real sobre el movimiento de los animales, lo cual ofrece una mejor comprensión tanto del comportamiento individual como del rebaño y su preferencia de uso del espacio. Con esa información es posible brindar alternativas para incrementar la productividad de los sistemas ganaderos extensivos y al mismo tiempo, reducir los potenciales impactos negativos sobre el medio ambiente y alcanzar la sostenibilidad de los sistemas ganaderos extensivos. Entre las posibles estrategias de manejo adaptativo a implementar puede ser el cambio de horarios de pastoreo, establecimiento de bancos de forraje, determinación de áreas clave con mayor disponibilidad de recursos y distribución de bebederos y comederos para proporcionar complementación alimenticia (e.g. forraje, alimento concentrado y sales minerales).

El monitoreo en tiempo real del movimiento de los animales ofrece valiosa información para tomar decisiones más informadas que favorezcan un manejo eficiente y sostenible de la ganadería extensiva tradicional en zonas áridas.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio forma parte del proyecto ProNacE-ProNall 319072. Los autores agradecen al CONAHcyT por la beca otorgada (CVU 778575) y al CIBNOR como institución receptora. También se agradece al M. en C. Christian Silva Bejarano por su apoyo técnico. Un especial agradecimiento a las familias ganaderas que aceptaron participar en el proyecto.

LITERATURA CONSULTADA

- Arias, R. A., T. L. Mader, y P. C. Escobar. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Archivos Médicos Veterinarios* 40:7-22.
- Bailey, D. W., y J. R. Brown. 2011. Rotational grazing systems and livestock grazing behavior in shrub-dominated semi-arid and arid rangelands. *Rangeland Ecology and Management* 64:1-9.
- Butt, B. 2010. Seasonal space-time dynamics of cattle behavior and mobility among Maasai pastoralists in semi-arid Kenya. *Journal of Arid Environments* 74:403-413.
- Cariño, M., y A. S. Ortega. 2014. Oasis sudcalifornianos: Transferencia cultural del viejo al nuevo mundo áridos. *Millars: Espai i Història* 37:149-176.
- Feldt, T., y E. Schlecht. 2016. Analysis of GPS trajectories to assess spatio-temporal differences in grazing patterns and land use preferences of domestic livestock in southwestern Madagascar. *Pastoralism* 6:1-17.
- Hernández, Z. J. S. 2000. La caprinocultura en el marco de la ganadería poblana (México): contribución de la especie caprina y sistemas de producción. *Archivos de Zootecnia* 49:341-352.
- Hooten, B. M., S. D. Johnson, T. B. McClintock, y M. J. Morales. 2017. *Animal movement: Statistical Models for Telemetry Data*. CRC Press. Boca Raton, EE.UU.
- Manning, J., *et al.* 2017. The behavioural responses of beef cattle (*Bos taurus*) to declining pasture availability and the use of gnss technology to determine grazing preference. *Agriculture* 7:1-12.
- Nyamuryekung'e, S., *et al.* 2023. Real-Time Monitoring of Grazing Cattle Using LORA-WAN Sensors to Improve Precision in Detecting Animal Welfare Implications via Daily Distance Walked Metrics. *Animals* 13:1-12.
- Plaza, J., *et al.* 2022. GPS monitoring reveals circadian rhythmicity in free-grazing sheep. *Applied Animal Behaviour Science* 251:105643.
- Rodríguez-Espinosa, H., A. Bastidas-Duque, y J. E. Naranjo-Arroyave. 2016. Aplicación de los Sistemas de Información Geográficos (SIG) para la implementación de ganadería de precisión. *Livestock Research for Rural Development* 28:1-9.
- Utsumi, A. S., *et al.* 2009. Resource heterogeneity and foraging behaviour of cattle across spatial scales. *BMC Ecology* 9:1-10.

Sometido: 08/ene/2025.

Revisado: 27/ene/2025.

Aceptado: 31/ene/2025.

Publicado: 05/feb/2025.

Editor asociado: Dr. Eduardo Felipe Aguilera-Miller.

¿DÓNDE ESTÁ LA DIVERSIDAD DE MAMÍFEROS EN OAXACA?

Natalia Martín-Regalado*, Miguel Briones-Salas y Mario C. Lavariega

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Instituto Politécnico Nacional, Unidad Oaxaca. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. México. cmartinr@ipn.mx (NM-R), mbriones@ipn.mx (MB-S), mlavariegan@ipn.mx (MCL)

*Autor de correspondencia

Los especialistas en mamíferos (mastozoólogos) frecuentemente señalan que Oaxaca es el estado con mayor diversidad de mamíferos en México, esto se debe, principalmente, a que Oaxaca está ubicado entre la región neotropical y neártica, y a la heterogeneidad ambiental, lo que promueve la presencia de diferentes tipos de vegetación y múltiples hábitats a las especies, pero ¿conocemos dónde está esa diversidad dentro del estado de Oaxaca?

Los estudios de diversidad de mamíferos tradicionalmente se han centrado en analizar la diversidad taxonómica (riqueza de especies), endemismo o rareza de las especies. La riqueza de especies es el número total de especies que hay en un sitio, sin considerar su abundancia, y ha sido la medida más empleada en los estudios ecológicos; sin embargo, esta única faceta de la biodiversidad asigna el mismo valor a todas las especies y no brinda información sobre sus diferencias ecológicas o evolutivas. Actualmente, la biodiversidad se considera multifacética y abarca otras dimensiones, como la diversidad funcional, que estima la variedad de funciones ecológicas (mediante la diversidad de rasgos) de las especies en los ecosistemas. Mientras que, la diversidad filogenética revela la historia evolutiva representada en las especies que coexisten en un sitio. Tanto la diversidad funcional como la diversidad filogenética han cobrado gran relevancia en los últimos años dentro de los estudios de conservación de la diversidad biológica y por su relevancia en los estudios sobre servicios ecosistémicos donde los mamíferos contribuyen en papeles relevantes como la dispersión de semillas, la polinización y el control de plagas.

Para entender fácilmente las dimensiones de la biodiversidad, imagina un cubo de Rubik, en donde cada lado representa una dimensión o faceta de la biodiversidad. Y en cada lado, los pequeños cuadros (piezas) representan una comunidad biológica particular. De un lado podemos descubrir la variación en la cantidad de especies entre sitios, en otro, la variedad de rasgos físicos o conductuales de las especies, y en otro la cantidad de años de historia evolutiva de las especies que están en ese sitio. Cabe aclarar que existen otras dimensiones de la biodiversidad, por ejemplo, la que nos revela la cantidad de interacciones biológicas entre las especies.

Particularmente en México, Oaxaca es el estado que alberga el mayor número de especies de mamíferos en el país, con 217 especies, seguido de Chiapas y Veracruz con 209 y 195 especies, respectivamente. De manera general, se sabe que la riqueza de mamíferos en Oaxaca es mayor en la región de la Sierra Madre de Oaxaca, donde predominan ecosistemas templados como bosques mesófilos de montaña y bosques de pino-encino.

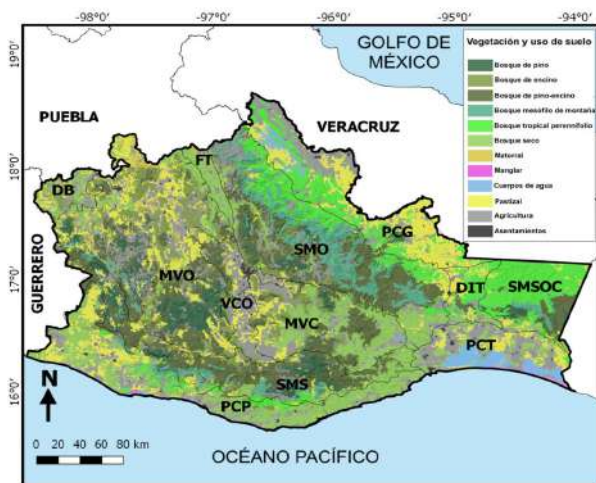


Algunas especies de mamíferos con distribución en Oaxaca: rata canguro (*Dipodomys phillipsii*), murciélago canoso (*Lasiurus cinereus*), mapache (*Procyon lotor*), y venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*).
Fotografías: Natalia Martín-Regalado.

Recientemente, hemos desmenuzado la diversidad de mamíferos en Oaxaca, conociendo no solo la diversidad funcional y filogenética, sino también abarcando la diversidad de distintos grupos de mamíferos, como la de los mamíferos de tamaño mediano y grande (> 700 g, como liebres, conejos y tapires), mamíferos de tamaño pequeño (< 700 g, como algunos roedores y musarañas) y mamíferos voladores (murciélagos).

Regresando a la diversidad taxonómica de mamíferos en Oaxaca, hemos reportado que, la mayor riqueza de especies de mamíferos medianos y grandes se encuentra en ecosistemas tropicales predominantemente semiáridos en la Sierra Madre de Oaxaca, algunas áreas de la Planicie Costera del Golfo, Depresión del Istmo de Tehuantepec y Sierra Madre de Oaxaca y Chiapas. Para los mamíferos pequeños, las áreas montañosas con bosques templados en la Sierra Madre de Oaxaca exhiben los valores más altos de riqueza de especies; mientras que, para los mamíferos voladores, la mayor riqueza de especies se presenta en el norte y este del estado, particularmente en el bosque mesófilo de montaña y bosque de pino-encino en la Sierra Madre de Oaxaca, Planicie Costera del Golfo y algunas áreas adyacentes al estado de Chiapas.

La mayor diversidad funcional en todos los mamíferos del estado, se encuentra en la Sierra Madre de Oaxaca y Chiapas, Depresión del Istmo de Tehuantepec y áreas montañosas de la Sierra Madre de Oaxaca, donde predomina el bosque mesófilo de montaña y bosque de pino-encino. Para los mamíferos medianos y grandes, se encuentran en la Planicie Costera de Tehuantepec y Sierra Madre de Oaxaca, donde el clima es cálido y templado, respectivamente. Para los mamíferos pequeños, la mayor diversidad funcional se reporta para el sureste del estado y la Planicie Costera del Golfo, donde el clima es relativamente húmedo y cálido. Finalmente, la mayor diversidad funcional para los mamíferos voladores, se encuentra en la Planicie Costera de Tehuantepec, la subprovincia con la topografía más plana, donde el clima es cálido y seco, y el ecosistema predominante es el bosque seco.

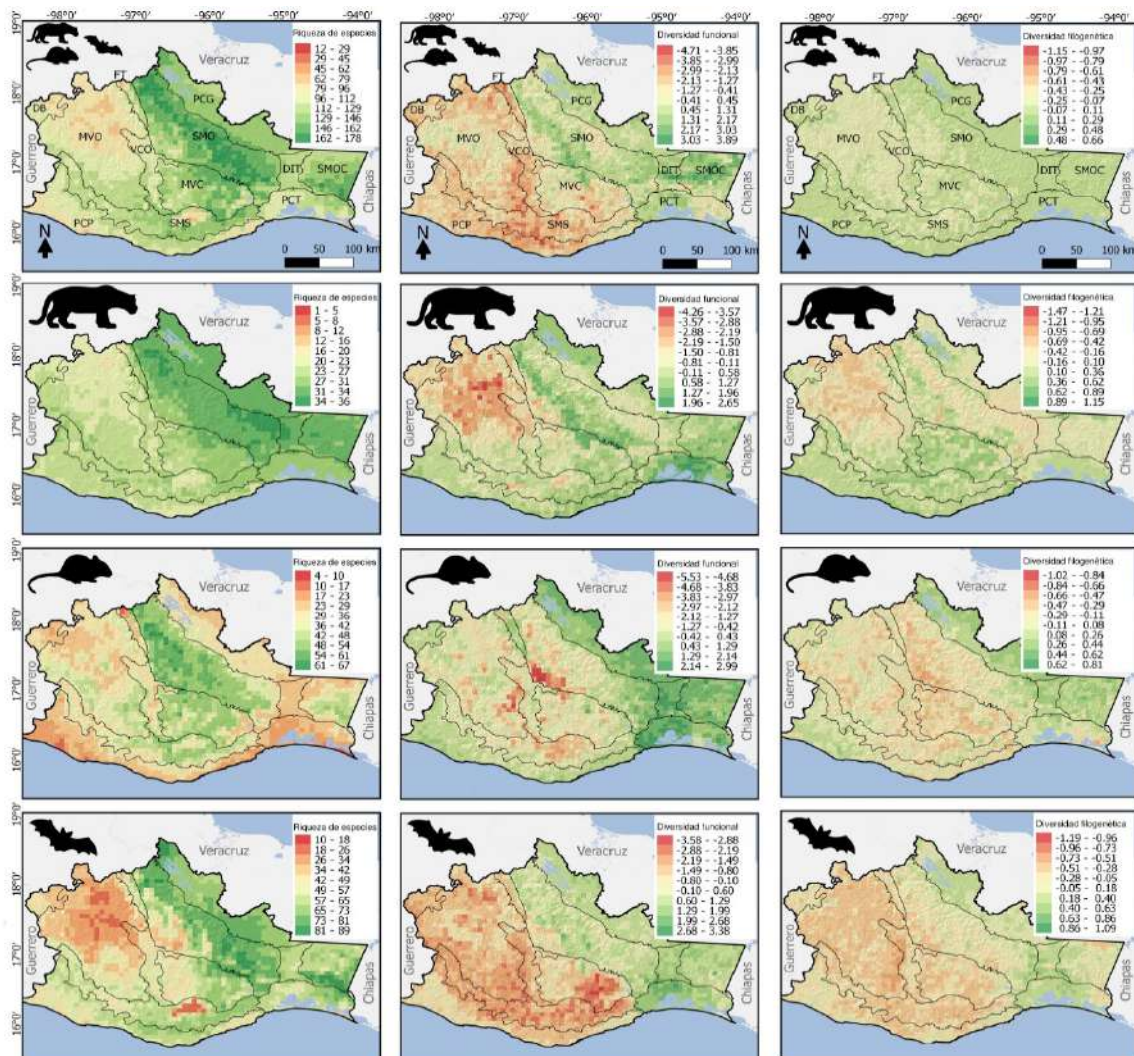


Subprovincias fisiográficas y tipos de vegetación (INEGI, 2021) en Oaxaca: Depresión del Balsas (DB), Fosa de Tehuacán (FT), Montañas y Valles del Occidente (MVO), Valles Centrales de Oaxaca (VCO), Sierra Madre de Oaxaca (SMO), Planicie Costera del Golfo (PCG), Montañas y Valles del Centro (MVC), Sierra Madre del Sur (SMS), Planicie Costera del Pacífico (PCP), Depresión del Istmo de Tehuantepec (DIT), Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas (SMSOC), y Planicie Costera de Tehuantepec (PCT). Mapa: Mario C. Lavariega.

La mayor diversidad filogenética de todos los mamíferos se concentra en los bosques secos de la Planicie Costera del Golfo y el Istmo de Tehuantepec; para los mamíferos medianos y grandes se encuentra, principalmente, en las Montañas y Valles del Centro y la Sierra Madre del Sur en un amplio rango de hábitats que va desde el bosque seco hasta el bosque de encino y pino. En contraste, los valores más altos de diversidad filogenética para los mamíferos pequeños y los mamíferos voladores se encuentran en la subprovincia Planicie Costera del Golfo.

Los patrones mencionados revelan una incongruencia o desajuste espacial entre la diversidad taxonómica, funcional y filogenética de mamíferos en Oaxaca, es decir, existen áreas que resaltan por la riqueza de especies, otras por su papel como reservorios de rasgos funcionales y otras más por su compleja historia evolutiva. Lo anterior, señala el gran desafío de adoptar un enfoque integrador para la conservación de la biodiversidad de este grupo biológico. Es por eso que la identificación de sitios para la conservación de la biodiversidad debe contemplar las diferentes dimensiones de ella y asegurar la preservación no solo de las especies, sino también de los procesos funcionales y evolutivos, sobre todo en regiones biológica y culturalmente diversas, como el estado de Oaxaca.

Ahora que conoces dónde está la mayor diversidad de especies, diversidad de papeles funcionales y diversidad evolutiva de mamíferos en Oaxaca, te invitamos a seguir divulgando que Oaxaca es el estado más diverso en mamíferos, ¡pero ahora sí! con conocimiento y ganas de conservar a este importante grupo biológico que tiene maravillados a México y el mundo.



Riqueza de especies, diversidad funcional y diversidad filogenética de mamíferos, mamíferos medianos y grandes, mamíferos pequeños, y mamíferos voladores en Oaxaca, México. Las áreas en rojo presentan menos diversidad y las áreas en verde presentan más diversidad. Subprovincias fisiográficas en Oaxaca: Depresión del Balsas (DB), Fosa de Tehuacán (FT), Montañas y Valles del Occidente (MVO), Valles Centrales de Oaxaca (VCO), Sierra Madre de Oaxaca (SMO), Planicie Costera del Golfo (PCG), Montañas y Valles del Centro (MVC), Sierra Madre del Sur (SMS), Planicie Costera del Pacífico (PCP), Depresión del Istmo de Tehuantepec (DIT), Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas (SMSOC), y Planicie Costera de Tehuantepec (PCT). Imágenes: Natalia Martín-Regalado.

AGRADECIMIENTOS

El primer autor agradece a CONAHCYT por la estancia posdoctoral aprobada (2843626).

LITERATURA CONSULTADA

- Briones-Salas, M., M. Cortés-Marcial, y M. C. Lavariega. 2015. Diversidad y distribución geográfica de los mamíferos terrestres del estado de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86:685-710.
- Briones-Salas, M., *et al.* 2016. Iniciativas de conservación para los mamíferos de Oaxaca, México. Pp. 329-366 *in* Riqueza y Conservación de los Mamíferos en México a Nivel estatal (Briones-Salas, M., *et al.*, eds.). Vol. 1. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Asociación Mexicana de Mastozoología A. C. y Universidad de Guanajuato. Ciudad de México, México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2021. Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación. Escala 1:250,000, serie VII (capa unión). Aguascalientes, México.
- Martín-Regalado, C. N., M. Briones-Salas, M. C. Lavariega, y C. E. Moreno. 2019. Spatial incongruence in the species richness and functional diversity of cricetid rodents. *PLoS One* 14:e0217154.
- Martín-Regalado, C. N., M. Briones-Salas, C. E. Moreno, y G. Sánchez-Rojas. 2022. Identifying areas for multidimensional biodiversity conservation, with a case study in Oaxaca, Mexico. *Perspectives in Ecology and Conservation* 20:369-376.
- Martín-Regalado, C. N., M. C. Lavariega, y M. Briones-Salas. 2025. Spatial patterns of taxonomic, functional, and phylogenetic diversity of mammals in Southern Mexico. *Ecology and Evolution* 15:e70814.

Sometido: 16/ene/2025.

Revisado: 02/feb/2025.

Aceptado: 05/feb/2025.

Publicado: 07/feb/2025.

Editor asociado: Dra. Mariana Munguía Carrara.

MICROORGANISMOS FANTÁSTICOS Y DÓNDE ENCONTRARLOS

Hanya D. Arellano-Hernández^{1,2*}, Leslie M. Montes-Carreto² y José Antonio Guerrero¹

¹Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
Cuernavaca, Morelos, México. hanyadenis@gmail.com (HDA-H),
aguerrero@uaem.mx (JAG).

²Centro de Ciencias Genómicas, Universidad Nacional Autónoma de México.
Cuernavaca, Morelos, México. less.carreto@gmail.com (LMM-C).

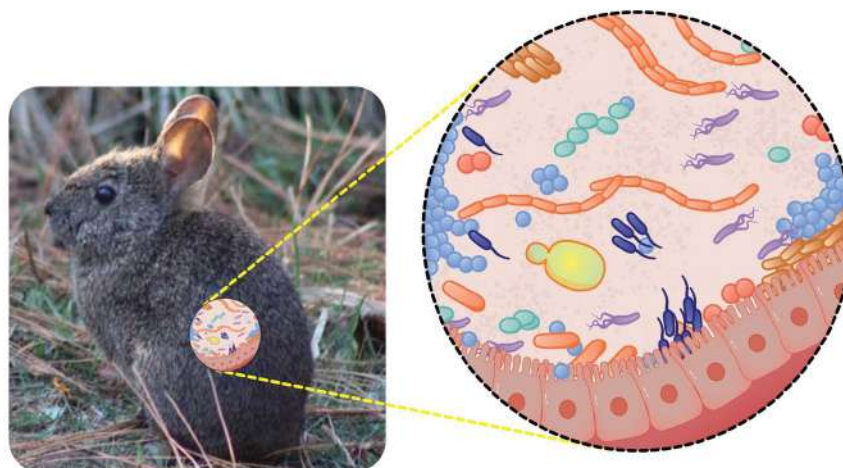
*Autor de correspondencia

Detrás de la vida de los mamíferos, hay un mundo oculto que la moldea. Billones de microorganismos que incluyen bacterias, virus, hongos y arqueas, pueden habitar en el cuerpo de un enorme elefante, de un pequeño murciélago e inclusive de ti, que estás leyendo esto.

Han tenido que pasar más de 300 años de arduas investigaciones para darte este dato tan increíble y que trae consigo más crisis existenciales y teorías alocadas de qué o quiénes somos en realidad. Todo comenzó en 1683, por Anton van Leeuwenhoek quien era extremadamente curioso, característica que lo llevó a construir microscopios y así, descubrió unos microorganismos que habitaban en su boca e inclusive en sus heces, eran las bacterias. Casi dos siglos después, un francés llamado Louis Pasteur descubrió que las bacterias, tanto benéficas como patógenas, también podían vivir en ambientes sin oxígeno, como en el intestino. A partir de entonces, Theodor Escherich en 1885, estaba convencido de que desentrañando los misterios de las comunidades de microbios, encontraría la clave para entender y tratar enfermedades intestinales. Y finalmente para principios

del siglo XX, Iliá Metchnikoff propuso que estos pequeños organismos interactuaban con su huésped y eran esenciales para su salud. De este modo, tales personajes pusieron en el mapa lo que por mucho tiempo se conoció como flora intestinal e inició la búsqueda incansable de microorganismos y sus funciones o "poderes". Por ejemplo, existen bacterias que habitan en el intestino de un pequeño conejo endémico de México conocido como Zacatuche (*Romerolagus diazi*). Estas bacterias son capaces de descomponer sustancias tóxicas y potencialmente letales que contienen algunas plantas de las que se alimenta este pequeño conejo. De cierta forma, tales bacterias le confieren al Zacatuche el poder de ingerir dichas sustancias tóxicas sin sufrir daño alguno.

Hoy en día, nombramos a esta relación entre las comunidades de microorganismos, que incluyen bacterias, hongos, protozoarios, arqueas e inclusive virus, "microbiota". Existen comunidades de microorganismos en diferentes partes del cuerpo de los mamíferos, por lo que cada una de ellas recibe un nombre específico. Hay una microbiota de la piel, de la boca y del intestino y cada una desarrolla una función especial. La estrecha relación y mutuos beneficios entre el huésped y la microbiota que éste alberga, ha llevado a la conceptualización de los animales como "holobiontes", es decir, entidades similares a un super organismo compuesto por el huésped y su microbiota.



El Zacatuche (*Romerolagus diazi*), conejo endémico de México, con una ilustración que representa su microbiota intestinal. En ella podemos observar la diversidad de microorganismos presentes en el tracto intestinal, como bacterias, arqueas y hongos, que le confieren capacidades cruciales para la digestión y la inmunidad.
Ilustración: Gustavo Delgado Prudencio. Fotografía: José Antonio Guerrero

En particular, la microbiota intestinal juega un papel clave tanto en el correcto desarrollo y funcionamiento del intestino como en la salud de los mamíferos. Ayuda a fortalecer la mucosa que protege el intestino, fomenta el crecimiento de estructuras linfoides (las cuales, son esenciales para las defensas del cuerpo). Además, echa una mano al metabolismo al sacar el máximo provecho de los nutrientes, a fabricar vitaminas importantes como la B12 (que ayuda al correcto funcionamiento intestinal) y la K (que sirve para mantener los huesos fuertes y a coagular la sangre). Esta microbiota contiene entre 150 y 200 veces más genes que el conjunto de las células humanas.

La composición de la microbiota no solamente influye en el funcionamiento del cuerpo, también interviene en el comportamiento de los mamíferos, e incluso en el caso de los humanos, en su estado de ánimo. Estudios recientes sobre la función de la microbiota, han identificado una conexión entre el intestino y el cerebro, conocida como el eje intestino-cerebro, donde ciertos microbios producen neurotransmisores como la serotonina, mejor conocida como la hormona de la felicidad, que afecta directamente nuestras emociones. Además, cada mamífero tiene una microbiota única, similar a una "huella dactilar microbiana".

En los mamíferos, la composición y abundancia de la microbiota intestinal dependen de varios factores como el alimento, su información genética, la edad, el estado reproductivo, el estado de salud en el que se encuentren, su hábitat, y el estado en el que dicho hábitat se encuentre. Además, los medicamentos, especialmente los antibióticos, pueden alterar esta comunidad microscópica, con efectos positivos o negativos para la salud. Pero de todos esos factores, la dieta es la que tiene la mayor influencia en la microbiota, pues la composición de la comunidad microbiana dependerá del tipo de dieta que tenga el mamífero. Por ejemplo, un carnívoro tendrá una microbiota muy distinta a la de un herbívoro, porque los microbios que procesan la carne no son los mismos que los que fermentan plantas. Así, la dieta no solo alimenta al animal, sino también a esos microorganismos que trabajan detrás de cámaras para mantener todos los sistemas en equilibrio u homeostasis.

La microbiota intestinal es como un pequeño ejército que trabaja día y noche para cuidar la salud de los mamíferos y por eso merece toda nuestra atención. En los esfuerzos de conservación, cuidar la microbiota no es un lujo, ¡es una necesidad! Si la microbiota de los mamíferos es diversa y está en equilibrio, entonces ésta indicará el buen estado de salud tanto de los individuos, como del entorno que habitan. Por eso, los análisis y la protección de la microbiota de los mamíferos se ha vuelto un tema clave para su conservación. Los cambios en la dieta o en el hábitat ocasionados por factores humanos pueden alterar este delicado ecosistema microbiano, afectando nuestro bienestar.

Así que, al estudiar a este fantástico mundo microscópico, también protegemos a los mamíferos, donde podemos encontrarlos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a CONAHCyT México por la beca posdoctoral 2022(1)- renovación 2024 otorgada a Leslie M. Montes-Carreto (CVU: 667266).

LITERATURA CONSULTADA

- Arellano-Hernández, H. D., L. M. Montes-Carreto, J. A. Guerrero, y E. Martínez-Romero. 2024. The fecal microbiota of the mouse-eared bat (*Myotis velifer*) with new records of microbial taxa for bats. *PLoS ONE* 19:e0314847.
- Cryan, J. F., y T. G. Dinan. 2012. Mind-altering microorganisms: the impact of the gut microbiota on brain and behaviour. *Nature Reviews Neuroscience* 13:701-712.
- De Jonge, N., *et al.* 2022. The gut microbiome of 54 mammalian species. *Frontiers in Microbiology* 13:886252.
- Farré-Maduell, E., y C. Casals-Pascual. 2019. The origins of gut microbiome research in Europe: From Escherich to Nissle. *Human Microbiome Journal* 14:100065.
- Ingala, M. R., *et al.* 2021. You are more than what you eat: Potentially adaptive enrichment of microbiome functions across bat dietary niches. *Animal Microbiome* 3:82.
- Ley, R. E., *et al.* 2008. Evolution of mammals and their gut microbes. *Science* 320:1647-1651.
- Montes-Carreto, L. M., *et al.* 2021. Diverse methanogens, bacteria and tannase genes in the feces of the endangered volcano rabbit (*Romerolagus diazi*). *PeerJ* 9:e11942.
- Muegge, B. D., *et al.* 2011. Diet drives convergence in gut microbiome functions across mammalian phylogeny and within humans. *Science* 332:970-974.
- Sender, R., S. Fuchs, y R. Milo. 2016. Revised estimates for the number of human and bacteria cells in the body. *PLoS Biology* 14:e1002533.

Sometido: 04/feb/2025.

Revisado: 07/feb/2025.

Aceptado: 12/feb/2025.

Publicado: 13/feb/2025.

Editor asociado: Dr. Eduardo Felipe Aguilera-Miller.

MAMÍFEROS DEL VALLE DE PEROTE: ENDEMISMOS Y EXTINCIONES

Sandra H. Montero-Bagatella¹ y Alberto González-Gallina^{2*}

¹Colección Nacional de Mamíferos, Pabellón de la Biodiversidad, Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, Ciudad de México, México. helena.bagatella@gmail.com

²Unidad de Servicios Profesionales Altamente Especializados, Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz, México. alberto.gallina@inecol.mx

*Autor de correspondencia

Los mamíferos del valle de Perote enfrentan continuas e intensas presiones antrópicas que comprometen su existencia. Algunas de sus especies se encuentran en riesgo de desaparecer mientras que otras no han logrado persistir.

Las zonas áridas usualmente se perciben como sitios inhóspitos con condiciones extremas que no permiten el desarrollo de la vida; sin embargo, muchas de estas regiones albergan distintos tipos de organismos que están adaptados a sus condiciones. Más del 60 % del territorio mexicano está conformado por zonas áridas, por lo que gran parte de la diversidad nacional se encuentra en estas áreas. En el centro-sur del país, existe una región que ha destacado por sus numerosos endemismos florísticos y de vertebrados: el valle de Perote. Este sitio reúne características bióticas y abióticas únicas, resultantes de su ubicación entre dos cadenas montañosas, la Faja Volcánica Transmexicana y la Sierra Norte de Puebla, situadas en los estados de Puebla y Veracruz.

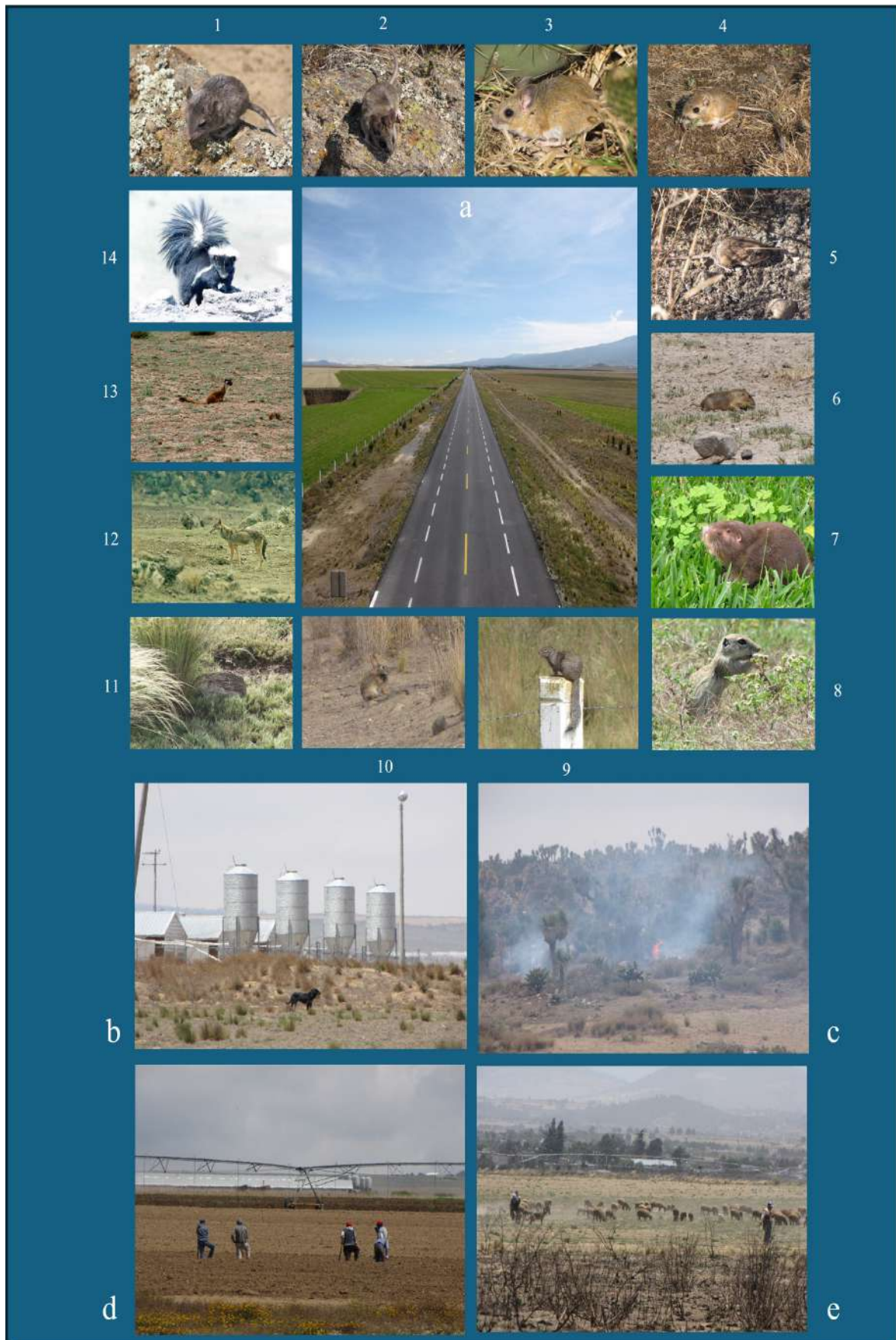
Las condiciones ambientales del valle de Perote han favorecido el desarrollo de distintos grupos de mamíferos que van desde pequeños roedores hasta carnívoros medianos. En particular, los pequeños han destacado por su diversidad y endemismo. Por ello, el Grupo de Especialistas en Mamíferos Pequeños de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (SMSG-IUCN, por sus siglas en inglés), considera al valle como región clave para la conservación. Algunas de sus especies endémicas son: la ardilla de Perote (*Xerospermophilus perotensis*), el ratón de Perote (*Peromyscus bullatus*), la tuza de la Cuenca Oriental (*Cratogeomys fulvescens*) y la rata canguro de Phillips (*Dipodomys phillipsii*). A éstas, se suman otras especies de mayor distribución que incluyen ratones (*Liomys irroratus*, *Microtus mexicanus*, *Onychomys arenicola*, *Peromyscus difficilis*, *P. maniculatus*, *P. truei*, *Reithrodontomys megalotis*) ratas (*Neotoma mexicana*, *Sigmodon hispidus*), tuzas (*Thomomys umbrinus*) y ardillas (*Ictidomys mexicanus*, *Otospermophilus variegatus*). También hay lagomorfos como la liebre torda (*Lepus callotis*) y el conejo del desierto (*Sylvilagus auduboni*), además de mamíferos de mayor talla como los armadillos (*Dasypus novemcinctus*) y carnívoros, como la comadreja (*Neogale frenata*), el coyote (*Canis latrans*), la zorrilla gris (*Urocyon cinereoargenteus*) y el lince (*Lynx rufus*).

De acuerdo con escritos antiguos, los berrendos (*Antilocapra americana*) y lobos (*Canis lupus baileyi*) también

habitaron el valle, desafortunadamente se han extinto localmente. La misma situación ocurre con los venados cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y pecaríes de collar (*Dicotyles tajacu*), que persisten sólo en los relatos de la gente local, especialmente de los de mayor edad. Al parecer, estas extinciones fueron causadas por las intensas y continuas actividades antrópicas, como el desarrollo de caminos, la construcción de viviendas, la agricultura, la ganadería (principalmente de chivos y borregos), la cacería furtiva, los incendios inducidos, así como la introducción de fauna exótica que incluye a los perros y gatos. Estas actividades junto con las alteraciones naturales como el cambio climático han aumentado la presión a la que se enfrentan las especies para subsistir. La situación actual afecta mayormente a las endémicas, que son más susceptibles a la extinción tanto por su baja capacidad de dispersión, como por su especificidad de requerimientos de hábitat, lo que las confina a lugares muy puntuales. Además, al enfrentarse a la reducción y fragmentación de su hábitat, muchas de ellas se han concentrado en terrenos en descanso de siembra o donde hay cercas vivas que dividen las parcelas; no obstante, estos lugares se han ido perdiendo debido a la tecnificación agrícola.

Estas alteraciones de hábitat pueden propiciar cambios en las poblaciones de los organismos que afecten su desarrollo; por ejemplo, su capacidad de reproducción y de sobrevivencia, lo que repercutiría en la reducción de los servicios que brindan a los ecosistemas (control de plagas, aireación de suelo e integración de nutrientes al mismo, dispersión de semillas, polinización, etc.). En caso de que las especies desaparecieran, también lo harían los servicios ecosistémicos que brindan, lo que a su vez influiría en otras especies que también se benefician de éstos.

Ante el desafortunado precedente de las extinciones de mamíferos en el valle de Perote, no podemos tratar al sitio como uno no defaunado, ya que esto conllevaría a perder aún más especies, no sólo de la región sino del mundo. Ante esto, algunas organizaciones enfocadas en la conservación biológica, han clasificado a algunas especies del valle como "en riesgo". A nivel internacional, la IUCN considera al ratón de Perote como en "situación crítica" y a la ardilla de Perote "en peligro de extinción"; mientras que la Norma Oficial Mexicana 059-SEMARNAT-2010, los considera como especie "protegida" y "amenazada" respectivamente. El que estos organismos estén dentro de una categoría de "protección", alertan a las autoridades e instituciones para que se tomen las acciones necesarias para asegurar su conservación en el área. No obstante, especies como los lagomorfos, particularmente la liebre torda (*Lepus callotis*), son cazadas intensamente por los pobladores locales,



Paisajes del valle de Perote y mastofauna representativa. Los paisajes son: a) autopista Amozoc-Perote-Cantona, una de las que dividen el valle, b) granjas porcícolas y perro feral, c) incendio provocado en el área del malpais (matorral creciendo sobre un derrame de roca volcánica), d) zona agrícola tecnificada y granjas porcícolas al fondo y, e) pastores con rebaño de chivos y perros acompañándolos. Las imágenes incluyen a las especies de roedores: 1) *Onychomys arenicola*, 2) *Peromyscus difficilis*, 3) *P. maniculatus*, 4) *Dipodomys phillipsii*, 5) *Perognathus flavus*, 6) *Cratogeomys perotensis*, 7) *Cratogeomys fulvescens* 8) *Xerospermophilus perotensis*, y 9) *Otospermophilus variegatus*. Especies de lagomorfos: 10) *Sylvilagus audubonii*, y 11) *Lepus callotis*. Carnívoros: 12) *Canis latrans*, 13) *Neogale frenata* y, 14) *Mephitis macroura*. Fotografías: Alberto González-Gallina (a-e, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10); Alberto González-Romero (1, 7, 10, 11, 12, 14), Sandra H. Montero-Bagatella (8); Cesia Castillo-Castillo (13).

así como por los carnívoros silvestres e introducidos y a pesar de ello, carecen de protección legal. Si a esto se suma la pérdida de hábitat y las enfermedades emergentes, estos organismos pueden estar en peligro de desaparecer localmente a pesar de su plasticidad y resiliencia; es decir, a su capacidad para adecuarse a los cambios en su entorno y a su resistencia ante las presiones que se generan en su hábitat, logrando su permanencia a pesar de todo el entorno desfavorable en el que se desarrollan.

Debido a la desoladora situación por la que atraviesa el valle de Perote y sus especies, son apremiantes las estrategias integrales por parte de los pobladores locales, el gobierno y la comunidad científica que favorezcan la conservación de esta región. Por un lado, el valle ha sido poco estudiado, se carece de la información actualizada y completa acerca de la historia natural y ecología de las especies locales, la cual es fundamental para la elaboración de estrategias de manejo y conservación del ecosistema y sus especies. Por otro lado, las acciones gubernamentales han diferido de los intereses de la conservación de la región, en el año 2019 se revocó el decreto de Área Natural Protegida a una parte del valle que fungía como Reserva Ecológica, lo que dejó a las especies y a sus hábitats sin la protección legal para su conservación. Además, mucha de la gente local posee información errada acerca de la fauna, por lo que se muestran desinteresados respecto a los organismos y a los problemas que enfrentan.

Ante tales circunstancias, nos encontramos en una carrera contra el tiempo para evitar la extinción de las especies y en especial, de las endémicas. Son urgentes las acciones que favorezcan su permanencia, las cuales podrían incluir actividades de divulgación y difusión entre pobladores locales y expertos, que promuevan el conocimiento e importancia del área y de su mastofauna. Adicionalmente, la replicación de acciones como es el caso de una empresa privada que destinó parte de sus terrenos como áreas para la conservación, podría permitir el desarrollo de los mamíferos nativos y de otros grupos de organismos, evitando así que se enfrenten a las constantes presiones antrópicas como el pastoreo y la caza; asimismo, el apoyo gubernamental es primordial para brindar la protección legal que la región y sus especies necesitan urgentemente.

Los mamíferos del valle de Perote están enfrentando complejos retos para su conservación, por ello la importancia de realizar acciones que promuevan su permanencia

AGRADECIMIENTOS

SHM-B con CVU 336120 agradece a SECIHTI por la beca posdoctoral otorgada. Agradecemos a A. González-Romero por compartir su apasionado gusto e interés por el estudio de las zonas áridas.

LITERATURA CONSULTADA

- Gerez-Fernández, P. 1985. Uso del suelo durante cuatrocientos años y cambio fisionómico en la zona semiárida Poblano-Veracruzana, México. *Biótica* 10:123-144.
- González-Gallina, A., G. Benítez-Baldillo, O. R. Rojas-Soto, y M. G. Hidalgo-Mihart. 2013. The small, the forgotten and the dead: highway impact on vertebrates and its implications for mitigation strategies. *Biological Conservation* 22:325-342.
- Montero-Bagatella, S. H., y A. González-Romero. 2020. El Valle de Perote. Zona semiárida de Veracruz en riesgo de desaparecer. *Biodiversitas* 149:7-10.
- Secretaría de Medio Ambiente de Veracruz. 2019. Decreto por el que se deja sin efectos al Área Natural Protegida Reserva Ecológica San Antonio Limón Totalco en el Ejido San Antonio Limón Totalco, Municipio de Perote, Ver. *Gaceta Oficial. Órgano del Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave*. Tomo CXIX:1-31. México. 14 de noviembre de 2019.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2019. Modificación del anexo normativo III, lista de especies en riesgo de la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. publicada el 30 de diciembre de 2010. *Diario Oficial de la Federación*. México. 14 de noviembre 2019.

Sometido: 13/ene/2025.

Revisado: 27/ene/2025.

Aceptado: 12/feb/2025.

Publicado: 14/feb/2025.

Editor asociado: Dra. Tania Anaid Gutiérrez García.

RELATOS SOBRE LAS FOCAS EN DIVERSAS CULTURAS

José Ángel Ortega-Borchardt¹, Yolanda Schramm^{2*} y Arlette Pacheco-Sandoval²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada, Baja California, México. jangelortegab@gmail.com (JÁO-B).

²Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California, México. yschramm@uabc.edu.mx (YS); pacheco.arlette06@gmail.com (AP-S).

*Autora de correspondencia

A lo largo de la historia, las focas han desempeñado un papel clave en la relación entre los seres humanos y los ecosistemas marinos. Desde su importancia en las tradiciones culturales hasta los relatos sobre su explotación, estos animales se han convertido en un símbolo de resiliencia.

En su libro *The Pinnipeds: Seals, Sea lions, and Walruses*, publicado en 1990, la bióloga marina Marianne Riedman escribió: "Aunque hemos aprendido mucho en los últimos años, todavía nos queda mucho por descubrir sobre las focas, los lobos marinos y las morsas, sus vidas y sus notables adaptaciones a diversas condiciones". En esta obra, la autora presentó conocimientos fundamentales sobre la historia natural de estos animales, información que sigue siendo vigente en la actualidad. Su libro continúa siendo una de las referencias más consultadas para quienes desean conocer la biología y ecología de estos fascinantes mamíferos marinos. Sin embargo, a pesar de los avances en el estudio de su vida natural, la relación de estas especies con la historia cultural sigue siendo poco conocida.

Identificar a una foca (familia Phocidae) es sencillo si se conocen sus características principales: cuerpo fusiforme (en forma de huso), cabeza redondeada sin pabellones auriculares (orejas), grandes ojos oscuros, largos bigotes, aletas en lugar de patas y una pequeña cola. Estos mamíferos marinos son tan peculiares que los biólogos los agrupan dentro de los pinnípedos, un grupo cuyo nombre proviene del latín *pinna* ("aleta") y *pes/pedis* ("pie"). Este grupo también incluye a las familias Otariidae (lobos marinos y lobos finos) y Odobenidae (morsas). En su libro *Seals, Sea Lions, and Walruses: A Review of the Pinnipedia* (1958), el naturalista Victor Scheffer los describió como "aislados, aberrantes y únicos".

Los pinnípedos tienen un estilo de vida particular: aunque pasan gran parte del tiempo en el agua, vuelven con frecuencia a tierra firme o al hielo. Esto los diferencia de otros mamíferos marinos, como los cetáceos (ballenas, delfines y marsopas) y los sirenios (manatíes y dugongos), que están completamente adaptados a la vida acuática. Tal como Scheffer los definió, los pinnípedos son "peculiares animales anfíbios que viven en la interfaz entre la tierra y el mar". Además de una capa de grasa subcutánea (*blubber*), algunos pinnípedos tienen un grueso pelaje que los aísla del frío. Estas características únicas no solo los hacen fascinantes desde el punto de vista biológico, sino que también han propiciado una relación especial con los seres humanos a lo largo de la historia.

En la mayoría de los sitios en donde habitan, las focas y los humanos suelen llevar vidas separadas. Sin embargo, en ciertos lugares, sus interacciones son tan estrechas que trascienden lo individual y abarcan a comunidades enteras. Estas relaciones han dado lugar a historias de conflictos, pactos, favores e incluso tensiones entre ambas especies. Ya sea en las costas del mar Mediterráneo, en las grises y ventosas islas del Norte, en Escocia o en las regiones polares habitadas por inuit y groenlandeses, las vidas de las focas y los humanos

se entrelazan en los ámbitos físico, cultural y simbólico. Estas interacciones trascienden la relación entre cazador y presa, dando lugar a una conexión profunda que ha marcado su historia compartida.

Durante la Antigüedad clásica (siglo VIII a. C. al siglo V d. C.), también conocida como el período grecorromano, las focas eran animales imposibles de ignorar para los artistas griegos y romanos. En la literatura, se les describe descansando en grandes grupos sobre rocas lisas, playas de arena o refugiándose en cuevas marinas, tal y como se menciona en La Odisea (siglo VII u VIII a. C.) de Homero. En esta obra, se narra la historia de Menelao y Proteo, el dios marino conocido como el anciano de los mares y servidor de Poseidón, quien cuidaba a grandes grupos de focas monje del Mediterráneo (*Monachus monachus*). Proteo las contaba con paciencia cada mañana mientras descansaban en la orilla, asegurándose de que ninguna faltara, y luego se tendía entre ellas, como un pastor cuidando a sus ovejas, en una escena que combinaba serenidad y misterio.

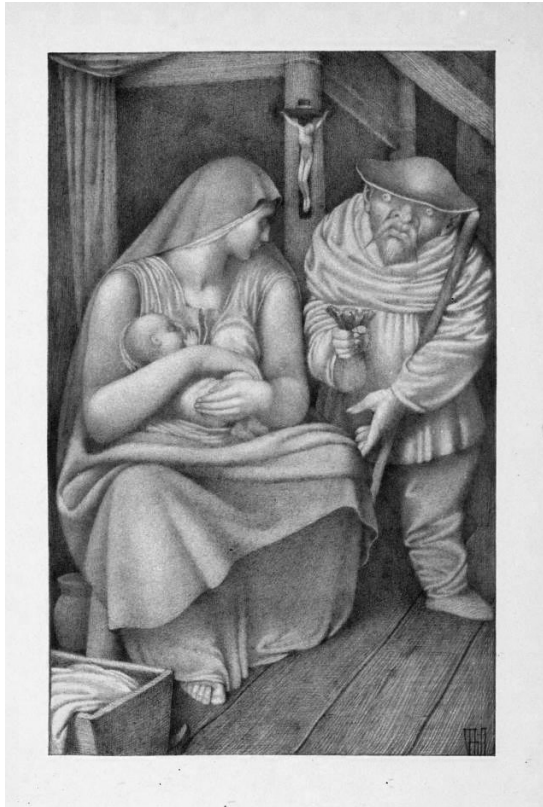
Según la historia, después de la guerra de Troya, Menelao quedó atrapado en la isla de Faro, en Egipto. Para ayudarlo a encontrar el camino de regreso a casa, Idotea, la hija de Proteo, le propuso un astuto plan. Menelao y sus compañeros se disfrazarían con pieles de focas recién despiecejadas y se ocultarían entre los animales dormidos mientras esperaban al dios marino. Idotea les advirtió que Proteo era un cambiaformas y que, para obtener las respuestas que buscaban, debían sujetarlo con fuerza sin importar las formas aterradoras que pudiera adoptar. Esta historia, además de enriquecer la mitología griega, ha influido en el folclore de numerosos países europeos, estableciendo una conexión simbólica entre las focas y los cambiaformas.



Menelao ata a Proteo, obligándolo a revelar la información solicitada por Idotea; debajo de ellos, hay monstruos, posiblemente focas. Grabado: Giulio Bonasone (c. 1555).

La idea de una transición entre foca y humano ha cautivado la imaginación de muchas comunidades costeras a lo largo del mundo. Sin embargo, en ningún lugar estas historias son más abundantes que en las islas al norte del archipiélago británico. En las costas rocosas de las islas Orcadas, al norte de Escocia, donde habitan grandes grupos de focas de puerto (*Phoca vitulina*) y focas grises (*Halichoerus grypus*), los isleños han asociado a estos animales con el cuento popular de los *selkies*, o *silkies*.

Una de las baladas más tradicionales y conocidas de esta región mencionada es *The Great Selkie of Sule Skerry*, que relata el trágico destino de un *selkie*, un hombre foca, y su hijo, fruto de su seducción con una joven humana. En la historia, la joven madre, mientras mece a su bebé en la cuna, se pregunta por el paradero del padre. Tiempo después, el *selkie* regresa y le revela su identidad, prometiendo volver en siete años con una recompensa por la crianza de su hijo. Al cumplirse ese plazo, el *selkie* regresa para llevarse a su hijo y le coloca una cadena de oro para que su madre pueda reconocerlo mientras nada en las olas. Sin embargo, también hace una terrible predicción: la joven madre se casará tiempo después con un cazador de focas, quien en su primer disparo, acabará con la vida de ambos, padre e hijo. Esta balada ha despertado gran interés y ha sido celebrada por numerosos músicos, destacando la interpretación de la cantautora estadounidense Joan Báez en su canción "*Selkie*".



El *selkie* u hombre foca, visita a la joven que cortejó y a su hijo, prometiendo regresar en siete años para llevarse al niño y entregar una recompensa por su crianza. Ilustración: Vernon Hill (1912).

Para muchas culturas, las focas han sido protagonistas del folclore, simbolizando un vínculo profundo entre los humanos y el mundo marino. Para los *inuit*, cuyo nombre significa "la gente" en su idioma, el *inuktitut*, las focas, junto con otros animales del Ártico, como las morsas, las ballenas y los osos polares (*Ursus maritimus*), poseen un profundo significado cultural y espiritual. A diferencia de otras culturas, los *inuit* no adoran dioses, sino que veneran a los espíritus de la naturaleza y a figuras mitológicas. Una de las más importantes es Sedna, conocida como la "Madre del Mar" o "Señora del Mar". Según una de las versiones del mito, Sedna era una joven engañada por un fulmar boreal (*Fulmarus glacialis*), un tipo de gaviota, disfrazado de hombre. Tras prometerle un hermoso hogar, el fulmar la llevó a su casa, que resultó ser un lugar sucio, donde Sedna se vio obligada a subsistir únicamente de pescado. Su

padre logró rescatarla y huyeron en su embarcación, pero cuando el ave los atacó y el mar se enfureció, él arrojó a Sedna al agua y le cortó los dedos para salvarse. Los dedos de Sedna se transformaron en focas, morsas y ballenas, mientras ella se hundió en el océano, convirtiéndose en un espíritu marino vengativo y la guardiana de la vida marina.

Según la mitología *inuit*, Sedna prefiere la compañía de los animales, como las focas, sobre la de los humanos, y actúa como protectora de los organismos marinos. Se dice que estos suelen enredarse en su largo cabello, y si los humanos no respetan adecuadamente a las presas que cazan, Sedna atrapa a los animales, impidiendo que los *inuit* puedan acceder a ellos para su sustento. En tiempos de crisis, un *angakkuq* (o un chamán) de la tribu entra en trance para comunicarse con Sedna, ofrecer disculpas en nombre de la tribu y peinar su cabello, liberando así a los animales marinos. Este mito no solo preserva la historia cultural de los *inuit*, sino que también resalta la importancia del respeto hacia los rituales y la naturaleza.

Aunque en la actualidad la caza de focas es una práctica tradicional para algunas comunidades de los *inuit*, en el pasado, las focas proporcionaron a esta tribu casi todo lo que necesitaban para sobrevivir: carne y grasa como alimento, aceite para cocinar, iluminar y calentar, pieles para confeccionar ropa, mantas, kayaks y cuerdas, y tendones para fabricar hilo. Además, utilizaban el estómago y los intestinos para hacer ventanas y cortinas para sus chozas, mientras que los huesos los transformaban en herramientas, anzuelos y arpones. Las poblaciones de focas pudieron soportar estos niveles bajos de caza de subsistencia, pero quedaron completamente vulnerables ante la intensa explotación comercial que se desarrolló entre los siglos XVIII y principios del XX.



Según la mitología *inuit*, si los humanos no respetan adecuadamente a las presas que cazan, el espíritu Sedna enreda en su largo cabello a los animales, impidiendo que los *inuit* puedan acceder a ellos para su sustento. Ilustración: José Ángel Ortega-Borchardt.

Para los cazadores de focas (*sealers*, en inglés), existían dos grupos principales de "focas", las cuales diferenciaban como "las focas de piel" (los lobos finos) y "las focas de pelo" (las focas verdaderas). Los lobos finos poseen una doble capa de pelaje: largos pelos externos que ofrecen protección y una capa interna de pelos finos y densos, capaz de alcanzar hasta 57,000 pelos por centímetro cuadrado. Esta capa interna atrapa el aire, lo que permite mantener la piel seca, proporcionando un aislamiento térmico efectivo en ambientes fríos. Estas características hacían que las pieles de este grupo fueran altamente valoradas en el mercado, principalmente para la confección de prendas lujosas como abrigos y sombreros. Por otro lado, las pieles de focas tenían un pelaje de baja calidad, útil solo como cuero. Las pieles de

las focas se desechaban con frecuencia cuando eran cazadas para obtener el aceite de su grasa. En contraste, los cadáveres de los lobos finos se dejaban pudrir, y solo se aprovechaban sus pieles. Durante las primeras etapas de caza, las focas fueron ignoradas debido a la baja calidad de sus pieles, pero más adelante adquirieron valor por su aceite, especialmente cuando la caza de ballenas comenzó a declinar.

Durante este tiempo, las focas eran presas fáciles para los cazadores. Sin embargo, cazar elefantes marinos (*Mirounga* spp.), especialmente los machos adultos, no siempre era sencillo, ya que son los más grandes de todos los tipos de focas; pueden llegar a medir hasta 4 o 5 metros. En una remota isla del sur del Océano Índico, en 1817, el estadounidense William Dane Phelps (1802-1875) se enfrentó a un macho de elefante marino del sur (*Mirounga leonina*) y describió este encuentro en su diario: "No sabía nada acerca de los hábitos del elefante [marino]. Nunca había visto matar a uno, y ahí estaba yo... con órdenes de cazar, destazar y cocinar a una de esas enormes bestias, la más pequeña de las cuales parecía capaz de devorarme de un bocado". Debajo de la piel de los elefantes marinos, especialmente de los machos adultos, se encuentra una gruesa capa de grasa, de hasta 15 centímetros, que los cazadores aprovechaban para producir aceite. Este valioso recurso justificaba los largos y difíciles viajes a las remotas islas donde habitaban estos animales. Los barriles de aceite obtenidos de los elefantes marinos tenían un uso similar al aceite derivado del petróleo y eran enviados a grandes ciudades como Nueva York, Madrid y Londres.

Las poblaciones de elefantes marinos del norte (*Mirounga angustirostris*), menos numerosas que las de su contraparte del sur, sufrieron una intensa disminución debido a la alta demanda de aceite. En 1852, el naturalista Charles Melville Scammon (1825-1911) lideró una expedición de caza a

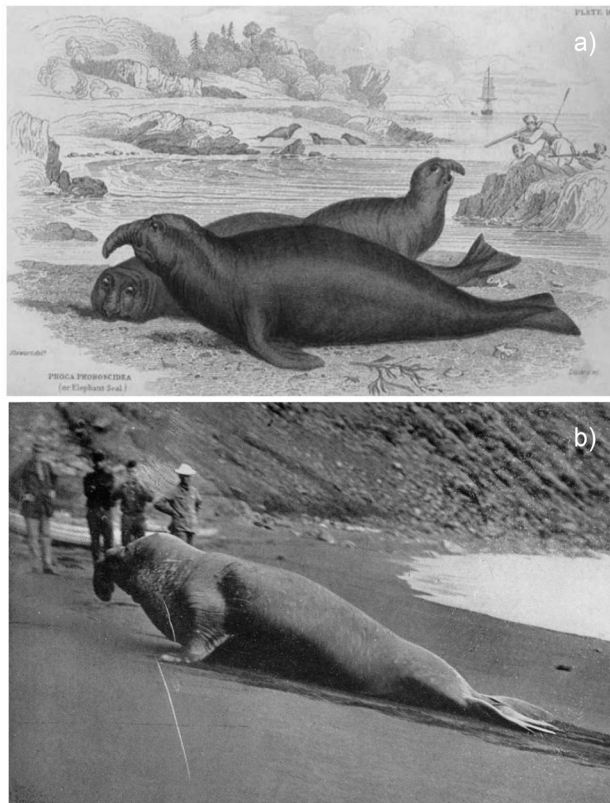
lo largo de la costa de California, recolectando en cinco meses unos 350 barriles de aceite, lo que equivaldría a entre 100 y 200 elefantes marinos adultos. Entre 1865 y 1880, solo se habían visto algunos ejemplares en la Isla Guadalupe y las Islas San Benito, en México, pero fueron rápidamente cazados hasta casi desaparecer, lo que hizo suponer que la especie se había extinto a finales de esa década. Sin embargo, en 1880, se avistó un pequeño grupo en Bahía San Cristóbal, al sur de la Isla Cedros, Baja California. Durante los cuatro años siguientes, tripulaciones de varios barcos cazaron a los 335 individuos observados en la playa.

En 1883, 80 elefantes marinos fueron cazados en la Isla Guadalupe, y cuatro más en 1884, lo que llevó nuevamente a creer que la especie había desaparecido. No obstante, en 1892, los naturalistas estadounidenses, incluido Alfred Webster Anthony (1865-1939), encontraron nueve ejemplares en la Isla Guadalupe, de los cuales siete fueron cazados para la colección del Museo Nacional de Historia Natural de los Estados Unidos de América. Anthony justificó esta acción en 1924 argumentando que, ante la aparente extinción inminente de la especie, era necesario preservar ejemplares en los museos.

A pesar de estas pérdidas, en 1922 se realizó un censo en la Isla Guadalupe, registrando 264 elefantes marinos. Ese mismo año, el gobierno mexicano declaró a la isla como reserva para la protección de los elefantes marinos y lobos finos. Este acto marcó un punto clave en los esfuerzos de conservación, pues fue el primer decreto de este tipo en México. Gracias a las iniciativas de conservación en el siglo XX, como la protección de la Isla Guadalupe, las poblaciones de pinnípedos comenzaron a recuperarse. Sin embargo, los rastros de los cazadores que explotaron estas aguas aún persisten, y hoy apenas empezamos a comprender su impacto. Joel Asaph Allen (1838-1921), zoólogo estadounidense, describió en 1880 la caza de pinnípedos en Norteamérica, señalando: "En general, son criaturas pacíficas, sumisas e inofensivas para el ser humano. Por otro lado, debido al poder humano y su ambición, sin duda, cada año caen víctimas entre un millón y un millón y medio de estos animales". Aunque las cifras mencionadas por Allen no volvieron a registrarse, la disminución en la demanda de aceite y pieles a finales del siglo XIX contribuyó al declive de la caza de focas.

La relativa docilidad y falta de temor de las focas hacia los humanos ha tenido tanto consecuencias negativas como positivas. Si bien estas características las han hecho vulnerables a la explotación, también ha facilitado relaciones únicas entre estos animales y las personas. Algunas focas llegan a domesticarse con tanta facilidad que parecen olvidar su independencia, disfrutando de la compañía humana como si fuera parte de su naturaleza. Existen numerosas historias de focas que, ya sea intencionalmente o por accidente, abandonan a sus grupos para encontrar un hogar entre los humanos. En algunos casos, estas relaciones trascienden el vínculo tradicional entre humano y mascota, donde la individualidad y la independencia del animal no se ven comprometidas. Las focas de puerto, en particular, han inspirado un profundo afecto en quienes han tenido la oportunidad de convivir con ellas.

Un ejemplo famoso es el de Hoover, la "foca parlante", adoptada en 1971 por una pareja de Maine, EE.UU., quienes descubrieron su inusual habilidad vocal. Aunque las focas en la naturaleza poseen un rango vocal notable que incluye gemidos, silbidos y gruñidos, Hoover sorprendió al emitir frases en inglés con un marcado acento de marinero del noreste de Estados Unidos de América, que aprendió de sus primeros cuidadores. En su hogar permanente en el Acuario de Nueva Inglaterra, en Boston, era conocido por expresiones como "Hello there" o "Get down", cautivando así a los visitantes.



Cuando los lobos finos y las ballenas se volvieron escasos a inicios del siglo XIX, los cazadores dirigieron su atención a los elefantes marinos, cuya grasa era una fuente abundante de aceite. a) *Amphibious carnivora*. Ilustración: Robert Hamilton (1839). b) Macho adulto de elefante marino del norte (*Mirounga angustirostris*) observado por cazadores en la Isla Guadalupe, México. Fotografía: Charles Haskins Townsend (1911).

Otro caso célebre es el de André, una foca de puerto adoptada en 1961 por Harry Goodridge, un buzo aficionado de Maine. Goodridge describió su fascinación por la "compañía submarina", lo que lo llevó a establecer un vínculo único con André. Goodridge coescribió el libro "Una foca llamada André", donde explora la dualidad en la vida de André: dividida entre sus instintos naturales como foca silvestre y su singular relación con los humanos. Aunque André era liberada por la familia Goodridge en su hábitat natural cada año, cada verano regresaba a Harry, navegando kilómetros de costa para reencontrarse con su amigo. Sus travesuras e inteligencia cautivaron la atención del público, convirtiéndola en una celebridad local. La obra tuvo tanto éxito que en 1994 fue adaptada vagamente en una película, aunque André fue representada por un lobo marino de California (*Zalophus californianus*).

En términos generales, los fócidos han cautivado y despertado un gran interés para los seres humanos a lo largo del tiempo. El folclore, las prácticas tradicionales, la historia de la caza y la domesticación de las focas han influido significativamente en los estudios sobre estas especies, destacando su importancia cultural y su relevancia en la conservación marina. Garantizar un futuro seguro para las focas requiere promulgar y hacer cumplir legislaciones que aseguren su protección, así como implementar medidas efectivas para conservar sus hábitats. Los esfuerzos en educación y divulgación deben enfocarse en mitigar los conflictos entre humanos y fauna, al mismo tiempo que inspirar a nuevas generaciones de investigadores comprometidos con la conservación de estos fócidos. Finalmente, involucrar y comprometer a las comunidades locales será crucial para el éxito de estas iniciativas, consolidando un esfuerzo colectivo que beneficie tanto a las focas como a los ecosistemas que habitan.

Las focas no solo representan una riqueza natural que debemos conservar, sino también el frágil equilibrio entre la humanidad y su entorno. Su historia, estrechamente vinculada a la nuestra, nos recuerda que, en sus ojos curiosos y en su vida en el hábitat natural, yace nuestra responsabilidad de preservar un legado compartido.



Harry Goodridge aprendió de André que puede haber un vínculo muy especial entre las focas y los humanos.
Fotografía: Lew Dietz (1974).

AGRADECIMIENTOS

El autor y las autoras agradecen al revisor o revisora asignada por sus comentarios y sugerencias, así como a Isai David Barba-Acuña por sus revisiones pertinentes en este manuscrito.

LITERATURA CONSULTADA

- Allen, J. A. 1880. A History of North American Pinnipeds: A Monograph of the Walruses, Sea-lions, Sea-bears, and Seals of North America. Washington D. C., EE.UU.
- Berdegúe, J. 1956. La foca fina, el elefante marino y la ballena gris en Baja California, y el problema de su conservación. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. Distrito Federal, México.
- Dickenson, V. 2016. Seal. Reaktion Books Ltd. Londres, Reino Unido.
- Gallo-Reynoso, J. P., B. J. Le Boeuf, A. L. Figueroa-Carranza, y M. O. Maravilla-Chávez. 2005. Los pinnípedos de Isla Guadalupe. Pp. 171-201 in Isla Guadalupe: Restauración y conservación (K. Santos del Prado y E. Peters, eds.). Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). Distrito Federal, México.
- Heckel, G. y Y. Schramm (eds.). 2021. Ecology and Conservation of Pinnipeds in Latin America. Springer International Publishing. Cham, Suiza.
- Oosten, J. G. 1986. Male and Female in Inuit Shamanism. Études Inuit Studies 10:115-131.
- Ortega-Borchardt, J. Á., G. Heckel, y Y. Schramm. 2025. La foca de Puerto del Pacífico mexicano. *Therya ixmana* 4:30-33.
- Riedman, M. 1990. The Pinnipeds: Seals, Sea Lions, and Walruses. University of California Press. Berkeley, California, EE.UU.
- Roberts, C. 2007. The Unnatural History of the Sea. Island Press. Washington D. C., EE.UU.
- Selesky, K. 1996. "Singing of what they no longer are"? The role of traditional Inuit myth and legend in contemporary Inuit narrative and visual art. *The Northern Review* 17:71-84.
- Sheffer, V. B. 1958. Seals, Sea Lions, and Walruses: A review of the Pinnipedia. Stanford University Press. Stanford, California, EE.UU.
- Stewart, B. S., et al. 1994. History and present status of the northern elephant seal population. Pp. 29-48 in Elephant seals: population ecology, behavior, and physiology (B. J. Le Boeuf y R. M. Laws, eds.). University of California Press. Berkeley, California, EE.UU.

Sometido: 11/feb/2025.
Revisado: 20/feb/2025.
Aceptado: 21/feb/2025.
Publicado: 27/feb/2025.

Editor asociado: Dra. Leticia Cab-Sulub.

ADAPTANDO LA CONVIVENCIA PARA SOBREVIVIR

Erika J. Cruz-Bazan¹, Alina Gabriela Monroy-Gamboa² y Jorge E. Ramírez-Albores^{3*}

¹Departamento de Recursos Naturales Renovables, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. erikacbazan@gmail.com (EJC-B).

²Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S. C. La Paz, Baja California Sur, México. beu_ribetzin@hotmail.com (AGM-G).

³Departamento de Botánica, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. jorgeramirez22@hotmail.com (JER-A).

*Autor de correspondencia

El marcado impacto sin precedente de las actividades humanas en el planeta, aunado al cambio climático, está alterando de manera drástica las condiciones ambientales que sustentan la vida en el planeta, incluidos los mamíferos. Estas alteraciones se pueden analizar desde diferentes perspectivas, como las densidades poblacionales, la composición de comunidades y la distribución de especies. Un aspecto menos obvio son las interacciones entre las especies, como puede ser la depredación, el parasitismo o la polinización.

Las interacciones se dan a partir de diferentes factores, que pueden ser entre seres vivos (bióticas) o con el ambiente (abióticas). A su vez, las interacciones bióticas pueden clasificarse de varias maneras; en esta ocasión, nos enfocaremos en las que ocurren entre especies. Estas pueden ser intraespecíficas, las cuales hacen referencia a aquellas que ocurren entre individuos de la misma especie, o interespecíficas que ocurren entre individuos de diferentes especies.

Algunos ejemplos de las interacciones bióticas entre especies incluyen desde la competencia hasta el comportamiento reproductivo. Todas ellas son fundamentales para entender cómo los organismos se mantienen en equilibrio dentro de los diferentes hábitats. Sin embargo, pueden ocurrir eventos externos a los cuales las especies no estén habituadas, por lo que deberán adaptarse para poder sobrevivir a los cambios drásticos en su entorno, especialmente si se trata de especies endémicas, es decir, aquellas que solo pueden vivir en un lugar determinado. Uno de estos cambios es el cambio climático, por lo que resulta crucial comprender cómo está modificando estas relaciones y qué implicaciones tienen para las poblaciones de mamíferos.

Una de las principales modificaciones ambientales ocasionadas por el cambio climático es el aumento de temperatura, que a su vez propicia cambios en los patrones de precipitación, ocasionando estrés hídrico en las especies vegetales, lo que puede causar la muerte de individuos y una baja reproducción y dispersión, especialmente en aquellas que se localizan en zonas con características templadas. Como resultado, este tipo de ecosistemas se van reduciendo en extensión, favoreciendo la expansión de ecosistemas de características más xéricas o desérticas. En estos ecosistemas, los recursos como agua, alimento y refugio se están volviendo escasos, lo que obliga a los mamíferos a competir más agresivamente por ellos. Es el caso de los ungulados (mamíferos placentarios que se apoyan y caminan con el extremo de los dedos), como el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), el venado bura (*O. hemionus*), el borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) y el berrendo (*Antilocapra americana*), los cuales han mostrado un aumento en los conflictos con el ganado bovino y ovino por acceso a fuentes de agua, dándose una interacción interespecífica. Este tipo de competencia puede reducir el éxito reproductivo y aumentar el estrés fisiológico, afectando la salud de las poblaciones.

Otra modificación en las interacciones, ocasionada por el cambio climático, se da en la comunicación intraespecífica. En muchas especies, las vocalizaciones, feromonas y otras señales de comunicación dependen de condiciones ambientales específicas. Por ejemplo, los mamíferos que habitan en el Ártico, están experimentando alteraciones para percibir los sonidos debido al derretimiento del hielo, lo que afecta tanto a los mamíferos marinos por el cambio en la salinidad y temperatura del agua, que distorsionan el origen del sonido, como a los mamíferos terrestres, al derretirse paredes donde rebotaban sonidos, el origen se vuelve impreciso. De igual forma, con la desaparición del hielo marino, se podría estar restringiendo las áreas de acceso del zorro ártico (*Vulpes lagopus*), para la caza de crías de focas, gansos migratorios, peces y cadáveres. Esto puede afectar actividades esenciales como la caza en grupo, la organización social y por ende el apareamiento, lo cual podría resultar en una disminución en la tasa poblacional de la especie.

Con la modificación de las temperaturas y las lluvias debido al cambio climático, la estacionalidad y la disponibilidad de recursos alimenticios y de refugio también se ven alteradas, lo que afecta el éxito reproductivo de los mamíferos, ya que



Las interacciones intraespecíficas son esenciales para garantizar la supervivencia (A), el éxito reproductivo (B) y la organización de las especies (C).
Fotografías: Jorge E. Ramírez-Albores (A), Erika J. Cruz-Bazan (B, C).

estos factores son clave para su reproducción. Por ejemplo, la mayoría de las especies de roedores se alimentan de plantas (semillas, tallos), las cuales se encuentran más disponibles durante la primavera en comparación con otras estaciones del año, como el invierno. Por lo tanto, los roedores se han adaptado reproductivamente para que sus crías nazcan durante la primavera, cuando habrá alimento suficiente para todos y será más fácil de encontrar. De este modo, las hembras no tienen que alejarse mucho de sus madrigueras para alimentarse, asegurando el éxito de sobrevivencia de la camada. Además, el aumento de temperaturas y de sequía puede influir en la asignación de sexo de los embriones sobre todo en especies ectotérmicas como los reptiles, que dependen de las condiciones externas para obtener calor. Aunque también se ha documentado que los cambios de temperatura en el ambiente pueden afectar a especies endotérmicas como los mamíferos, es importante señalar que, aunque el cuerpo de la madre protege al feto de las condiciones ambientales, la madre está expuesta a ellas. Esto puede alterar algunos parámetros, como los hormonales, propiciando que un sexo sea más abundante que otro en las camadas. Este fenómeno se ha observado en algunas especies como los murciélagos del género *Myotis* o el wapití (*Cervus canadensis nelsoni*). En la vida silvestre, si las especies no se adaptaran a estos cambios, podría significar un decremento de las poblaciones, lo que, en el mediano o largo plazo, podría llevarlas incluso a la extinción.

No todo resulta tan negativo, el cambio climático también puede reforzar ciertos comportamientos cooperativos dentro de las especies. En situaciones donde las condiciones ambientales se tornan extremas, la cooperación puede ser clave para la supervivencia. Por ejemplo, los elefantes africanos (*Loxodonta africana*), que enfrentan olas de calor y sequías más intensas, muestran comportamientos cooperativos como el compartir recursos hídricos y ayudar a individuos más jóvenes o débiles a encontrar agua. La adaptabilidad social también se manifiesta en la formación de alianzas dentro de las poblaciones o entre diferentes especies; siguiendo el ejemplo de los elefantes africanos, éstos se alían con los papiones oliva (*Papio anubis*), los elefantes cavan pozos con sus largos colmillos dejando expuestas las fuentes de agua de las que beben los papiones y éstos les advierten a los elefantes sobre amenazas cercanas. Es importante recalcar que este tipo de interacciones está limitado por la disponibilidad de recursos, por lo que no siempre es viable que ocurran.

Entender cómo el cambio climático está afectando, o en algunos casos favoreciendo, las interacciones entre mamíferos es crucial para predecir su adaptabilidad y supervivencia. Las estrategias de conservación deben considerar estas dinámicas, promoviendo la protección de hábitats clave y el monitoreo de poblaciones vulnerables. Además, es fundamental fomentar la investigación interdisciplinaria que permita comprender los complejos impactos del cambio climático en la ecología del comportamiento. Aunque existen diversos estudios sobre interacciones, específicamente para el estado de Coahuila, México es aún un campo inexplorado. Bajo este contexto, nuestra investigación se centrará en conocer los impactos de las poblaciones de perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus*) sobre la distribución, abundancia y comportamiento de la fauna silvestre y doméstica en el noreste del país.

Las modificaciones en las interacciones entre especies derivadas del cambio climático están ocurriendo a una velocidad muy acelerada, por lo que comprenderlas es clave para desarrollar estrategias que garanticen la persistencia de la biodiversidad en un mundo en constante transformación.

AGRADECIMIENTOS

A la beca de postgrado de EJC-B (758841) y la estancia postdoctoral adscrita al CIBNOR de AGM-G (CVU 206047) por parte del SECIHTI. A los Fondos Institucionales de Investigación para los proyectos 38111-425104001-2389 y 38111-425104001-2178 de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. A Eber G. Chavez-Lugo por su apoyo en la recopilación de información y en el trabajo de campo. Agradecemos al revisor externo anónimo por sus comentarios que ayudaron a mejorar el presente escrito.

LITERATURA CONSULTADA

- Akesson, A., *et al.* 2021. The importance of species interactions in eco-evolutionary community dynamics under climate change. *Nature Communications* 12:4759.
- Firman, R. C. 2024. The hot sex: is there evidence for climate-driven sex allocation in mammals? *Mammal Review* 54:415-426.
- Fortúnel, F. E., R. F. Nespola, G. C. Amico, y D. M. Watson. 2021. Climate change can disrupt ecological interactions in mysterious ways: using ecological generalists to forecast community-wide effects. *Climate Change Ecology* 2:100044.
- Kronfeld-Schor, N., M. E. Visser, L. Salis, y J. A. van Gils. 2017. Cronobiology of interspecific interactions in a changing world. *Philosophical Transactions of the Royal Society B. Biological Sciences* 372:20160248.
- Lynch, J. F., *et al.* 2018. Impacts of ocean warming on acoustic propagation over continental shelf and slope regions. *Oceanography* 31:174-181.
- Monroy-Gamboa, A. G., L. Cab-Sulub, y S. T. Álvarez-Castañeda. 2022. Extinction of endemic taxa as direct consequence of global climate change. *Therya* 13:79-84.
- Rico-Gray, V. 2005. Las interacciones ecológicas y su relación con la conservación de la biodiversidad. *Cuadernos de Biodiversidad* 18:3-8.
- Tylianakis, J. M., R. K. Didham, J. Bascompte y D. A. Wardle. 2008. Global change and species interactions in terrestrial ecosystems. *Ecology Letters* 11:1351-1363.
- Ureta, C., *et al.* 2022. Species, taxonomic, and functional group diversities of terrestrial mammals at risk under climate change and land-use/cover change scenarios in Mexico. *Global Change Biology* 28:6992-70008.



Estrategias de caza (A), control biológico (B) o dispersión de semillas (C) son algunos ejemplos de interacciones interespecíficas, que son fundamentales para el equilibrio ecológico y el funcionamiento de las comunidades biológicas.

Fotografías: Erika J. Cruz-Bazan (A), Patricia Carrión (B), Eber G. Chavez-Lugo (C).

Sometido: 24/ene/2025.

Revisado: 12/feb/2025.

Aceptado: 26/feb/2025.

Publicado: 27/feb/2025.

Editor asociado: Dra. Susette S. Castañeda-Rico.

EL PEQUEÑO DISPERSOR DE SEMILLAS DE LOS ECOSISTEMAS

Edwin Hernández-López¹ y Héctor M. J. López-Castilla^{2*}

¹Universidad Tecnológica de Calakmul, Xpujil, Calakmul, Campeche, México.

edwinhernandezlopez23@gmail.com

²Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Chiná, Chiná, Campeche,

México. castilla-9@outlook.com

*Autor de correspondencia

Es un roedor con menor popularidad que los capibaras, pero igual de importante gracias a su capacidad para dispersar semillas y conservar especies vegetales en diversos ecosistemas de México y Centroamérica.

El género *Dasyprocta* está conformado por al menos 11 especies de roedores de gran tamaño, comúnmente conocidos como agutíes o sereques. Estos animales se encuentran distribuidos desde el sureste de México hasta el norte de Argentina y pertenecen a la familia Dasyproctidae, misma que se encuentra dentro del orden de los roedores (Rodentia). México es hogar de dos especies de esta familia: el sereque mexicano (*Dasyprocta mexicana*) y el sereque centroamericano (*D. punctata*).

De estas dos especies, el sereque mexicano es endémica de México, es decir, que únicamente se distribuye en el país, abarcando dicha distribución los estados como Veracruz, Oaxaca, Tabasco y Chiapas, habitando en bosques tropicales, subtropicales y acahuales que son comúnmente conocidos como áreas de regeneración. Esta especie se encuentra en peligro crítico de extinción, según la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), organización que se encarga de movilizar fondos monetarios para hacer frente a amenazas de las especies en riesgo en todo el mundo. Por otro lado, el sereque centroamericano tiene una distribución más amplia, extendiéndose desde el sur de México hasta el norte de Argentina. Esta especie habita en diversos entornos, como bosques tropicales, matorrales densos, sabanas, áreas de cultivo como cafetales de sombra y selvas altas de la selva maya de México y Guatemala. Aunado, su distribución se ha extendido a países insulares como Cuba y las Islas Caimán. Actualmente, se clasifica como una especie de preocupación menor según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, lo que significa que no se encuentra bajo ninguna categoría de riesgo. De la misma forma, tampoco se encuentra clasificada por la NOM-059-SEMARNAT 2010, lista mexicana que clasifica y categoriza las especies en riesgo conforme a su vulnerabilidad en el país.

Los sereques (pertenecientes al género *Dasyprocta*) son roedores de talla grande cuando los comparamos con otras especies del mismo orden. Estos en su etapa adulta pueden medir entre 40 y 60 cm de longitud y pesan entre 2 y 5 kg. Su cuerpo es alargado, con patas traseras más largas que las delanteras, y cuentan con tres dedos en las extremidades posteriores. Su pelaje, generalmente corto, varía entre tonos café-grisáceos según la especie. Alcanzan la madurez sexual alrededor de los seis meses de edad y su gestación dura

aproximadamente 120 días. Las hembras suelen dar a luz de una a dos crías, que nacen con pelaje y ojos abiertos, pesando alrededor de 22.7 g.

A pesar de que son principalmente diurnos, en algunas ocasiones pueden mostrar actividad nocturna y de acuerdo con algunos autores, los sereques viven en parejas estables que permanecen unidas hasta que uno de los miembros muere. Las hembras cuidan de sus crías hasta que estas alcanzan la independencia, entre los cuatro y cinco meses de edad. Su dieta es omnívora, incluyendo frutos, insectos, semillas e incluso hongos. Se ha reportado en algunas ocasiones que pueden consumir otros vertebrados de tamaño pequeño como polluelos de corcovado pechinegro (*Odontophorus leucolaemus*) y crías del armadillo nueve bandas (*Dasyus novemcinctus*). En épocas de abundancia de frutos, tienden a enterrarlos como reserva para periodos de escasez, aunque en algunas ocasiones puedan llegar a olvidarlas, lo que los convierte en dispersores clave de semillas, como las del árbol de guapinol (*Hymenaea courbaril*), movilizándolo los frutos a áreas seguras para su consumo. Este comportamiento contribuye significativamente a la regeneración de bosques y selvas. Además, son presas importantes para depredadores medianos y grandes, como felinos, cánidos, serpientes y aves rapaces, lo que los sitúa en un eslabón clave de la cadena alimenticia.

Los sereques son especies adaptables a las áreas urbanas, donde haya disponibilidad de alimento. Normalmente no son agresivos con el humano; tal es el caso de su presencia en hoteles de la Riviera Maya, México, donde pueden interactuar con turistas en las áreas verdes. Sin embargo, su presencia cerca de áreas urbanas y la alimentación inducida por



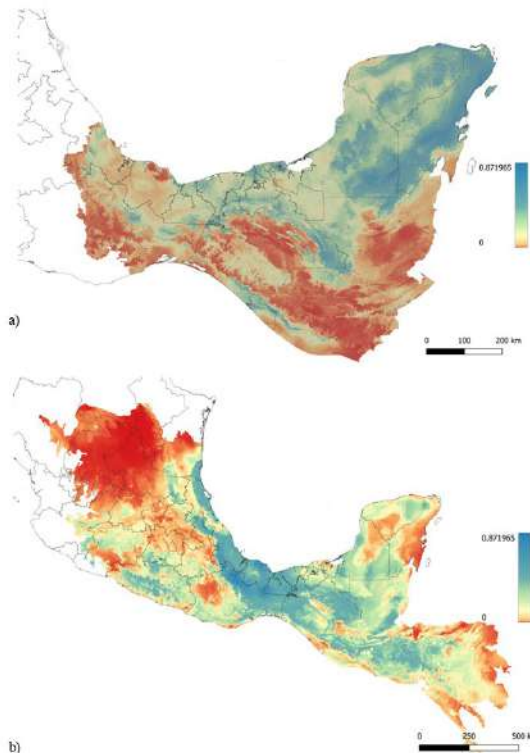
Fotografía de cámara trampa en acuarela del sereque centroamericano (*Dasyprocta punctata*) en las selvas medianas subperennifolias de la Selva Maya. Fotografía: Edwin Hernández-López.

el hombre puede provocar incremento en sus poblaciones y provocar aglomeraciones de individuos con lo que aumentan los riesgos de propagación de enfermedades zoonóticas como la dermatitis que hasta el momento se ha reportado en el sereque centroamericano, en Colombia.

En cuanto a su importancia etnobiológica, el sereque ha sido fuente de proteína para diversas comunidades rurales e indígenas del Neotrópico, mediante la cacería de subsistencia. Su carne, apreciada por su sabor y cantidad, se consume en platillos tradicionales como caldos o asados. A pesar de su relevancia cultural y ecológica, sus poblaciones enfrentan constantes amenazas. Esto se debe principalmente a la pérdida de su hábitat, derivado de actividades antrópicas como la agricultura, urbanización y deforestación. Además, la cacería ilegal para su consumo en países como Honduras, representa un riesgo adicional para su conservación.

Es importante reconocer a los sereques, quienes desempeñan un rol ecológico fundamental como dispersores de semillas en los bosques y selvas tropicales localizadas a lo largo de su distribución, ganándose el apodo de "jardineros de los ecosistemas". Su conservación no solo es vital para la regeneración de estos hábitats, sino también para la subsistencia de muchas comunidades humanas que dependen de ellos.

No obstante, del gran beneficio que provee este pequeño, se desconoce aún mucha información del sereque y de su rol en la dispersión de semillas. Por ello, es importante implementar medidas que protejan sus poblaciones y ecosistemas ante las amenazas actuales.



Distribución potencial de especies del género *Dasyprocta* en México y Centroamérica. a) *D. mexicana* y b) *D. punctata*. Las escalas de colores con mayor valor en rango de 0 a 1, donde 1 significa la mayor probabilidad de presencia de la especie. Datos tomados y adaptados de Sánchez-Cordero *et al.* (2020). Modificación: Héctor M. J. López-Castilla.

AGRADECIMIENTOS

E-HL agradece a la Universidad Tecnológica de Calakmul por las facilidades otorgadas para el monitoreo de mamíferos en sus áreas de conservación.

LITERATURA CONSULTADA

- Cruz-Lara, E. *et al.* 2004. Diversidad de mamíferos en cafetales y selva mediana de las cañadas de la selva Lacandona, Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 20:63-81.
- García-Casimiro, E., y A. Santos-Moreno. 2021. Tepezcuintle y seretes de México: ¿los últimos grandes dispersores de semillas del Neotrópico? *Biodiversitas* 156:13-16.
- Hallwachs, W. 1986. Agoutis (*Dasyprocta punctata*): the inheritors of guapinol (*Hymenaea courbaril*: Leguminosae). Pp. 285-304 in *Frugivores and seed dispersal* (Estrada, A. y T. H. Fleming). Dr W. Junk Publishers. Dordrecht, Netherlands.
- López-Castilla, H. M. J. *et al.* 2024. A review of wildlife used by the Mayan communities in areas close to the nature reserves in the Yucatán Peninsula region, Mexico. *Discover Conservation* 1:1-12.
- Patton, J. L., U. F. Pardiñas, y G. D'Elia. 2020. *Mammals of South America, volume 2: rodents*. University of Chicago Press. Chicago, EE.UU.
- Reid, F. A. 2009. *A field guide to the mammals of Central America and Southeast Mexico*. Oxford University Press. New York, EE.UU.
- Sánchez-Cordero, V., Á. Rodríguez-Moreno, y G. Gutiérrez-Granados. 2020. *Dasyprocta punctata* (guateque centroamericano). Distribución potencial en México (1.ª ed., escala 1:1000000). Informe final Proyecto JM040: Modelado de la distribución potencial de especies de mamíferos reservorios y vectores de tres zoonosis emergentes en México. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. SNIB-CONABIO. Ciudad de México, México.
- Smythe, N. 1978. The natural history of the Central American agouti (*Dasyprocta punctata*). *Smithsonian Contributions to Zoology* 257:1-52.

Sometido: 20/feb/2025.

Revisado: 26/feb/2025.

Aceptado: 28/feb/2025.

Publicado: 03/mar/2025.

Editor asociado: Dr. Eduardo Felipe Aguilera-Miller.

VENERADOS O DETESTADOS: BREVE HISTORIA SOBRE MURCIÉLAGOS HEMATÓFAGOS

D. M. Girón-Juárez^{1*} y Yael Sánchez-López²

¹Instituto de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, Ciudad de México, México. desmodontinae.d@gmail.com

²Posgrado en Estudios Mesoamericanos. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, Ciudad de México. sanchezlopezyael95@gmail.com

*Autor de correspondencia

A lo largo de la historia, el ser humano ha simbolizado y clasificado todo lo que le rodea, estableciendo una relación ser humano-naturaleza. Esta percepción sobre la naturaleza varía según el grupo, cultura y época, como ocurre en la sociedad maya, durante la colonización y en la actualidad.

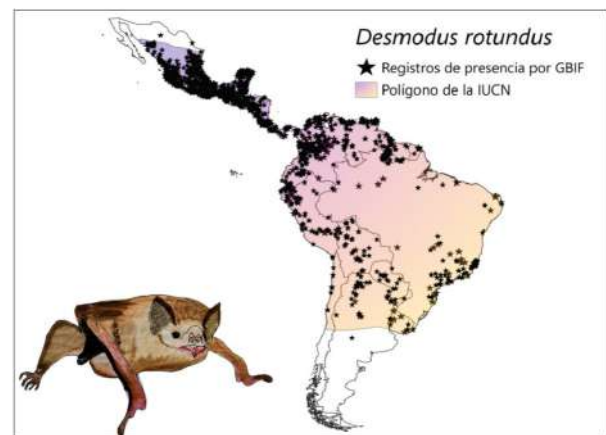
La naturaleza se encuentra en constante transformación y el ser humano ya sea como testigo o como generador de estos cambios, también va modificando su percepción acerca de su entorno natural. De esta manera, incorpora a la cosmovisión (concepción y creencias que un grupo social tiene sobre su entorno y realidad) distintas especies como plantas, hongos y animales, no limitándose a la esfera física.

En Mesoamérica existen diversos elementos sobre la importancia de los animales entre las diferentes culturas prehispánicas; por ejemplo, en la cultura maya el pelaje oscuro y claro de los jaguares (*Panthera onca*) está vinculado respectivamente con el poder y el inframundo (lugar al que llegan las almas después de la muerte), el mono araña (*Ateles geoffroyi*) está relacionado con la fertilización del cacao (fruto de gran valor en la antigua Mesoamérica), y los murciélagos (Orden Chiroptera) están asociados con el sacrificio, especialmente por decapitación.

Particularmente, los murciélagos que se alimentan de sangre (hematófagos) presentan características fascinantes y singulares que han llamado la atención del ser humano, por ejemplo, poseen componentes químicos en su saliva que actúan como anestésico y anticoagulante, dientes incisivos y caninos bien desarrollados que utilizan para cortar la piel de su presa, y el labio inferior en forma de V que permite el flujo y fácil consumo de la sangre. Por otro lado, tiene una estructura social compleja, en donde se forman relaciones de amistad, reciprocidad y altruismo entre los individuos de una misma colonia.

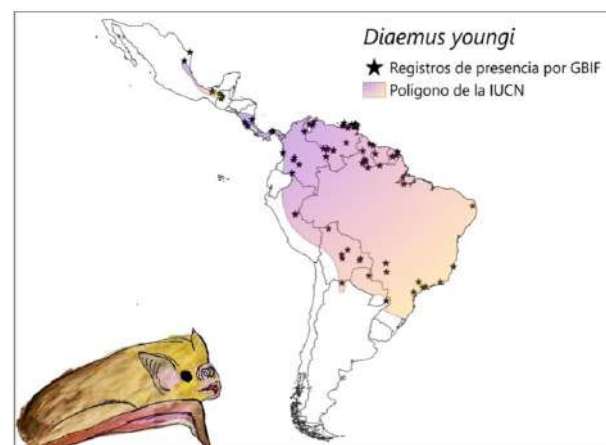
Pero, ¿quiénes son estos murciélagos hematófagos? Actualmente, hay tres especies: el vampiro común (*Desmodus rotundus*), el murciélago vampiro de alas blancas (*Diaemus youngi*), y el murciélago vampiro de patas peludas (*Diphylla ecaudata*), estas dos últimas especies son raras de ver en vida libre.

El vampiro común, usualmente consume sangre de otros mamíferos como el pecarí de collar (*Dicotyles tajacu*), el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) o animales domésticos como caballos (*Equus caballus*) y vacas (*Bos* sp.). Mientras que el murciélago vampiro de alas blancas y el vampiro de patas peludas suelen preferir sangre de aves de corral por su accesibilidad.



Distribución en América del murciélago vampiro común (*Desmodus rotundus*) de acuerdo con la IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). Las estrellas son registros de presencia de la especie según el portal del GBIF (Sistema Global de Información sobre Biodiversidad).
Elaboración: D. M. Girón-Juárez.

De hecho, se ha llegado a considerar a este grupo como los más especializados entre los murciélagos que se distribuyen en el neotrópico (región tropical en América) desde México hasta el norte de Argentina. Por lo que la relación ser humano-murciélago hematófago en esta región es muy particular la cual ha tenido transiciones notables a través del tiempo, cambiando el valor de éstos, pasando de ser animales venerados a ser despreciados y percibidos como seres ponzoñosos.



Distribución en América del murciélago vampiro de alas blancas (*Diaemus youngi*) de acuerdo con la IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). Las estrellas son registros de presencia de la especie según el portal del GBIF (Sistema Global de Información sobre Biodiversidad).
Elaboración: D. M. Girón-Juárez.

Los mayas prehispánicos reconocían y veneraban a los murciélagos hematófagos dentro de su cosmovisión. Los hábitos nocturnos, su capacidad de volar y su alimentación especializada en sangre, hicieron de éste un animal caracterizado con propiedades divinas, la sangre fue el vínculo entre el mundo terrenal y el divino, al ser ésta el alimento de los dioses y los antepasados. Los atributos antes mencionados relacionaron a los murciélagos hematófagos con las entidades del inframundo, la muerte y el sacrificio. Por ejemplo, en el arte maya se pueden observar representaciones de ellos en objetos de barro, con sus alas extendidas, sin el apéndice nasal pronunciado y con gotas de sangre escurriendo de la boca.

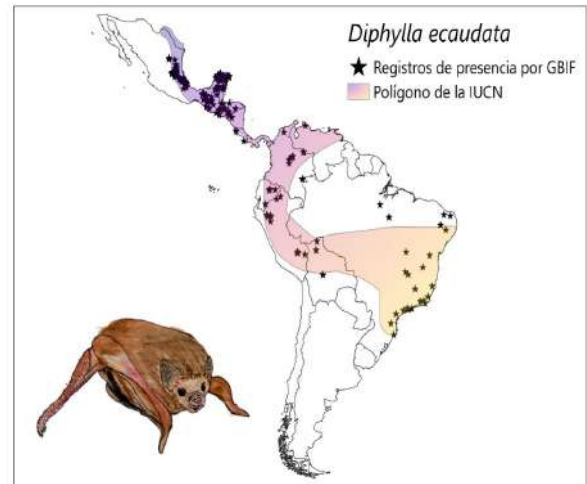


Conjunto de platos en el que se muestran murciélagos vampiro procedentes de Balankú, Campeche, México.
Fuente: Mediateca INAH https://mediateca.inah.gob.mx/islandora_74/islandora/object/objetoprehispanico:24073

En cambio, durante la Conquista española, se realizaron narrativas en diferentes localidades del continente americano en donde los murciélagos hematófagos fueron descritos. En 1526, el cronista de las Américas Gonzalo Fernández de Oviedo comparó a los murciélagos de España con los del continente americano, mencionando que éstos últimos eran ponzoñosos debido a que su forma de alimentarse (en el texto original está descrito como “picadura”) provoca el derramamiento de sangre y causa la muerte a los humanos, actividad que realizan de noche con la punta de su nariz o la yema de los dedos. Algo similar mencionó Francisco de Montejo cuando inició la conquista de Yucatán. Las crónicas cuentan que después de fundar la aldea de Salamanca (actual Playa del Carmen, Quintana Roo) en los principios de 1527, fueron atacados mientras dormían por una plaga de murciélagos quienes “picaron” a las personas y a los animales de carga.

Por otra parte, resulta extraordinario encontrar registros de posibles interacciones alimenticias con especies de hábitats acuáticos. Por ejemplo, Fray Diego de Landa menciona en el escrito “Relación de las Cosas de Yucatán” que los manatíes (*Trichechus manatus*) eran “picados” en el hocico por algunos murciélagos y se desangraban en el agua.

La incorporación de una nueva religión y la reconfiguración del tejido social, propiciados por las potencias coloniales, fueron la causa principal por la que el valor y juicio hacia los murciélagos hematófagos cambió. Muestra de ello es la donación de la palabra “vampiro” y su significado hacia las sociedades mesoamericanas. Dicha palabra fue adaptada a los murciélagos hematófagos, debido a los rasgos y similitudes que ambos presentan, tales como el alimentarse de sangre o deambular por las noches, propiedades compartidas entre el ser mitológico vampiro, salido de un cuento de fantasía y horror, mientras que los murciélagos hematófagos son reales.



Distribución en América del murciélago vampiro de patas peludas (*Diphylla ecaudata*) de acuerdo con la IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). Las estrellas son registros de presencia de la especie según el portal del GBIF (Sistema Global de Información sobre Biodiversidad).
Elaboración: D. M. Girón-Juárez

Una acción relevante durante la colonización fue la incorporación de especies ganaderas como caballos, porcinos y bovinos, al continente americano, esto alteró los hábitos alimenticios de los murciélagos vampiro en América, quienes comenzaron a reemplazar sus presas silvestres nativas por el ganado, una fuente más accesible. Actualmente, se ha documentado que algunas poblaciones de murciélago vampiro común dependen en gran medida de estas especies introducidas.

Otro precedente importante en la historia de los murciélagos vampiro es que, tras diversas sospechas, en 1906 por primera vez fue descrito científicamente un caso de rabia en ganado bovino. Dicho estudio identificó a los murciélagos vampiros, específicamente *Desmodus rotundus*, como transmisor de este virus. Esta información, añadió otra apreciación sobre los murciélagos hematófagos, acercándonos a lo que actualmente se percibe sobre ellos. Ya que muchas veces se les asocia con enfermedades, principalmente la rabia, así también, con pérdidas económicas y de animales domésticos, usualmente todo relacionado con aspectos negativos.

En consecuencia, surgen narraciones que se encuentran muy lejos de la realidad de estos organismos, como la creencia de que todos los murciélagos se alimentan de sangre, lo cual es falso ya que hay una diversidad de hábitos alimentación en estas especies voladoras, algunas se alimentan principalmente de frutas, otras de insectos o inclusive hay murciélagos que consumen el néctar de las flores, como el caso del murciélago magueyero menor (*Leptonycteris yerbabuenae*). Otra creencia errónea sobre ellos es que los murciélagos son ratones viejos con alas, si bien ambos son mamíferos pequeños y sigilosos, los murciélagos y los ratones (Orden Rodentia) presentan características distintas por lo que pueden diferenciarse y clasificarse como grupos independientes.

Lamentablemente, estas creencias, fundan miedo y sesgan el conocimiento que existe sobre ellos, pero lo más preocupante, es que, de igual modo, otras especies de murciélagos que son ajenas al hábito de la hematofagia se ven gravemente afectadas. Ejemplo de ello, es la destrucción de refugios de murciélagos derivado de la imagen negativa que existe.

Vulnerar a estas especies o a la biodiversidad en general, es una acción que conlleva consecuencias catastróficas, ya que se altera el equilibrio y ciclos naturales de los ecosistemas. Las consecuencias pueden ser el cambio de uso de suelo o la sobreexplotación de algún recurso natural, lo que deriva que el límite entre la vida silvestre y la humanidad cada vez sea más difuso, aumentando la posibilidad de extinción de especies, aparición de epidemias y plagas.

En definitiva, la curiosidad, información auténtica e investigaciones integrales sobre algún organismo, en este caso, los murciélagos hematófagos, nos acerca a la comprensión, respeto y admiración que las especies merecen, así como, mantener límites con la vida silvestre evitando posibles riesgos. Entonces se podrá reflexionar sobre ¿realmente son detestables o no hemos logrado descifrar del todo su maravillosa naturaleza? ¿ellos son nuestros enemigos o simplemente son resilientes al entorno actual?

Aún queda mucho por aprender de estas maravillosas criaturas para continuar escribiendo una historia en donde no sean venerados o detestados, sino sean seres respetados y comprendidos, y que nuestras acciones puedan mantener una sana relación ser humano-murciélago.

AGRADECIMIENTOS

DMG-J agradece al posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México por brindarle un espacio académico. En ese mismo sentido, YS-L agradece al posgrado en Estudios Mesoamericanos de la Universidad Nacional Autónoma de México por brindar las facilidades académicas.

DMG-J y YS-L, agradecen el apoyo brindado para la realización de estudios de posgrado, a través de la beca otorgada por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCyT, beca: 1178932 y 2048890) ahora Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI). Expresamos nuestro agradecimiento a las editoras y editores por su valiosa orientación y perspectiva, que han enriquecido este trabajo.

LITERATURA CONSULTADA

- Brown, N., y L. Escobar. 2023. A review of the diet of the common vampire bat (*Desmodus rotundus*) in the context of anthropogenic change. *Mammalian Biology* 103:433-453.
- Castro, A., y J. Galindo. 2009. Murciélagos en el México de ayer y hoy. *La Ciencia y El Hombre* 22:53-56.
- De Landa, D. 1566. Relación de las cosas de Yucatán. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. Ciudad de México, México.
- Fenton, B. M. 1992. Wounds and the origin of blood-feeding in bats. *Biological Journal of the Linnean Society of London* 47:161-171.
- Fernández de Oviedo, G. (1950 [1526]). Sumario de la natural historia de las Indias. Fondo de Cultura Económica. Ciudad de México, México.
- GBIF.org. 2025. En: GBIF Occurrence Download. <https://doi.org/10.15468/dl.g6fhpz>. Consultado el 7 de enero de 2025.
- GBIF.org. 2025. En: GBIF Occurrence Download. <https://doi.org/10.15468/dl.wtqagz>. Consultado el 7 de enero de 2025.
- GBIF.org. 2025. En: GBIF Occurrence Download. <https://doi.org/10.15468/dl.envryp>. Consultado el 7 de enero de 2025.
- Greenhall, A. M. 1988. Natural history of vampire bats. CRC Press. Florida, EE. UU.
- Molina-Solis, J. F. 1896. Historia del descubrimiento y conquista de Yucatán. Imprenta y litografía de R. Caballero. En: <https://archive.org/details/historiadeldescu00moli/page/n3/mode/2up>. Consultado el 10 de enero de 2025.
- Nájera, M. 2012. El mono y el cacao: la búsqueda de un mito a través de los relieves del Grupo de la Serie Inicial de Chichén Itzá. *Estudios de cultura maya* 39:133-172.
- Paniagua, J. 2021. La rabia en América durante el dominio español, S. XVI-XVIII. *Historia y Memoria* 23:57-96.
- Ripperger, S. P., y G. G. Carter. 2021. Social foraging in vampire bats is predicted by long-term cooperative relationships. *PLoS Biology* 19:1-17.
- Roblero-Morales, M. 2008. La relación hombre-naturaleza entre los lacandones de Nahá, Ocosingo, Chiapas. *LiminaR* 6:125-140.
- Romero-Sandoval, R. 2013. Zotz. El murciélago en la cultura maya. Instituto de Investigaciones Filológicas, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- Toribio-Hernández, E. 2018. El origen y evolución de los vampiros: monstruos de fantasía. *Acta Literaria* 39-70.
- Villa, B. 1976. Biología de los murciélagos hematófagos. *Ciencia Veterinaria* 1:65-99.

Sometido: 06/feb/2025.

Revisado: 21/feb/2025.

Aceptado: 04/mar/2025.

Publicado: 04/mar/2025.

Editor asociado: Dra. Natalia Martín-Regalado.

UN BUFFET CITADINO CON HORARIO NOCTURNO

Rebeca Selene Miguel Méndez¹ y Alejandro Salinas Melgoza^{2*}

¹Programa institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

rebeca.miguel92@gmail.com

²Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. alejandro.salinas@umich.mx

*Autor de correspondencia

Las ciudades proliferan y crecen a pasos agigantados prácticamente por todo el mundo, construidas principalmente para nuestro beneficio y comodidades, pero ¿estas comodidades también las comparten el resto de sus habitantes no humanos?

La reducción de los hábitats naturales, principalmente causada por el crecimiento de las ciudades, ha hecho la vida cada vez más difícil para la fauna silvestre. El cambio de áreas con vegetación por edificios, casas y otras construcciones limita la disponibilidad de refugios, sitios de descanso y la disponibilidad de alimento para la fauna, mientras que el aumento de calles y carreteras limitan su desplazamiento, además de exponerlas a riesgos como atropellamiento.

Aún con los cambios en el hábitat, muchas de las especies de fauna poseen una fidelidad de nicho, es decir, permanecen en el lugar en el que habitan aunque existan cambios en su entorno. Por esta razón, dentro del área urbana de las ciudades, se pueden observar algunos animales que por lo general, son más comunes en áreas silvestres. Entre las especies que se pueden observar dentro de las ciudades están tlacuaches (*Didelphis virginiana*), cacomixtles (*Bassariscus astutus*), mapaches (*Procyon lotor*), ratones (*Peromyscus* spp.), ardillas grises (*Sciurus aureogaster*) y diversas aves diurnas como las primaveras (*Turdus migratorius*), cuilacoques (*Toxostoma curvirostre*), carpinteros (*Melanerpes aurifrons*), cuervos (*Corvus corax*) o gallateras (*Fulica americana*) y nocturnas como lechuzas (*Tyto alba*) o tecolotitos (*Glucidium* spp.), que han logrado adaptarse y mantenerse en estos ambientes urbanizados. Dentro de estos exitosos animales no pueden faltar unos pequeños mamíferos alados que no solo se han adaptado, sino han logrado aprovechar los recursos que este nuevo ambiente ofrece, los murciélagos.

Los murciélagos son un grupo de mamíferos conformado por más de 1300 especies, y se caracterizan por ser los únicos capaces de volar. La mayoría de los murciélagos tienen hábitos nocturnos y también una gran variedad de dietas. Las distintas especies de murciélagos prácticamente pueden consumir de todo: néctar y polen de las flores que abren de noche como la ceiba (*Ceiba pentandra*), frutas, artrópodos, sangre o pequeños animales vertebrados como aves, lagartijas, ratones, peces o incluso otros murciélagos. La capacidad de volar y tener esta alimentación tan variada les ha permitido colonizar prácticamente cualquier ambiente, incluyendo las ciudades. Sin embargo, hay grupos de murciélagos que pueden resistir mejor el ambiente citadino que otros. Por ejemplo, los murciélagos que consumen

artrópodos (artropodófagos), los que comen frutas (frugívoros) y los murciélagos que consumen néctar (nectarívoros). Estos tres grupos son los que se llevan la corona de la resiliencia en la ciudad, gracias a su dieta han sido capaces de convertir más fácilmente a las ciudades en sus hogares.

El impacto de la ciudad en los murciélagos puede regularmente ser reducido por ciertos elementos en ellas como parques, alumbrado público, puentes y camellones. Aunque estos elementos se han planeado más para el bienestar humano que para favorecer a la vida silvestre, los murciélagos han logrado sacar ventaja de estos, un ejemplo de estos elementos son las áreas verdes urbanas. Se consideran áreas verdes urbanas a parques, remanentes de bosques, jardines privados, camellones, huertos, sitios abandonados, y prácticamente cualquier espacio con vegetación. Se asocia la presencia de murciélagos en las ciudades con estas áreas verdes urbanas, debido a que en ellas encuentran disponible una amplia variedad de recursos de fácil acceso que consumen, convirtiéndolas en un potencial restaurante para ellos sin importar que sean ciudadanos o rurales.

Una de estas áreas verdes urbanas, son los parques y fueron planeados principalmente como espacios para la recreación y comodidad de las personas, por lo que, para las ciudades es importante que se mantengan atractivas para sus visitantes a lo largo del año. Para mantener este atractivo, algunos parques y jardines han optado por una combinación de plantas que florecen o fructifican en diferentes épocas del año, y que van reemplazándose de tal forma que cuando un recurso termina otro comienza. Por ejemplo, un área verde urbana puede tener una combinación de árboles de chicozapote (*Manilkara zapota*) que fructifican en primavera y verano, y árboles de guayabas (*Psidium guajava*) que fructifican en otoño e invierno. Esta combinación de especies de plantas permite que exista un suministro de frutos durante todo el año, beneficiando a aquellos murciélagos que consumen frutas.

Fuera de las ciudades, los murciélagos frugívoros vuelan directo hacia los árboles con frutos como higueras (*Ficus* spp.) o guarumos (*Cecropia* spp.), hacia arbustos de bayas o jitomates (*Solanum* spp.) o pimientos (*Piper* spp.). Por su parte, los murciélagos citadinos como el murciélago frugívoro azteca (*Dermanura azteca*), el murciélago frugívoro pigmeo (*Dermanura phaeotis*), y el murciélago de charreteras (*Sturnira hondurensis*) son capaces de aprovechar aquellos árboles frutales que son bastante comunes en parques y jardines tales como truenos (*Ficus* spp.), pomarrosas (*Syzygium jambo*), guayabas, nísperos (*Eriobotrya japonica*) y duraznos (*Prunus persica*). Otro ejemplo es el murciélago zapotero (*Artibeus jamaicensis*), el cual es uno de los habitantes más frecuente de algunas ciudades, donde una buena parte de su dieta la constituye los frutos del capulín (*Muntingia calabura*), el chicozapote, el zapote negro (*Diospyros nigra*) y varias especies de higos. Los murciélagos zapoteros no

solo consumen frutos de los parques, también suelen pasearse por algunos jardines donde seguramente más de una vez hemos visto sus pequeñas mordidas en papayas (*Carica papaya*), plátanos (*Musa paradisiaca*) y mangos (*Mangifera indica*).

En otros casos, las áreas verdes urbanas optan por incluir en su vegetación plantas capaces de fructificar o florear prácticamente durante todo el año, como es el jícaro (*Cressentia cujete*), cuyas flores además poseen abundantes cantidades de néctar disponible de forma constante a lo largo del año, favoreciendo a especies de murciélago nectarívoras. Los murciélagos nectarívoros rurales, suelen visitar flores grandes y blancas llenas de néctar, como las flores de cactus columnares como el mezcalito (*Stenocereus griseus*) y el cadushi (*Cereus repandus*), o también gustan del néctar de flores de magueyes blancos (*Agave americana*). En cambio, los murciélagos de la ciudad suelen frecuentar áreas verdes urbanas en busca de plantas con flores ornamentales y llamativas como flores de campana (*Ipomea* spp.), floripondios (*Brugmansia candida*) y orquídeas de árbol (*Bauhinia* spp.). Además, en la ciudad también son comunes árboles como ceibas (*Bombax ceiba*), coquitos y clavelinas (*Pseudobombax* spp.), debido a sus flores llamativas, parecidas a cabellos, las cuales son alimento predilecto para estos murciélagos nectarívoros. Los murciélagos citadinos pueden alimentarse en la ciudad incluso de especies de plantas como eucaliptos (*Eucalyptus* spp.), plátanos y pomarrosas, aunque estas especies de plantas no tienen flores tan grandes y llamativas como otras, son muy comunes dentro de las ciudades y por lo tanto pueden ofrecer una buena cena para estos pequeños trompudos. Los murciélagos nectarívoros son menos comunes en la ciudad; sin embargo, especies como el murciélago lengüetón (*Glossophaga mutica*) ha sabido aprovechar los recursos que estos nuevos ambientes les proveen. Se ha visto a este murciélago lengüetón revoloteando alrededor de las flores de eucaliptos, plátanos, flores de moras (*Morus nigra*), jícaro y agaves (*Agave angustifolia*), alimentándose de su néctar.

En las áreas verdes urbanas usualmente existen también suministros casi permanentes de agua, en forma de fuentes o lagos artificiales, que en conjunto con el suelo y la vegetación, presentan un hábitat idóneo para algunas especies de artrópodos como coleópteros, lepidópteros y mosquitos, de manera que en estos sitios existen en grandes números. Debido a la gran cantidad de recursos presentes en las áreas verdes urbanas, estas ofrecen un buen buffet a los murciélago artropodófagos donde pueden comer todo lo que quieran. En contraste, en ambientes naturales, los murciélagos artropodófagos salen de sus refugios al anochecer y tienen



Ejemplar de murciélago zapotero (*Artibeus jamaicensis*) cubierto de polen.
Santo Domingo Ingenio, Oaxaca, México.
Fotografía: RAVAN Consultores ambientales.

que recorrer largas distancias mientras se alimentan de artrópodos como polillas, mosquitos y escarabajos.

Además, en las áreas verdes urbanas encontramos algunas lámparas iluminando los senderos, enfocados en mantener la seguridad de los visitantes que gustan de paseos nocturnos. Bajo la luz de estas lámparas es común observar a una buena cantidad de insectos volando a su alrededor, que fascinados y atraídos por la luz se convierten en presas fáciles para algunos murciélagos artropodófagos. Un ejemplo de estos murciélagos son las especies de la familia Molossidae, también conocidos como murciélagos cola de ratón, los cuales pueden llegar a ser abundantes en las ciudades como resultado de la alta disponibilidad de alimento como polillas.

Sin embargo, no todos los murciélagos disfrutan de las comodidades que las áreas verdes urbanas ofrecen. Por ejemplo, los murciélagos orejas de ratón (*Myotis* spp.), los cuales evitan zonas con alumbrado público, a excepción de donde hay una buena cobertura vegetal, que ayuda a disminuir la intensidad de la luz y les permite desplazarse y alimentarse. Dentro de los parques, estas especies de murciélagos, contrario a los murciélagos cola de ratón, prefieren alimentarse en aquellas áreas sin iluminación, probablemente porque estas son zonas donde se encuentran algunas especies de artrópodos que son sus presas preferidas para alimentarse. Alternativamente, estos murciélagos podrían ser menos visibles a depredadores, como lechuzas, aunque la respuesta a esta incógnita aún no es muy clara.

La vegetación que compone las áreas verdes urbanas no siempre son plantas nativas, ya que, a las personas les atraen plantas llamativas o poco comunes, que generalmente son exóticas y por lo tanto las integran a estas áreas. Esto ocasiona que un alto porcentaje de plantas en zonas urbanas sean plantas exóticas, es decir, que no son originarias de la zona y en algunos casos ni siquiera del país. Las plantas exóticas pueden traer consigo problemas ambientales graves, pues éstas pueden propagarse más rápida y eficientemente que las plantas nativas, lo que causa una alteración en el equilibrio ecológico de los ecosistemas. Estas plantas exóticas toman el espacio que antes ocupaban plantas nativas o incluso introducen parásitos o enfermedades para los cuales las plantas nativas no tienen defensas. La gravedad de esto es que



Ejemplar de murciélago lengüetón (*Glossophaga mutica*).
Santo Domingo Ingenio, Oaxaca, México.
Fotografía: RAVAN Consultores ambientales.

pueden causar el desplazamiento o incluso la extinción de especies nativas, lo que a su vez afecta la dieta de aquella fauna que se alimentaba de ellas.

Se ha documentado que en algunos parques las plantas exóticas representan más del 80 % de toda la vegetación. Eucaliptos, truenos, nísperos, duraznos, naranjas, plátanos, hibiscos, rosas y muchas otras flores y frutas tienen su origen en otros países, pero las encontramos en tal proporción y desde hace tanto tiempo a nuestro alrededor que las hemos adoptado sin pensar que son extranjeras. Ante la alta presencia de estos recursos exóticos, algunas especies de murciélagos han logrado incluir algunas en su menú, por lo que especies como el murciélago zapotero, el murciélago de charreteras menor (*Sturnira parvidens*) y el murciélago lengüetón incluyen en su dieta una buena cantidad de estas plantas, hasta un 44 %.

Aunque la disponibilidad de alimento en las áreas verdes urbanas es una de las características destacables en favor a la permanencia de los murciélagos en las ciudades, también es importante tomar en cuenta características como el tamaño y el número de áreas verdes dentro de la ciudad. Algunos estudios han observado que los murciélagos frugívoros rurales prefieren consumir pocas especies de frutos, mientras que los murciélagos citadinos se mueven por la ciudad probando diferentes frutas, haciendo su dieta más variada. Cada una de las especies de murciélagos tiene diferentes requerimientos nutrimentales, lo que significa que algunos deben moverse entre las áreas verdes urbanas para cubrir esos requerimientos, de manera que la conectividad entre ellos es fundamental. Los camellones pueden ser un buen ejemplo de elementos de la ciudad que fomentan la conexión entre estas áreas, ya que funcionan como caminos por los cuales los murciélagos se desplazan. Un ejemplo específico de especies de plantas fomentando la conectividad es el de la palmera (*Syagrus romanzoffiana*), la cual es común ver en los camellones de algunas ciudades, y es más que seguro que sus frutos ofrecen una buena cena a algún murciélago zapotero que pase por ahí. Así, la inclusión de plantas exóticas en la dieta de murciélagos citadinos y la movilidad que ellos pueden presentar en estos ambientes pueden contribuir a la dispersión de estas plantas exóticas en las distintas áreas verdes urbanas que visitan, lo que podría afectar a las plantas nativas y a los animales que se alimenten de ellas; por lo que debería considerarse la inclusión de más especies nativas en las áreas verdes urbanas, para evitar problemas ambientales futuros.

Es recomendable que la disposición y el tamaño de estas áreas verdes urbanas sean más grandes y tengan una mejor distribución dentro de las ciudades, propiciando un tránsito más seguro para la fauna. A su vez, estas áreas verdes urbanas pueden ofrecer espacios que disminuyen el efecto de otros elementos urbanos como la luz artificial y ruido urbano, haciendo ciudades cada vez más amigables para los animales nocturnos, como los murciélagos.

Una ciudad bien estructurada, con áreas verdes con buena conectividad y disponibilidad de recursos alimentarios, de preferencia con especies nativas, puede ser considerada un oasis no solo para los murciélagos y otras especies, sino también para nosotros mismos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías por la beca de doctorado otorgada (No. 924500). También agradecemos al Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán (ICTI) por el apoyo al proyecto PICIR22-087-C.

LITERATURA CONSULTADA

- Ávila-Flores, R., y M. B. Fenton. 2005. Use of spatial features by foraging insectivorous bats in a large urban landscape. *Journal of Mammalogy* 86:1193-1204.
- Castañón, J.H., J.A Carranza, y J. Pérez-Torres. 2018. Dieta y estructura trófica en ensambles de murciélagos filostómidos frugívoros de montaña. *Acta Oecologica* 91:81-90.
- Egert-Berg, K., et al. 2021. Fruit bats adjust their foraging strategies to urban environments to diversify their diet. *BMC Biology* 19:1-11.
- Laurindo, R. de S., y J. Vizentin-Bugoni. 2020. Diversity of fruits in *Artibeus lituratus* diet in urban and natural habitats in Brazil: a review. *Journal of Tropical Ecology* 36:65-71.
- McKinney, M. L. 2006. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation* 127:247-260.
- McKinney, M. L. 2008. Effects of urbanization on species richness: a review of plants and animals. *Urban ecosystems* 11:161-176.
- Nielsen, A. B., M. Van Den Bosch, S. Maruthaveeran y C. K. an den Bosch. 2014. Species richness in urban parks and its drivers: a review of empirical evidence. *Urban Ecosystems* 17:305-327.
- Pellón, J. J., et al. 2021. Exotic cultivated plants in the diet of the nectar-feeding bat *Glossophaga soricina* (Phyllostomidae: Glossophaginae) in the city of Lima, Peru. *Acta Chiropterologica* 23:107-117.
- Sosa, M., y P. J. Soriano. 1993. Solapamiento de dieta entre *Leptonycteris curasoae* y *Glossophaga longirostris* (Mammalia: Chiroptera). *Revista de Biología Tropical* 41:529-532.

Sometido: 19/feb/2025.

Revisado: 27/feb/2025.

Aceptado: 14/mar/2025.

Publicado: 18/mar/2025.

Editor asociado: Dra. Alina Gabriela Monroy-Gamboa.

AHORRO DE ENERGÍA EN MURCIÉLAGOS, ENIGMA NOCTURNO

Kevin I. Medina-Bello¹ y Jorge Ayala-Berdon^{2*}

¹Doctorado en Ciencias Biológicas, Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala de Xicohténcatl, Tlaxcala, México.
medinabello93@gmail.com

²SECIHTI, Universidad Autónoma de Tlaxcala. Tlaxcala de Xicohténcatl, Tlaxcala, México.
jorgeayalaberdon@gmail.com

*Autor de correspondencia

Los murciélagos utilizan estrategias sofisticadas para conservar energía en condiciones ambientales extremas. El torpor, la hibernación y la reducción de la masa corporal les permiten afrontar los desafíos energéticos que impone su entorno y serán exploradas a continuación.

Los murciélagos (Orden: Chiroptera) son los únicos mamíferos con capacidad de vuelo verdadero. Con más de 1450 especies distribuidas en casi todos los ecosistemas del planeta, destacan por su diversidad morfológica y ecológica. Su tamaño varía desde especies diminutas como el murciélago abejorro (*Craseonycteris thonglongyai*, 2 g), hasta especies de gran tamaño como el zorro volador (*Acerodon jubatus*, 1500 g). Además, desempeñan funciones clave para el ambiente, como la polinización de plantas, la dispersión de semillas y el control de plagas.

En sus hábitats, estos animales voladores enfrentan variaciones diarias y estacionales en la disponibilidad de alimento, además de condiciones climáticas adversas, como la disminución de la temperatura ambiental, especialmente durante el invierno. Estos desafíos imponen altos requerimientos energéticos en los individuos y promueven el desarrollo de estrategias fisiológicas, morfológicas y conductuales para asegurar su supervivencia. Las estrategias que los murciélagos activan son el torpor, la hibernación y la modificación de la masa corporal; aunque algunas especies pueden combinar estas estrategias y no solamente activar una a la vez.

El torpor diario es un estado de inactividad que dura menos de 24 horas, durante el cual los murciélagos reducen su tasa metabólica (es decir, la velocidad a la que consumen la energía disponible en su cuerpo proveniente del alimento) entre un 5 y un 60 %. Esto conlleva una disminución de la temperatura corporal, de la frecuencia cardíaca y de las actividades respiratoria, enzimática y cerebral, entre otros procesos fisiológicos importantes. Esta estrategia permite reducir el gasto energético entre un 30 % y un 90 %, especialmente cuando la disponibilidad de alimento es limitada y la temperatura ambiental desciende. A nivel global, se estima que alrededor de 1000 especies de murciélagos, distribuidas en 12 de las 21 familias que conforman el Orden Chiroptera, pueden recurrir al torpor y se clasifican como heterotermas (aquellas especies que pueden mantener su temperatura corporal constante, o disminuirla junto con la temperatura ambiental). El torpor varía según la especie, el entorno y algunas características fisiológicas individuales como las reservas de glucógeno y grasa de los individuos.



Individuo del miotis de las cavernas (*Myotis velifer*) en un estado tórpido en el interior de un túnel ubicado a 3600 metros sobre el nivel del mar en el Parque Nacional La Malinche, Tlaxcala, México.
Fotografía: Erick Acosta Luzuriaga.

En México, se ha documentado el torpor en murciélagos de la familia Vespertilionidae pertenecientes a los géneros *Myotis*, *Rhogeessa*, *Eptesicus* y *Lasiurus*. En estas especies, la temperatura ambiental a la que los individuos entran en torpor, la tasa metabólica tórpida (definida como la cantidad de energía que un organismo consume durante el torpor) y el grado de reducción de la tasa metabólica tórpida dependen de factores como las condiciones térmicas y la masa corporal de los individuos. Por ejemplo, se ha observado que los murciélagos de menor tamaño suelen entrar en torpor a temperaturas ambientales más cálidas (e.g., el murciélago amarillo menor *Rhogeessa parvula* a 31°C) que los medianos (e.g., el murciélago miotis de las cavernas *Myotis velifer* a 25 °C) y que alcanzan tasas metabólicas tórpidas (la velocidad a la que un animal consume la energía disponible

en su cuerpo durante el torpor) más bajas (e.g., el murciélago de patas largas -*Myotis volans*- a 4.9 mL O₂ h⁻¹) en comparación con especies de mayor tamaño (e.g., el gran murciélago marrón -*Eptesicus fuscus*- a 8.1 mL O₂ h⁻¹).

La hibernación es un estado prolongado de uso de torpor que le permite a los murciélagos reducir drásticamente su actividad metabólica para conservar su energía durante el invierno. Durante este periodo, los murciélagos disminuyen su tasa metabólica y otros procesos fisiológicos hasta en un 90 %. Esta notable estrategia de ahorro de energía posibilita que sobrevivan a condiciones adversas, caracterizadas por temperaturas ambientales extremadamente frías y una limitada disponibilidad de alimento. Para hibernar con éxito, los murciélagos buscan refugios conocidos como hibernáculos, los cuales les ofrecen condiciones óptimas de temperatura y humedad. Estos hibernáculos pueden ser cuevas, árboles huecos, búnkers o estructuras urbanas. La elección de un buen lugar es crucial, ya que puede significar la diferencia entre la vida y la muerte durante los meses más fríos del año.



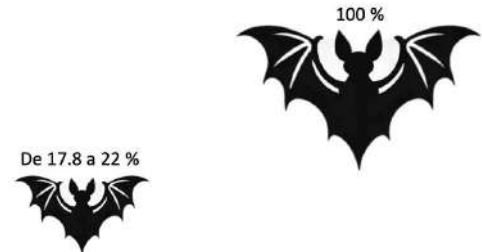
Individuo del miotis de las cavernas (*Myotis velifer*) hibernando en el interior de la cueva de Tecomalucan ubicada en Tlaxco, Tlaxcala, México.
Fotografía: Erick Acosta Luzuriaga.

En el centro de México, se ha documentado que las poblaciones de especies como el miotis de las cavernas (*Myotis velifer*), el murciélago mula (*Corynorhinus mexicanus*), el murciélago ratón de California (*Myotis californicus*), el murciélago bordado (*Myotis thysanodes*) y el murciélago de patas largas (*Myotis volans*) que se encuentran en el Parque Nacional La Malinche, en Tlaxcala, recurren a la hibernación desde mediados de septiembre hasta finales de febrero para sobrevivir a condiciones energéticas demandantes. Sus refugios de hibernación se localizan en altitudes superiores a los 3500 metros sobre el nivel del mar, en túneles que ofrecen temperaturas estables y una alta humedad, factores clave para minimizar la pérdida de agua y energía.

Finalmente, otro mecanismo que utilizan estos mamíferos y que ha sido menos explorado es la modificación de la masa corporal como estrategia de ahorro energético durante el invierno. Este proceso implica cambios controlados en las reservas de grasa, tejido muscular y órganos internos como el tracto intestinal, los riñones, el corazón, el hígado y las estructuras óseas de los individuos. En términos conductuales, también se observa una reducción en la búsqueda de alimento y un ajuste en el ritmo circadiano para minimizar el gasto de energía.

Algunos ejemplos de murciélagos que modifican su masa corporal de manera notable son *E. fuscus*, *M. californicus* y *M. volans*, que habitan en el Parque Nacional La Malinche donde confrontan temperaturas ambientales mínimas que pueden estar por debajo de los 0 °C. Dichas condiciones generan desafíos importantes para su supervivencia. A diferencia de otras especies que se encuentran en la región Neártica y que incrementan su masa corporal, las poblaciones de *E. fuscus*, *M. californicus* y *M. volans* que habitan en el parque disminuyen su masa corporal en un 17.8 %, 25 % y 29 %, respectivamente,

durante el invierno. Esta estrategia no se limita a especies de ambientes fríos. En ambientes cálidos en la región del Neotrópico, como la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, en Morelos, se ha observado que el vampiro mayor (*Desmodus rotundus*) reduce su masa corporal hasta en un 22 % durante el invierno donde las temperaturas ambientales mínimas rondan los 15 °C. Estos hallazgos sugieren que la disminución de masa corporal es una estrategia compartida por diferentes especies de murciélagos para adaptarse a condiciones ambientales desafiantes, independientemente del clima en el que viven.



Reducción de la masa corporal durante el invierno

Representación de la disminución de la masa corporal durante el invierno en murciélagos de la región neotropical.
Ilustración: Kevin I. Medina-Bello.

Es notorio que los murciélagos han desarrollado una gran diversidad de estrategias para enfrentar desafíos energéticos. Comprender mejor estas adaptaciones y su papel en la resiliencia de las especies es fundamental, ya que nos permite entender cómo se ha logra la supervivencia frente a un mundo cambiante.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (antes CONAHCYT), así como al posgrado en Ciencias Biológicas del Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta de la Universidad Autónoma de Tlaxcala.

LITERATURA CONSULTADA

- Aguilar-Rodríguez, P. A., *et al.* 2021. Winter occupation of two bat hibernacula in a montane ecosystem of central Mexico. Boletín de la Red Latinoamericana y del Caribe para la Conservación de los Murciélagos 12:3-9.
- Ayala-Berdon, J., y V. Solís-Cárdenas. 2017. New record and site characterization of a hibernating colony of *Myotis velifer* in a mountain ecosystem of central Mexico. Therya 8:171-174.
- Ayala-Berdon, J., y K. I. Medina-Bello. 2024. Torpor energetics are related to the interaction between body mass and climate in bats of the family Vespertilionidae. Journal of Experimental Biology 227:jeb246824.
- Geiser, F. 2021. Ecological physiology of daily torpor and hibernation. Springer. Berlin, Germany.
- Medina-Bello, K. I., R. Vázquez-Fuerte, y J. Ayala-Berdon. 2023. The big brown bat (*Eptesicus fuscus*) reduces its body mass during winter in a tropical montane ecosystem of central Mexico. Mammalia 87:141-148.
- Nowak, R. M. 1994. Walker's Bats of the World. Johns Hopkins University Press. Baltimore, London
- Wimsatt, W. 2012. Biology of Bats. Elsevier. New York, EE.UU.

Sometido: 19/feb/2025.

Revisado: 07/mar/2025.

Aceptado: 18/mar/2025.

Publicado: 18/mar/2025.

Editor asociado: Dra. Tania A. Gutiérrez-García.

UN PEQUEÑO TLACUACHE MUY MEXICANO

Gonzalo A. Hernández-Ayala y Eduardo Mendoza*

Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales,
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.
gonzalo.alejandro.hernandez@umich.mx (GAH-A), eduardo.mendoza@umich.mx (EM)

*Autor de correspondencia

¿Seguramente has visto un tlacuache, pero, has visto al ratón tlacuache? ¿Sabías que es una especie que únicamente podemos encontrar en México? ¡Te invitamos a conocer un poco sobre este mamífero muy mexicano!

El tlacuachín (*Tlacuatzin canescens*), ratón tlacuache o tlacuache ratón gris es una especie de mamífero marsupial perteneciente a la familia Didelphidae. A primera vista podría confundirse con un ratón por su tamaño y aspecto general y de ahí su nombre común. Una de las principales características del tlacuachín es que presenta pelaje oscuro en forma de anillo alrededor de los ojos, gris/café en la parte superior del cuerpo y amarillo/crema en su parte ventral; además, presenta unos bigotes moderadamente pequeños. Así mismo, como otros marsupiales, tienen patas con pulgares oponibles que le permiten maniobrar de mejor manera cuando se mueven por las ramas de los árboles, pero carecen de bolsa para cargar a sus crías, las cuales sólo se protegen entre el pelaje de su madre. Es la única especie del género *Tlacuatzin*, anteriormente pertenecía al género *Marmosa* pero estudios moleculares pusieron en evidencia la existencia de características genéticas y morfológicas (p. ej., proporciones del cráneo y dentición) distintivas por lo que se decidió separarla y asignarle su propio género. La diferenciación del tlacuachín parece estar relacionada con las fluctuaciones climáticas que tuvieron lugar durante el Pleistoceno que afectaron su distribución geográfica y que se combinaron con la existencia de barreras geográficas, como montañas y ríos, para limitar el flujo de genes entre poblaciones.

El tlacuachín es endémico de México, es decir, únicamente lo podemos encontrar en nuestro país. Su distribución es amplia, la podemos encontrar desde Sonora hasta Oaxaca, Chiapas y la península de Yucatán. Sin embargo, frecuentemente surge nueva información que está embargando tener una idea más precisa de su distribución actual. Por ejemplo, hasta el año 2006 se registró por primera vez en el estado de Veracruz. De manera más reciente se obtuvieron nuevos registros en Sonora, en el límite de su distribución conocida. Son diversos los ecosistemas donde habita el tlacuachín, como el bosque seco, el matorral, los manglares, bosques en distintos niveles de regeneración e incluso cultivos de distintas plantas (p.ej., magueyes, plátano, cocos y mango).

Este marsupial es uno de los más pequeños de Norteamérica ya que tienen una longitud de su cuerpo, desde la nariz hasta la punta de la cola, de tan solo de 260 a 310 mm y un peso promedio de apenas 48 g. Por su pequeña talla, es fácil diferenciarla de las otras especies de marsupiales que habitan en el país como el tlacuache dorado (*Caluromys derbianus*, 326 g), el tlacuache cuatro ojos café (*Metachirus nudicaudatus*, 364 g), el tlacuache cuatro ojos gris (*Philander opossum*, 426 g), el tlacuache de agua (*Chironectes minimus*, 974 g), el tlacuache



Distribución potencial del tlacuachín (*Tlacuatzin canescens*).
Mapa: Gonzalo Alejandro Hernández-Ayala utilizando datos de CONABIO
(<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>)

común (*Didelphis marsupialis*, 1,134 g) y el tlacuache norteamericano (*D. virginiana*, 2,442 g). La excepción es la *Marmosa mexicana* que tiene una talla muy semejante (49 g). Si bien se ha señalado la existencia de ligeras diferencias en la coloración del pelaje de esta especie, así como de su cráneo y dentición, que la distinguen del tlacuachín lo más evidente es que la distribución de *Marmosa mexicana* es más sureña. El promedio de vida del tlacuachín, es de 1 a 3 años y alcanzan su madurez sexual a los pocos meses de vida (6 a 8). El periodo de gestación de sus crías es bastante breve, alrededor de 14 días y el número de crías que pueden llegar a tener en cada una de sus camadas es de 7 a 9.

No existen estudios detallados sobre los patrones de actividad diaria del tlacuachín, pero la evidencia existente indica que, en general, son de hábitos nocturnos y solitarios, durante el día se refugian y descansan en sus nidos que puede estar construido en huecos de troncos, escondidos en arbustos o incluso en el suelo cubierto con hojas. Su dieta incluye diferentes tipos de insectos, pequeños vertebrados (geckos y aves), huevos de aves, frutas y vegetales como higo, plátano, coco, naranja, tunas y chiles por lo que está catalogada como una especie omnívora y oportunista. Es de destacar que tiene un sistema inmunológico muy eficiente que le permite comer una variedad de animales venenosos (escorpiones y serpientes).

El tlacuachín no está considerado como una especie que requiera atención para su conservación, a nivel nacional o internacional, debido a que tiene una distribución amplia y en algunas localidades puede ser relativamente abundante. Como se mencionó anteriormente, es capaz de utilizar una variedad de ambientes incluso los transformados como algunos cultivos, por lo que se puede suponer que es capaz de tolerar en cierta medida la perturbación antrópica. Sin embargo, la transformación drástica que se hace de los ecosistemas naturales dentro de su área de distribución, muchas veces a potreros que

carecen prácticamente en su totalidad de cobertura arbórea o arbustiva puede limitar su desplazamiento provocando que sus poblaciones se fragmenten y aislen. Asimismo, la cercanía con los asentamientos humanos puede incrementar su mortalidad ya sea porque la gente los extermina por confundirlos con ratones o porque se exponen a animales domésticos depredadores como los gatos.

Debido a sus hábitos alimenticios que incluyen el consumo de los frutos de varias plantas y a su movilidad (entre 1.6 y 2.4 km por noche) el tlacuachín puede ser dispersor de semillas. Así mismo, su capacidad de consumir distintos organismos, incluyendo especies venenosas, puede hacer que juegue un papel de control biológico benéfico para los humanos. Por otra parte, es una presa de aves (búhos y lechuzas) y felinos como los ocelotes y serpientes por lo que su presencia ayuda a mantener la estructura trófica de los ecosistemas. De manera reciente un estudio en la localidad de Etúcuaro, municipio de Madero, Michoacán, mostró a su vez que el tlacuachín visita las inflorescencias del agave chino (*Agave cupreata*). Fotografías registradas durante estas visitas muestran el pelaje del tlacuachín con una buena cantidad de polen. Este agave es muy importante porque es la base para producir la bebida tradicional del mezcal que se ha constituido en una fuente de trabajo e ingreso económico muy importante para la gente de la región. El agave chino, a diferencia de otros agaves, solo puede producir nuevos individuos a través de la polinización. Sus principales polinizadores son los murciélagos, pero el tlacuachín podría estar proporcionando un servicio de polinización que pudiera servir como “seguro” en caso de que las visitas de los murciélagos fueran escasas. Si bien se requieren de más estudios para evaluar la relevancia del tlacuachín en esta interacción, la evidencia existente sirve para ampliar aún más nuestra perspectiva sobre la importancia ecológica de este pequeño marsupial.

De esta manera, si alguna vez tienes la fortuna de observar al tlacuachín recuerda que es una especie que puede ser muy importante para los ecosistemas. Así que no lo molestes o dañes y mejor obsérvalo muy bien para que podamos aprender más de ella.

AGRADECIMIENTOS

Este escrito se deriva de las actividades realizadas dentro de los proyectos de investigación: “Impactos ecológicos de las plantaciones de *Agave cupreata* en Madero, Michoacán” e “Impactos de la modificación de la cobertura vegetal y el cambio climático sobre la viabilidad de las poblaciones silvestres de *Agave cupreata* en Michoacán” financiados respectivamente por la Coordinación de la Investigación Científica de la UMSNH y el Instituto de Ciencia Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán.

LITERATURA CONSULTADA

- Arcangeli, J., J. E. Light, y F. A. Cervantes. 2018. Molecular and morphological evidence of the diversification in the gray mouse opossum, *Tlacuatzin canescens* (Didelphimorphia), with description of a new species. *Journal of Mammalogy* 99:138-158.
- Arreola-Gómez, R., y E. Mendoza. 2020. Marsupial visitation to the inflorescences of the endemic *Agave cupreata* in western Mexico. *Western North American Naturalist* 80:563-568.
- González, A., C. González, R. Hernández-Guzmán, y E. Mendoza. 2022. Modelling the functional connectivity of the grayish mouse opossum (*Tlacuatzin canescens*) in a highly threatened tropical dry forest of the Mexican Pacific coast. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 93:4.
- Jones, K. E., et al. 2009. PanTHERIA: a species-level database of life history, ecology, and geography of extant and recently extinct mammals: *Ecological Archives* E090-184. *Ecology* 90:2648.
- Kennedy, M. L., et al. 2013. Demographic features, distribution, and habitat selection of the gray mouse opossum (*Tlacuatzin canescens*) in Colima, Mexico. *Acta Theriologica* 58:285-298.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2019. Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo (publicada el 30 de diciembre de 2010). *Diario Oficial de la Federación*.
- Zarza, H., G. Ceballos, y M. A. Steele. 2003. *Marmosa canescens*. *Mammalian Species* 725:1-4.



El tlacuachín (*Tlacuatzin canescens*), en una inflorescencia de agave chino (*Agave cupreata*) en Etúcuaro, Michoacán, México.
Fotografía: Rosario Arreola Gómez.

Sometido: 27/ene/2025.

Revisado: 17/feb/2025.

Aceptado: 14/mar/2025.

Publicado: 19/mar/2025.

Editor asociado: Dr. Juan Pablo Ramírez-Silva.

MARSUPIALES Y POLINIZACIÓN: UNA RELACIÓN IMPORTANTE POCO CONOCIDA

Miguel Ángel Ortiz-Acosta^{1,3}, Jorge Antonio Gomez-Diaz² y David Valenzuela-Galván^{3*}

¹Programa de Doctorado en Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México.

miguel.ortiza@uaem.edu.mx

²Instituto de Investigaciones Biológicas, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México. jorggomez@uv.mx

³Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México. dvalen@uaem.mx

*Autor de correspondencia

Las plantas son componentes fundamentales de los ecosistemas pues proporcionan una variedad de recursos ecológicos esenciales para la supervivencia de muchos organismos (incluidos los humanos), y al mismo tiempo dependen de muchas especies de animales para su mantenimiento y funcionalidad.

Para las plantas, las interacciones ecológicas o también llamadas redes de interacción (sistemas donde diferentes organismos se conectan e influyen mutuamente) con los animales polinizadores son fundamentales ya que facilitan y en ocasiones son la única alternativa para que logren su reproducción y el movimiento de su material genético. Estas interacciones han sido moldeadas a lo largo de millones de años en procesos de evolución recíproca impulsados por la selección natural (también llamada coevolución). Un ejemplo de esto es la polinización, la cual es un proceso que puede clasificarse como una relación ecológica positiva para los interactuantes (mutualismo) que no hubiera sido posible sin la aparición de los insectos hace aproximadamente 430 millones de años..

Específicamente, la polinización animal ocurre cuando los animales transfieren granos de polen a los ovarios de las flores que visitan, lo que promueve la formación de semillas, necesaria en el ciclo de vida de muchas especies de plantas. Se estima que el 90 % de las especies de plantas con flores o angiospermas del mundo son polinizadas por animales, principalmente por insectos (por ejemplo, abejas, moscas, polillas, mariposas, escarabajos, entre otros). Además, actualmente el 75 % de las principales especies cultivadas y consumidas por los humanos en el mundo se benefician en algún grado de la polinización animal.

Se ha establecido, a partir del registro fósil, que los insectos fueron potencialmente los primeros polinizadores efectivos para las primeras plantas sin flor como las cícadas hace aproximadamente 300 millones de años. Sin embargo, hoy en día se estima que más de 100,000 especies de animales, tanto insectos como vertebrados, desempeñan roles potenciales en la polinización de las aproximadamente 250,000 especies de angiospermas.

Entre los vertebrados se estima que al menos 1,500 especies (entre anfibios, reptiles, aves y mamíferos) a nivel mundial son potenciales polinizadores de angiospermas. No obstante, se desconoce con exactitud cuáles y cuántos de estos vertebrados actualmente son capaces de polinizar de manera efectiva (es decir, que se lleve a cabo una transferencia suficiente de polen a los estigmas receptivos o sitios donde el polen se adhiere y germina para iniciar el proceso de fertilización); esto debido a que las plantas con flores polinizadas por algunos grupos bien estudiados como aves (colibríes) y mamíferos voladores como murciélagos, generalmente necesitan estructuras florales morfológicamente especializadas adaptadas a la polinización por ciertas especies (proceso evolutivo conocido como síndrome floral).

Entre los mamíferos, cerca de 355 especies, de al menos 8 órdenes distintos (Carnivora, Chiroptera, Dasyuromorphia, Didelphimorphia, Diprotodontia, Macroscelidea, Primates y Rodentia) alrededor del mundo son reconocidos como visitantes florales y potenciales polinizadores por alimentarse de néctar y polen, ya sea como su principal fuente de dieta o de manera oportunista. Entre las especies de murciélagos, roedores y primates hay muchas cuyo papel como polinizadores ha sido claramente identificado y estudiado. Sin embargo, para otros grupos de mamíferos, entre ellos los marsupiales, se sabe que hay especies que potencialmente son polinizadores, pero aún no se ha estudiado lo suficiente para saber qué tan frecuente y relevante son para ese papel.

Los marsupiales son un grupo de mamíferos metaterios, caracterizados por un nacimiento después de un corto período de gestación, con posteriores períodos largos de desarrollo adheridos a los pezones de las hembras, y actualmente representados por 406 especies vivas distribuidas entre América, Australia, Nueva Guinea y Wallacea (región biogeográfica compuesta de islas repartidas entre Indonesia y Timor Oriental).

A la fecha poco se ha documentado sobre el papel que desempeñan los marsupiales como polinizadores. Sin embargo, existe suficiente evidencia global para identificar al menos 32 especies de estos animales, divididas en 3 órdenes: Dasyuromorphia (12 especies), Didelphimorphia (6 especies) y Diprotodontia (14 especies). Como potenciales polinizadores de una gran variedad de plantas, en diversas regiones de América y Australia, pertenecientes a al menos 5 familias de angiospermas.

Por ejemplo el cuapinol (*Hymenaea cangaceira*; familia Fabaceae), varias especies de plantas australianas conocidas comúnmente como banksias (género *Banksia*, familia Proteaceae), el maguey papalote (*Agave cupreata*; familia Asparagaceae), la planta parásita conocida como cogumelo-de-caboclo (*Scybalium fungiforme*; familia Balanophoraceae) o la palma coligallo (*Calyptrogyne ghiesbreghtiana*; familia Arecaceae), entre otros ejemplos.

En este sentido, algunas especies de marsupiales se han convertido en un agente clave para el desarrollo, reproducción y supervivencia de varias especies de plantas angiospermas a nivel mundial. Es decir, debido a sus hábitos oportunistas y omnívoros son capaces de habitar en más de un ecosistema y como resultado crear redes de interacción con más de una planta a lo largo de su distribución geográfica, persistiendo incluso en paisaje transformados (principalmente por la pérdida de cobertura vegetal) y generando la posibilidad de compensar la baja efectividad o pérdida de aquellos polinizadores más sensibles a la perturbación.

Además, su capacidad para visitar y posiblemente polinizar flores grandes y nocturnas sugiere que podrían ser más importantes para la ecología de la polinización de lo que se había reconocido anteriormente. Incluso hay una especie de marsupial del Orden Diprodontia, conocido como el falangero mielero (*Tarsipes rostratus*) que se especializa en alimentarse de néctar y polen.



Un individuo de falangero mielero (*Tarsipes rostratus*) en Australia alimentándose del polen y néctar de una flor de *Banksia* spp.
Fotografía: Simon Colenutt (<https://www.inaturalist.org/observations/186141771>).

En regiones de bosque seco en Caatinga, Brasil, por ejemplo, se ha observado que algunas especies de tlacuaches conocidas comúnmente como comadreja overa (*Didelphis albiventris*), comadreja de orejas negras (*D. aurita*), tlacuache sureño (*D. marsupialis*) y tlacuache norteño (*D. virginiana*), visitan flores y pueden actuar como polinizadores de al menos 14 especies de plantas, incluyendo al pochote (*Ceiba pentandra*), la balsa (*Ochroma pyramidale*) y la wallaba (*Eperua falcata*); especies de plantas que son polinizadas principalmente por murciélagos nectarívoros cuyas poblaciones pueden disminuir ante las perturbaciones antropogénicas, como la fragmentación y pérdida de sus hábitats.



Un individuo de tlacuache norteño (*Didelphis virginiana*) visitando una inflorescencia de una especie de agave.
Fotografía: María del Rosario Árreola-Gómez.

Otros estudios también han demostrado que algunas especies de marsupiales americanos como la antes mencionada comadreja overa, la marmosa enana (*Gracilinanus agilis*) o la marmosa esbelta grisácea (*Marmosops incanus*) son capaces de contribuir de manera complementaria al éxito reproductivo de plantas en bosques secos y selvas tropicales, como el ambay (*Cecropia pachystachya*), la guayaba (*Psidium guajava*), el cordoncillo hoja (*Piper amalago*) y la especie de café silvestre (*Palicourea hoffmannseggiana*), no sólo por su potencial papel en la polinización, sino también por su capacidad para dispersar semillas con una alta tasa germinativa.

En una revisión sobre el papel de los pequeños marsupiales australianos como polinizadores, se recabó evidencia de que al menos 10 especies de marsupiales de la familia Dasyuridae visitan regularmente flores de al menos 38 especies diferentes de plantas, lo que sugiere que pueden ser polinizadores importantes de esas plantas. Sin embargo, se aclara que la visita floral *per se* no es garantía de polinización y en ese sentido, se sugieren varios tipos de estudios para confirmar si esas especies son realmente polinizadoras.

Si bien estas sugerencias pueden ser aplicadas en general al estudio del papel como polinizadores de los marsupiales; se necesitan estudios en los que se compruebe que una o varias especies de marsupiales visitan flores en varias localidades (no solo en un sitio en particular) y que visitan de manera regular varias flores de diferentes plantas de la misma especie (lo que permite su polinización). Estos estudios podrían realizarse con el uso de cámaras trampa enfocadas a las flores de diferentes especies de plantas, lo que permitiría obtener evidencias sobre esa actividad de visita floral. Por otra parte, para determinar la cantidad de polen que pueden transportar en el pelaje de su cabeza e identificar a qué especies de plantas pertenecen es importante capturar a algunos individuos de esas especies de marsupiales.

Adicionalmente, se podrían hacer algunos experimentos controlados en los que algunas flores de aquellas plantas que pueden ser polinizadas por marsupiales, se aislen para que solo puedan ser visitadas por marsupiales y otras flores se aislen para permitir que otros animales las visiten pero no marsupiales. Después se registra cuántas semillas producen las flores visitadas sólo por marsupiales y comparar eso con aquellas visitadas por otros polinizadores, pero no por marsupiales. Eso ayudaría para determinar la relevancia de los marsupiales como polinizadores.

Aunque la información sobre el papel de los marsupiales en la polinización es limitada debido a la falta de estudios y al desconocimiento de la biología de muchas especies (principalmente por sus hábitos solitarios y nocturnos); es crucial reconocer que la diversidad de recursos que consumen y sus interacciones directas e indirectas con el entorno, son esenciales para el equilibrio funcional de muchos ecosistemas a nivel mundial. De este modo, su aporte juega un papel clave en la preservación de la diversidad genética y la resiliencia de muchas especies vegetales ante los cambios ambientales a lo largo del tiempo y el espacio.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), por el apoyo de la beca doctoral al primer autor (CVU: 1058731).

LITERATURA CONSULTADA

- Arreola-Gómez, R., y E. Mendoza. 2020. Marsupial Visitation to the Inflorescences of the Endemic *Agave cupreata* in Western Mexico. *Western North American Naturalist* 80:563-568.
- Cantor, M., L. A. Ferreira, W. R. Silva, y E. Z. F. Setz. 2010. Potential seed dispersal by *Didelphis albiventris* (Marsupialia, Didelphidae) in highly disturbed environment. *Biota Neotropica* 10:45-51.
- Del-Claro, K., y H. M. Torezan-Silingardi. 2021. Plant-animal interactions source of biodiversity, primera edición. Springer International Publishing. Cham, Zwitterland.
- Domingos Melo, A., *et al.* 2024. Opossums as opportunistic visitors of chiropterophilous flowers: Interaction between *Didelphis albiventris* (Marsupialia) and *Hymenaea cangaceira* (Fabaceae). *Austral Ecology* 49:e13587.
- Goldingay, R. L. 2000. Small dasyurid marsupials – are they effective pollinators? *Australian Journal of Zoology* 48:597-606.
- Lessa, L. G., y F. N. Costa. 2010. Diet and seed dispersal by five marsupials (Didelphimorphia: Didelphidae) in a Brazilian Cerrado Reserve. *Mammalian Biology* 75:10-16.
- Mankga, L. T., *et al.* 2020. The Cycad genus *Cycas* may have diversified from Indochina and occupied its current ranges through vicariance and dispersal events. *Frontiers in Ecology and Evolution* 8:44.
- Muyllaert, R. L., R. D., Stevens, y M. C. Ribeiro. 2016. Threshold effect of habitat loss on bat richness in cerrado-forest landscapes. *Ecological Applications* 26:1854-1867.
- Tong, Z., *et al.* 2023. New calculations indicate that 90 % of flowering plant species are animal-pollinated. *National Science Review* 10: nwad219.

Sometido: 25/feb/2025.

Revisado: 07/mar/2025.

Aceptado: 14/mar/2025.

Publicado: 20/mar/2025.

Editor asociado: Dra. Leticia Cab-Sulub.

EL ARTE DE NO SER COMIDO, ESTRATEGIAS MAESTRAS

Jonathan Josue Zamora Doria

Laboratorio de Vertebrados Terrestres, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias región Poza Rica-Tuxpan, Universidad Veracruzana.

Tuxpan; Veracruz. México. jzamorajdoria@gmail.com

En la naturaleza, la vida es una batalla entre depredadores y presas. Los animales desarrollan habilidades y estrategias para evitar ser cazado. Encontrando formas de sobrevivir a un mundo donde el que no se adapta suele ser el primero en caer.

Uno de los trucos más efectivos que utilizan los animales para evitar ser comidos es el camuflaje. Muchas especies han evolucionado para parecerse a su entorno, volviéndose casi invisibles a los ojos de los depredadores. Entre los mamíferos, el camuflaje se convierte en un arma para ser un mejor cazador; por ejemplo, el zorro ártico (*Alopex lagopus*) cambia su pelaje según la estación: blanco en invierno para confundirse con la nieve y marrón en verano para camuflarse con la tundra, demostrando así que aunque los ambientes sean cambiantes, los depredadores pueden seguir una misma estrategia para ser eficientes contra la depredación, considerándose así, un claro ejemplo de convergencia evolutiva, es el puma (*Puma concolor*), que gracias a su pelaje de color arena, se mezcla perfectamente con los paisajes desérticos y montañosos, lo que le permite acechar a sus presas sin ser detectado, así mismo el jaguar (*Panthera onca*), cuyas manchas (rosetas) imitan la luz y sombras de la vegetación, permitiéndoles respectivamente camuflarse mientras acechan a sus presas.

En otros grupos animales encontramos a los camaleones, que pueden cambiar de color para mezclarse con su entorno. Sin embargo, no son los únicos maestros del disfraz; algunos insectos, como los llamados insectos hoja o insectos palo, se confunden perfectamente con hojas o ramas, haciendo que los depredadores pasen de largo sin notar su presencia, pero el camuflaje no siempre se trata solo de parecerse a algo inofensivo.

Algunas especies, adoptan la apariencia de animales peligroso o venenosos, lo que ahuyenta a posibles atacantes. Esta estrategia, es conocida como aposematismo, puede ser usada como una forma astuta de engañar a los depredadores y ganar un valioso tiempo para escapar.

Para muchos animales, la forma de no ser comidos es simplemente huir a toda velocidad. Algunas especies han desarrollado cuerpos diseñados para la velocidad y la agilidad. La gacela (*Gazella* sp.), por ejemplo, es una atleta nata, capaz de alcanzar velocidades de hasta 80 km/h y realizar cambios de dirección bruscos para confundir a sus depredadores. Entre los mamíferos corredores se encuentra el antílope saiga (*Saiga tatarica*), que puede correr a velocidades de hasta 70 km/h, lo que le permite escapar de lobos y otros depredadores. De igual manera, los depredadores también poseen estas adaptaciones para cazar; como el guepardo o chita (*Acinonyx*



Gacela (*Gazella* sp.), atleta nata, capaz de alcanzar velocidades de hasta 80 km/h y realizar cambios de dirección bruscos para confundir a sus depredadores. Ilustración: Jonathan Josue Zamora Doria.

jubatus), el mamífero terrestre más rápido, que puede alcanzar velocidades de hasta 100 km/h en cortas distancias, lo que le otorga una ventaja momentánea tanto para cazar como para huir si se encuentra en peligro.

Otro experto en la evasión es el calamar. Cuando siente peligro, libera una nube de tinta para desorientar al depredador y escapa con un potente chorro de agua que lo impulsa a gran velocidad. Esta estrategia le permite ganar segundos valiosos y desaparecer en la inmensidad del océano antes de que su cazador pueda reaccionar.

Algunos animales han desarrollado defensas químicas para evitar ser devorados. Un ejemplo clásico es el del zorrillo listado (*Mephitis mephitis*), que expulsa una orina de olor nauseabundo cuando se siente amenazado.

Entre los mamíferos también existen las defensas físicas, por ejemplo, los erizos y puerco espines, quienes poseen púas las que utiliza para disuadir a los depredadores al sentirse amenazados, otro ejemplo es el equidna (*Tachyglossus aculeatus*), un mamífero monotrema que se enrolla en una bola,

exponiendo solo sus púas puntiagudas para protegerse de los depredadores, así mismo, el armadillo (*Dasypus novemcinctus*), por su parte, tiene una armadura ósea que lo protege de las mordidas de sus atacantes.

Además de la defensa física y química, algunos mamíferos utilizan la cooperación como estrategia para protegerse. Las suricatas (*Suricata suricatta*) viven en grupos y organizan turnos de vigilancia mientras el resto busca alimento. Al detectar un peligro, emiten una alarma sonora para que el grupo se refugie rápidamente; así mismo, las cebras (*Equus quagga*), por ejemplo, se desplazan en manadas, y cuando corren juntas, sus rayas crean un efecto visual que confunde a los depredadores. Algo similar ocurre con los peces que nadan en cardúmenes, moviéndose en sincronía para dificultar que un depredador elija a una víctima en particular.



Las suricatas (*Suricata suricatta*) viven en grupos y al detectar un peligro, emiten una alarma sonora para que el grupo se refugie rápidamente.
Ilustración: Jonathan Josue Zamora Doria.

Otra forma de defensa es la intimidación. Algunos mamíferos, como los osos, se paran sobre sus patas traseras y emiten gruñidos profundos para parecer más grandes y peligrosos, este modo de defensa también la encontramos en especies de menor talla como lo son el tamandúa (*Tamandua mexicana*) y el zorrillo listado, siendo así esta táctica suficiente para ahuyentar a posibles amenazas sin necesidad de pelear.

En el mundo natural, la lucha por la supervivencia impulsa a los animales a desarrollar habilidades únicas. Entre camuflajes, huidas vertiginosas, defensas químicas y físicas, cada criatura encuentra su manera de enfrentar los peligros. Especialmente entre los mamíferos, estas estrategias reflejan la asombrosa capacidad de adaptación y la interminable lucha por sobrevivir en un mundo donde la vida es un equilibrio constante entre depredadores y presas.

AGRADECIMIENTOS

A Juan Pech por ser una fuente de inspiración para adentrarme al mundo de la divulgación.

LITERATURA CONSULTADA

- Apfelbach, R. *et al.* 2005. The effects of predator odors in mammalian prey species: a review of field and laboratory studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 29:1123-1144.
- Blanchard, R. J., y D. C. Blanchard. 1989. Antipredator defensive behaviors in a visible burrow system. *Journal of Comparative Psychology* 103:70-82.
- Brown, J. S., J. W. Laundré, y M. Gurung. 1999. The ecology of fear: optimal foraging, game theory, and trophic interactions. *Journal of Mammalogy* 80:385-399.
- Castillo, Y., y E. Arce. 2023. Depredadores y presas, de equilibrio ecológico a amenaza poblacional. *Ciencia* 74:9-13.
- Clinchy, M., M. J. Sheriff, y L. Y. Zanette. 2013. Predator-induced stress and the ecology of fear. *Functional Ecology* 27:56-65.
- Del Rio, M.G., y A. A. Lanteri. 2014. La imitación en la naturaleza. *Ciencia Hoy* 23:56-60.
- González Cruz, Y., y F. J. Manjarrez Silva. 2022. Estrategias anti-predadoras en mamíferos. *CIENCIA ergo-sum* 31:3.
- Preisser, E. L., D. I. Bolnick, y M. F. Benard. 2005. Scared to death? The effects of intimidation and consumption in predator-prey interactions. *Ecology* 86:501-509.

Sometido: 04/mar/2025.

Revisado: 11/mar/2025.

Aceptado: 18/mar/2025.

Publicado: 24/mar/2025.

Editor asociado: Dr. Francisco Botello.

CÓMO EVITAR EL CONTROL LETAL DE ROEDORES COMENSALES

Margarita Gil-Fernández^{1,2*}, Christian A. Delfin-Alfonso³ y M. Cristina MacSwiney G.⁴

¹Posgrado en Biología Integrativa del Instituto de Investigaciones Biológicas, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México. margarita.gilfernandez@mq.edu.au (MG-F)

²School of Natural Sciences, Macquarie University, Sydney, Australia.

³Laboratorio de Vertebrados, Instituto de Investigaciones Biológicas de la Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. cdelfin@uv.mx (CAD-A).

⁴Centro de Investigaciones Tropicales, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México cmacswiney@uv.mx (MCMG).

*Autor de correspondencia

Desde que los humanos nos volvimos una especie sedentaria, hemos lidiado con roedores que se convierten en plaga utilizando el control letal. Sin embargo, es importante tener en cuenta las implicaciones de éste y las mejores alternativas que existen.

Uno de los casos más notables de animales que se han adaptado a vivir con los humanos es el de los roedores comensales, que incluyen a especies como la rata de alcantarilla (*Rattus norvegicus*), la rata negra (*Rattus rattus*), y el ratón doméstico (*Mus musculus*). Estos animales pueden aprovechar los cultivos o residuos orgánicos en los asentamientos humanos. La abundancia de las fuentes de alimento de origen humano en zonas urbanas y periurbanas, permite a los roedores comensales reproducirse al grado de que se convierten en plagas. En respuesta, desde hace milenios, los seres humanos hemos desarrollado diversas técnicas de control. Sin embargo, los roedores comensales han logrado adaptarse y evadir estas medidas. De hecho, se han acoplado de manera notable a cualquier sitio donde habiten los humanos, desde el campo hasta las grandes ciudades. La relación roedor comensal-humano, se acentúa en respuesta a diversas prácticas humanas como la tala desmedida de bosques y selvas, donde los roedores comensales resultan beneficiados por la transformación del medio natural y logran adaptarse a las nuevas condiciones de vida, propiciando el desplazamiento de las especies nativas. A pesar de parecer necesario, el control letal de los roedores comensales es un tema mucho más complejo de lo que nos imaginamos, pues tiene consecuencias ecológicas, económicas y de bienestar animal. Por esto, en la presente contribución, ofrecemos un panorama general sobre las implicaciones del control letal de roedores, así como las opciones que se tienen disponibles y la importancia de la prevención de infestaciones.

Antes que nada, debemos saber que solamente una pequeña fracción de las especies de roedores que existen en el mundo tienden a convertirse en plaga. En México, algunas de las plagas más conocidas en las ciudades son especies exóticas, que llegaron de Europa central durante la colonización, ejemplo de ello son las ratas de alcantarilla, la rata negra y el ratón doméstico. En contraste, México tiene

232 especies de roedores nativos, de los cuales solo 26 han sido catalogados como plagas en los cultivos de mayor importancia económica. Los roedores nativos son de gran importancia, ya que desempeñan papeles ecológicos como la dispersión de semillas, polen y esporas de hongos, la aereación de los suelos y sirven de alimento a los eslabones superiores de la cadena alimenticia, incluyendo al ser humano quien puede ser consumidor de algunas especies de roedores.

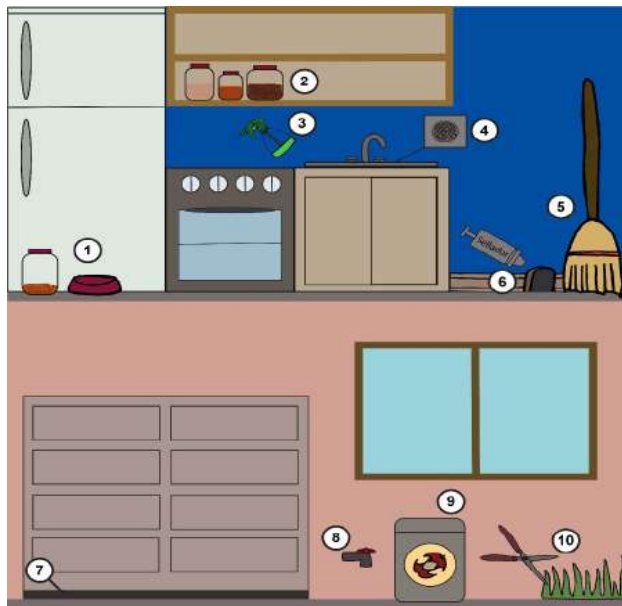
Por otro lado, los roedores comensales, a pesar de ser invasores e indeseables en muchos casos, también desempeñan las mismas funciones que los roedores nativos, pero en las zonas urbanas y periurbanas. Por su abundancia, los roedores comensales son las presas principales de depredadores urbanos como los coyotes, zorros, serpientes y aves rapaces (diurnas y nocturnas). Asimismo, los roedores comensales también pueden estar asociados con la dispersión de hongos micorrízicos y la dispersión de semillas de especies nativas en reservas urbanas de bosque. No obstante, la evidencia de la importancia ecológica de los roedores comensales se encuentra grandemente eclipsada por los impactos negativos que se les atribuyen.

Es innegable que los roedores comensales son transmisores de numerosas enfermedades como el hantavirus, la leptospirosis, la tularemia, la salmonelosis y la influenza aviar. Es importante resaltar que estas enfermedades se transmiten a través de la orina o las heces de los roedores mediante partículas virales o bacterias asociadas a los mismos. Por esto, aun cuando no se tenga un contacto directo con los roedores comensales, se debe mantener una limpieza adecuada al momento de observar señales de su presencia. Los roedores son también hospederos de ectoparásitos como pulgas, piojos, y garrapatas, que pueden ser transmitidos a los humanos en casos de infestaciones severas. La preocupación de esto consiste en que dichos ectoparásitos están asociados con enfermedades que también pueden ser transmitidas a los humanos como la peste bubónica, la fiebre Q, rickettsiosis, bartonellosis, entre muchas otras.

Además de las enfermedades, los roedores comensales pueden causar grandes daños económicos. En los hogares se han detectado daños en las instalaciones eléctricas, así como en los vehículos. En la agricultura, se han reportado pérdidas de hasta el 100 % de los cultivos por la actividad de los roedores comensales y algunas especies de roedores nativos que se convierten en plaga. Los roedores comensales, como

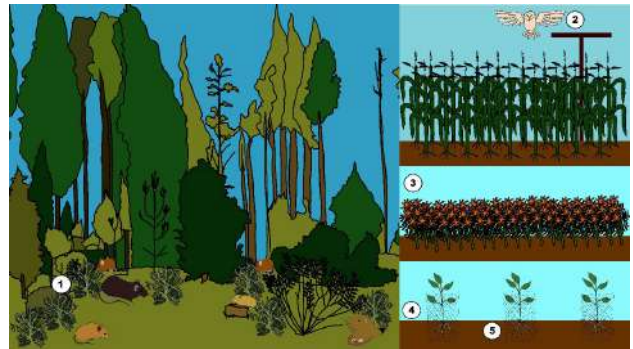
el ratón de casa, pueden producir múltiples camadas en un año. Cada camada puede constar de hasta 12 crías, por lo que los números de roedores pueden multiplicarse de manera exorbitante en periodos cortos de tiempo. Esta capacidad de reproducción convierte a los roedores en una amenaza importante tanto en los hogares como para la agricultura.

Los roedores comensales se benefician del exceso de recursos que les proveemos, esto incluye sitios de refugio, alimento y agua. Para impedir el desarrollo de plagas de roedores en las viviendas se debe impedir el acceso a alimentos y desechos, lo cual puede hacerse a través de barreras físicas como contenedores herméticos. Además, se puede separar la basura orgánica de la inorgánica, lo que facilita el manejo de los desechos más atractivos para los roedores (los desechos orgánicos). Adicionalmente, se debe bloquear el acceso al agua evitando las fugas o charcos ya que los roedores los pueden utilizar como bebederos. Finalmente, se debe bloquear las grietas y coladeras, ya que estas pueden servir de entrada a nuestros hogares. Como se puede notar, las medidas preventivas que se pueden aplicar en los hogares son sencillas y de muy bajo costo. En general, las medidas preventivas son más efectivas si se aplican ante los primeros signos de la presencia de roedores.



Medidas para prevenir la infestación de roedores comensales: 1) Almacenamiento de alimento para mascotas en contenedor cerrado, 2) Alimentos almacenados en contenedores herméticos, 3) Limpieza de superficies para evitar residuos de comida, 4) Instalación de coladeras para bloquear acceso, 5) Mantener superficies libres de residuos, 6) Sellar grietas en paredes, 7) Instalar barreras en las posibles entradas para los roedores, 8) Evitar fugas de agua, 9) Mantener la basura, especialmente la basura orgánica, en contenedores sellados, 10) Podar la maleza para eliminar sitios de refugio o anidamiento de roedores.
Ilustración: Margarita Gil-Fernández.

El manejo de los roedores comensales es más complejo en los campos agrícolas, por sus características de extensión y numerosos refugios que pueden ofrecer. Asimismo, la presencia de especies nativas que se convierten en plaga complica el manejo desde un punto de vista ecológico. Los roedores nativos y comensales se pueden reproducir al grado de convertirse en plaga cuando existe un exceso de alimento, en este caso, forma de cultivos agrícolas. Así como los humanos disfrutamos de los beneficios nutricionales que nos brindan cultivos como el maíz, el arroz, y el trigo, los roedores también pueden explotar este tipo de alimentos que son ricos en carbohidratos. Otros cultivos como la papa o el camote, además de proveer carbohidratos son una fuente de agua. Los cultivos de caña de azúcar también se ven afectados por los roedores, ya que el azúcar es una fuente de energía muy atractiva. Además, las condiciones asociadas con un cultivo de temporal exitoso, que en general incluyen lluvias y



Medidas para prevenir la invasión de roedores en campos agrícolas: 1) Mantenimiento del hábitat natural de los roedores, 2) Instalación de perchas para favorecer la presencia de aves rapaces, 3) sembrar cultivos repelentes de roedores como el cempasúchil (*Tagetes erecta*), 4) Evitar el crecimiento de maleza cerca de los cultivos, 5) Instalación de mallas metálicas para la protección de plántulas y sus raíces.
Ilustración: Margarita Gil-Fernández.

temperaturas cálidas, favorecen a la reproducción rápida de los roedores. Sin embargo, existen opciones de manejo que se emplean frecuentemente. La principal estrategia de prevención es mantener los hábitats de los roedores nativos en buen estado, con una amplia diversidad de especies vegetales. A la par, se debe modificar el paisaje agrícola para hacerlo menos habitable para los roedores, por ejemplo, limpiar la maleza en los cultivos puede disminuir los espacios de refugio para los roedores. Aunque los roedores pueden alimentarse de una gran variedad de plantas, existen especies vegetales con aromas fuertes o tóxicas como la menta, la salvia, la ruda, la pimienta, la cebolla o el cempasúchil que les resultan aversivos y se pueden plantar como repelentes de roedores. Existen numerosas opciones de plantas repelentes, sin embargo, se debe tomar en cuenta el ciclo de vida de estas plantas para que coincida con el ciclo de los cultivos que se pretende proteger. En el caso de cultivos frutícolas, se puede optar por la aplicación de mallas alrededor de las plantas jóvenes y sus raíces. Finalmente, se puede recurrir a la ayuda de los depredadores naturales de los roedores, como las aves de presa que incluyen a los halcones, águilas y lechuzas. Estas especies se pueden atraer a los cultivos mediante la instalación de perchas o de cajas nido en la cercanía de las parcelas. Las aves de presa, además de controlar a los roedores directamente a través de la depredación, mantienen territorios que los roedores evitan, por lo que tener un depredador residente puede alejar a los roedores de los cultivos.

Cuando las actividades de prevención no son suficientes o no se logra una aplicación adecuada, es necesario aplicar medidas de control letal. Este tipo de control es justificable en el caso de los roedores, tanto comensales como nativos, que se convierten en plagas debido que existen intereses económicos y motivos de salud pública. La selección del método de control depende inicialmente de tres factores importantes: el impacto ecológico, el bienestar humano y el bienestar animal de los roedores a controlar. En lo que respecta a las consecuencias ecológicas, uno de los métodos menos recomendable pero más utilizado en el control de roedores, es el uso de veneno o rodenticida. Este método implica la dispersión de pastillas o cebo envenenado para que estos sean ingeridos por los roedores. El principal problema de este tipo de productos es que se acumulan en el ambiente, además de que pueden ser ingeridos por una gran cantidad de animales además de los roedores, por lo que pueden afectar directamente a la fauna local e incluso ser ingeridos por humanos. Adicionalmente, aunque los rodenticidas ofrecen el resultado deseado, es decir, el control de roedores, tales sustancias se acumulan en los tejidos de los animales, afectando a los depredadores que se alimentan de ellos. De hecho, se ha observado que, en ciertas áreas, hasta el 92 % de las aves rapaces presentan trazas de rodenticidas anticoagulantes.

No se deben pasar por alto las implicaciones de bienestar animal que tiene el control letal. Como todas las especies de vertebrados, se ha demostrado que los roedores comensales son capaces de sentir dolor e incluso experimentan emociones tan elaboradas como el estrés, miedo, ansiedad y depresión. Por otro lado, son capaces de sentir empatía, felicidad y placer, y también forman lazos sociales y maternos. Por esto y por los múltiples beneficios ecológicos que los roedores, tanto nativos como exóticos, proveen, es muy importante tomar decisiones adecuadas para evitar el surgimiento de plagas o, en última instancia, elegir métodos de control que impliquen el menor daño ecológico y minimicen el sufrimiento animal. En este sentido, se ha observado que las opciones más dolorosas de control letal incluyen a los rodenticidas y algunas trampas de golpe, siendo las trampas de resorte algunas de las mejores opciones. No obstante, estas trampas deben ser calibradas adecuadamente para causar una muerte instantánea. La falta de calibración o el mal funcionamiento de las trampas de golpe puede llevar a dolorosas mutilaciones, lo cual es una consecuencia indeseable. Al no utilizar sustancias químicas, el uso de trampas disminuye el impacto ecológico de las actividades de control. Asimismo, estas trampas son reutilizables, a excepción de los cebos. Existen otros tipos de trampas como las trampas adhesivas, que pueden capturar a múltiples roedores a la vez. Sin embargo, al intentar liberarse, el roedor puede sufrir estrés y dolor por un periodo prolongado.

Es importante entender que no todos los roedores son especies problemáticas, y que incluso las especies comensales tienen efectos positivos bajo ciertas condiciones. Por lo tanto, todos tenemos la responsabilidad de mejorar nuestras prácticas de manejo de roedores.

AGRADECIMIENTOS

MG-F reconoce a la Macquarie University por una Beca de doctorado Internacional de Excelencia en Investigación de la Macquarie University (No. 20224755). Adicionalmente, MG-F agradece al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnología (ahora Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación) por la beca de doctorado otorgada (No. 842526).

LITERATURA CONSULTADA

- IUCN. 2025. Rodentia. En: The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2024-2. www.iucnredlist.org. Consultada el 13 de enero 2025.
- Larson, R. N., J. L. Brown, T. Karels, y S. P. D. Riley. 2020. Effects of urbanization on resource use and individual specialization in coyotes (*Canis latrans*) in southern California. *PLoS ONE* 15: e0228881.
- Lettoof, D. C., *et al.* 2023. Snake life history traits and their association with urban habitat use in a tropical city. *Urban Ecosystems* 26:433-445.
- Mak, B., E. J. A. Drewitt, R. A. Francis, y M. A. Chadwick. 2023. The raptor lockdown menu—Shifts in prey composition suggest urban peregrine diets are linked to human activities. *People and Nature* 5:795-807.
- Peterson, M., *et al.* 2021. The diet of coyotes and red foxes in Southern New York. *Urban Ecosystems* 24:1-10.
- Rimbach, R., *et al.* 2023. Gray squirrels consume anthropogenic food waste most often during winter. *Mammalian Biology* 103:69-81.
- Sánchez-Cordero, V., G. Gutiérrez-Granados, Á. Rodríguez-Moreno, y J. J. Flores-Martínez. 2022. Roedores y riesgo agrícola. El modelado del nicho ecológico como herramienta de predicción. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.

Sometido: 05/mar/2025.

Revisado: 12/mar/2025.

Aceptado: 20/mar/2025.

Publicado: 24/mar/2025.

Editor asociado: Dr. Eduardo Felipe Aguilera-Miller.

DE MASTOZOLOGÍA A MASTOPOLÍTICAS

Javier Enrique Sosa-Escalante

Grupo DIMYGEN-CEGES, Diagnósticos Moleculares y Genéticos (DIMYGEN Laboratorio) y Centro para la Gestión de la Sustentabilidad (CEGES).
Mérida, Yucatán, México. javiersosae@hotmail.com

La necesidad de que estrategias técnicas se conviertan en políticas públicas continuará vigente durante todo el Siglo XXI. Los mastozoólogos tienen la oportunidad de contribuir activamente a este reto. En México y América Latina se requiere de mayor visibilidad e impacto para lograrlo

La Mastozoología es la rama de la Zoología que se encarga del estudio de los mamíferos. Se dedica a estudiar diversos aspectos relacionados con su clasificación, anatomía, fisiología, comportamiento, ecología, evolución, distribución, conservación, manejo, aprovechamiento, entre otros. Los mastozoólogos también estudian los hábitats de los mamíferos silvestres, sus territorios, los lugares en donde viven, así como los impactos de factores causados por el humano como el cambio climático, la transformación de la cobertura del suelo, la urbanización, la pérdida de ecosistemas y el comercio ilegal.

El estudio de los mamíferos representa la aplicación de "estrategias técnicas"; es decir, conocimientos especializados de este grupo de organismos; formación académica; habilidades prácticas de laboratorio y campo; destrezas analíticas, tecnológicas y de gabinete. Así como la aplicación sistemática de métodos, planes, programas, procesos, procedimientos y protocolos.

Un gran número de estrategias técnicas propuestas por mastozoólogos a los tomadores de decisiones han tenido un impacto importante en "política pública", la cual se refiere a las acciones, decisiones y programas implementados por el gobierno (en todos los niveles, municipal, estatal o federal) para abordar problemas sociales, económicos, ambientales o de otra índole que afecten a la población en su conjunto. Los profesionales de las ciencias ambientales y, particularmente los mastozoólogos, tienen que seguir desempeñando un papel preponderante en el desarrollo de estrategias técnicas basadas en evidencia científica. Por ejemplo, proteger especies en riesgo y restaurar poblaciones como el murciélago magueyero y el lobo mexicano; reducir conflictos entre humanos y mamíferos silvestres para reducir ataques de jaguar y puma a ganado doméstico; así como para disminuir atropellamientos en carreteras; incorporar nuevas tecnologías en la conservación como el uso de cámaras trampa, GPS, drones, modelos predictivos y uso de ADN; mejorar la aplicación de leyes y regulaciones ambientales como la actualización de la NOM-059-SEMARNAT 2010, los programas de manejo para áreas naturales protegidas, unidades de manejo de vida silvestre y protocolos de actuación para el combate contra el tráfico ilegal de fauna. Debe tener un sentido de urgencia lograr incrementar que una parte importante del gremio de los mastozoólogos (además de estudiar a la mastofauna *per se*), participen en la propuesta e implementación de políticas públicas, estrategias o regulaciones específicamente orientadas a la conservación, manejo y protección de los mamíferos. Mostrar que pasar de la ciencia de los mamíferos a las políticas para su conservación, es una alternativa y una necesidad.

Las estrategias técnicas también se han visto reflejadas en planes de desarrollo, programas instrumentales

y financiamiento, diversificación de la oferta educativa, servicios al público y brindar bases científicas para la toma de decisiones del poder ejecutivo y judicial. Sin embargo, también es cierto que en ocasiones los resultados y conclusiones con evidencias científicas irrefutables se quedan escritas en tesis, presentadas en foros especializados, publicadas en revistas en otros idiomas o de difícil acceso a la población en general o simplemente quedan en informes de proyectos.

Debido a que en la actualidad existe una crisis ambiental sin precedentes, los resultados que estén técnicamente bien fundamentados, tendrían que ser aplicados por el gobierno y la ciudadanía en general. Es decir, influir en el comportamiento de individuos, grupos o instituciones con el fin resolver problemas de interés público. En ocasiones, aunque los investigadores tengan la intención, la ruta a seguir no es conocida.

El impacto de la mastozoología en la toma de decisiones está condicionado por factores de diversa índole dentro de dos grandes vertientes. La primera tiene que ver con "quiénes reciben" los resultados, las propuestas y las recomendaciones ("los receptores de la información"); aquí se encuentran factores como la burocracia; la resistencia al cambio; la falta de recursos y de conocimientos; el desconocimiento de la información; la apatía; el conformismo, entre otros. La segunda vertiente está relacionada con "quiénes generan" los resultados, con los investigadores, con los técnicos, con los mastozoólogos ("los generadores del conocimiento"); en esta vertiente existen factores como la falta de interés personal y profesional; desconocimiento del marco normativo, lo que genera temor; insuficiente financiamiento; poco reconocimiento social ya que pueden ser temas no percibidos como relevantes o urgentes por la sociedad; competencia y saturación en el campo de estudio; desinterés a innovar, entre otros.

Para superar estos obstáculos se requiere una combinación de voluntad técnica y política. En ocasiones existe voluntad técnica pero ningún interés político y, viceversa, a veces existe voluntad política, pero sin intención técnica de resolver los problemas. Esta puede ser una oportunidad para los mastozoólogos y todos los profesionales de las ciencias ambientales del Siglo XXI. Es indispensable que los mastozoólogos consolidados promuevan la participación de los jóvenes para adaptar las estrategias de conservación a los desafíos actuales y fortalecer la incidencia en políticas públicas y la toma de decisiones.

Las "mastopolíticas", no es un término formal en la literatura académica, sin embargo, podría usarse como un neologismo en materiales de comunicación y difusión para tener una mayor visibilidad e impacto; así como comunicar de manera efectiva la importancia de integrar criterios técnicos científicos en el diseño de políticas de sustentabilidad. Las "mastopolíticas" son el conjunto de políticas públicas, marcos regulatorios, estrategias institucionales y acuerdos internacionales orientados a la protección, manejo sostenible y conservación que están relacionados con los mamíferos. Este término engloba las acciones destinadas a garantizar la viabilidad ecológica, social y económica de las especies de mamíferos en su entorno natural frente a amenazas como el comercio ilegal, la pérdida de hábitats, la extinción de especies, la contaminación, el cambio climático, entre otras.

Las mastopolíticas pueden ser impulsadas desde la ciencia, la gestión ambiental y la gobernanza para incidir en la toma de decisiones a nivel local, nacional e internacional. En las mastopolíticas se pueden reconocer varios componentes, aunque no lleven la palabra “mamíferos” y que sean aplicables a otros organismos. El primero tiene que ver con la protección legal de especies. Los mastozoólogos tienen mucho que seguir aportando en la elaboración o modificación de leyes y sus reglamentos; normas oficiales mexicanas (NOM); normas mexicanas; normas técnicas ambientales estatales; acuerdos en donde se establecen listas de especies (por ejemplo, prioritarias, exóticas invasoras); protocolos de actuación para algunas normas (por ejemplo, instalaciones eoloelectricas, carreteras y vías férreas, comercio ilegal de especies); nuevos métodos alternativos a los ya existentes en algunas normas oficiales mexicanas (por ejemplo, método de evaluación del riesgo de extinción de las especies silvestres en México conocido como MER en la NOM-059-SEMARNAT 2010) y que pudieran ser aplicados en las normas técnicas ambientales estatales.

El segundo componente de las mastopolíticas es la gestión del territorio, de los hábitats, del espacio público (incluyendo el urbano) y de los ecosistemas en donde habitan los mamíferos. Históricamente los mastozoólogos han contribuido de manera importante en instrumentos existentes de conservación vertical (por ejemplo, territorios protegidos) como los decretos y programas de manejo de áreas naturales protegidas. Sin embargo, aún se requiere aumentar su participación para delimitar las “zonas de influencia” (superficies aledañas a la poligonal que mantienen una estrecha interacción social, económica y ecológica con la misma), establecer “hábitats críticos para la conservación de la vida silvestre” y “áreas de refugio para proteger especies acuáticas”, estas dos últimas figuras con base en la Ley General de Vida Silvestre o la nueva Ley General de Biodiversidad. Así como innovadores instrumentos para el decreto de porciones del territorio con el propósito, ya no sólo de conservación, sino también para la restauración y lograr que los estados y los municipios decreten “zonas prioritarias para la restauración ecológica”.

Se requiere que más mastozoólogos participen en la creación de “corredores biológicos” como una modalidad de conservación con base en la Ley General de Cambio Climático o la nueva Ley General de Biodiversidad. Se necesita generar un Reglamento en dichas leyes en materia de corredores biológicos, en donde se estipulen particularidades sobre su decreto, manejo y administración, similar al Reglamento en materia de áreas naturales protegidas de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. La información obtenida por los mastozoólogos apoya este propósito, ya que gracias a los estudios que realizan se pueden conocer que especies silvestres existen, sus movimientos, cuánto se mueven y por dónde, cuáles son sus necesidades (estado del hábitat, presas, etc.), cómo interaccionan con la fauna doméstica (perros y gatos), la magnitud en que contribuyen al mantenimiento de la biodiversidad, entre otros aspectos.

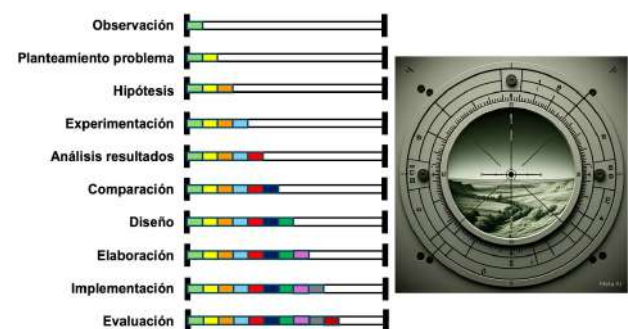
La participación de los mastozoólogos en la generación de normas y reglamentos a nivel estatal y municipal sobre corredores biológicos permitiría establecer lineamientos de infraestructura verde para la conservación de los mamíferos y sus hábitats, interconectando fragmentos no protegidos (incluso intraurbanos como en la Ciudad de México, Xalapa, Campeche y Mérida) para lograr el decreto o reconocimiento oficial de corredores biológicos, verdes o biourbanos. Esto representa una oportunidad a nivel internacional para las mastopolíticas, de marcar un precedente al motivar y fundamentar legalmente el concepto de corredores con enorme relevancia en la protección de biodiversidad, la gestión del espacio público y como parte de un nuevo paradigma de sustentabilidad-ecosalud-aplicación de la ley.

Este emprendimiento también tiene que considerar un enfoque de conservación horizontal, el cual, en comparación con el vertical, adopta una perspectiva más amplia para integrar el desarrollo humano y económico de manera sostenible en diversos paisajes. Es indudable que, en algunos instrumentos como los Programas de Ordenamiento Territorial, los Programas de Desarrollo Urbano, los reglamentos municipales y las zonas de asentamientos humanos dentro de un área natural protegida, tienen que replicarse la inclusión de criterios directamente relacionados con los mamíferos y sus hábitats, no sólo para su conservación, sino también para evitar la aparición de plagas y enfermedades con potencial pandémico.

El tercer componente de las mastopolíticas se relaciona con la educación y sensibilización. Se reconoce que aún se requiere aumentar la conciencia pública sobre el papel de los mamíferos en los ecosistemas, lo cual también significa que la información científica que se genera tenga un mayor impacto en la sociedad. Pero hace falta más que eso. Se demanda un mayor impacto en la incidencia de los mastozoólogos en las mastopolíticas, pero se requiere una mayor participación e interés de los mastozoólogos en participar en estos temas.

Incluso se requiere llamar la atención sobre el término mismo. Algunas alternativas son realizar campañas de difusión: promover el término en redes sociales, talleres, cursos y materiales educativos para crear una identidad. Uso en documentos oficiales: incorporar “mastopolíticas” en propuestas de investigación, informes técnicos, publicaciones y presentaciones. Sensibilización de actores clave: usar el término para captar la atención de legisladores, funcionarios públicos, organizaciones no gubernamentales y tomadores de decisiones, destacando su relevancia y urgencia.

Para mejorar la efectividad de las políticas públicas, es fundamental reducir la incertidumbre en la toma de decisiones. Aquí es donde entra en juego el concepto de “la barra de error”; por ejemplo, la mastozoología considera diferentes indicadores que proporcionan información sobre una determinada situación o actividad en tiempo y espacio. Cuantos más parámetros técnicos y científicos se consideren en la planificación, menor será la probabilidad de tomar decisiones erróneas relacionadas con la protección de la biodiversidad. Aunque el margen de error nunca desaparece por completo, puede reducirse significativamente y, por tanto, tomar decisiones más informadas y acertadas. Lo anterior es análogo a la “mira de decisión”, que funciona como una metáfora visual: cuanto más enfocada y precisa sea la información utilizada, mejores serán los resultados en conservación. Tal como una mira fotográfica que, a mayor resolución más información contendrá la imagen y más nítida será.

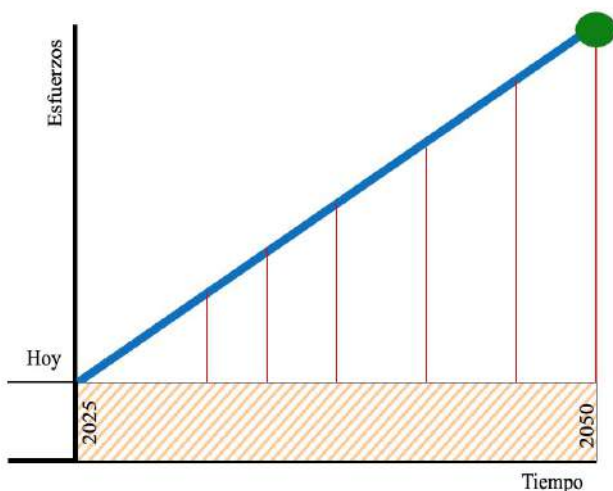


El esquema de la izquierda representa “la barra de error” el cual va disminuyendo conforme se consideran diferentes indicadores técnicos científicos (representados por los distintos colores) en la toma de decisiones. Nótese como el espacio sin color en la barra no desaparece, sino reduce (elaboración propia). La imagen de la derecha es una mira que, de manera análoga a lo anterior, muestra cómo mientras más pequeña sea, más puntual será; es decir, la “mira de decisión” cuanto más enfocada y precisa sea la información que se utiliza, mejores serán los resultados en conservación. Imagen: Javier Enrique Sosa-Escalante con apoyo de @Meta AI.

Los resultados obtenidos en una investigación y monitoreo de la biodiversidad deben seguir permitiendo la creación de “modelos de intervención”, herramientas clave para la implementación de estrategias de conservación efectivas. Estos modelos ayudan a definir objetivos, establecer metas concretas y diseñar acciones específicas dentro un marco normativo adecuado. No sólo permiten una aplicación más efectiva del conocimiento, sino que también facilitan la identificación de vacíos jurídicos e institucionales. De esta manera, los resultados serán de mayor utilidad para el diseño de políticas públicas y el combate de las amenazas que enfrentan los mamíferos y sus hábitats. En otras palabras, ayudan a transformar la ciencia en acción con un enfoque estructurado y replicable.

Para lograr una mayor incidencia en la conservación de mamíferos, es necesario planear el futuro con una visión clara y una estrategia bien definida. En la planeación del futuro, los mastozoólogos tienen que incrementar su participación en la actualización, elaboración, ejecución y evaluación de mastopolíticas. Se requiere cambiar y mejorar; evitar y modificar la inercia del futuro. Tener una visión a largo plazo, saber a dónde se requiere llegar; definir el rumbo, el camino a seguir, la misión para lograrlo, la cual se construye con acciones y actividades precisamente como parte de estrategias técnicas.

En los próximos años, el trabajo en redes colaborativas para la generación de mastopolíticas contribuirá de manera fundamental a resolver problemas complejos, desarrollar propuestas técnicas con la capacidad de incidir en distintos niveles de la sociedad, como la academia, la política y la gestión pública.



Esquema sobre la planeación del futuro. El eje vertical representa los esfuerzos realizados en el pasado hasta la actualidad. El eje horizontal representa el tiempo, desde el 2025 el 2050 (largo plazo). El área sombreada representa la inercia, lo que hay que modificar para mejorar y evitar que siga igual. La línea diagonal de color azul representa la misión, el camino que se tiene que seguir para llegar a la visión deseada (círculo verde). La misión se construye con estrategias que incluyen actividades y acciones puntuales que se van cumpliendo a través del tiempo (líneas rojas). La visión es lo que se requiere para lograr la conservación. Los mamíferos y sus hábitats requieren de mejores políticas públicas para lograr su conservación, manejo y aprovechamiento sustentable.

Gráfica: Javier Enrique Sosa-Escalante.

AGRADECIMIENTOS

A. Sosa-González por el apoyo brindado. A. Cruces-Casellas, L. J. González-Herrera y dos revisores anónimos, emitieron observaciones que mejoraron este escrito.

LITERATURA CONSULTADA

- Aguilar-Astorga, C. R. 2017. Evaluación de políticas públicas, Una aproximación. Colección de materiales didácticos de la división de ciencias sociales y humanidades. Universidad Autónoma Metropolitana. Ciudad de México, México.
- García-Amaro, L. A. y M. C. Osorio-Pérez. 2018. Estrategias y herramientas para la incidencia en políticas públicas. Alternativas y Capacidades A.C. Ciudad de México, México.
- Ley General de Biodiversidad. 2025. Iniciativa con proyecto de decreto por el que se expide la Ley General de Biodiversidad; se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y se abroga la Ley General de Vida Silvestre. Senado de la República del H. Congreso de la Unión LXVI Legislatura. 12 de febrero de 2025. México.
- Ley General de Cambio Climático. 2024. Texto vigente. Última reforma publicada el 1 de abril de 2024. Diario Oficial de la Federación. México. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf>. Consultado el 12 de marzo 2025.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. 2024. Texto vigente. Última reforma publicada el 24 de enero de 2024. Diario Oficial de la Federación. México. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf>. Consultado el 12 de marzo 2025.
- Ley General de Vida Silvestre. 2021. Texto vigente. Última reforma publicada el 20 de mayo de 2021. Diario Oficial de la Federación. México. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/146_200521.pdf. Consultado el 12 de marzo 2025.
- Osuna, J. y C. Márquez. 2000. Guía para la Evaluación de Políticas Públicas. Instituto de Desarrollo Regional, Fundación Universitaria. Sevilla, España.
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas. 2014. Texto vigente. Última reforma publicada el 21 de mayo de 2014. Diario Oficial de la Federación. México. <https://www.gob.mx/profepa/documentos/reglamento-de-la-ley-general-del-equilibrio-ecologico-en-materia-de-areas-naturales-protegidas>. Consultado el 12 de marzo 2025.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2019. Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010. Diario Oficial de la Federación. México.
- Sosa-Escalante, J. E. 2007. Políticas Públicas en Conservación y Manejo de Recursos Naturales en Yucatán: Avances y Logros. Derecho Ambiental y Ecología 18:47-52.
- Sosa-Escalante, J. E. y L. J. González-Herrera. 2022. Aplicación de la ley en la protección de los recursos naturales en México: problemática y oportunidades. Pp. 157-183 in Criminología verde y delitos ambientales en México (Monroy-Ojeda, C. y A. Guzmán-Velasco, coords.). Biblioteca de Criminología, Ediciones Olejnik. Madrid, España.
- Sosa-Escalante, J. E. 2024. Problemática, desafíos y enfoques ambientales para 2024-2030: De estrategias técnicas a políticas públicas. Boletín Academia Mexicana de Impacto Ambiental 84:27-35.

Sometido: 14/mar/2025.

Revisado: 24/mar/2025.

Aceptado: 25/mar/2025.

Publicado: 26/mar/2025.

Editor asociado: Dra. Alina Gabriela Monroy-Gamboa.

HUELLAS INTERRUMPIDAS: TRAGEDIA PARA MAMÍFEROS EN CARRETERAS HONDUREÑAS

Manfredo A. Turcios-Casco^{*1,2} y Celeste M. López^{2,3}

¹Laboratório de Etnoconservação e Áreas Protegidas, Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Brazil.

mtcasco.ppgzoo@uesc.br (MAT-C)

²Asociación para la Sostenibilidad e Investigación Científica en Honduras (ASICH), Comayagüela M.D.C., Francisco Morazán, Honduras. cmlopez.ppgzoo@uesc.br (CML)

³Laboratório de Matozoologia, Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Brazil.

*Autor de correspondencia

Aun cuando el área de las carreteras en Honduras representa un porcentaje muy bajo de su superficie, aproximadamente un 0.30 %, el atropellamiento de fauna en sus carreteras representa un problema grave que afecta a los mamíferos por lo que es esencial educar a la población sobre este dilema.

Hoy en día, uno de los problemas más graves en Honduras, y probablemente en muchos otros países de Mesoamérica y Suramérica, es cómo afectan nuestras carreteras a los animales y al medio ambiente. Nos hemos acostumbrado a ver animales muertos en las vías, ya sea cuando vamos al trabajo, de viaje o simplemente haciendo algún recorrido cotidiano. Es algo tan común que casi ni lo notamos, pero detrás de cada animal atropellado hay una historia: tal vez el animal solo estaba buscando comida, o quizás cruzaba buscando un lugar seguro, y en su camino, se encontró con una carretera que lo separa de su hogar o de su rutina ecológica. Es necesario plantearnos como sociedad: ¿qué estamos haciendo para proteger a los mamíferos de nuestras carreteras?

Hace un par de años, se inició un proyecto para investigar el atropellamiento de fauna en las carreteras de Honduras, ya que existe un alto número de animales que mueren al intentar cruzar las vías. Por ejemplo, en este anteproyecto que se comenzó desde 2020, en promedio hasta la fecha, se estima que cada semana un animal es atropellado cada 20 km en las carreteras de Honduras.

Los animales no buscan ser una amenaza ni ocasionar accidentes; simplemente están siguiendo sus instintos, ya sea en busca de comida, agua, un refugio o incluso para cuidar de sus crías. Lamentablemente, se ven obligados a cruzar las carreteras, exponiendo sus vidas, ya que su hábitat ha sido fragmentado por la infraestructura vial. Lo cierto es que, en muchos de estos "pasaderos", podemos encontrarnos con una gran variedad de mamíferos, desde pequeños como ratas, ardillas y armadillos, hasta coyotes, zorrillos y jaguarundis; que tienen diferentes hábitos y territorios. Este problema afecta no solo a los animales, sino también al equilibrio del ecosistema, y es urgente que se tomen medidas para evitar que sigan perdiendo la vida de esta forma.

La construcción de caminos no solo corta los corredores de fauna, sino que puede cambiar el flujo del agua, destruir bosques, degradarlos y alterar el equilibrio ecológico de una región. Por ejemplo, si las carreteras no están bien diseñadas, pueden ocasionar erosión del suelo o contaminar fuentes de agua, lo que afecta tanto a los animales como a las personas que dependen de esos recursos; así que, esto va más allá de los animales atropellados. Lo que se hace cuando se construye un camino es interrumpir los lugares donde viven y por donde los animales se desplazan, muchas veces creando una gran barrera para su movimiento, lo que afecta directamente a su supervivencia. Por eso, antes, durante y después de construir una carretera, es fundamental realizar estudios para ver el impacto que estas tendrán en la fauna silvestre. En Honduras, la ley exige que se hagan estudios de impacto ambiental antes de realizar grandes proyectos de infraestructura, el problema es que muchas veces, estos estudios no toman en cuenta a los animales o no se les da la importancia que merecen a lo largo de los procesos técnicos-administrativos. No se construyen pasos adecuados para ellos, como túneles o puentes elevados, que les permitan cruzar de manera segura. En países vecinos, como Costa Rica y Panamá, se están construyendo pasos de fauna, como túneles o puentes especiales para que los animales pasen sin riesgo. En Honduras, no se han implementado estas alternativas para proteger a todas las especies que utilizan nuestros mismos "caminos".

Es urgente que se den soluciones prácticas para proteger la fauna silvestre. Las autoridades hondureñas deben tomar en cuenta que las carreteras deben ser construidas de manera que no interfieran con los hábitats naturales de los animales; increíblemente, Honduras es de los pocos países en donde carreteras principales, o incluso no pavimentadas o secundarias, parcialmente atraviesan áreas protegidas (ej., Reserva Biológica Güisayote) – ¡más bien son pocas las áreas protegidas que no tienen redes viales primarias o secundarias en su zonificación! Afortunadamente, existen muchas alternativas que podrían ser implementadas para minimizar los impactos negativos.

Una de las primeras cosas que se podrían hacer, es crear y mantener pasos de fauna adecuados. Hay que asegurarse que los animales tengan opciones para cruzar las carreteras de forma segura, ya sea a través de túneles o puentes elevados, siendo como "paso peatonal" para animales. En algunos países, estos pasos han tenido éxito, reduciendo significativamente los

accidentes de tráfico con fauna. Además, la señalización en las carreteras debe ser clara, indicando las zonas de mayor riesgo para los animales, de modo que los conductores puedan tener mayor precaución al conducir y estar más alerta.

Otra alternativa importante es la educación y sensibilización de la población. Debemos enseñar desde los más pequeños hasta los adultos, la importancia de respetar la fauna y de estar atentos cuando viajamos por las carreteras. A veces, con solo reducir la velocidad en ciertas zonas o estar más alerta al conducir, podemos salvar la vida de muchos animales.

Para abordar el problema del atropellamiento de fauna en Honduras, es fundamental que se implementen medidas concretas y sostenibles. Desde estudios científicos como este proyecto en ejecución (para conocer las especies que están siendo afectadas y priorizar áreas para la implementación de medidas de mitigación de atropellamientos) hasta la construcción de pasos de fauna. Sin embargo, la correcta planificación de carreteras y la educación ambiental también son claves para mitigar los impactos negativos en la biodiversidad. Ya que la protección de la fauna silvestre no solo beneficia a los ecosistemas, sino que también contribuye al equilibrio ambiental y al bienestar de las comunidades.

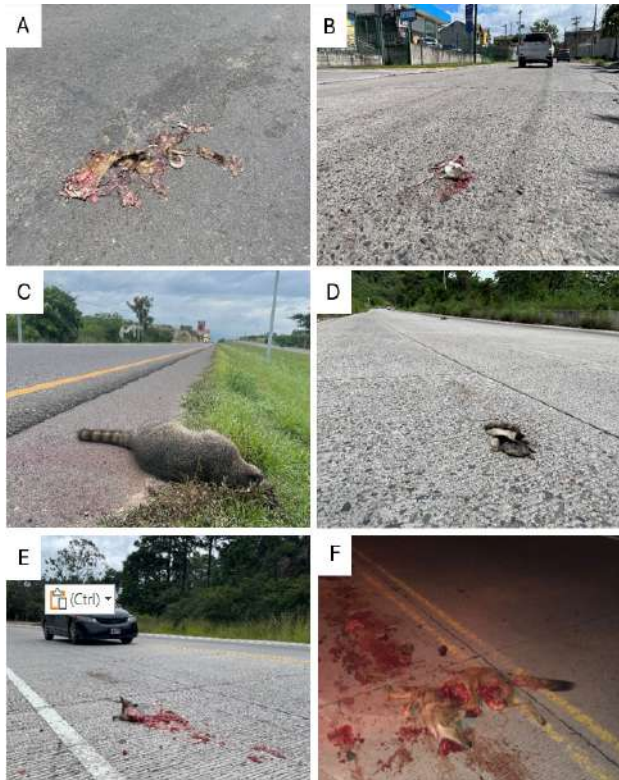
Es responsabilidad de todos, desde autoridades hasta ciudadanos, trabajar en soluciones que permitan una convivencia armoniosa entre el desarrollo de carreteras y la conservación de la vida silvestre.

AGRADECIMIENTOS

A todos aquellos mamíferos que una vez salieron, no regresaron, y nunca tuvieron la oportunidad de despedirse. Alejandro Velásquez por el permiso de utilizar la fotografía F, en este trabajo.

LITERATURA CONSULTADA

- Arévalo-Huezo, E., y S. Boyat. 2025. Predicting roadkill: A regional-scale model for the Northern Tamandua integrating environmental and road characteristics. *Neotropical Biology and Conservation* 20:21-36.
- Blais, B. R., *et al.* 2024. Anthropogenic, environmental, and temporal associations with vertebrate road mortality in a wildland-urban interface of a biodiverse desert ecoregion. *Royal Society Open Science* 11:240439.
- Jiménez-Uzcátegui, G., *et al.* 2024. Small endemic birds and hot climate: Avian and environmental predictors of avifauna road mortality in Santa Cruz, Galápagos. *Birds* 5:453-468.
- Martins, S. R., *et al.* 2024. Combining roadkill hotspots and landscape features to guide mitigation measures on highways. *Journal for Nature Conservation* 75:126041.
- Pinto, T., *et al.* 2024. Effectiveness of permanent drift fences in reducing roadkill risk of amphibians. *Journal of Environmental Management* 350:120793.
- Yang, Y., *et al.* 2025. A wildlife corridor site selection method based on the habitat suitability assessment of the Qinghai-Tibet Plateau. *Global Ecology and Conservation* 47:e02607.



A. *Tamandua mexicana* en Zamorano, Francisco Morazán, Honduras. B. *Rattus norvegicus* con leucismo en Distrito Central, Francisco Morazán, Honduras. C. *Procyon lotor* en Comayagua, Comayagua, Honduras. D. *Conepatus leuconotus* en La Venta, Francisco Morazán, Honduras. E. *Dasypus mexicanus*, Distrito Central en Francisco Morazán, Honduras. F. *Canis latrans* en San Buenaventura, Francisco Morazán, Honduras. Fotografías: Manfredo A. Turcios-Casco (A-E), Alejandro Velásquez (F).

Sometido: 14/mar/2025.

Revisado: 24/mar/2025.

Aceptado: 25/mar/2025.

Publicado: 01/abr/2025.

Editor asociado: Dra. Alina Gabriela Monroy-Gamboa.

¿ESTÁN DE MODA LOS ROEDORES O SÓLO LOS CAPIBARAS?

Gloria Tapia-Ramírez^{1*} y Aaron Hernández-Núñez²

¹El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.

tapiaramglo@gmail.com (GT-R)

²Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Unidad Mérida.

Mérida, Yucatán, México. aharhon@gmail.com (AH-N)

*Autor de correspondencia

Los roedores han formado parte del imaginario colectivo desde hace mucho tiempo. Han estado presentes en cuentos, canciones y actualmente en las redes sociales. Se les ha antropomorfizado dotándoles de rasgos humanos que los hacen más cercanos y aceptados por la sociedad, ¿estas representaciones pueden ayudarnos a su conservación y a la protección de los ecosistemas que habitan?

Desde hace unos años es muy común ver capibaras por todos lados y en diferentes presentaciones. Capibaras peluche, capibaras llavero, capibaras para el pelo, capibaras mochila, capibaras en ilustraciones, capibaras en *reels* y en videos de TikTok. “Capibara, capibara, capibara, capibara” fue una canción pegajosa que aún se escuchaba en el verano de 2024 y que acompañaba multitud de reels. Incluso los autores del presente texto entraron en la fiebre por éste y compraron uno que otro capibara en esta profusión de artículos exhibidos en todos los puestos callejeros y establecidos de México. El fenómeno nos llevó a cuestionarnos varias cosas: ¿sabrá la gente que ese animal tan bonito y regordete que lleva en la cabeza, es en realidad un roedor?, ¿si lo supiera, lo llevaría? y finalmente, ¿están de moda los roedores o sólo los capibaras?



Representación de un capibara, que evoca a un famoso personaje de la serie animada Moomin.
Ilustración: Goose Herdez.

Los roedores, un orden de mamíferos que incluye a las ardillas, los puercoespines, las ratas, los ratones, las chinchillas, los hámsters, los agutíes y los tepezcuíntles (los roedores más grandes de México) y desde luego, a los capibaras, es uno de los órdenes de mamíferos más abundante en el mundo, con alrededor de 2693 especies; lo cual significa que casi un tercio de todos los mamíferos descritos a nivel mundial, es decir 6753 especies, son roedores. Al tratarse de animales tan abundantes, hace sentido entonces que estén tan presentes en el imaginario colectivo.

Se tienen registros de que la humanidad empezó a convivir estrechamente con roedores, más concretamente con ratas y ratones comensales, desde hace unos 13,000 años, cuando nos volvimos sedentarios y empezamos a producir y almacenar grandes cantidades de granos para alimentarnos. Fue en ese momento que empezamos a ver de cerca a estos animales. Les hicimos fama de animales molestos y desagradables, pues se acercaban a comer nuestros granos y de paso, los ensuciaban. En esta cercanía tuvimos tiempo de observar detenidamente sus características: sus largas colas, sus redondeadas orejas, el movimiento de sus bigotes, sus largos dientes delanteros y, el comportamiento de “mordisquear” objetos, acción que en ocasiones delata su presencia al encontrar en nuestras casas cajas de cartón, bolsas o costales “mordisqueados”, e incluso, alimentos. Este “mordisqueo” es parte de su comportamiento biológico, pues los roedores rasgan objetos con la finalidad de desgastar esos dientes delanteros, llamados incisivos. A esa acción se le da el nombre de “roer”, palabra de donde deriva el nombre roedor.

Quizá esta “convivencia” tan cercana nos llevó a generar múltiples representaciones artísticas de estos animales. A pesar de tener esa fama de animales sucios y desagradables, muchas de estas representaciones muestran a roedores antropomorfizados, esto es, dotados de una forma, características y cualidades humanas, por lo que comúnmente las representaciones de roedores los pintan como juguetones y entrañables. De modo que antes de los capibaras, existieron los tiernos ratones dibujados por Beatrix Potter, una afamada ilustradora inglesa (1904), después vino “Mickey Mouse” (1928) célebre en EE.UU. y el mundo entero. Y México no se quedó atrás, también tuvo a su “Ratón Vaquero” (1963) que hasta hace unos años se bailaba en las escuelas primarias en la celebración del día de la madre, y a “Mimoso Ratón” (1980), un personaje de un programa infantil de televisión. También hay ratones que rebasan las fronteras de países como México, Argentina y Colombia, en donde los niños que mudan sus dientes de leche esperan que el “ratón de los dientes” les deje unas monedas a cambio de

éstos. En España es el “ratoncito Pérez”, popularizado por un cuento de 1894 escrito por el rey Alfonso XIII y que tienen sus equivalentes en países como Francia, Reino Unido, Sudáfrica e India, aunque con variaciones en el nombre y figura asociada. “Remy, el chefcito” de la popular película Ratatouille (2007), que incluso ganó un Óscar, llevando un inspirador mensaje de perseverancia. Y la lista sigue, desde representaciones de roedores que cosen vestidos de princesas, ratones detectives, ratones que ayudan a elefantes o ardillas que son amigas y defienden sus bellotas.

Como vemos, parece que los roedores llevan mucho tiempo de moda o al menos, presentes en variadas representaciones artísticas. Una simple búsqueda en los archivos del Museo de Arte Metropolitano de Nueva York (The MET), que aloja uno de los mayores acervos de arte del mundo, lo confirma. La búsqueda con el término “rat”, arroja 229 obras, siendo las más antiguas una pieza procedente del siglo II, del Imperio romano y algunas piezas del año 206 en China, unas figuras de porcelana, bronce y jade que representan a unos ratones.

Los roedores en el imaginario colectivo no sólo han sido dotados de un carácter tierno, aventurero y gracioso, sino que también han sido usados para encarnar a personajes odiados por el sentir popular. Particularmente, el uso de la palabra “ratero” evoca a una rata que roba y así han sido representados en paredes, tiras cómicas y cartones políticos, muchos personajes de la política nacional e internacional. En la actualidad, algunas de las representaciones más famosas son aquellas de arte urbano del artista Banksy. Y es que justamente el arte sirve para eso, para representar el carácter de una persona o sus emociones específicas. En muchas ocasiones, permite al artista hablar de su contexto personal, histórico y social del lugar que habita, en ocasiones haciendo uso de alegorías.

En la literatura de conservación del ambiente, mucho se ha escrito sobre cómo el antropomorfizar a las especies, puede contribuir a su conservación. Tal acción ayuda a crear un lazo emocional con la naturaleza, promoviendo sentimientos de similitud y empatía con aquellos animales antropomorfizados, lo que ha demostrado funcionar mejor con infancias y que pudo haber pasado con el caso de los capibaras y su popularidad.

Los capibaras son animales que actualmente sólo viven de manera silvestre en Sudamérica (Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Panamá, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela). En 2021, saltó a los medios de comunicación masiva la noticia de cómo los residentes de unos condominios asentados en unos humedales en Argentina, se quejaban de la presencia de estos animales, pues se habían adueñado de sus pasos peatonales y sus jardines. Esta noticia contribuyó a que los capibaras se volvieran virales. Muchos videos mostraban a esos grandes animales, aparentemente impassibles y de apariencia apapachable, como una especie a la que había que defender de la invasión de los humanos que se habían asentado en sus humedales. “¿Quiénes son los invasores?” rezaban algunas de las ilustraciones que se emplearon para hablar del conflicto que se dio en aquellos años entre los habitantes de los condominios y los capibaras. Dadas estas circunstancias, fueron luego enarbolados como un estandarte en la lucha contra la invasión de los espacios naturales.

Estas características, ayudaron a su viralidad, que elevó a estos roedores al estrellato en toda la Internet, popularidad que subsiste hasta 2025. Sin embargo, todas esas características humanas, no las poseen los capibaras, que lo único que hacían era habitar los humedales en donde se instalaron dichos condominios 20 años atrás. El auge repentino por estos roedores contribuyó a que internacionalmente se ejerciera una presión tal, que desembocó en la toma de medidas de mitigación para regular la explosión demográfica de los capibaras en dicho lugar. Como resultado, se dieron las condiciones para propiciar una sana y pacífica convivencia roedor-humano. Sin embargo, esta fiebre por los capibaras también los puso en riesgo, pues la gente pasó de querer tenerlos como peluches, a querer tener ejemplares vivos en casa o en espacios públicos como cafeterías, rompiendo así la barrera que debe existir entre la fauna silvestre y los humanos.

Un ejemplo más antiguo de esta antropomorfización ocurrió con las ilustraciones de Beatrix Potter, quien dibujó roedores realizando actividades como barrer, bordar, leer el periódico, preparando el té o dando un paseo por la campiña inglesa. No se puede demostrar que estas ilustraciones hayan tenido un impacto en la conservación de roedores, sin embargo, reflejan un conocimiento de la naturaleza e incidieron en las infancias de aquel momento para crear un vínculo emocional con ésta.



Un ratón del género *Peromyscus* antropomorfizado en un bosque mexicano.
Ilustración: Marisol Martínez Ramos.

Entonces, dado todo este panorama, es posible que la gente sí sepa que los capibaras son roedores y los porten gustosos porque ya ha habido un trabajo hecho por las redes sociales de “idealización” de este roedor. Trabajo que no se ha realizado para otras especies de roedores. Si bien es cierto que existen en el imaginario colectivo, aún persiste ese rechazo por su simple existencia, lo que no contribuye a su conservación. Conociendo los ejemplos que se han proporcionado, podríamos aprovechar el poder de las redes sociales para dar a conocer la diversidad de roedores que hay en México (alrededor de 244 especies) y hablar de su papel en la preservación de bosques y selvas. Probablemente, escoger una especie representativa por ecosistema, al que dotemos de características tiernas, nos permita establecer en las infancias nuevas maneras de apreciar la naturaleza que aún nos rodea.

Quizá es momento de poner de moda a todos los roedores y no sólo a los capibaras. Quizá es momento de enfrentar los desafíos de la conservación de los ecosistemas usando nuevos enfoques, unos que busquen la empatía con especies poco carismáticas a través del arte.

LITERATURA CONSULTADA

- Beaumont, P. 2024. Art can provide a means for promoting biophilia as an aspect of zoonoses risk communication. *Frontiers in Conservation Science* 5:1489038.
- De Guise, L. 2020. Oh rats! Taking a look at the presence of this rodent in the world of art. *New Straits Times*. <https://www.nst.com.my/lifestyle/sunday-vibes/2020/01/557759/oh-rats-taking-look-presence-rodent-world-art>. Consultado el 3 de marzo de 2025.
- Dicenta, M. 2024. The promise of interspecies desegregation: Allying with capybaras against gated communities in Buenos Aires' wetlands. *Environment and Planning F, Philosophy, Theory, Models, Methods and Practice* 1:26349825241255688.
- Klebl, C., *et al.* 2021. Beauty of the beast: Beauty as an important dimension in the moral standing of animals. *Journal of Environmental Psychology* 75:101624.
- Lumber, R., M. Richardson, y D. Sheffield. 2017. Beyond knowing nature: Contact, emotion, compassion, meaning, and beauty are pathways to nature connection. *PloS One* 9:12:e0177186.
- Mammal Diversity Database. 2025. Mammal Diversity Database (Version 2.0) [Data set]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15007505>. Consultado el 10 de marzo de 2025.
- Tribot, A. S., D. Faget, T. Richard, y T. Changeux. 2022. The role of pre-19th century art in conservation biology: An untapped potential for connecting with nature. *Biological Conservation* 276:109791.

Sometido: 28/mar/2025.

Revisado: 02/abr/2025.

Aceptado: 09/abr/2025.

Publicado: 10/abr/2025.

Editor asociado: Dr. Eduardo Felipe Aguilera-Miller.

LOS PERROS FERALE Y LA TRANSMISIÓN DE ENFERMEDADES

Juan José Pérez-Rivero^{1*}, José Salcedo Jiménez², Georgina Cruz Gutiérrez³

¹Departamento de Producción Agrícola y Animal. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Ciudad de México, México.

jperezr@correo.xoc.uam.mx.

²Programa de Doctorado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México. lajoesalcedo@gmail.com.

³Programa de Doctorado en Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma Metropolitana. Ciudad de México, México. georginacruzgtz@gmail.com

*Autor de correspondencia

Cuando los perros quedan en libertad y forman grupos ferales, se convierten en una amenaza para los ecosistemas. Esto altera el equilibrio natural y facilita la propagación de enfermedades infecciosas, lo que pone en riesgo la biodiversidad y la salud pública.

El abandono de perros domésticos es un problema global que ha generado un aumento en las poblaciones de perros ferales, con serias consecuencias ecológicas y sanitarias. Un perro feral es aquel que ha nacido y crecido sin contacto humano o que ha perdido completamente su socialización con los humanos. Suelen vivir en manadas y buscan refugio en lugares alejados de la presencia humana, como bosques, terrenos baldíos o construcciones abandonadas. Para comunicarse entre ellos y mantener el orden dentro del grupo, utilizan un complejo lenguaje corporal, sonidos y señales químicas como las feromonas las cuales son sustancias químicas que los animales liberan al ambiente para enviar mensajes a otros individuos de su especie.

Esto les permite coordinar actividades como la caza o la defensa del territorio. Aunque generalmente prefieren evitar el enfrentamiento, si se sienten amenazados o acorralados, pueden reaccionar de forma agresiva. Se reproducen sin control, lo que provoca el nacimiento de camadas sin supervisión y contribuye al problema de la sobrepoblación feral en algunas zonas. Su necesidad por sobrevivir hace que se adapten a la vida silvestre, y se alimenten de basura, carroña y depreden fauna tanto silvestre como doméstica. Esta situación impacta negativamente en los ecosistemas y facilita la propagación de diversas enfermedades infecciosas, muchas de ellas con potencial zoonótico, es decir, que pueden transmitirse a los seres humanos.

Los perros ferales pueden representar un riesgo para la salud pública y ambiental, ya que pueden actuar como reservorios de enfermedades. Esto significa que pueden portar agentes infecciosos como virus, bacterias o parásitos, los que puede sobrevivir y reproducirse de manera continua sin necesariamente enfermar. También pueden actuar como vectores, transmitiendo estos agentes infecciosos a través del contacto directo, mordeduras o al contaminar el entorno.



Perros ferales en actividades de caza: A) en el Parque Nacional "La Malinche", Tlaxcala, México y en reposo: B) en Tlayacapan, Morelos, México. C) en Ixtapaluca, Estado de México, México.
Fotografías: Georgina Cruz Gutiérrez.

Si un perro infectado entra en contacto con el medio ambiente, puede depositar agentes infecciosos en fuentes de agua, restos de alimentos, suelos o madrigueras que luego son utilizadas por otros animales. De esta manera, se favorece la propagación de enfermedades infecciosas, afectando tanto a la fauna silvestre como a los animales domésticos e incluso a los seres humanos. Una de las enfermedades bacterianas es la leptospirosis, causada por bacterias del género *Leptospira* spp. Estas pueden sobrevivir en condiciones de alta humedad y temperaturas entre 20° a 30° C. La leptospirosis se transmite por contacto con agua o suelo contaminados y puede afectar a mamíferos domésticos, silvestres y humanos, especialmente en entornos agrícolas o cercanos a cuerpos de agua dulce. Las ratas (*Rattus* spp.), ganado (*Bos taurus*) y perros (*Canis lupus familiaris*) actúan como reservorios de diferentes cepas de la bacteria. Los perros también pueden ser portadores, es decir, tienen al agente infeccioso y lo puede transmitir a otros animales, pero no necesariamente es donde el agente infeccioso se reproduce. Un ejemplo de esto son las bacterias como *Ehrlichia canis*, *Hepatozoon canis* y bacterias del grupo de la fiebre maculosa (*Rickettsia* spp.), las cuales se transmiten por vectores y causan enfermedades desde subclínicas hasta graves. En la transmisión de estas bacterias, las garrapatas (*Rhipicephalus sanguineus*) y pulgas (*Ctenocephalides felis*, *C. canis*), ácaros como *Androlaelaps auricularium* entre otros más, desempeñan un papel como vectores. Los perros ferales al habitar en el territorio de la fauna silvestre incrementan el riesgo de que los mamíferos silvestres sean afectados por los diferentes vectores y desarrollen las enfermedades asociadas, en consecuencia, pueden debilitar sus poblaciones y alterar el equilibrio ecológico.

Los perros también son dispersores de parásitos nemátodos como *Toxocara* spp. y *Ancylostoma* spp., que afectan a otros carnívoros como zorros (*Vulpes vulpes*) y mapaches (*Procyon lotor*), al dispersar los huevos de los parásitos a través de sus heces contaminan el suelo, los vegetales y el agua. Los felinos silvestres y domésticos como el gato doméstico (*Felis catus*), el león (*Panthera leo*) y el lince (*Lynx* spp.), también pueden ser afectados por la ingestión de presas infectadas y perpetuar el ciclo de transmisión.



Camada de perros ferales en instalaciones abandonadas en Ejido Santa Ursula, Texcoco, Estado de México, México. Fotografía: José Salcedo Jiménez.

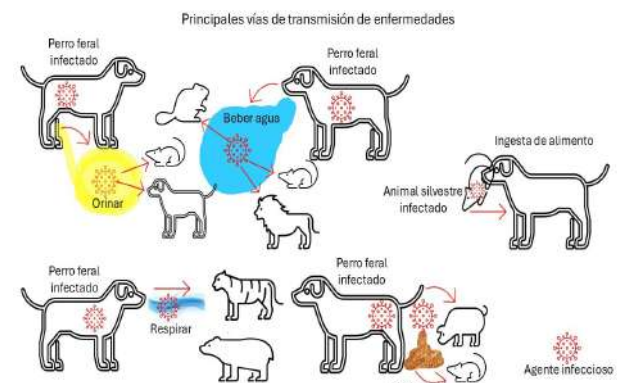
Los perros ferales pueden ser reservorios de virus que afectan la salud animal. Un ejemplo es el parvovirus canino tipo 2, el cual afecta a perros jóvenes entre las 6 semanas y los 6 meses de edad, los que son más susceptibles al parvovirus canino debido a que su sistema inmunológico aún no está completamente desarrollado. Este virus se transmite a través del contacto con heces de animales enfermos. El agente infeccioso es altamente resistente a condiciones adversas, como temperaturas frías y superficies porosas, donde encuentra protección. Se ha detectado susceptibilidad, es decir, son más propensos a enfermarse, al parvovirus canino tipo 2 en felinos (Felidae), cánidos (Canidae), mapaches (Procyonidae), tejones (Mustelidae) y osos (Ursidae). Otro virus que amenaza a la fauna silvestre es el que origina el moquillo canino (*Morbilivirus*), altamente contagioso y a menudo mortal que afecta a perros y otros carnívoros silvestres. Ha causado epidemias en especies amenazadas, como los leones africanos (*Panthera leo*) en el Parque Nacional del Serengeti en Tanzania y los tigres de Amur (*Panthera tigris altaica*) en Rusia. Su transmisión ocurre principalmente por contacto directo con perros domésticos infectados, inhalación de aerosoles contaminados con secreciones respiratorias, consumo de agua o alimentos contaminados y contacto con superficies infectadas. La expansión de linajes emergentes del virus ha ampliado su rango de huéspedes, afectando no solo a carnívoros, sino también a otros mamíferos como primates y ungulados. En algunos ecosistemas, el moquillo ha provocado brotes epidémicos que comprometen su estabilidad y ponen en riesgo poblaciones vulnerables, especialmente aquellas en peligro de extinción.

Los perros ferales representan una amenaza para la fauna silvestre y la salud pública, actuando como vectores clave en la transmisión de virus, bacterias y parásitos. Su movilidad entre entornos urbanos y silvestres, su alimentación de carroña y presas vivas, y su contacto con diversas fuentes de infección facilitan la diseminación de patógenos entre la fauna silvestre, doméstica y los humanos.

La transmisión de enfermedades puede desencadenar efectos en cascada dentro de los ecosistemas. Por ejemplo, en África, la reducción de poblaciones de leones afectados por el moquillo canino ha alterado la dinámica entre depredadores y presas. Situaciones similares ocurren en América, donde la infección con parvovirus canino tipo 2 ha disminuido la población de lobos y zorros, generando cambios en la población de herbívoros y pequeños mamíferos.

Para proteger la biodiversidad en ecosistemas vulnerables, y evitar la pérdida de especies clave y el desequilibrio en las cadenas tróficas es importante controlar la población de perros ferales lo cual disminuirá la presión sobre la fauna silvestre y reducirá la propagación de enfermedades que afectan tanto a animales como a seres humanos. La responsabilidad colectiva y la acción oportuna son esenciales para mitigar este problema y preservar el equilibrio ecológico. Esto implica la implementación de políticas de control poblacional, la promoción de programas de educación ambiental y la participación de la sociedad en la denuncia y prevención del abandono de animales de compañía.

La presencia de perros ferales amenaza la biodiversidad y la salud pública al alterar ecosistemas y propagar enfermedades infecciosas. Su control es esencial para reducir el impacto negativo en la fauna silvestre y prevenir riesgos sanitarios. Solo con esfuerzos coordinados se podrá preservar el equilibrio ecológico y proteger la salud humana y animal.



Principales vías de transmisión de las enfermedades infecciosas entre los animales. Esquema: Juan José Pérez-Rivero.

LITERATURA CONSULTADA

- Bertolazzi, S. *et al.* 2023. Canine Parvovirus 2 in Free-living Wild Mammals from Southern Brazil. *Journal of Wildlife Diseases* 59:500-503.
- Gomes Lopes, M. 2019. Occurrence of *Ehrlichia canis* and *Hepatozoon canis* and probable exposure to *Rickettsia amblyommatis* in dogs and cats in Natal, RN. *Brazilian Journal of Veterinary Parasitology* 28:151-156.
- Manandhar, P. *et al.* 2023. Phylogenetic characterization of canine distemper virus from stray dogs in Kathmandu Valley. *Virology Journal* 20:117.
- Mendoza Roldan, J. A., y D. Otranto. 2023. Zoonotic parasites associated with predation by dogs and cats. *Parasites & Vectors* 16:55.
- Pérez-Rivero, J. J., y J. Salcedo Jiménez. 2024. ¿Cómo te controlo perro? *Therya ixmana* 3:118-120.
- Shinya, S. *et al.* 2021. Molecular epidemiology of *Leptospira* spp. among wild mammals and a dog in Amami Oshima Island, Japan. *PLoS ONE* 16: e0249987.

Sometido: 01/abr/2025.

Revisado: 04/abr/2025.

Aceptado: 14/abr/2025.

Publicado: 15/abr/2025.

Editor asociado: Dra. Leticia Cab-Sulub.

DIME CÓMO AÚLLAS Y TE DIRÉ QUIÉN ERES

Natalia Maya Lastra*, Pedro A. D. Dias y Ariadna Rangel Negrín

Primate Behavioral Ecology Lab, Instituto de Neuro-etología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. nmayal@gmail.com (NML), pedroaddias@gmail.com (PADD), ari_rangel@hotmail.com (ARN)

*Autor de correspondencia

Los poderosos aullidos de los monos aulladores estremecen las selvas tropicales. Lejos de ser aleatorios, cumplen funciones esenciales en su vida, facilitando la comunicación a grandes distancias y el mantenimiento de sus relaciones sociales.

Quienes han tenido la fortuna de adentrarse en las selvas tropicales de México suelen recordar una experiencia sonora única: la potente vocalización de los monos aulladores, que puede escucharse a más de un kilómetro de distancia. Estos sonidos, que parecen emerger de las entrañas de la selva, no son simplemente una manifestación espontánea de estos primates, sino un sofisticado sistema de comunicación que les permite hacer negociaciones sociales complejas sin necesidad de enfrentamientos físicos directos.

Los monos aulladores (género *Alouatta*) producen algunas de las vocalizaciones más potentes entre los animales terrestres. Sus adaptaciones anatómicas les permiten generar sonidos con frecuencias excepcionalmente bajas para su tamaño corporal. Por ejemplo, un mono aullador de aproximadamente 7 kg puede producir vocalizaciones con una frecuencia fundamental similar a la de animales mucho más grandes como tigres o renos, que pesan más de 100 kg. Estas adaptaciones, que incluyen cuerdas vocales extremadamente largas (de 3.5 a 4 cm, en comparación con los 1.5 cm de un humano adulto), les permiten crear una impresión acústica de un animal mucho más grande de lo que realmente son. Los monos aulladores han perfeccionado a lo largo de su evolución un aparato fonador especializado para producir estos llamados de larga distancia. Poseen un hueso hioides y una laringe de gran tamaño, sacos de aire y cuerdas vocales largas que les permiten producir vocalizaciones potentes y características. Pero, ¿para qué utilizan estos impresionantes rugidos?

Tradicionalmente, se ha considerado que estas vocalizaciones sirven principalmente para la defensa territorial. Sin embargo, investigaciones recientes sugieren que la razón es mucho más compleja y fascinante. Estos llamados no solo anuncian la presencia del grupo a sus compañeros y a grupos vecinos, sino que transmiten información crucial sobre las características de quien los emite, particularmente su tamaño y, por ende, su potencial competitivo.

Al igual que ocurre con los humanos, donde un hombre alto generalmente tiene una voz más grave que uno de menor estatura debido al tamaño de su aparato fonador, las vocalizaciones de los monos aulladores revelan información sobre el tamaño corporal del emisor. La clave está en lo que los científicos denominan "espaciado de formantes" o la distancia entre los picos de resonancia en una



Los monos aulladores de manto (*Alouatta palliata*) viven en grupos familiares en las selvas del sureste de México. Fotografía: Ariadna Rangel Negrín

vocalización. Cuando un animal vocaliza, el sonido que produce está compuesto por diferentes sonidos o frecuencias; las más fuertes son los "formantes". El espaciado entre formantes no es más que la distancia entre ellos.

El espaciado de formantes es inversamente proporcional al tamaño corporal. Es decir, un mono aullador grande tendrá un tracto vocal más largo, lo que resulta en un espaciado de formantes menor en sus vocalizaciones. A través de estos sutiles detalles acústicos, los monos pueden evaluar a distancia el tamaño y la potencial amenaza de un rival sin necesidad de enfrentarse físicamente.

Para comprender cómo los monos aulladores utilizan esta información acústica, investigadores de la Universidad Veracruzana realizaron experimentos con monos aulladores de manto (*A. palliata*), manipulando artificialmente el espaciado de formantes en grabaciones de llamados. Crearon grabaciones que simulaban intrusos con espaciado de formantes bajo (imitando individuos grandes), intermedio o alto (emulando individuos pequeños).

Los resultados fueron reveladores. Los machos respondieron de forma diferente dependiendo del tipo de llamado que escuchaban. Cuando las vocalizaciones simulaban a un intruso grande (con espaciado de formantes bajo), los monos aulladores eran menos propensos a acercarse y mostraron un aumento significativo en las concentraciones de glucocorticoides y testosterona en heces, hormonas relacionadas con el estrés y la preparación para el conflicto. Esto sugiere que percibían estos llamados como más amenazantes.

En contraste, los llamados con espaciado de formantes alto, que simulaban a intrusos más pequeños, provocaron acercamientos más rápidos, sugiriendo una mayor disposición a enfrentar a rivales que se perciben como más débiles. Es como si los monos aulladores hicieran un cálculo de costo-beneficio antes de decidir si enfrentar o no a un posible rival. Cuando el oponente se percibe como más grande y fuerte, aumenta el

riesgo de lesiones y disminuye la probabilidad de victoria, por lo que evitan el conflicto directo. En cambio, cuando el rival parece más pequeño, los beneficios de enfrentarlo podrían superar los costos.

Pero el tamaño no es el único factor que influye en las respuestas de los monos aulladores a intrusos vocales. La familiaridad con el emisor del llamado también juega un papel crucial. Cuando escuchan vocalizaciones de grupos vecinos que conocen, los monos aulladores tienden a producir llamados de mayor duración. Por el contrario, los llamados de grupos desconocidos generan respuestas hormonales más fuertes, posiblemente debido a la incertidumbre asociada con un rival nuevo y potencialmente impredecible.



Los monos aulladores (*Alouatta* spp.) emiten fuertes vocalizaciones que transmiten información sobre las características de quienes las producen.
Fotografía: Pedro A. D. Dias.

Estos patrones de comportamiento reflejan dos fenómenos conocidos en ecología conductual: el efecto del "querido enemigo" y el efecto del "vecino desagradable". El primero sugiere que los animales pueden ser menos agresivos hacia vecinos familiares porque ya han establecido límites territoriales y representan una amenaza menor que intrusos desconocidos. El segundo propone que los vecinos familiares pueden representar una mayor amenaza porque compiten constantemente por los mismos recursos.

En el caso de los monos aulladores, parece que exhiben aspectos de ambos fenómenos. Sus respuestas vocales más prolongadas hacia vecinos conocidos siguen el patrón del "vecino desagradable", mientras que sus respuestas hormonales más intensas a intrusos desconocidos se alinean con el efecto del "querido enemigo". Estudios recientes han confirmado esta dualidad: los machos responden más rápidamente a intrusos cuando tienen ventaja numérica, pero presentan vocalizaciones más largas cuando los intrusos son familiares. A nivel fisiológico, concentraciones más elevadas de hormonas relacionadas con el estrés y la territorialidad (glucocorticoides y testosterona) ocurren en respuesta a intrusos desconocidos, posiblemente debido a la mayor imprevisibilidad que representan.

También entra en juego lo que los científicos llaman "ventaja numérica". Cuando un grupo de monos aulladores tiene más machos que el grupo rival, son más propensos a responder rápidamente a las vocalizaciones y acercarse a la fuente del sonido. Es como si evaluaran la probabilidad de éxito basándose en la cantidad de individuos disponibles para la defensa del grupo.

Todos los monos aulladores poseen un hueso hioides especializado, pero investigaciones recientes han mostrado que el tamaño de este hueso varía significativamente entre las especies. Un estudio publicado en 2015 por Dunn y

colaboradores mostró algo sorprendente: existe una relación inversa entre el tamaño del hueso hioides y el volumen de los testículos en las diferentes especies de monos aulladores.

Las especies que típicamente viven en grupos con un solo macho (como el mono aullador rojo de Venezuela, *A. arctoidea*) tienen huesos hioides más grandes y testículos más pequeños. En cambio, las especies que viven en grupos con múltiples machos (como el mono aullador negro y dorado, *A. caraya*, que se encuentra en selvas tropicales del centro de Sudamérica) tienen huesos hioides más pequeños, pero testículos más grandes.

Este patrón sugiere un equilibrio evolutivo entre dos estrategias reproductivas: la competencia precopulatoria (mediada por vocalizaciones) y la competencia postcopulatoria (mediada por la producción de esperma). Cuando los machos compiten principalmente contra machos de otros grupos, invierten más energía en desarrollar un aparato vocal poderoso que les permita anunciar su presencia y disuadir a posibles intrusos. Cuando viven junto a sus principales competidores dentro del mismo grupo, invierten más en producción de esperma para la competencia espermática y de esta manera tener una mayor probabilidad de reproducirse.

Un estudio reciente en monos aulladores negros (*A. pigra*) confirmó que el espaciado de formantes en los rugidos está correlacionado con el tamaño corporal, con machos más grandes produciendo rugidos con espaciado de formantes más bajo. Esta relación entre el tamaño corporal y las características acústicas de un sonido se conoce como alometría acústica. Esta permite que el rugido funcione como una señal honesta del tamaño del emisor, potencialmente importante en la competencia entre machos o en la elección de pareja por parte de las hembras.



Los monos aulladores machos, que suelen pesar menos de 10 kg, producen vocalizaciones excepcionales, con características similares a las emitidas por animales con unos 100 kg de peso.
Fotografía: Karo Carvajal.

Esta sofisticada evaluación vocal permite a los monos aulladores gestionar conflictos de manera eficiente, evitando costosos enfrentamientos físicos. Las vocalizaciones funcionan como un sistema de negociación a distancia, donde los individuos pueden comunicar su potencial competitivo y evaluar el de sus rivales sin necesidad de poner en riesgo su integridad física.

Este comportamiento tiene sentido desde una perspectiva evolutiva, dado que los monos aulladores enfrentan presiones selectivas significativas durante los encuentros con machos de otros grupos. Estos encuentros pueden resultar en lesiones graves e incluso la muerte, infanticidio y pérdida de oportunidades reproductivas. Además, los monos aulladores tienen un gasto energético alto en comparación con otros primates de tamaño similar, lo que hace que los conflictos físicos sean particularmente costosos.

Cabedestacar que las respuestas comportamentales y hormonales parecen estar desacopladas, lo que sugiere diferentes mecanismos para manejar amenazas inmediatas versus potenciales. Las respuestas comportamentales (latencia para vocalizar y acercarse) están más influenciadas por la ventaja numérica, orientando decisiones inmediatas sobre si enfrentar o no al rival. En cambio, las respuestas hormonales están más relacionadas con la familiaridad, posiblemente preparando al organismo para amenazas a largo plazo y situaciones impredecibles.

Este conocimiento no solo enriquece nuestra comprensión de los monos aulladores, sino que también nos ofrece una ventana a la evolución de la comunicación social en los primates. La capacidad de evaluar características físicas a través de señales acústicas y ajustar el comportamiento en consecuencia representa una adaptación notable que ha permitido a estos primates prosperar en entornos competitivos minimizando los costos del conflicto directo: su sofisticado sistema de evaluación vocal les permite manejar conflictos sociales de manera eficiente, evitando enfrentamientos físicos potencialmente costosos y permitiéndoles asignar su energía a actividades más beneficiosas como la alimentación y la reproducción.

La próxima vez que escuchemos el imponente rugido de los monos aulladores resonando a través de la selva, recordemos que estamos presenciando no solo una de las vocalizaciones más potentes del mundo animal, sino también un sofisticado sistema de comunicación y evaluación social que ha evolucionado durante millones de años para permitir la coexistencia de estos fascinantes primates en el complejo mundo social de las selvas neotropicales.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a A. Coyohua-Fuentes y a J. Landa-Pérez por su apoyo en el trabajo en campo con los monos aulladores de manto en Los Tuxtlas. Los proyectos sobre comportamiento, fisiología y conservación de monos aulladores de manto desarrollados en nuestro laboratorio han recibido el apoyo del Instituto de Neuro-etología, Posgrado en Neuro-etología, SECIHTI, COVEICYDET, The Leakey Foundation e Idea Wild.

LITERATURA CONSULTADA

- Ceccarelli, E., *et al.* 2021. Vocal and movement responses of mantled howler monkeys (*Alouatta palliata*) to natural loud calls from neighbors. *American Journal of Primatology* 83:e23252.
- De los Santos Mendoza, S., y S. Van Belle. 2024. Acoustic allometry in roars of male black howler monkeys, *Alouatta pigra*, but no trade-off with testicular volume. *Animal Behaviour* 210:43-53.
- Dunn, J. C., *et al.* 2015. Evolutionary trade-off between vocal tract and testes dimensions in howler monkeys. *Current Biology* 25:2839-2844.
- Maya-Lastra, N., A. Rangel-Negrín, A. Coyohua-Fuentes, y P. A. D. Dias. 2024. Mantled howler monkey males assess their rivals through formant spacing of long-distance calls. *Primates* 65:183-190.
- Maya-Lastra, N., P. A. D. Dias, D. R. Chavira-Ramírez, y A. Rangel-Negrín. 2025. "Dear enemies", "nasty neighbors", and the strength in numbers: Exploring the behavioral and hormonal responses of mantled howler monkey males to simulated intruder loud calls. *American Journal of Primatology* 87:e70032.

Sometido: 03/abr/2025.

Revisado: 10/abr/2025.

Aceptado: 15/abr/2025.

Publicado: 17/abr/2025.

Editor asociado: Dra. Alina Gabriela Monroy -Gamboa.

DESCUBRIENDO UN CONEJO PERDIDO PARA LA CIENCIA

Consuelo Lorenzo^{1*}, J. Alberto Almazán-Catalán², y Rodolfo Rodríguez-Ruiz¹

¹Departamento de Conservación de la Biodiversidad, El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. clorenzo@ecosur.mx (CL); rodolfo.rodriguez@posgrado.ecosur.mx (RR-R).

²Instituto para el Manejo y Conservación de la Biodiversidad. Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, México. inmacob.ac@gmail.com (JAA-C).

*Autor de correspondencia

En ocasiones, los científicos reportan la presunta desaparición de una especie. Esto puede ocurrir porque durante varios años no se ha registrado en su hábitat natural, lo que lleva a que no se mencione su existencia en los trabajos científicos. Casos de posibles desapariciones han ocurrido con especies que habitan áreas geográficas pequeñas o poco exploradas, o ambas. Cuando estos vacíos de información se presentan, a estas especies se les conoce como “especies perdidas para la ciencia”.

Un buen ejemplo de una especie perdida para la ciencia es el conejo de Omiltemi (*Sylvilagus insonus*) descrito por Nelson en 1904, conocido únicamente, en ese entonces, en el Parque Ecológico Estatal de Omiltemi, en la Sierra Madre del Sur de Guerrero, México. Al ser encontrado en este pequeño espacio, se definió que su área de distribución es muy pequeña, inferior a 500 km². Este conejo vive en los bosques de pino, pino-encino, encino y de niebla, que componen el Parque Ecológico, a una altitud de entre 2100 y 3000 m.

El conejo de Omiltemi, es de tamaño pequeño, al compararlo con otras especies de conejos del género *Sylvilagus* de México, mide entre 430 y 440 mm, de pelo áspero, con orejas cortas y cola pequeña y negra grisácea ventralmente; el color de su dorso (espalda) es rojizo y las orejas son grisáceas y de color marrón negruzco oscuro. Las mejillas y los lados del cuerpo son un poco más pálidos y grises que la espalda. Las patas delanteras son de color ocre rojizo desde la parte delantera hasta los hombros; en cambio, las patas traseras son de color blanquecino, desde la porción delantera hasta la parte superior de las patas. Las plantas de las patas son de color canela oscuro.

Desde 1904 hasta 1998, solo se tuvo registro de cinco ejemplares de este pequeño conejo rojizo. Su distribución y aspectos básicos de su biología son aspectos que se desconocen, por ejemplo, ¿cómo vive?, ¿qué come?, ¿cómo se relaciona con otras especies?, ¿cuántos individuos existen actualmente? y si ¿prefiere vivir en algún tipo de bosque?, aunque lo que sí se sabe, es que el área donde fue encontrado se encuentra altamente fragmentada y amenazada por la destrucción de sus bosques, debido principalmente a la tala ilegal, lo que significa una pérdida de su hábitat.

Por lo anterior, el conejo de Omiltemi se ha considerado como la especie de conejo menos conocida y probablemente la más amenazada de Norteamérica.



El conejo de Omiltemi, *Sylvilagus insonus* en la Sierra Madre del Sur, Guerrero, México, 26 de octubre de 2021, bosque de niebla. Fotografía: Joe J. Figel.

Los escasos registros de su presencia, al igual que la pérdida de hábitat en el Parque Ecológico Estatal de Omiltemi contribuyeron a que se declarara una especie probablemente extinta. Sin embargo, en 1998 se redescubre la especie a través de la identificación genética del ADN de una piel donada y se da a conocer que continúa existiendo en los alrededores del Parque a pesar de la presión humana derivada de la caza y la pérdida de hábitat. Posteriormente, en 2019, se dio a conocer un registro del conejo de Omiltemi a través de una fotografía (tomada en 2009), que fue identificada por expertos y que provenía de una plataforma de ciencia ciudadana (<https://www.naturalista.mx/observations/27080684>). La fotografía había sido tomada aproximadamente a 50 km al suroeste del Parque Ecológico Estatal de Omiltemi, lugar del primer avistamiento.

A nivel nacional el conejo de Omiltemi se encuentra listado como en Peligro de Extinción (P) de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana de especies amenazadas (NOM-059-SEMARNAT-2010; SEMARNAT 2010). A nivel internacional, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) lo clasifica como una especie con datos insuficientes, dejándola fuera de alguna categoría de riesgo. También está catalogado como una de las 25 especies silvestres perdidas para la ciencia durante al menos 10 años (y a menudo mucho más tiempo) y más buscadas del mundo por Re:wild (organización conservacionista que promueve la protección de la biodiversidad del planeta; <https://www.rewild.org/lost-species>), como parte del programa de Búsqueda de Especies Perdidas, en colaboración con más de 100 expertos de los grupos especializados de la Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN.

Como parte de un proyecto apoyado por Re:wild, orientado principalmente a buscar al conejo de Omiltemi y evaluar su estado de conservación, entre 2020 y 2022, se colocaron cámaras trampa y se realizaron recorridos nocturnos de las 18:00 a las 02:00 horas en nueve localidades de la Sierra Madre del Sur a lo largo de diferentes tipos de bosques (pino,

pino-encino y mesófilo de montaña), entre altitudes que van de los 2000 a los 3000 m. Durante los recorridos identificamos a *S. insonus* por su tamaño pequeño y su cola corta de color oscura, siempre a los costados de la carretera o brechas principales, sentado, comiendo o brincando solos o en grupos máximos de cuatro ejemplares. Un comportamiento que distingue a esta especie es la destreza para trepar caminos de 70° u 80° de inclinación.

Tras este esfuerzo de muestreo, se lograron obtener con éxito capturas fotográficas de este pequeño conejo en áreas no protegidas y reducidas de bosque de niebla y de pino con densa cobertura arbórea en la Sierra Madre del Sur. Dentro de la información registrada en las cámaras trampa encontramos que la especie tiene un patrón de actividad principalmente nocturno (16:00 y 20:00 horas) con escasos registros crepusculares (06:00 y 08:00 horas).



Bosque de niebla, hábitat del conejo de Omiltemi, *Sylvilagus insonus* en la Sierra Madre del Sur, Guerrero, México, 21 de septiembre de 2024.
Fotografía: Rodolfo Rodríguez-Ruiz.

Es de resaltar que este proyecto no hubiera sido posible sin el apoyo de los pobladores locales y las autoridades municipales, ya que no es un área de fácil acceso (por su orografía conformada por montañas a gran altura) y sobre todo muy insegura por la presencia de grupos del crimen organizado; por lo que, conseguir fotografías de esta especie es todo un logro y se debe considerar como un caso de éxito en el estudio de los mamíferos a nivel mundial.

Además, los pobladores de las localidades tienen conocimiento de la presencia del conejo de Omiltemi; no obstante, desconocen su rareza e importancia para la ciencia y el ecosistema. Contamos por primera vez, con datos



El conejo de Omiltemi, *Sylvilagus insonus* en la Sierra Madre del Sur, Guerrero, México, 26 de octubre de 2021, bosque de niebla.
Disponible en: <https://youtu.be/Z4Q5seXunxE>
Video: Joe J. Figel.

novedosos sobre la biología del conejo de Omiltemi, como las horas del día donde es más activo, las especies con las que cohabita, algunas de ellas depredadoras naturales, como el jaguarundi, el ocelote, el tigrillo, el puma y la zorra, o qué tipo de bosque prefiere usar y a qué altitud se encuentra, su área de distribución actual y amenazas actuales, así como imágenes y videos de la especie en su hábitat natural. El descubrimiento de *S. insonus* en torno a la localidad donde fue descrito, es de gran importancia para la comprensión y conservación de esta especie micro endémica de México. El generar conocimiento biológico y de distribución de esta especie y darlo a conocer son esenciales para “reconocerla nuestra” y valorarla por su importancia en el funcionamiento y mantenimiento del ecosistema que habita, su papel en la regulación climática, en el ciclo del carbono y el recurso alimenticio que representa para las comunidades locales. La desaparición del conejo de Omiltemi significaría una pérdida de un importante elemento dentro de la red trófica.

Se encontraron coincidencias con un estudio previo publicado en 1993 en el cual se determinó que la tala clandestina, la actividad ganadera y la caza excesiva han sido factores de riesgo para el conejo de Omiltemi y las poblaciones de mamíferos silvestres del Parque Ecológico Estatal de Omiltemi. Actualmente, los incendios forestales son la principal amenaza para las poblaciones de esta especie en todas las localidades donde se ha registrado.

La búsqueda de *S. insonus* debe continuar en diferentes localidades de la Sierra Madre del Sur, considerando su presencia, para determinar qué tan abundante es, así mismo estimar cuántos individuos existen en el área, las condiciones climáticas (temperatura, humedad y precipitación) y de vegetación en las que se encuentra; así como el efecto que pudiera tener la fragmentación de su ecosistema, el cambio del clima en su área de distribución y el impacto en su desplazamiento.

Es urgente informar a la población local y al público en general sobre el estado de amenaza de la especie y la importancia de conservarla y proteger su hábitat. *Sylvilagus insonus* puede ser una especie bandera (o símbolo para promover la conservación de la biodiversidad) ideal para la conservación del bosque de niebla en Guerrero, México.

Dar a conocer a uno de los mamíferos más raros y posiblemente el más amenazado de todo el planeta es de gran importancia para el conocimiento de la biodiversidad y es nuestro deber como humanos protegerlo para evitar su desaparición.

AGRADECIMIENTOS

A Re:wild por apoyar el proyecto "Evaluación del estado actual de *Sylvilagus insonus* en la Sierra Madre del Sur en Guerrero, México". A las autoridades civiles y municipales de Guerrero y pobladores de la Sierra Madre del Sur. A Joe J. Figel por su invaluable apoyo en campo. A G. Tapia-Ramírez y revisores anónimos por sus valiosos comentarios.

LITERATURA CONSULTADA

- Cervantes, F. A., y C. Lorenzo. 1997. *Sylvilagus insonus*. Mammalian Species 568:1-4.
- Cervantes, F. A., C. Lorenzo, y F. X. González-Cózatl. 2004. The Omiltemi rabbit is not extinct. Mammalian Biology 69:61-64.
- Davis, W. B., y P. W. Lukens, Jr. 1958. Mammals of the Mexican state of Guerrero exclusive of Chiroptera and Rodentia. Journal of Mammalogy 39:347-369.
- Jiménez-Almaráz, T., J. Juárez-Gómez, y L. León-Paniagua. 1993. Mamíferos. Pp. 503-549 in Historia Natural del Parque Ecológico Estatal Omiltemi, Chilpancingo, Guerrero, México (Luna, V., I., y J. Llorente, eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Universidad Autónoma de México. Distrito Federal, México.
- Lorenzo, C., T. M. Rioja-Paradela, y A. Carrillo-Reyes. 2015. State of knowledge and conservation of endangered and critically endangered lagomorphs worldwide. Therya 6:11-30.
- Lorenzo, C., M. Briones-Salas, y S. T. Álvarez-Castañeda. 2016. The current status of micro endemic species of mammals and their prospects of conservation in southern Mexico. Therya 7:353-356.
- Lorenzo, C., D. E. Brown, y H. C. Lanier. 2019. *Sylvilagus insonus*, Omiltemi Cottontail. En: IUCN 2019. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T21207A45180771. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-2.RLTS.T21207A45180771.en>. Consultado el 1 de noviembre 2019.
- MacPhee, R., y C. Fleming. 1997. Brown-eyed, milk-giving...losing mammals since A.D. 1500. Natural History 106:84-85.
- Nelson, E. W. 1904. Description of seven new rabbits from Mexico. Proceedings of the Biological Society of Washington 17:103-110.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059 SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Ciudad de México (México): Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2010, Segunda Sección. https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/nom_059_semarnat_2010.pdf.
- Vega, I. L, y J. Llorente-Bousquets. 1993. Historia Natural del Parque Ecológico Estatal Omiltemi, Chilpancingo, Guerrero, México. UNAM, CONABIO. Distrito Federal, México.

Sometido: 21/mar/2025.

Revisado: 08/abr/2025.

Aceptado: 11/abr/2025.

Publicado: 22/abr/2025.

Editor asociado: Dr. Juan Pablo Ramírez-Silva.

MICROBIOS, OLORES Y EVOLUCIÓN, SECRETOS DEL MUNDO INVISIBLE

Juan P. Merino-Villalobos¹, Heidi P. Galván-Antonio² y Mario A. Urbina-Mata^{1,2*}

¹Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma "Benito Juárez" de Oaxaca. Oaxaca de Juárez, Oaxaca, México. qbjpmevi@gmail.com (JPM-V), mario.fcq@cecad-uabjo.mx (MAU-M).

²Facultad de Medicina y Cirugía, Universidad Autónoma "Benito Juárez" de Oaxaca. Oaxaca de Juárez, Oaxaca, México. Hei.GA@hotmail.com (HPG-A).

*Autor de correspondencia

El fascinante mundo de los microbios, diminutos seres que, aunque invisibles a simple vista, influyen profundamente en la evolución, el comportamiento y la supervivencia de los organismos, revelando secretos asombrosos sobre la vida en nuestro planeta.

El microbioma se define como el conjunto de arqueas, bacterias, virus y otros microorganismos asociados a un organismo multicelular dentro de un entorno específico. Este microbioma constituye un componente esencial en la evolución de los hospedadores y, en los vertebrados, participa en funciones vitales del organismo. Las interacciones entre los animales y su microbioma suelen ser beneficiosas para ambas partes, ya que la microbiota intestinal y cutánea ha evolucionado junto con los hospedadores, favoreciendo la aparición de interacciones tanto intra como interespecíficas. La microbiota de la piel y las glándulas de los mamíferos exhibe una notable diversidad; se ha determinado que la especie del hospedador es un factor relevante en su composición.

Las comunidades microbianas participan en la producción de olores y señales químicas, fundamentales para el reconocimiento de especies, la identificación de individuos emparentados, así como para la selección de pareja. Por lo tanto, la interacción entre el hospedador y su microbioma puede influir en el comportamiento social a lo largo de distintas etapas de su ciclo de vida.

Los animales migratorios habitan en entornos cambiantes, experimentando múltiples transformaciones fisiológicas durante la preparación para la migración. A pesar de los avances en la investigación en las últimas décadas, el conocimiento sobre las variaciones estacionales en las comunidades microbianas intestinales de estos animales sigue siendo limitado.

Estudios previos en cánidos y murciélagos han descrito la participación de bacterias en los procesos de fermentación y producción de ácidos grasos volátiles, los cuales actúan como precursores de señales químicas que modulan las interacciones intraespecíficas de estos mamíferos. Las bacterias cutáneas contribuyen a la emisión de aromas mediante la producción directa de compuestos volátiles o a través de la fermentación de metabolitos

orgánicos generados por el propio hospedador. Esto se conoce como la "hipótesis fermentativa", que plantea que los compuestos odoríferos volátiles son producidos por bacterias que colonizan las glándulas odoríferas y los tejidos epiteliales generando patrones olfativos únicos debido a las diferencias en la composición microbiana.

Los ritmos diurnos de la microbiota intestinal son un aspecto relevante pero frecuentemente subestimado dentro de la ecología microbiana. Se ha propuesto que la alimentación estimula esta ritmicidad, aunque dicha hipótesis no ha sido evaluada. El papel del ambiente intestinal permanece inexplorado, ya que los cambios rítmicos en el pH intestinal podrían influir en las fluctuaciones microbianas de forma independiente a la ingesta de alimentos.

Se ha observado cómo las bacterias y otros microorganismos establecen diversas interacciones con sus hospedadores, influyendo en vías metabólicas, procesos de desarrollo y comportamientos complejos, como el reconocimiento de pareja. Estos mecanismos son particularmente relevantes en especies migratorias y animales con ritmos biológicos marcados, donde el microbioma puede modular adaptaciones clave. En el murciélago magueyero menor *Leptonycteris yerbabuenae* (Phyllostomidae: Glossophaginae), los machos adultos desarrollan durante la temporada de apareamiento una estructura en la región interescapular denominada parche dorsal. Esta estructura alberga un microbioma particular cuya composición podría estar involucrada en el reconocimiento de parentesco y la selección de pareja.

El empleo de la secuenciación masiva, junto con análisis bioinformáticos, ha permitido caracterizar la biodiversidad del consorcio bacteriano asociado al parche dorsal de *L. yerbabuenae*. Mediante este enfoque, se han identificado y reportado las bacterias presentes en dicha zona, utilizando como marcador molecular el gen 16S rRNA. Los estudios actuales sobre microbiomas se centran en estimar la diversidad y composición genética, los avances recientes en secuenciación masiva permiten ahora profundizar en estos hallazgos, ofreciendo una caracterización más detallada de la estructura y función del microbioma en especies como *L. yerbabuenae*. Sin embargo, persiste un desafío importante, ya que gran parte de las secuencias obtenidas permanecen sin asignación a unidades taxonómicas operacionales, lo que requiere el uso de técnicas más precisas, como la construcción de árboles filogenéticos y herramientas bioinformáticas avanzadas, que permitan contextualizar estas secuencias dentro de la diversidad microbiana conocida.

La metagenómica analiza el ADN de comunidades microbianas en muestras ambientales o tejidos para estudiar el microbioma del murciélago magueyero menor. A través de muestras no invasivas, como raspados dorsales o heces, se identifican microorganismos y se obtienen datos funcionales, taxonómicos y metabólicos, lo que permite evaluar su influencia en el hospedador y su ciclo de vida.

Mediante la secuenciación masiva, se ha estimado la diversidad del microbioma intestinal de murciélagos tequileros a partir de muestras fecales, evaluando cómo la migración influye en la composición y diversidad microbiana. Un ejemplo de ello son las muestras recolectadas en dos biomas contrastantes: el bosque seco tropical (Chamela, Jalisco y Coquimatlán, Colima) y el desierto de Sonora (Pinacate), que corresponde al final de su ruta migratoria. Estos estudios han demostrado que el microbioma intestinal de los murciélagos tequileros está dominado principalmente por los filos Firmicutes y Proteobacterias. Además, se han registrado variaciones interanuales significativas en la diversidad microbiana dentro de una misma localidad. Esto ha determinado que tanto la ubicación geográfica como la variabilidad interanual influyen en la composición, diversidad general y singularidad del microbioma intestinal de las hembras migratorias que se alimentan de néctar. Las comunidades microbianas de las localidades del bosque seco han resultado ser más similares entre sí que con las del bioma desértico. En términos de diversidad beta (que mide las diferencias en la composición de especies entre comunidades o muestras), la localidad de muestreo es el factor que más impacta la estructura del microbioma intestinal, aunque también existen variaciones significativas entre años consecutivos dentro de la misma ubicación.

En otro estudio realizado en la colonia de *L. yerbabuena* de la cueva de San Juan Noxchitlán, Oaxaca, que también utiliza secuenciación masiva, de la región V4 del gen 16S rRNA, se han identificado más de 2,847 filotipos microbianos en los parches dorsales, agrupándose en 13 familias, 10 órdenes, 6 clases y 3 filos, destacando los géneros *Lactococcus* y *Streptococcus* como componentes bacterianos comunes. También se han identificado géneros con potencial patógeno, como *Helcococcus*, *Aggregatibacter*, *Enterococcus* y *Corynebacterium*. Aproximadamente la mitad de los filotipos

pertenecen a géneros productores de ácidos grasos mediante fermentación, como *Gallicola*, *Anaerococcus*, *Peptoniphilus*, *Proteus*, *Staphylococcus*, *Clostridium* y *Peptostreptococcus*. Estos hallazgos proporcionan las bases para investigaciones futuras sobre el papel de los microbios simbióticos en la comunicación y reproducción de especies silvestres de murciélagos.

En otras poblaciones, como la de cueva de Salitre, Morelos, la microbiota de los juveniles y los adultos no reproductivos se encuentra dominada por bacterias de la clase Gammaproteobacteria y del filo Firmicutes. En la cueva de Juxtlahuaca, Guerrero, las hembras reproductivas presentaron una microbiota más diversa, con un aumento significativo de filos como Bacteroidetes y Alphaproteobacteria. No se encontraron diferencias en la diversidad de la microbiota fecal entre hembras embarazadas, en lactancia, juveniles o adultos no reproductivos. Los datos de este estudio sugieren que las diferencias en la diversidad de la microbiota están relacionadas con la reproducción. Se infiere que los machos mantienen una composición estable de la microbiota porque no experimentan los grandes cambios fisiológicos que atraviesan las hembras durante la reproducción y mantienen una dieta más especializada a lo largo de todas las etapas de su vida.

Por otra parte, se ha explorado cómo dos poblaciones discretas y geográficamente separadas del murciélago *L. yerbabuena*, una en el centro y otra en la región pacífica de México, se diferencian en la composición de su microbiota fecal. Considerando la microbiota y el huésped como una unidad, en la que factores extrínsecos como la disponibilidad de alimentos y la geografía, o intrínsecos como la fisiología, juegan un papel importante, sí se espera una diferenciación en la microbiota de dos poblaciones geográficamente separadas. El análisis comparativo reveló que la estructura de las comunidades bacterianas en hembras lactantes y embarazadas difirió significativamente entre poblaciones, un patrón no observado en otros estadios reproductivos. Esto podría ser consecuencia de los mayores requerimientos energéticos de estos estadios fisiológicos, más que de la variación debido a la separación geográfica. En contraste, se ha observado en murciélagos jóvenes y adultos, que los cambios en su microbiota intestinal están directamente relacionados con las plantas que consumen. Esto sugiere que su dieta



Murciélago magueyero menor (*Leptonycteris yerbabuena*) en vuelo, con microbios interactuando en su piel, glándulas e intestino, emitiendo compuestos volátiles. Se observan agaves y biomas de bosque seco y desierto que representan su hábitat y migración, mientras un reloj hace referencia a los ritmos circadianos de su microbiota intestinal. Ilustración creada en BioRender.com y editada en GIMP, con asistencia parcial (10 %) de DALL-E (OpenAI) para generación conceptual inicial. Autor: Mario A. Urbina Mata.

no solo influye en su nutrición, sino que también moldea activamente las comunidades microbianas de su intestino. Los resultados proporcionan una línea base para futuros estudios del microbioma en estas dos poblaciones silvestres del murciélago magueyero menor, principal polinizador de los agaves utilizados en la producción de las bebidas tequila y mezcal.

En un experimento con murciélagos *L. yerbabuenae* en cautiverio, al retrasar su hora de alimentación se descubrió algo sorprendente: mientras que el nivel de pH en sus intestinos mantenía su ritmo normal día/noche, las bacterias intestinales perdieron su patrón diario habitual. Los murciélagos que comían a una hora fija mostraban cambios predecibles en su microbiota a lo largo del día, tanto en la composición como en la abundancia de bacterias. Sin embargo, este ciclo se desincronizó cuando se alteró su horario de comida, revelando que la alimentación es clave para organizar el “reloj” de sus microbios intestinales, aunque no afecta igual al pH digestivo. La proliferación de algunos géneros bacterianos, como *Streptococcus*, implicado en el metabolismo de nutrientes, se ajustó al horario de alimentación retrasado y mostró correlación con el pH. En contraste, las oscilaciones de otros géneros bacterianos se interrumpieron sin una relación aparente con las variaciones de pH. Estos hallazgos sugieren que los ritmos diurnos de la microbiota intestinal podrían haber evolucionado para optimizar el soporte metabólico al fenotipo circadiano del huésped, ajustándose a los momentos de máxima ingesta alimentaria.

Por otro lado, se han documentado las primeras observaciones de machos de *L. yerbabuenae* con parches dorsales en el suroeste de los Estados Unidos de América. Estas nuevas observaciones sugieren que *L. yerbabuenae* se reproduce en Nuevo México y Arizona entre junio y agosto, pero se necesitan más estudios para confirmar este comportamiento. La identificación de las regiones donde los machos presentan parches dorsales puede ayudar a localizar y proteger los refugios de apareamiento, por consecuencia se mejoraría la comprensión de la ecología de la población de esta especie migratoria. Aún queda mucho por explorar sobre la participación de los microbiomas en diversos sistemas biológicos y su influencia en la regulación del comportamiento y la reproducción de los hospedadores a través de señales químicas.

El microbioma juega un papel crucial en la evolución, fisiología y comportamiento de los murciélagos polinizadores, afectando procesos como la producción de olores, la selección de pareja y la adaptación a entornos cambiantes. Se ha demostrado que la composición y diversidad microbiana varían según factores como la ubicación geográfica, la dieta, la reproducción y los ritmos circadianos, lo que sugiere una coevolución entre el hospedador y su microbiota. Aunque se han logrado avances importantes en la caracterización de los microbiomas mediante técnicas moleculares tradicionales y metagenómicas, aún existen desafíos en la identificación taxonómica y en la comprensión funcional de estas comunidades microbianas.

Las investigaciones futuras deben profundizar en el papel de los microbiomas en la regulación del comportamiento, la reproducción y la adaptación de las especies, especialmente en contextos ecológicos y migratorios, para contribuir a la conservación y el manejo de especies clave.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a SECIHTI México por la beca doctoral 2023 otorgada a Mario A. Urbina-Mata (CVU: 1318865).

LITERATURA CONSULTADA

- Gaona, O., *et al.* 2019. Microbiota composition of the dorsal patch of reproductive male *Leptonycteris yerbabuenae*. PLoS ONE 14:e0226239.
- Gaona, O., *et al.* 2020. Geographical separation and physiology drive differentiation of microbial communities of two discrete populations of the bat *Leptonycteris yerbabuenae*. Microbiology Open 9:1113-1127.
- Gaona, O., *et al.* 2019. Fecal microbiota of different reproductive stages of the central population of the lesser-long nosed bat, *Leptonycteris yerbabuenae*. PLoS ONE 14:e0219982.
- Laverty, T. M., y K. E. Stoner. 2022. In search of bachelorettes: Observations of male *Leptonycteris yerbabuenae* with dorsal patches across its range. Therya 13:1-5.
- Melville, D. W., *et al.* 2025. Delayed feeding disrupts diurnal oscillations in the gut microbiome of a neotropical bat in captivity. FEMS Microbiology Ecology 101:fiaf012.
- Viquez-R, L., *et al.* 2021. A Faithful Gut: Core Features of Gastrointestinal Microbiota of Long-Distance Migratory Bats Remain Stable despite Dietary Shifts Driving Differences in Specific Bacterial Taxa. Microbiology Spectrum 9:e01525-21.

Sometido: 27/feb/2025.

Revisado: 17/mar/2025.

Aceptado: 24/abr/2025.

Publicado: 25/abr/2025.

Editor asociado: Dra. Susette Castañeda-Rico.

MAMÁS PRIMATES: ENTRE LA PROTECCIÓN Y LA INDEPENDENCIA

Maud Czerwinski, Ariadna Rangel Negrín y Pedro A. D. Dias*

Primate Behavioral Ecology Lab, Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana.

Xalapa, Veracruz, México. maud.czerwinski@gmail.com (MC),
ari_rangel@hotmail.com (ARN), pedroaddias@gmail.com (PADD)

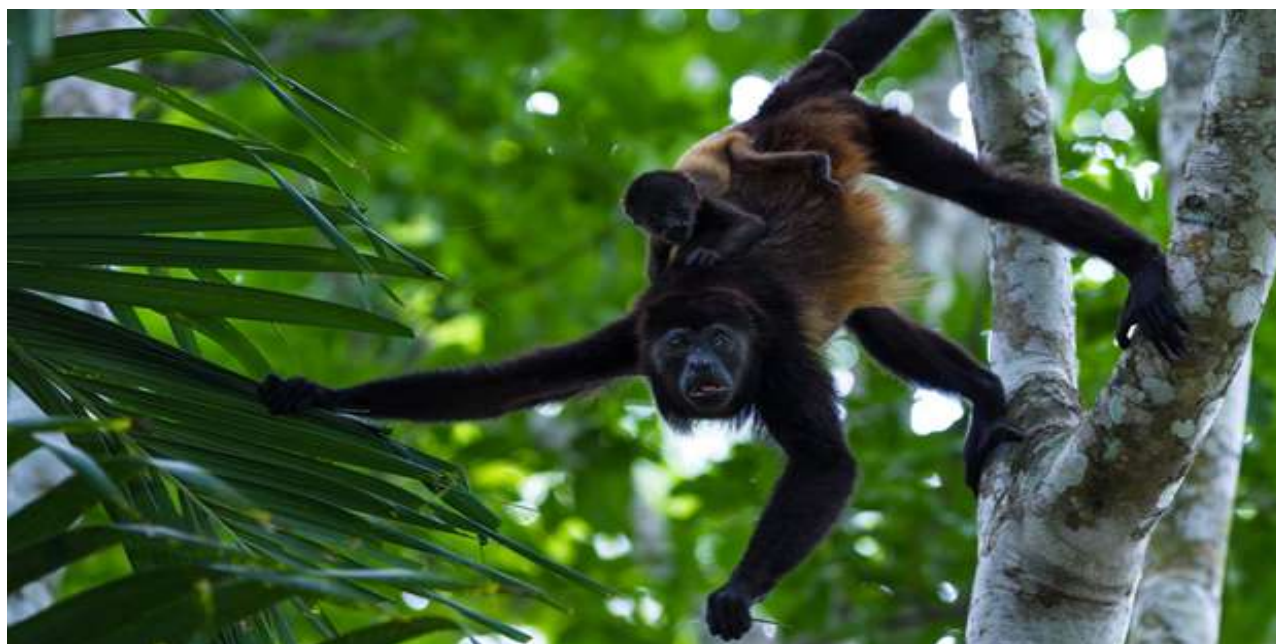
*Autor de correspondencia

¿Has notado cómo algunas mamás son extremadamente protectoras mientras otras promueven la independencia de sus hijos desde muy temprana edad? El cuidado materno varía considerablemente entre mamíferos, incluyendo a los primates. En esta nota exploramos el fascinante mundo de los estilos maternos, sus bases evolutivas y cómo se manifiestan en diferentes especies, con especial atención a los monos aulladores de manto.

La explicación sobre cómo las madres optimizan la asignación de recursos limitados entre las crías actuales y futuras, equilibrando los costos y beneficios de diferentes estrategias de cuidado, se describe en la “teoría de la inversión parental”. Los estilos maternos son patrones consistentes de comportamiento que difieren entre individuos y reflejan distintas estrategias de crianza. Desde una perspectiva evolutiva, representan adaptaciones fundamentales moldeadas por la selección natural para maximizar el éxito reproductivo. Estos estilos no son simplemente variaciones aleatorias, sino respuestas adaptativas a diferentes presiones

ecológicas, sociales y fisiológicas. En entornos con alto riesgo de depredación, por ejemplo, las madres tienden a ser más protectoras, mientras que en ambientes estables pueden permitir mayor independencia a sus crías.

Tradicionalmente, estos comportamientos maternos de los mamíferos se han clasificado a lo largo de un continuo de protección-rechazo. Sin embargo, investigaciones recientes revelan que el cuidado materno es multidimensional y puede variar en diversos aspectos que incluyen: 1) protección, que constituye una dimensión fundamental, reflejada en el grado en que las madres activamente resguardan a sus crías de peligros potenciales, 2) rechazo, que representa la frecuencia con la que rechazan las solicitudes de contacto o alimentación de sus crías, 3) permisividad, que es la disposición a permitir que las crías exploren su entorno independientemente, 4) control espacial, cómo regulan la distancia física respecto a sus crías, 5) patrones de transporte, que son especialmente relevantes en especies arborícolas e incluyen las formas de cargar y moverse con las crías y, 6) nutricional, que abarca tanto compartir alimentos con las crías, como disponerse a lactar. Estos aspectos pueden combinarse de diferentes maneras, creando una amplia gama de estilos maternos que responden a las necesidades de cada especie y contexto ecológico.



Hembra de mono aullador de manto con su cría. Fotografía: Ariadna Rangel Negrín.

Cabe mencionar que factores como el rango social, la edad de la mamá y condiciones ambientales pueden influir en el comportamiento materno. Por ejemplo, madres de alto rango suelen permitir mayor exploración a sus crías, posiblemente porque enfrentan menos amenazas sociales; mientras que las primerizas tienden a ser más protectoras que las expertas. Respecto al ambiente, en lugares peligrosos o donde las condiciones son impredecibles, generalmente se observan comportamientos más restrictivos. Además, un hallazgo fascinante es que muchas madres primates muestran consistencia en sus estilos a lo largo del tiempo, aplicando estrategias similares con diferentes crías.

Entre las preguntas más relevantes cuando consideramos primates con diferentes adaptaciones ecológicas hay dos que llaman particularmente la atención: ¿será que las mismas estrategias funcionan en todos los entornos? y ¿cómo varían estos patrones entre diferentes linajes? Respecto a los entornos, hay evidencia de que no, por ejemplo, los primates arborícolas enfrentan desafíos únicos para el desarrollo infantil. Sus crías deben aprender a navegar en un entorno tridimensional complejo donde un error puede ser fatal. Para estos animales, el equilibrio entre protección y promoción de la independencia es especialmente crítico. Respecto a la variación en distintos los linajes, la mayoría de las investigaciones sobre estilos maternos en primates se han centrado en los monos del Viejo Mundo (nativos de África y Asia), como macacos y babuinos. En los macacos Rhesus (*Macaca mulatta*), por ejemplo, se han identificado estilos que van desde los restrictivos, donde las madres controlan estrictamente los movimientos infantiles, hasta relajados, que promueven la independencia temprana. Cabe mencionar que estudios en monos capuchinos sugieren que los modelos tradicionales desarrollados para primates del Viejo Mundo pueden no capturar completamente la complejidad del cuidado materno en primates neotropicales. Las diferentes presiones ecológicas y sistemas sociales pueden dar forma a estrategias distintivas.

Los monos aulladores (*Alouatta* spp.) son un caso interesante para estudiar el cuidado materno en primates neotropicales. Son diurnos, altamente arborícolas, caracterizados por una dieta frugívora-folívora, grupos sociales pequeños y un estilo de vida particularmente sedentario (pasan hasta el 80 % del día descansando). En nuestra investigación con una especie de este género, los monos aulladores de manto (*Alouatta palliata*), realizada en Los Tuxtlas (Veracruz, México), observamos 16 parejas madre-cría durante dos años e identificamos cinco estilos maternos distintos. Lo más sorprendente fue que estos estilos no permanecieron estáticos, sino que cambiaron sistemáticamente durante el desarrollo infantil. En la lactancia temprana (0-3 meses) predominaron los estilos protectores y centrados en el transporte. La lactancia media (4-8 meses) mostró la mayor diversidad de estilos, funcionando como una fase crítica de transición. Y en la lactancia tardía (9-14 meses) dominó un estilo que promueve la independencia infantil. Esta plasticidad contrasta con los patrones más estables observados en monos del Viejo Mundo, sugiriendo que el entorno arbóreo moldea el comportamiento materno de manera diferente en los primates neotropicales.

El estudio de los monos aulladores también reveló la importancia del transporte y el apoyo físico como dimensiones clave del cuidado, reflejando adaptaciones especializadas para la vida en los árboles. La capacidad de las madres para ajustarse a las necesidades de desarrollo de sus crías y a las condiciones ecológicas demuestra que tienen una sofisticada estrategia de inversión materna. También hizo notar que el entorno arbóreo requiere un enfoque más gradual y flexible.

La diversidad de estilos maternos que observamos en los primates ilustra cómo diferentes estrategias pueden evolucionar para resolver problemas de supervivencia que incluyen cómo mantener seguras a las crías mientras aprenden habilidades vitales y cómo equilibrar la inversión actual con la capacidad reproductiva futura. Comprender estas estrategias no solo enriquece nuestro conocimiento sobre la ecología de los primates, sino que también ilumina las raíces evolutivas de nuestros propios comportamientos parentales. Las madres, sean humanas o monos aulladores, enfrentan desafíos comparables y han desarrollado repertorios conductuales para abordarlos.

Como dice el refrán, "no hay dos madres iguales", y nuestra investigación lo confirma entre los monos aulladores. La diversidad y flexibilidad de los comportamientos maternos revelan un sistema sofisticado de cuidado adaptado a las complejas demandas de la vida primate, balanceando protección e independencia.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a J. Pérez Landa, A. Coyohua Fuentes y a varios voluntarios por su apoyo durante el trabajo de campo. También agradecemos a un revisor anónimo que aportó comentarios constructivos y correcciones importantes a una versión anterior del escrito. Este estudio fue financiado por SECIHTI (beca 1107479), el Posgrado en Neuroetología, el Instituto de Neuroetología (Universidad Veracruzana) y The Leakey Foundation.

LITERATURA CONSULTADA

- Bardi, M., y M. A. Huffman. 2002. Effects of maternal style on infant behavior in Japanese macaques (*Macaca fuscata*). *Developmental Psychobiology* 41:364-372.
- Czerwinski, M., A. Rangel-Negrín, y P. A. D. Dias. 2025. Infant handling in mantled howler monkeys. *American Journal of Biological Anthropology* 186:e70006.
- Fairbanks, L. A. 1996. Individual differences in maternal style: Causes and consequences for mothers and offspring. *Advances in the Study of Behavior* 25:579-611.
- Maestriperi, D. 1999. The biology of human parenting: insights from nonhuman primates. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 23:411-422.
- Verderane, M. P., y P. Izar. 2019. Maternal care styles in primates: considering a New World species. *Psicologia USP* 30:e190055.

Sometido: 14/abr/2025

Revisado: 30/abr/2025.

Aceptado: 06/may/2025.

Publicado: 09/may/2025.

Editor asociado: Dra. Tania A. Gutiérrez-García.

DESCIFRANDO SONIDOS NOCTURNOS: ESTUDIEMOS LA ACÚSTICA EN MURCIÉLAGOS

Natalia Ramirez-Ortiz^{1*}, M. Cristina MacSwiney G.¹, y Sandra Ospina-Garcés²

¹ Centro de Investigaciones Tropicales, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. naraor19@gmail.com (NR-O), cmacswiney@uv.mx (MCMG),

² Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación, Universidad Autónoma de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México. ospinagarcess@gmail.com (SO-G)

*Autor de correspondencia

Desde los llamados de alarma de los perritos de las praderas hasta los complejos cantos de las ballenas, existe una fascinante variedad de señales sonoras en los mamíferos. Pero ¿qué sucede con los sonidos imperceptibles para los humanos, como los emitidos por murciélagos?

La apreciación de la naturaleza y de los organismos que habitan en ella no se limita únicamente a la observación; también se enriquece a través de los sonidos que nos rodean. Ya sea en bosques, selvas, desiertos, milpas, o en entornos más urbanos como parques, corredores arbolados o techados verdes, los sonidos siempre están presentes. Estos no solo nos transmiten sensaciones de relajación y tranquilidad, sino también, contienen información muy valiosa sobre el comportamiento, comunicación y la ecología de los seres vivos.

Existe una rama de la biología dedicada a analizar los sonidos producidos por los seres vivos: la bioacústica. Esta disciplina brinda información sobre la diversidad y caracterización de los sonidos, el comportamiento, los aspectos evolutivos,

la comunicación entre organismos, así como la producción y percepción sonora. Además, estudia el papel de los sonidos en la ecología, como en la orientación, la caza, la defensa de depredadores, entre otros. Por ejemplo, la bioacústica se aplica al grabar los sonidos emitidos por un individuo o un grupo, como un lobo o una tropa de primates, y suele realizarse de manera focalizada o dirigida.

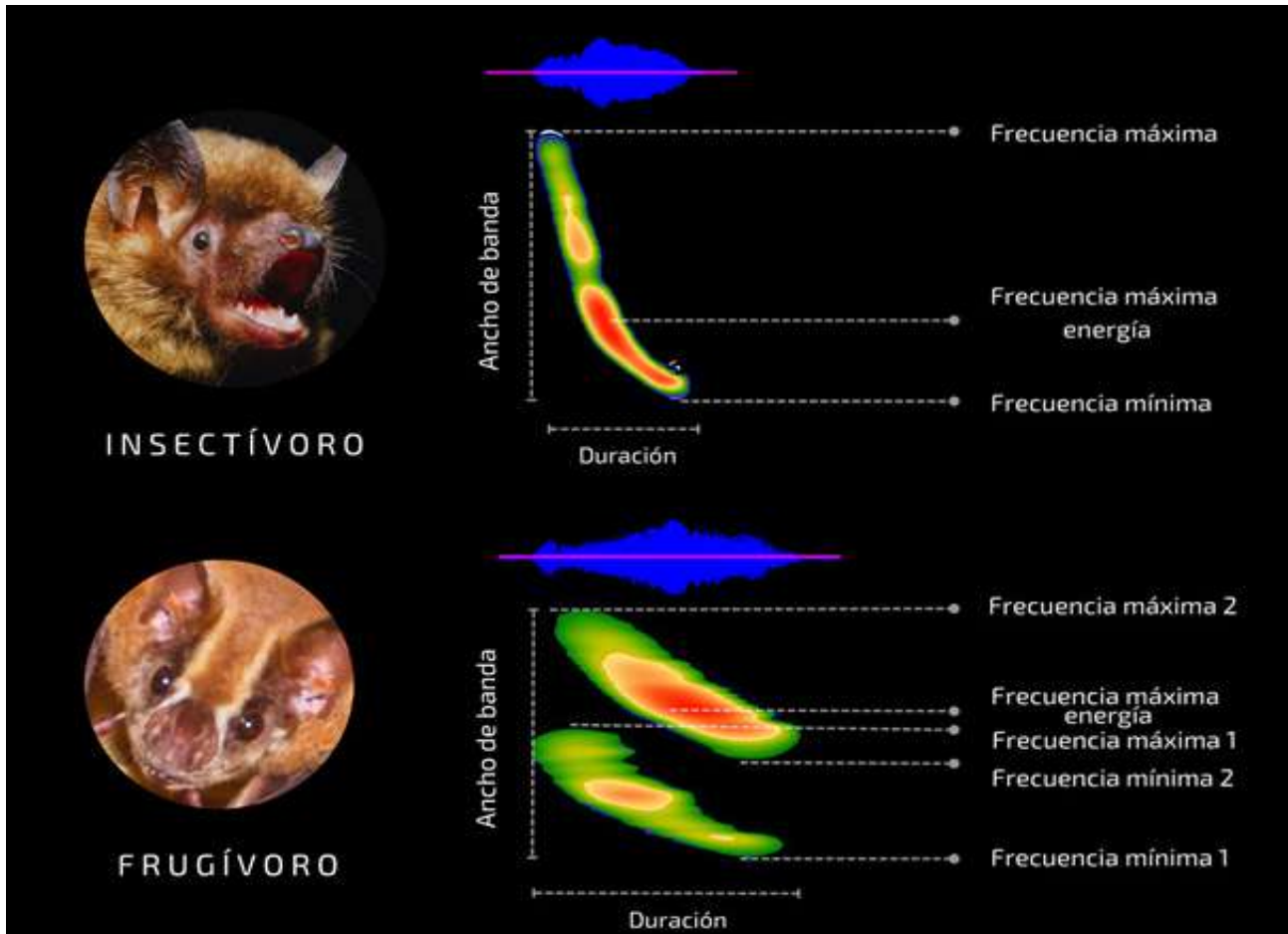
Por otro lado, la ecoacústica se enfoca en el estudio del paisaje sonoro, el cual abarca todos los sonidos presentes en el entorno. Estos incluyen los sonidos producidos por organismos vivos (biofonía), los generados por fenómenos naturales como el viento, la lluvia o las olas del mar (geofonía), e incluso aquellos originados por actividades humanas, como el ruido del tráfico o las construcciones (antropofonía). La ecoacústica es especialmente útil para realizar inventarios de biodiversidad a nivel comunitario, evaluar la salud de los ecosistemas mediante índices acústicos, medir el impacto de las actividades humanas en la diversidad acústica de los organismos, desarrollar tecnologías para la identificación de especies y patrones, entre otras aplicaciones. En esta disciplina, a diferencia de la bioacústica, no se realizan grabaciones focales, sino que existe un registro no invasivo del paisaje sonoro usando grabadoras automatizadas.



Grabación focal: liberación manual (izquierda) y línea de vuelo (derecha). Imagen: Natalia Ramirez-Ortiz.



Grabación pasiva: grabadoras instaladas (izquierda) y grabación libre (derecha). Imagen: Natalia Ramirez-Ortiz.



Medición de pulsos de ecolocalización mediante parámetros espectrales (frecuencia) y temporales (duración). Se encuentran los pulsos de un murciélago insectívoro *Myotis* spp. y el murciélago frugívoro gigante (*Artibeus lituratus*). Fotografías: Issachar L. López-Cuamatzi y P. Velásquez-Noriega. Imagen: Natalia Ramírez-Ortiz.

La mayoría de los sonidos que emiten los animales corresponden a la comunicación social. En el caso de los mamíferos, el sonido se utiliza para interactuar tanto con individuos de nuestra misma especie como de otras. La comunicación social en los mamíferos desempeña un papel crucial en actividades como la defensa del territorio (por ejemplo, los monos aulladores del género *Alouatta*), la interacción entre madre y crías (como el ronroneo de los felinos de la familia Felidae), la reproducción (como los cantos de los machos de los mysticetos o ballenas barbadas) y muchas otras funciones. Sin embargo, en animales como los murciélagos y los delfines, el sonido no solo cumple un rol de comunicación, sino que también les permite orientarse y percibir el mundo exterior a través de un sistema conocido como ecolocalización. Este mecanismo les facilita navegar, cazar y explorar su entorno mediante la emisión y recepción de ondas sonoras.

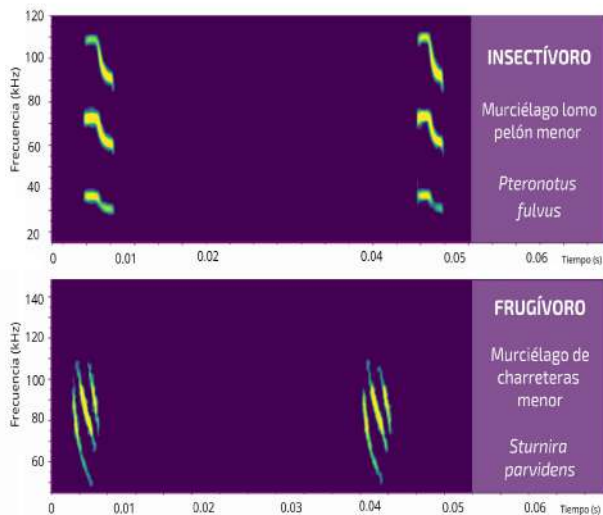
La ecolocalización funciona de manera similar a un sonar: los animales emiten sonidos y obtienen información a partir de las ondas que rebotan en los objetos a su alrededor. Este sistema de orientación es especialmente útil en situaciones donde la visión es limitada, como en el caso de los murciélagos, que en su mayoría son nocturnos, o en entornos acuáticos, donde el sonido se transmite con mayor eficiencia que la luz. Particularmente, muchas especies de murciélagos utilizan la ecolocalización en el rango del ultrasonido, es decir, frecuencias superiores a los 20,000 hercios, lo que hace que estos sonidos sean inaudibles para los humanos. Dado que el sonido es su principal herramienta para orientarse, explorar y cazar, la señal acústica de los murciélagos proporciona información ecológica y comportamental de gran relevancia. Por ejemplo, a través de sus sonidos, es posible identificar especies, estudiar la forma en la que obtienen su alimento, monitorear el estado de

conservación de los sitios donde habitan o analizar el impacto del ruido antropogénico en su comportamiento.

Debido a la importancia de estos sonidos, la ciencia ha avanzado rápidamente en el desarrollo de métodos de grabación y análisis de la señal acústica de murciélagos. Hoy en día, tecnologías como los micrófonos ultrasónicos y los programas de procesamiento de audio permiten a los investigadores estudiar a los murciélagos a través de sus vocalizaciones, abriendo una ventana al fascinante mundo nocturno de estos animales y contribuyendo significativamente a su estudio y conservación.

El registro de las señales acústicas de los murciélagos puede realizarse de dos formas: de manera focal o dirigida, y de manera pasiva. Las grabaciones focales se llevan a cabo cuando se registra de manera directa a un murciélago. Esta técnica permite asegurar que la señal acústica obtenida corresponde a un individuo en particular. Este tipo de grabaciones son la base para la creación de bibliotecas acústicas de referencia, como SONOZOTZ, una biblioteca acústica especializada en murciélagos insectívoros de México que resulta de gran utilidad para la identificación correcta de especies a partir del sonido.

Asimismo, la grabación focal o dirigida también se utiliza en investigaciones de comportamiento. Un ejemplo es el estudio de la coordinación en la entrada a los refugios del murciélago de ventosas (*Thyroptera tricolor*), donde un murciélago líder organiza la entrada de su grupo mediante vocalizaciones. Esta técnica también tiene aplicaciones en investigaciones que combinan distintas disciplinas, como el análisis de la mecánica del movimiento alar asociada al sonido, o la diferenciación entre especies crípticas (especies muy similares en apariencia,



Espectrograma del llamado de ecolocalización de un murciélago insectívoro y uno frugívoro.
Imagen: Natalia Ramírez-Ortiz.

pero distintas genéticamente). La grabación focal o dirigida puede realizarse mediante diferentes métodos. Por ejemplo, las grabaciones pueden obtenerse al liberar al murciélago (conocido como liberación de mano o *hand release*), en jaulas de vuelo diseñadas para permitir el registro de vocalizaciones, o utilizando una técnica llamada línea de vuelo o zip line que consiste en usar un sistema de cable deslizante que sujeta al murciélago mientras este vuela y se registran sus sonidos de ecolocalización.

Por otro lado, la grabación pasiva es fundamental para el monitoreo no invasivo de murciélagos. En este caso, se programa una grabadora para activarse durante cierto periodo de tiempo y en intervalos previamente determinados. Estas grabaciones no solo permiten realizar inventarios de especies, sino también analizar la actividad de los murciélagos y la partición de recursos entre distintas especies. Es posible estudiar las diferencias en los horarios de actividad y forrajeo entre especies insectívoras, por ejemplo, se ha detectado que el murciélago mastín común (*Molossus molossus*) sale de su refugio en búsqueda de alimento por breves periodos de tiempo, menores a dos horas por noche, justo después del atardecer y antes del amanecer con el fin de encontrar el mayor número de insectos y evitar al máximo que sean depredados. Adicionalmente, la grabación pasiva facilita estudios sobre el impacto antrópico, como los efectos del ruido o los cambios en la cobertura vegetal, en el comportamiento acústico de los murciélagos.

Una vez obtenidas las grabaciones de ecolocalización, estas se analizan con programas especializados como Avisoft Bioacoustics, BatExplorer, BatSound, Kaleidoscope, o Raven. Muchos de estos ofrecen versiones de prueba o la posibilidad de solicitar licencias profesionales gratuitas para estudiantes de ciertos países, incluidos varios en América Latina, como es el caso de Raven o BatExplorer. También existen programas completamente gratuitos como Audacity u Ocenaudio que permiten editar los audios –por ejemplo, recortarlos o eliminar partes de la grabación– antes de ser analizados en los programas mencionados. Durante este proceso, el sonido se estudia visualmente mediante la representación de la variación de la frecuencia, el tiempo y la intensidad de la señal acústica. La frecuencia indica qué tan agudo o grave es el sonido, la duración mide cuánto tiempo se prolonga y la intensidad indica si es fuerte o débil.

Los murciélagos pueden ajustar sus sonidos dependiendo del clima, la presencia de ruido o el tipo de hábitat donde se encuentren. Estos ajustes se pueden observar al medir diversos parámetros, como la frecuencia y duración. Por

ejemplo, en ambientes muy húmedos, los sonidos muy agudos se pierden fácilmente; por lo tanto, algunos murciélagos usan tonos más graves para que sus "ecos" sean más claros. Asimismo, en presencia de ruido generado por actividades humanas, como tráfico o máquinas, los murciélagos tienden a subir la intensidad de sus llamados. Algunas especies, como el murciélago norteamericano (*Myotis lucifugus*), emiten sonidos más cortos y agudos para navegar entre los árboles mientras que en un campo abierto emplean llamados un poco más largos y graves. Así también, el murciélago mastín de Sinaloa (*M. sinaloae*) emite sonidos más cortos y agudos cuando se moviliza en ambientes urbanos, con el fin de compensar el ruido de fondo, en comparación a cuando se moviliza en zonas naturales.

Cabe destacar que el estudio de la acústica avanza a un ritmo acelerado, y constantemente surgen nuevas técnicas, programas y métodos de grabación y análisis. En la actualidad, la medición de los pulsos de ecolocalización se puede realizar de manera automatizada, y la identificación de especies a partir de grabaciones pasivas también puede llevarse a cabo mediante algoritmos y grabaciones de referencia que alimentan sistemas de inteligencia artificial.

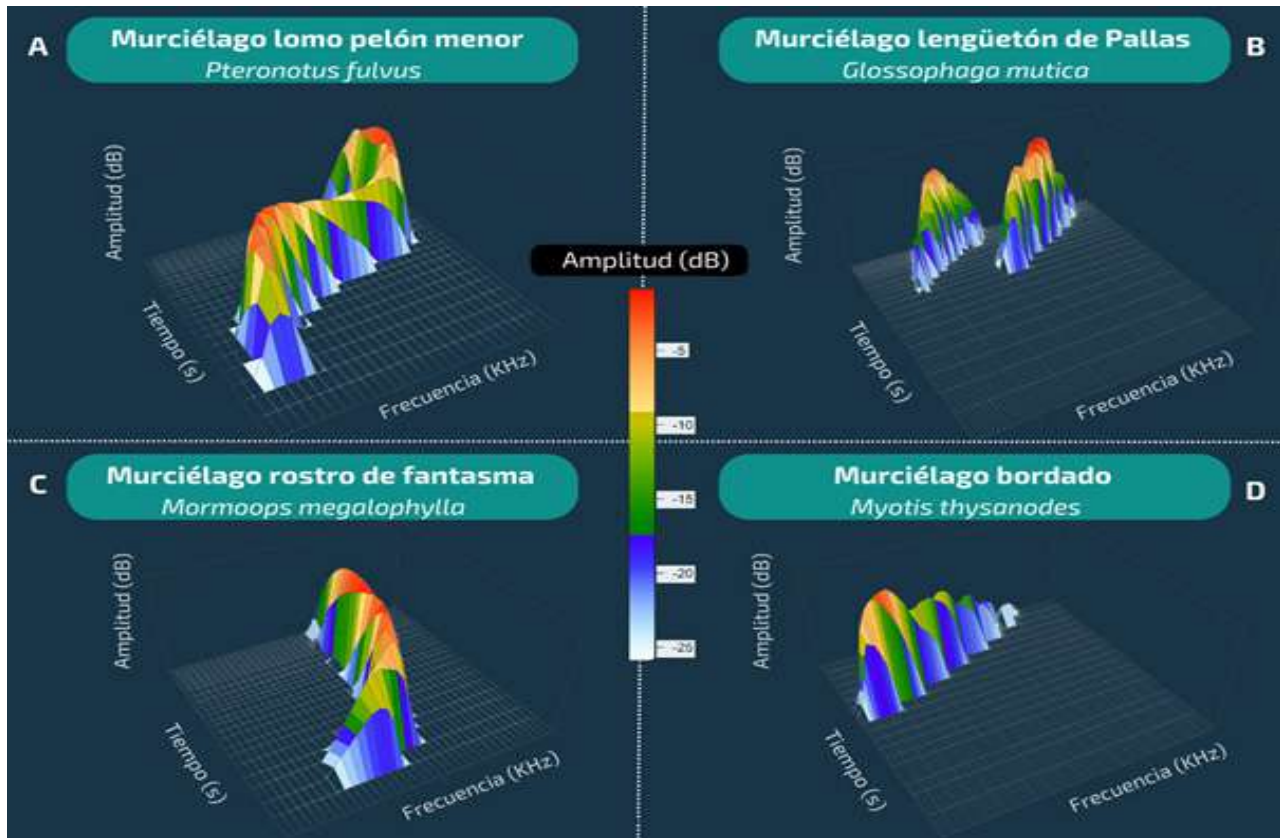
A nivel de análisis, ha emergido una nueva alternativa para estudiar las señales acústicas de los murciélagos: la morfometría geométrica. Aunque esta técnica se ha utilizado ampliamente para analizar variaciones anatómicas, como en alas y cráneos, ahora también puede aplicarse a los pulsos de ecolocalización de los murciélagos. Esta técnica permite representar los pulsos en tres dimensiones, mostrando las variaciones en frecuencia, tiempo e intensidad en pulsos con formas similares. De manera detallada, revela cómo la amplitud (intensidad) del pulso varía a lo largo de su duración, mostrando las variaciones sutiles y diferencias finas entre señales acústicas similares que, de otro modo, pasarían desapercibidas con las mediciones tradicionales de frecuencias y duración. Por ejemplo, la morfometría geométrica promedia y evidencia de manera visual en qué parte del pulso de ecolocalización un grupo de murciélagos emplea la mayor energía y cómo varía a lo largo de la forma del pulso.

El estudio de la acústica en los seres vivos es de gran relevancia, ya que permite monitorear la biodiversidad y conocer sobre el comportamiento y la ecología de las especies, así como identificar los efectos de las actividades humanas en los organismos. En animales nocturnos y voladores, como los murciélagos, este enfoque es de especial importancia, pues el sonido es su principal forma de orientación y percepción del entorno. Los avances en bioacústica aplicada a murciélagos han sido significativos, tanto en el desarrollo de tecnologías de grabación y programas de análisis, como en las metodologías empleadas para abordar su estudio.

En este contexto, resulta fundamental aprovechar y promover enfoques no tradicionales para el estudio de la biodiversidad, como la acústica, que no solo proporciona información biológica valiosa para la investigación científica, sino que también abre oportunidades para fomentar la ciencia ciudadana, involucrando a la sociedad en el conocimiento, valoración y conservación de la biodiversidad.

AGRADECIMIENTOS

A P. Ahumada-Rueda por su colaboración en el manuscrito y su participación en la investigación de la morfometría geométrica aplicada en el sonido de murciélagos. A I. L. López-Cuamatzi y a P. Velásquez-Noriega por las fotografías y a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por la beca de posgrado otorgada a NR-O.



Medición de pulsos de ecolocalización mediante morfometría geométrica en murciélagos insectívoros (A, C y D) y nectarívoros (B).
Gráficas: Natalia Ramirez-Ortiz.

LITERATURA CONSULTADA

- Ávila-Flores, R., *et al.* 2022. Construcción a gran escala de una biblioteca acústica de referencia de murciélagos/Construction of a large-scale acoustic reference library of bats. Asociación Mexicana de Mastozoología A. C. Ciudad de México, México.
- Chaverri, G., E. H. Gillam, y M. J. Vonhof. 2010. Social calls used by a leaf-roosting bat to signal location. *Biology Letters* 6:441-444.
- Fenton, M. B. 2013. Questions, ideas, and tools: Lessons from bat echolocation. *Animal Behaviour* 85:869-879.
- Hoefer, S., *et al.* 2023. Passive acoustic monitoring in terrestrial vertebrates: a review. *Bioacoustics* 32:506-531.
- Holland, R. A., *et al.* 2011. Emergence time and foraging activity in Pallas' mastiff bat, *Molossus molossus* (Chiroptera: Molossidae) in relation to sunset/sunrise and phase of the moon. *Acta Chiropterologica* 13:399-404.
- MacLeod, N., J. Krieger, y K. E. Jones. 2013. Geometric morphometric approaches to acoustic signal analysis in mammalian biology. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy* 24:110-125.
- Martínez-Medina, D., *et al.* 2021. Estándares para registrar señales de ecolocalización y construir bibliotecas de referencia de murciélagos en Colombia. *Biota Colombiana* 22:3-20.
- Lara-Núñez, A. C., J. A. Guerrero, y A. Rizo-Aguilar. 2022. Effect of anthropogenic noise on the echolocation pulses of the bats *Molossus sinaloae* and *Mormoops megalophylla*. *Therya* 13:235-243.
- Rocha, P. C., y P. S. Romano. 2021. The shape of sound: A new R package that crosses the bridge between bioacoustics and geometric morphometrics. *Methods in Ecology and Evolution* 12:1115-1121.
- Schnitzler, H.-U., y E. K. V. Kalko. 2001. Echolocation by Insect-Eating Bats: We define four distinct functional groups of bats and find differences in signal structure that correlate with the typical echolocation tasks faced by each group. *BioScience* 51:557-569.
- Simmons, J. A., M. B. Fenton, y M. J. O'Farrell. 1979. Echolocation and the pursuit of prey by bats. *Science* 203:16-21.
- Wund, M. A. 2006. Variation in the echolocation calls of little brown bats (*Myotis lucifugus*) in response to different habitats. *The American Midland Naturalist* 156:99-108.
- Yoh, N., *et al.* 2020. Echolocation of Central Amazonian 'whispering' phyllostomid bats: Call design and interspecific variation. *Mammal Research* 65:583-597.
- Zamora-Gutiérrez, V., *et al.* 2020. The Sonozotz project: Assembling an echolocation call library for bats in a megadiverse country. *Ecology and Evolution* 10:4928-4943.

Sometido: 28/mar/2025.

Revisado: 15/abr/2025.

Aceptado: 07/may/2025.

Publicado: 12/may/2025.

Editor asociado: Dra. Susette Castañeda-Rico.

CRUZAR O MORIR EN EL INTENTO: FAUNA ATROPELLADA

Marcos Briceño-Méndez^{*1,2}, Salvador Montiel¹ y Yamilli Contreras-Perera³

¹Departamento de Ecología Humana, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida. Mérida, Yucatán, México.

marcos.briceno@cinvestav.mx (MB-M), montiels@cinvestav.mx (SM)

²Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán. Oxkutzcab, Yucatán, México.

³Unidad Colaborativa para Bioensayos Entomológicos y Laboratorio para el Control Biológico de *Aedes aegypti*, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. yamjaz_85@hotmail.com (YC-P)

^{*}Autor de correspondencia

Las carreteras del sureste de México se han convertido en trampas letales para la fauna silvestre. Cada día, numerosos animales intentan cruzarlas encontrando la muerte, lo cual revela una alarmante amenaza para la biodiversidad asociada a las vías de comunicación terrestres.

En la actualidad, el desarrollo de infraestructura vial en el sureste mexicano ha traído consigo una paradoja entre progreso y conservación. Las carreteras, si bien indispensables para la conectividad humana, se han convertido en verdaderas barreras mortales para la fauna silvestre. Cada kilómetro carretero implica un nuevo desafío para mamíferos, reptiles, aves y anfibios que necesitan desplazarse entre fragmentos de la matriz ambiental.

En este contexto, el atropellamiento de fauna silvestre constituye un fenómeno urgente de atender. Esto, es particularmente el caso de distintas áreas de la región peninsular de Yucatán (incluyendo los estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo), donde la presencia del megaproyecto Tren Maya y otras rutas vehiculares afecta áreas de gran biodiversidad como la Reserva de la Biosfera de Calakmul. Asociada a la infraestructura carretera de estas áreas, se ha documentado un alto índice de mortalidad de fauna por atropellamientos vehiculares, afectando especies de protección especial, catalogadas como amenazadas o en peligro de extinción en México.

En un estudio reciente en carreteras que presentan un gradiente de urbanización bajo, vías asfálticas de dos carriles que atraviesan asentamientos humanos, áreas agrícolas y ganaderas y vertederos de residuos a cielo abierto, se registraron 142 animales atropellados de 28 especies en su mayoría (> 50 %) mamíferos silvestres. Dicho estudio se realizó por medio de recorridos diurnos (08:00-11:00 horas) a bordo de un vehículo desplazándose a una velocidad de 40 km/h, durante la temporada de lluvias 2023 y secas 2024.

Especies de mamíferos silvestres atropellados en tramos carreteros 261 y 269 Hopelchen-Dzibalchen y Dzibalchen-Xpujil, respectivamente en el estado de Campeche, México.

Clase	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común
Mammalia	Artiodactyla	Tayassuidae	<i>Dicotyles tajacu</i>	Pecarí de collar
		Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache
	Carnivora	Canidae	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorrita gris
			<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	Jaguarundi
			<i>Canis latrans</i>	Perro cimarrón
	Carnivora	Felidae	<i>Procyon lotor</i>	Mapache
			<i>Nasua narica</i>	Tejón o coati
	Carnivora	Mustelidae	<i>Eira barbara</i>	Cabeza de viejo
			<i>Canis latrans</i>	Perro cimarrón
	Carnivora	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	Tejón o coati
			<i>Procyon lotor</i>	Mapache
	Carnivora	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i>	Sereque o guaqueque
			<i>Dasyprocta mexicana</i>	Oso hormiguero
	Carnivora	Felidae	<i>Procyon lotor</i>	Mapache
			<i>Nasua narica</i>	Tejón o coati
	Carnivora	Mustelidae	<i>Eira barbara</i>	Cabeza de viejo
			<i>Canis latrans</i>	Perro cimarrón
	Carnivora	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	Tejón o coati
			<i>Procyon lotor</i>	Mapache

Especies como el tlacuache (*Didelphis virginiana*) y el tejón o coati (*Nasua narica*) encabezan la lista de registros, con tasas de mortalidad diaria estimadas entre 2.4 y 3.2 individuos por kilómetro de carretera. Aves como el bolsero yucateco (*Icterus auratus*), reptiles como la boa (*Boa constrictor*), y anfibios como el sapo gigante (*Rhinella horribilis*) también figuran entre las víctimas de atropellamientos frecuentes, sobre todo en temporada de lluvias, cuando su movilidad reproductiva incrementa para estos tres últimos grupos.

Uno de los factores más alarmantes que contribuyen a la problemática del atropellamiento de fauna es la presencia de vertederos (a cielo abierto) de residuos sólidos en zonas aledañas a carreteras. Dichos vertederos atraen animales silvestres en busca de comida, pero incrementando, consecuentemente, su riesgo de muerte por el tránsito vehicular del lugar.

Aunado a lo anterior, la falta de señalización preventiva y de infraestructura especializada como pasos de fauna, túneles o puentes verdes, evidencia una desconexión entre la planificación para el desarrollo carretero y la conservación de la biodiversidad. Esto no solo compromete la integridad de los ecosistemas, sino que también perpetúa la fragmentación del hábitat, reduciendo

la viabilidad de las poblaciones silvestres en el mediano y largo plazo.

La urgencia de mitigar los impactos del atropellamiento de fauna en las carreteras del sureste de México requiere no solo voluntad institucional, sino también la implementación de estrategias técnicamente viables y socialmente aceptables. Afortunadamente, existen diversas medidas que pueden aplicarse con eficacia si se implementan adecuadamente y de forma articulada por parte del sector gubernamental, académico y social.

Una de las acciones más efectivas es la instalación de pasos de fauna, cuya tipología debe adaptarse a las especies predominantes en cada región. Los pasos a nivel del suelo, subterráneos o elevados deben responder a las necesidades ecológicas y patrones de comportamiento de mamíferos (de talla mediana y grande), reptiles, anfibios y otros grupos vulnerables. Así, los pasos de fauna deben estar estratégicamente ubicados en zonas con alta incidencia de atropellamientos que interconectan puntos en corredores naturales para la fauna.

El monitoreo sistemático es otro pilar fundamental. El uso de cámaras trampa y recorridos estandarizados permite no solo identificar puntos críticos, sino también evaluar la efectividad de las medidas de mitigación implementadas. Este seguimiento continuo genera información científica valiosa y actualizada, indispensable para una gestión adaptativa del territorio.

La colocación de señalización específica con sensores de presencia animal y avisos luminosos puede aumentar la percepción del riesgo para los conductores de vehículos automotores, incentivando una conducción más cuidadosa en tramos de alta vulnerabilidad para la fauna. Estas señales deben estar acompañadas de campañas de concienciación que promuevan una cultura vial responsable.

Sin duda, la educación ambiental también juega un papel clave en la problemática de interés. Es indispensable trabajar con las comunidades locales, especialmente aquellas situadas en las inmediaciones de reservas naturales o tramos carreteros de alta biodiversidad. Esto, permitirá desarrollar programas educativos dirigidos a diversos públicos que pueden fomentar el reconocimiento del valor ecológico de la fauna silvestre y la importancia de su protección.

Toda esta información debe integrarse en los estudios de impacto ambiental de obras de infraestructura, tanto de gran escala como de proyectos baja escala. Esto implica que los datos sobre atropellamientos, conectividad ecológica y presencia de especies protegidas sean considerados desde la etapa de planeación, y no solo al final estableciendo “medidas correctivas” a la postre. La transversalidad del enfoque de conservación es esencial para garantizar un desarrollo territorial con tintes sustentables. Es imperativo establecer una base de datos abierta y georreferenciada de atropellamientos. Esto permitirá a investigadores, tomadores de decisiones y ciudadanía visualizar la magnitud del problema, y generar políticas públicas con respaldo técnico y social.



Mamíferos silvestres atropellados en carreteras del sureste de México. A) ejemplar de zorrillo gris (*Urocyon cinereargenteus*), B) Tlacuache (*Didelphis virginiana*), C) Armadillo (*Dasypus mexicanus*), D) Cabeza de viejo (*Eira barbara*), E) Tejón (*Nasua narica*) y F) Oso hormiguero (*Tamandua mexicana*).

Fotografías: Marcos Briceño-Méndez.

Finalmente, cabe decir que el reto no es menor. La ecología de carreteras y sus implicaciones para la biodiversidad resalta la necesidad de balancear el desarrollo e infraestructura carretera con la protección de la biodiversidad, a través de voluntad política, coordinación interinstitucional y un cambio de paradigma para el desarrollo regional. Con base en información científica y estrategias integradas, es posible disminuir significativamente la afectación de la fauna silvestre por atropellamientos y promover la conectividad ecológica y social en el sureste mexicano.

Solo mediante acciones concretas como la implementación de infraestructura adecuada, el monitoreo de largo plazo y la educación ambiental podremos identificar formas viables para reducir la mortalidad de la fauna silvestre asociada a su movilidad.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el interés por este estudio a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y representantes de la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche. Asimismo, agradecemos el apoyo técnico y las facilidades para este trabajo por LAECBIO del CINEVESTAV-Mérida. El Biól. Armando Rojas y Dr. Romeo Sánchez brindaron apoyo en actividades de campo. Este trabajo se realizó durante una estancia posdoctoral del primer autor (MB-M), bajo la supervisión del Dr. Salvador Montiel, contando con una beca (#877786) del CONAHCYT-México.

LITERATURA CONSULTADA

- Andelković, M., y N. Bogdanović. 2022. Amphibian and reptile road mortality in special nature reserve Obedska Bara, Serbia. *Animals* 12:561.
- Amador, A. S., E. J., Naranjo, y F. G., Jimenez. 2013. Wildlife predation on livestock and poultry: Implications for predator conservation in the rainforest of south-east Mexico. *Oryx* 2:243-250.
- Barabas, A. M. 2021. El Tren Maya: un megaproyecto controvertido. Cuicuilco. *Revista de Ciencias Antropológicas* 28:255-264.
- Benítez, J. A., y G. Escalona-Segura. 2021. Impacto de las vías de comunicación sobre la fauna silvestre en áreas protegidas: estudios de caso para el sureste. *El Colegio de la Frontera Sur*. Campeche, México.
- Briceño-Méndez, M., *et al.* 2025. Vertebrados silvestres atropellados en carreteras del sureste de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 12:e4200.
- Canales-Delgadillo, J., *et al.* 2020. Muertes por tráfico sobre la carretera costera del Golfo de México: ¿Cuántas y cuáles especies de fauna silvestre se están perdiendo? *Revista Mexicana de Biodiversidad* 91:913189.
- Cervantes-Huerta, R., *et al.* 2018. Atropellamiento de vertebrados en tres tipos de carretera de la región montañosa central de Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana* 33:472-481.
- Cervantes-Huerta, R. y A. J. Durán. 2022. Seasonal variation of mammal road-kill hotspots in the Sierra Madre Occidental, México. *Therya Notes* 3:70-74.
- Coelho, I., A. Kindel, y A. Coelho. 2008. Roadkills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, southern Brazil. *European Journal of Wildlife Research* 54:689-699.
- Coelho, I. P., *et al.* 2012. Anuran road-kills neighboring a peri-urban reserve in the Atlantic Forest, Brazil. *Journal of Environmental Management* 112:17-26.
- Delgado-Trejo, C., *et al.* 2018. Vehicular impact as a source of wildlife mortality in the Western Pacific Coast of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 89:1234-1244.
- DOF. Diario Oficial de la Federación. 2019. Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. Ciudad de México, México.
- Engert, J. E., *et al.* 2024. Ghost roads and the destruction of Asia-Pacific tropical forests. *Nature* 629:370-375.
- Pozo-Montuy, G., C. C. Guzmán, G. T. Téllez, y M. R. Peralta. 2021. Atropellamiento de fauna silvestre en la carretera Villahermosa-Zacatal, subtramo Atasta, dentro del APFF Laguna de Términos. Pp.304-319 *in* Impacto de las vías de comunicación sobre la fauna silvestre en áreas protegidas: estudios de caso para el sureste de México (Benítez, J. A., y S. G. Escalona, eds.). ECOSUR. Campeche, México.
- Rojano-Bolaño C, y R. Ávila-Avilán. 2021. Mortalidad de vertebrados silvestres por atropellamiento en el departamento de Casanare, Colombia. *Revista de Medicina Veterinaria* 42:27-40.

Sometido: 28/abr/2025.

Revisado: 03/may/2025.

Aceptado: 07/may/2025.

Publicado: 12/may/2025.

Editor asociado: Dra. Mariana Munguía Carrara.

EL ACCIDENTE DE CHERNÓBIL, ¿CONSERVA A MESOMAMÍFEROS?

Lia Celina Méndez-Rodríguez* y Sergio Ticul Álvarez-Castañeda

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR). La Paz,

Baja California Sur, México. lmendez04@cibnor.mx (LCM-R), sticul@cibnor.mx (STA-C).

*Autor de correspondencia

El accidente del reactor de la central nuclear de Chernóbil, crea un dilema entre la contaminación radiactiva y la conservación, muchas preguntas a resolver.

El 26 de abril de 1986, a las 1:23:45 hrs, se produjo una explosión en el reactor cuatro de la central nuclear Vladímir Ilich Lenin, cerca de la ciudad de Chernóbil, que dio nombre al accidente. La planta, ubicada en la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (actualmente en Ucrania), se encontraba a 17 kilómetros de la frontera con Bielorrusia. Este accidente es el más grave en la historia de la energía nuclear en el que se encuentra involucrado un factor vinculado a un error humano. En ese momento, la central contaba con cuatro reactores operativos y dos en construcción. El desastre provocó la evacuación de la zona y la creación de un área inhabitable para los humanos, denominada "Zona de Exclusión de Chernóbil", que abarca aproximadamente 4,300 km², extendiéndose hasta las fronteras de Ucrania y Bielorrusia.

Cada reactor nuclear tenía la capacidad de producir 1,000 megavatios mediante fisión atómica, utilizando uranio como combustible. Se estima que el accidente liberó a la atmósfera entre 100 y 200 millones de curies (un curie equivale a 37,000,000,000 desintegraciones atómicas por segundo) durante nueve días. El material liberado consistía en productos radiactivos del reactor, equivalentes a unas 190 toneladas de dióxido de uranio, que contenía aproximadamente un 2 % del isótopo ²³⁵uranio (con una vida media de 700 millones de años). Cabe destacar que el ²³⁵uranio constituye solo el 0.72 % del uranio natural.

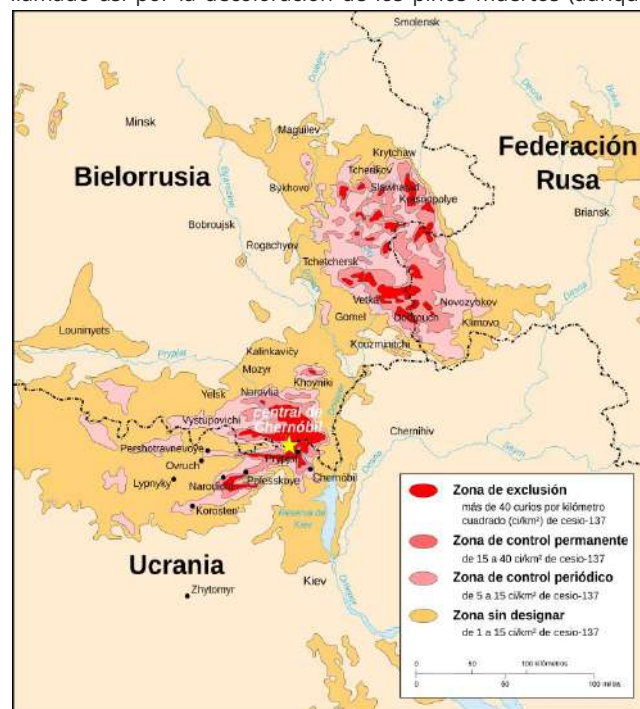
La fisión del uranio genera otros elementos con distintos isótopos, los cuales son átomos de un mismo elemento con diferente número de neutrones. En un reactor nuclear, este proceso produce diversas formas radiactivas de cesio, inestables y sujetas a decaimiento hasta convertirse en elementos estables mediante la emisión de partículas beta y radiación gamma. Entre los isótopos más relevantes generados están el ¹³⁴cesio y el ¹³⁷cesio. El ¹³⁴cesio se transforma en ¹³⁴xenón o ¹³⁴bario (no radiactivos), mientras que el ¹³⁷cesio decae únicamente en ¹³⁷bario (tampoco radiactivo). La vida media del ¹³⁴cesio es de unos dos años, frente a los 30 años del ¹³⁷cesio. Otro isótopo producido es el ¹³¹yodo, con una vida media de ocho días, que se convierte en ¹³¹xenón. Además, en la explosión se liberaron otros radionucleidos como el ⁹⁰estroncio, ²⁴¹americio, ¹⁰³,¹⁰⁶rutenio y ¹³²telerium entre otros.

Según su vida media, estos radionucleidos pueden persistir en el ambiente desde periodos breves de ocho días

(como el ¹³¹yodo) hasta extremadamente largos de 700 millones de años (como el ²³⁵uranio). La absorción de cesio por ingestión es casi del 100 %, acumulándose principalmente en el músculo, mientras que el ¹³¹yodo se absorbe en un 90 % y se concentra en la tiroides, donde se mide la exposición a este elemento. Evaluar el nivel al cual ha estado expuesta la biota al ¹³¹yodo en la zona de exclusión ha sido complejo debido a factores como variaciones en los equipos y su calibración durante la medición, diferencias entre individuos, ubicación, tiempo de exposición y dieta contaminada. Esto subraya la importancia de los estudios sobre cómo la radiación crónica afecta atributos críticos de las poblaciones (abundancia, diversidad genética) o individuos (mutaciones, fecundidad, supervivencia).

Tras el accidente, las mascotas y animales de granja fueron sacrificados, aunque no completamente. Se documentó la evacuación de 86,000 cabezas de ganado, pero no hay registros precisos de los supervivientes. Curiosamente, la ausencia humana convirtió la zona en una reserva natural involuntaria.

Ocho años después, investigadores como el Dr. Robert Baker (Texas Tech University) exploraron el "Bosque Rojo", llamado así por la decoloración de los pinos muertos (aunque



Zona de exclusión de Chernóbil.

Tomado de De Sting Editor: Germanicus - Focos de radiación por ¹³⁷cesio en el área de Chernóbil tras el Accidente en la Central Nuclear. Derivative work of Image: Tchernobyl radiation 1996.svg by User: Eric Gaba- Wikimedia Commons user Sting which is based upon a map from the CIA Handbook of International Economic Statistics (1996); Source image used to create this «svg» version: Scan from the site of The University of Texas at Austin (in Public Domain); CC BY-SA 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2255536>

los abedules sobrevivieron). Se capturaron ratones con niveles récord de radiación en huesos y músculos, pero que físicamente se veían normales, incluso con embriones aparentemente sanos. Experimentos con $^{137}\text{cesio}$ mostraron alteraciones genéticas sin afectar la expresión proteica, morfología testicular o niveles hormonales, pese a la alta concentración de este isótopo en los testículos. Contrariamente, en laboratorio, ratones expuestos al $^{137}\text{cesio}$ durante nueve meses mostraron reducción de estradiol en adultos, pero no en neonatos, posiblemente por su inmadurez metabólica.

Expediciones posteriores reportaron abundancia de alces (*Alces alces*), corzos (*Capreolus capreolus*), jabalíes (*Sus scrofa*), zorros rojos (*Vulpes vulpes*), nutrias (*Lutra canadensis*) y liebres (*Lepus europaeus*) dentro de la zona, en contraste con áreas exteriores donde con excepción de liebres, las demás especies estaban ausentes. Doce años después, tampoco se hallaron evidencias de tasas de mutación por la exposición a la radioactividad en el área.

Existen resultados contradictorios en relación con las tendencias de ocupación y las densidades de mamíferos en la Zona de Exclusión de Chernóbil. No está claro qué efectos puede tener la exposición crónica a la radiación en el estado y la distribución de su población. La evidencia reciente sugiere que las poblaciones de varias especies de grandes mamíferos aumentaron dentro de la Zona de Exclusión de Chernóbil durante la primera década después del accidente, y que las distribuciones de los grandes mamíferos no están correlacionadas con la gravedad de la contaminación por radiación. Sin embargo, hay estudios que indican lo contrario y en los que se reportan impactos negativos para la salud de la vida silvestre, incluidas deformidades en los espermatozoides y aumentos en las tasas de mutación, morbilidad y mortalidad. En roedores han reportado los efectos de la radiación en la gametogénesis, la morfología y el rendimiento espermático de los topillos rojos; con una mayor frecuencia de espermatozoides anormales en zonas de Suecia, Bielorrusia y Ucrania, afectadas por la lluvia radiactiva de Chernóbil.

La discrepancia entre los estudios se ha asociado a los distintos métodos de campo, tipos de análisis y los métodos para estimar las dosis de radiación. Cámaras-trampa han documentado que la fauna no parece afectada por el $^{137}\text{cesio}$, aunque no se evaluaron efectos fisiológicos en los individuos. Factores como movilidad, dieta o comportamiento de los animales dificultan correlacionar contaminación con dosis absorbidas. La exposición crónica podría afectar la salud, pero actualmente no limita la distribución de lobos (*Canis lupus*), zorros rojos, perros mapache (*Nyctereutes procyonoides*) o jabalíes, presentes incluso a 500 m de áreas con alta radiación. Sus áreas de distribución son pequeñas (1.5 a 2.0 km² para zorros rojos y perros mapache; 3 a 15 km² para jabalíes), lo que los expone directamente a la radiación local.

En perros mapache, la ocupación se correlacionó positivamente con los niveles radiactivos, quizá por factores ambientales no medidos. Los zorros rojos, más móviles, no mostraron efectos asociados al $^{137}\text{cesio}$. Los jabalíes, aunque con áreas reducidas, no parecen afectados, salvo por su proximidad a tierras agrícolas fuera de la zona, donde forrajea. Los lobos, con amplios territorios, no mostraron influencia de ningún parámetro ambiental medido.

En general, la contaminación radiactiva no parece afectar la distribución actual de carnívoros medianos/grandes en la zona. Factores antropogénicos (ej. agricultura, presencia humana) son más determinantes. Hoy existen poblaciones robustas de mamíferos incluso en áreas con radiación superior a 7,500 kBq/m², lo que plantea reflexiones:

1. Adaptación: Algunas especies han mejorado su resiliencia, como mayor producción de antioxidantes.

2. Recuperación poblacional: La ausencia humana ha permitido la proliferación de lobos, jabalíes, ciervos y aves.

3. Biodiversidad: La zona es un santuario de facto, con especies raras o en peligro en otras regiones europeas.

No obstante, persisten incógnitas. Podría haber cambios no detectados en la diversidad o pérdida de capacidad reproductiva en algunas especies. Al no haber un censo previo de las especies presentes en la zona, es factible que hayan desaparecido una o más especies y no haber sido notado. Aunque el accidente fue devastador, la fauna actualmente presente en la Zona de Exclusión de Chernóbil es más abundante que en el resto de Europa lo que puede ser atribuido a la ausencia de actividades asociadas al ser humano.

LITERATURA CONSULTADA

- Baker, R. J., y R. K. Chesser, 2000. The Chernobyl nuclear disaster and subsequent creation of a wildlife preserve. *Environmental Toxicology and Chemistry* 19:1231-1232.
- Drozdvitch, V., *et al.* 2019. Thyroid doses due to Iodine-131 inhalation among Chernobyl cleanup workers. *Radiation and Environmental Biophysics* 58:183-194.
- Grignard, E., *et al.* 2010. Testicular steroidogenesis is not altered by $^{137}\text{cesio}$ Chernobyl fallout, following in utero or post-natal chronic exposure. *Comptes Rendus Biologies* 333:416-423.
- Mappes, T., *et al.* 2019. Ecological mechanisms can modify radiation effects in a key forest mammal of Chernobyl. *Ecosphere* 10:e02667.
- Møller, A. P., *et al.* 2013. Differences in effects of radiation on abundance of animals in Fukushima and Chernobyl. *Ecological Indicators* 24:75-81.
- Mousseau, T. A. 2021. The biology of Chernobyl. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 52:87-109.
- Saenko, V., V *et al.* 2011. The Chernobyl accident and its consequences. *Clinical Oncology* 23:234-243.
- Webster, S. C., *et al.* 2016. Where the wild things are: influence of radiation on the distribution of four mammalian species within the Chernobyl Exclusion Zone. *Frontiers in Ecology and the Environment* 14:185-190.

Sometido: 08/abr/2025.

Revisado: 29/abr/2025.

Aceptado: 07/may/2025.

Publicado: 12/may/2025.

Editor asociado: Dr. Francisco Botello.

RATAS GIGANTES COMBATEN EL TRÁFICO ILEGAL DE ESPECIES

José Eduardo, Reynoso-Cruz^{1,2,*} Walter Magesa¹

¹APOPO, Sokoine University of Agriculture, Morogoro, Tanzania.

eduardo.reynoso@apopo.org (JER-C), walter.magesa@apopo.org (WM).

²Universidad Veracruzana, Instituto de Neuroetología, Xalapa, Veracruz, México

*Autor de correspondencia

Desde hace más de 25 años una organización no gubernamental con base en Tanzania entrena el olfato de ratas gigantes africanas para detectar explosivos y tuberculosis. Su más reciente aplicación es la detección de elementos de vida silvestre ilegalmente transportada.

El comercio ilegal de vida silvestre es una industria global multimillonaria que implica la caza, la extracción furtiva, el contrabando y la venta de especies o sus partes. Según el Fondo Mundial para la Naturaleza (en inglés World Wildlife Foundation; WWF), este comercio es la cuarta industria ilícita más grande del mundo, después del tráfico de drogas, armas y personas. Partes de animales como el marfil, el cuerno de rinoceronte o la vejiga del pez totoaba (*Totoaba macdonaldi*) son comerciados regularmente en el mercado ilegal, alcanzando cifras de miles de dólares, por unos cuantos gramos. Esta actividad ilegal genera graves consecuencias ambientales, económicas y sociales, por lo que contar con soluciones integrales es imperante, y detectar los sitios donde estos bienes ilegales se transportan es un gran paso para detener esta actividad.

Este mercado ilícito de vida silvestre es una de las principales causas de la rápida disminución de especies, incluso llevando a algunas al borde de la extinción, ya que altera las cadenas ecológicas y es uno de los motores del cambio climático. Manipular animales y plantas silvestres también genera riesgos sanitarios, ya que diversas enfermedades podrían transmitirse a los humanos y generar brotes epidémicos o pandemias. Al ser una actividad ilícita, todas las ganancias se manejan en la clandestinidad, impulsando la corrupción y la inseguridad en varias zonas del planeta.

Si bien los gobiernos y las organizaciones dedicadas a la conservación intensifican sus esfuerzos para frenar el tráfico de vida silvestre, uno de los desafíos más importantes sigue siendo detectar e interceptar su contrabando a través de las fronteras. Dichos esfuerzos se ven obstaculizados por las tácticas que los contrabandistas emplean para ocultar estos productos ilegales en contenedores, equipaje o incluso en los cuerpos de otros animales transportados legalmente. Aunque las fuerzas del orden de todo el mundo utilizan diferentes tecnologías, como los escáneres de rayos X, la detección por olfato usando perros sigue siendo la tecnología más empleada, dado que requiere de un menor número de requisitos técnicos. Los perros de detección tienen la ventaja de poder ser desplegados en diferentes sitios,

como aeropuertos, estaciones de tren y autobuses, o en puntos de revisión instalados en las fronteras o autopistas. Aquí es donde entran en juego las ratas gigantes de APOPO (*Antipersonsmijnen Ontmijnende Product Ontwikkeling*, en español Desarrollo de Productos para la Detección de Minas Terrestres Antipersonales), ofreciendo una alternativa novedosa para el combate al comercio ilegal.

APOPO es una organización no gubernamental (ONG) con base en Morogoro, Tanzania, en las praderas de las montañas de Uluguru. Esta organización tiene más de 25 años entrenando un roedor local para detectar minas terrestres y otros elementos explosivos, así como para detectar y diagnosticar oportunamente tuberculosis en muestras de flema. Estos dos innovadores programas han sido reconocidos internacionalmente por ofrecer soluciones costo-efectivas, garantizando altos niveles de detección a un costo menor al ofrecido por otras tecnologías.

Las ratas gigantes africanas o ratas gigantes de bolsillos (*Cricetomys ansorgei*) son una especie nativa distribuida en toda la región subsahariana del continente africano. Tienen un peso aproximado de 1.2 kilogramos y pueden vivir hasta ocho años en condiciones de cuidado humano (cautiverio), sobrepasando la vida media de las ratas de laboratorio o alcantarilla, las cuales no viven más de cuatro años. Desde su fundación, APOPO



Nemma (entrenadora) trabajando con Betty (rata gigante) para moverse eficientemente usando un arnés, en el sitio de entrenamiento en Morogoro, Tanzania.
Fotografía: APOPO.



Feitoto, rata gigante entrenada indicando al encontrar virutas de cuerno de rinoceronte. Las virutas usadas para su entrenamiento en el puerto de Dar es-Salaam, Tanzania. Fotografía: APOPO.

eligió a esta especie por su agudo olfato, gran inteligencia, peso liviano, gran agilidad y excepcional esperanza de vida. Estas cualidades permiten que las ratas gigantes realicen su trabajo sin riesgo al encontrarse en sitios con explosivos y son capaces de realizar estas tareas por varios años, lo que denota esta relación costo-efectiva.

Como parte de sus actividades, APOPO realiza constantemente estudios con la finalidad de mejorar sus protocolos de entrenamiento o para expandir el uso de las capacidades olfativas a otros ámbitos. Desde 2017, su departamento de innovación inició un proyecto de la mano de otras organizaciones como Idea Wild (en español Idea Salvaje) y Endangered Wildlife Trust (en español Fideicomiso para la Vida Silvestre en Peligro de Extinción; EWT), con el objetivo de entrenar a las ratas para la detección de elementos provenientes de la vida silvestre. El trabajo inicial comenzó con una serie de estudios en los que se probó si las ratas gigantes eran capaces de detectar la presencia de escamas de pangolín, cuerno de rinoceronte, marfil de elefante y madera africana. Los resultados de este estudio mostraron que las ratas eran capaces de detectar e indicar la presencia de estos cuatro elementos en el 85 % de los casos. El estudio también demostró durante las pruebas de detección, que las ratas eran capaces de ignorar otros elementos como café y detergente, los cuales son usados para evitar la detección de elementos ilegales por perros de olfato.

Aunque estos resultados fueron prometedores, las condiciones de laboratorio difieren significativamente de las zonas de trabajo donde las actividades de detección ocurren. Por lo que el siguiente paso fue desarrollar una serie de protocolos para entrenar ratas gigantes capaces de trabajar en los lugares de detección y no en un laboratorio. Estos esfuerzos iniciaron en 2020 y se han extendido hasta nuestros días. Las técnicas de entrenamiento son similares a las usadas para entrenar a otros animales, sin embargo, estas se han adaptado a las necesidades y características de las ratas gigantes. Las principales herramientas de entrenamiento son el *clicker* y el reforzamiento positivo. El *clicker* es un aparato que produce un clic intenso al presionarlo, de ahí su nombre. Por su parte el refuerzo positivo es un mecanismo de aprendizaje estudiado

por los psicólogos, el cual permite que los animales adquieran nuevos comportamientos, ya que los animales aprenden que, ante ciertos estímulos, en nuestro caso aromas, es necesario expresar conductas particulares, lo cual les dará acceso a alimento o situaciones que los animales pueden buscar, como refugio o interacción social.

Para entrenar a las ratas en la detección de productos ilegales de fauna silvestre, los entrenadores de APOPO las familiarizan con los humanos y con su manipulación. Este primer paso permite establecer un vínculo entre las ratas y sus entrenadores. Generar este vínculo es indispensable ya que los entrenadores se vuelven más sensibles a la conducta de las ratas y les permite detectar cambios sutiles asociados a su salud o personalidad. Posteriormente, se inicia el entrenamiento de la conducta de indicación, la cual consiste en jalar un pendiente localizado en su chaleco de trabajo. Al jalar el pendiente se activa un zumbador que los entrenadores ocupan para saber si los animales han olfateado un aroma específico, llamado target. Se continúa con el entrenamiento para detectar y discriminar los aromas asociados a los targets, para ello se les presenta a las ratas muestra de fauna silvestres en presencia de otros elementos con aromas no relevantes. En cada ocasión que las ratas se acercan, olfatean los aromas de los targets e indican jalando el pendiente, los entrenadores activan el *clicker* y posteriormente entregan un alimento balanceado como recompensa.

Esta sucesión de eventos y conductas, aroma del target, indicación, *clicker* y consecuencia (obtención de alimento) son la base del entrenamiento de detección. Como parte fundamental de este entrenamiento, es necesario que el clic y la consecuencia se presenten exclusivamente cuando el animal realice la conducta de indicación en presencia del target y no ante otros elementos y sus aromas. Todo el entrenamiento se realiza en áreas que simulan almacenes en el puerto/aeropuerto y dentro/ fuera de contenedores. A medida que avanza su entrenamiento, las ratas se exponen gradualmente a escenarios más complejos, incluyendo la ocultación de los targets en diversos elementos tales como equipaje, cajas de cartón, plástico o madera cubiertas por diferentes capas, simulando las estrategias de ocultamiento de los contrabandistas.

Desde 2023, las ratas han sido sometidas a entrenamientos en escenarios reales en el puerto de Dar es-Salaam en Tanzania, uno de los centros comerciales más activos de África Oriental. Estos ensayos fueron realizados en conjunto con las autoridades en Fauna Silvestre de Tanzania (en inglés Tanzania Wildlife Management Authority). Durante estos entrenamientos se buscó probar la viabilidad de las actividades de detección de las ratas y diversas estrategias de búsqueda en potenciales sitios de trabajo. Estos ejercicios generaron resultados sorprendentemente precisos, finalizando con ocho ratas capaces de identificar el 83% de los elementos de vida silvestre empleados para su entrenamiento. En 2024 se realizó un segundo ejercicio de entrenamiento con un nuevo grupo de ratas y los esfuerzos de entrenamiento se expandieron al Aeropuerto Internacional Julius Nyerere en Dar es-Salaam. En esa ocasión, el nuevo grupo alcanzó una precisión del 87 %, superando a sus predecesores y demostrando la viabilidad de emplear a las ratas para buscar y detectar vida silvestre ilegalmente transportada.

Además de su éxito en la detección del contrabando, las ratas entrenadas por APOPO también contribuyen a la concienciación pública sobre el problema del tráfico de vida silvestre. Ya que las ratas gigantes son parte de la vida silvestre de Tanzania, lo que implica que es vida silvestre protegiendo a la vida silvestre. Estos esfuerzos no solo señalan el problema que representa el tráfico de vida silvestre, sino que también destacan como soluciones innovadoras pueden combatirlo de forma eficiente. El uso de ratas ha atraído una considerable atención, lo que a su vez contribuye a la concienciación y a obtener apoyo para políticas y medidas de control más estrictas.

Al ser una tecnología altamente eficaz para detectar productos de vida silvestre, las ratas de APOPO contribuyen a la protección de las especies en peligro de extinción y a la preservación de la biodiversidad. Se espera que otras organizaciones repliquen estrategias similares con la fauna local en pro de la protección de la biodiversidad y el ambiente.

Aunque las ratas aún no están operando como una

de las estrategias de detección, se ha programado que sus actividades inicien en la segunda mitad de 2025. Se espera que el despliegue de las ratas APOPO genere una colaboración internacional para combatir el tráfico de vida silvestre. Los esfuerzos de APOPO no tienen como objetivo remplazar ninguna de las estrategias existentes, si no que se espera complementarlas y ser un participante más, al igual que los perros detectores y los sistemas de escaneo, para proporcionarles a las autoridades más herramientas en la lucha contra el tráfico de vida silvestre.

Uno de los problemas clave es la escalabilidad del programa. Si bien las ratas han demostrado un gran éxito durante su entrenamiento en los sitios de despliegue, la expansión del programa a otras regiones podría requerir recursos adicionales, incluyendo infraestructura de capacitación, personal de apoyo y seguridad. Además, los traficantes de vida silvestre adaptan constantemente sus métodos para evadir la detección, lo que significa que las estrategias de detección deben evolucionar continuamente.

Otro desafío es la necesidad de realizar más investigaciones sobre la eficacia a largo plazo de las ratas en la detección de una amplia gama de productos de vida silvestre. APOPO se ha centrado principalmente en el marfil, el cuerno de rinoceronte y las escamas de pangolín, es posible que otros productos, como las pieles de animales, requieran métodos de entrenamiento particulares. La investigación y la adaptación continuas serán fundamentales para garantizar que las ratas sigan siendo una herramienta eficaz en la lucha contra el tráfico ilegal. A pesar de estos y otros desafíos, las ratas de APOPO ofrecen esperanza para el futuro de la conservación de la vida silvestre.

Al seguir invirtiendo en estas soluciones innovadoras, podemos dar pasos significativos para preservar las especies más amenazadas del mundo y garantizar un futuro sostenible para los ecosistemas de nuestro planeta.



Rata gigante Kalani entrenando para olfatear las ventilaciones de los contenedores de carga en el puerto de Dar es-Salaam, Tanzania.
Fotografía: APOPO.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Antohy Mshigeni, Dora Herbert, Nema Shilemba, Gasper Jeremia y Emmanuel Ramadhani por su participación en el entrenamiento. Se agradece también a las Dras. Isabelle Zsott y Jade Fountain por el diseño de los protocolos de entrenamiento y su participación en la dirección del proyecto. Estas actividades fueron realizadas con financiamiento de del gobierno alemán a través de GIZ (81284245), UK Lotto y múltiples donadores anónimos que creen en el trabajo humanitario de APOPO. Miles de gracias a todos por su apoyo.

LITERATURA CONSULTADA

- Anagnostou, M., y B. Doberstein. 2022. Illegal wildlife trade and other organized crime: A scoping review. *Ambio* 51:1615-1631.
- Bezerra-Santos, M. A., *et al.* 2021. Legal versus illegal wildlife trade: Zoonotic disease risks. *Trends in Parasitology* 37:360-361.
- Edwards, T. L., *et al.* 2015. Giant African pouched rats (*Cricetomys gambianus*) that work on tilled soil accurately detect land mines. *Journal of Applied Behavior Analysis* 48:696-700.
- Ellis, H. M., *et al.* 2019. Trialing a semi-automated line cage for scent detection by African pouched rats. *Behavior Analysis: Research and Practice* 19:150-163.
- Fukushima, C. S., *et al.* 2021. Challenges and perspectives on tackling illegal or unsustainable wildlife trade. *Biological Conservation* 263:109342.
- Mozar, A., y S. Prost. 2023. An introduction to illegal wildlife trade and its effects on biodiversity and society. *Forensic Science International: Animals and Environments* 3:100064.
- Szott, I. D., *et al.* 2024. Ratting on wildlife crime: Training African giant pouched rats to detect illegally trafficked wildlife. *Frontiers in Conservation Science* 5:1-22.
- Webb, E. K., *et al.* 2020. Rapidly training African giant pouched rats (*Cricetomys ansorgei*) with multiple targets for scent detection. *Behavioural Processes* 174:104085.

Sometido: 05/may/2025.

Revisado: 14/may/2025.

Aceptado: 20/may/2025.

Publicado: 21/may/2025.

Editor asociado: Dra. Natalia Martín Regalado.