Therya

ixmana

ISSN 2954-3606

Volumen 5 Número 1

Enero 2026



AMMAC

www.mastozoologiamexicana.com

EDITORIAL

En la portada:
La musaraña norteña de cola corta *Blarina brevicauda* pertenece a la familia Soricidae del Orden Eulipotyphla. Posee veneno y unos dientes rojos y afilados para comer artrópodos y pequeños vertebrados. Su distribución es en ambientes Neárticos, desde el sur de Canadá hasta hasta el centro de Estados Unidos de América. La fotografía fue tomada en Minnesota, Estados Unidos de América. Fotografía: Jeroen van der Kooij.

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 decimoprimero 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. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., Baja California Sur, 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. Pabellón Nacional de la Biodiversidad, 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 Anaid 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.

Tesorera SIDD-THERYA
Dra. Malinalli Cortés Marcial. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco, Ciudad de México, México.

THERYA *ixmana* volumen 5, número 1, octubre 2025-enero 2026. 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.

AMMAC

Therya
ixmana

CONTENIDO

01-03

DE CIENCIA CIUDADANA Y MUCHOS (MUCHÍSIMOS) MAMÍFEROS ATROPELLADOS

Alberto González-Gallina e Issachar L. López-Cuamatzi

04-06

EL LEGADO DE JANE GOODALL EN LA MASTOZOOLOGÍA

José Ángel Ortega-Borchardt

07-09

MURCIÉLAGOS E INSECTOS: COEVOLUCIÓN EN UNA CARRERA ARMAMENTISTA

Cintya A. Segura-Trujillo y Sergio Ticul Álvarez-Castañeda

10-13

LOS MAMÍFEROS MARINOS Y LA CONTAMINACIÓN POR PLÁSTICOS

José Ángel Ortega-Borchardt, Gisela Heckel y Nancy Ramírez-Álvarez

14-16

LA POLARIDAD DEL MERCURIO EN LA HISTORIA

Adriana Estefania Flores-Morán, Jaqueline García-Hernández y Juan Pablo Gallo-Reynoso

17-19

DEL CAPIBARA FAMOSO AL GUAQUEQUE OLVIDADO DE MÉXICO

Jenner Rodas-Trejo

20-21

LA ESCALADA MÍNIMA DE PERRITO LLANERO MEXICANO

Dino Ulises González-Uribe, Héctor Darío González-López y José Isidro Uvalle-Sauceda

22-24

LA ARDILLA MOTEADA: EL INGENIERO INVISIBLE DEL DESIERTO

Erika J. Cruz-Bazan y Jorge E. Ramírez-Albores

25-28

¿GRIPE EN ANIMALES? INFLUENZA A (H5N1) EN MAMÍFEROS

Román Espinal-Palomino, César R. Rodríguez-Luna y Carlos Ibarra-Cerdeña

29-31

¡NO TODOS SON PEQUEÑOS! ROEDORES: DIVERSOS Y SORPRENDENTES

María Lourdes Barriga Carbajal y Eduardo Mendoza Ramírez

32-34

EL REGRESO DEL BORREGO CIMARRÓN AL NORESTE MEXICANO

Fernando Isaac Gastelum-Mendoza y Gorgonio Ruiz-Campos

35-38

EL ESFUERZO INVISIBLE DE LAS BALLENAS DURANTE EL AVISTAMIENTO

Diana Carolina Pérez Orozco, Gael Morales Calderon y Omar García Castañeda

AMMAC
Therya
ixmana

CONTENIDO

39-40
CUANDO EL MONTE ALIMENTA: SUBSISTENCIA DURANTE LA PANDEMIA
Marcos Briceño-Méndez y Salvador Montiel

41-42
LOS FAMOSOS DE LA SELVA MAYA
Khiavett Sánchez-Pinzón, Daniel Jesús-Espinoza y Héctor M. J. López-Castilla

43-44
HIBERNACIÓN Y PROGRESO HUMANO: EL CASO DEL MOTOCLE
Jazmín Itzel Benítez Garibo y Dante Alfredo Hernández

45-46
CUANDO EL PELAJE FELINO SE CONVIERTE EN SUPERVIVENCIA
Jonathan Josue Zamora Doria

47-49
CUEVA URBANA DE MATERNIDAD DE MURCIÉLAGOS EN CANCÚN
Henry F. Dzul-Cauich, Jennifer Méndez Torres y Juan F. Bárcenas Graniel

50-52
CAZADORAS MINIATURA CON ARMAS QUÍMICAS
Issac Camargo y Alina Gabriela Monroy-Gamboa

53-55
DÓNDE DUERMEN LOS MURCIÉLAGOS DEL ESTADO DE MÉXICO
Erika Mendez-Manzano, y Cuauhtémoc Chávez

56-58
AMÍFEROS PEQUEÑOS: MUCHO TRABAJO, POCO PROTAGONISMO
Sandra H. Montero Bagatella y Perla D. Ventura-Rojas

59-60
CLIMA, EVOLUCIÓN Y FUTURO DE LOS CARNÍVOROS MEXICANOS
Carlos Luna-Aranguré y Julián A. Velasco

DOI: 10.12933/therya_ixmana-26-757
ISSN 2954-3606

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):1-3

DE CIENCIA CIUDADANA Y MUCHOS (MUCHÍSIMOS) MAMÍFEROS ATROPELLADOS

Alberto González-Gallina[1] e Issachar L. López-Cuamatzi[2]*

[1]Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana.
Xalapa de Enríquez, Veracruz, México. fodopo@hotmail.com

[2]Red de Biología y Conservaciónde Vertebrados, Instituto de Ecología A.C.
Xalapa de Enríquez, Veracruz, México. isachar26@hotmail.com

*Autor de correspondencia

–"Ciencia ciudadana"– El sustantivo y el adjetivo que pone de manifiesto la democratización de la tecnología y el conocimiento en el siglo XXI. –"Ciencia ciudadana"– ...se acompaña bien con algunos verbos: observar, documentar, fotografiar, testificar, registrar ... colaborar.

El crecimiento de la red de carreteras y caminos es una de las mayores amenazas para la fauna silvestre en todo el mundo. Los mamíferos, en particular, se ven muy afectados. Estas vías no solo dividen sus hábitats y dificultan su movimiento natural, sino que también se convierten en trampas mortales para muchos animales que intentan cruzarlas y son atropellados.

Los choques entre animales y vehículos –lo que comúnmente llamamos "atropellamientos"– se han convertido en una causa extra de muerte para la fauna silvestre. Además de las causas naturales –enfermedades, vejez o peleas entre ellos por comida o parejas–, muchos animales mueren al intentar cruzar una carretera y ser impactados por un automóvil. En algunos casos, la cantidad de individuos atropellados es tan alta que puede aumentar peligrosamente la tasa de mortalidad de la población, llevando a la disminución drástica en el número de individuos de una especie e incluso causando su extinción local.

Este problema ambiental ha ocasionado que surja una nueva rama dentro de la Ecología: la "Ecología de Caminos" (o *Road Ecology*, en inglés). Esta disciplina, aún joven, pero en rápido crecimiento, busca entender por qué ocurren tantos atropellamientos de fauna silvestre y, lo más importante, cómo podemos evitarlos. Desde estudiar los sitios más peligrosos hasta diseñar soluciones como pasos de fauna o señalización especial, la Ecología de Caminos tiene como meta final ayudar a que los animales puedan moverse con mayor seguridad en un mundo lleno de carreteras.

Como ocurre con muchas disciplinas nuevas, la Ecología de Caminos aún enfrenta varios retos. Todavía hay muchas preguntas sin respuesta como ¿por qué ocurren los atropellamientos? y, sobre todo, ¿cuál es la mejor forma de prevenirlos? En algunos países, como Guatemala, Belice, El Salvador, Honduras, Paraguay son casi nulos los estudios dedicados a esta problemática.

Además, uno de los mayores retos de esta disciplina es reunir la información necesaria para entender por qué ocurren los atropellamientos y qué consecuencias tienen. Y es que reunir esos datos requiere un esfuerzo titánico. La herramienta por excelencia de la Ecología de Caminos es la de realizar monitoreos sistemáticos sobre las autopistas en busca de cadáveres de animales atropellados. Con estos datos, los científicos pueden calcular cuántos animales mueren y detectar, a escala muy local, los tramos más peligrosos. Pero, debido a la enorme cantidad y extensión de carreteras que existen en México, recorrerlas todas para buscar animales atropellados suena a una tarea imposible. Y ese es justamente el gran reto: ¿cómo obtener información suficiente para proteger a la fauna en medio de un país con 916,078 km de caminos, carreteras y autopistas?

Aunque esta disciplina emergente, ha despertado un creciente interés entre científicos, estudiantes y personas dedicadas a la conservación en México; la información que existe sigue siendo limitada tanto en cobertura geográfica como en una escala temporal. A esto se suma un reto importante: la inseguridad en muchas autopistas del país, que complica aún más el trabajo de quienes intentan estudiar esta problemática. Así, entender a fondo cómo, dónde y por qué ocurren los atropellamientos de fauna silvestre en México sigue siendo una tarea difícil, pero urgente.

Ante este panorama, la ciencia ciudadana puede ser una gran herramienta de apoyo para entender y ayudar a resolver esta problemática ambiental. Plataformas como iNaturalistMX anteriormente llamada "Naturalista", son espacios donde cualquier persona, sin importar su ocupación, puede compartir sus fotos y registros geolocalizados de animales y otros organismos. Hasta agosto de 2025, México cuenta con una comunidad de 170,760 "naturalistas" que han hecho más de 8,711,817 observaciones, cubriendo 55,245 especies. Esta comunidad sigue creciendo cada día, sumando más registros y nuevos participantes que contribuyen a conocer la naturaleza.

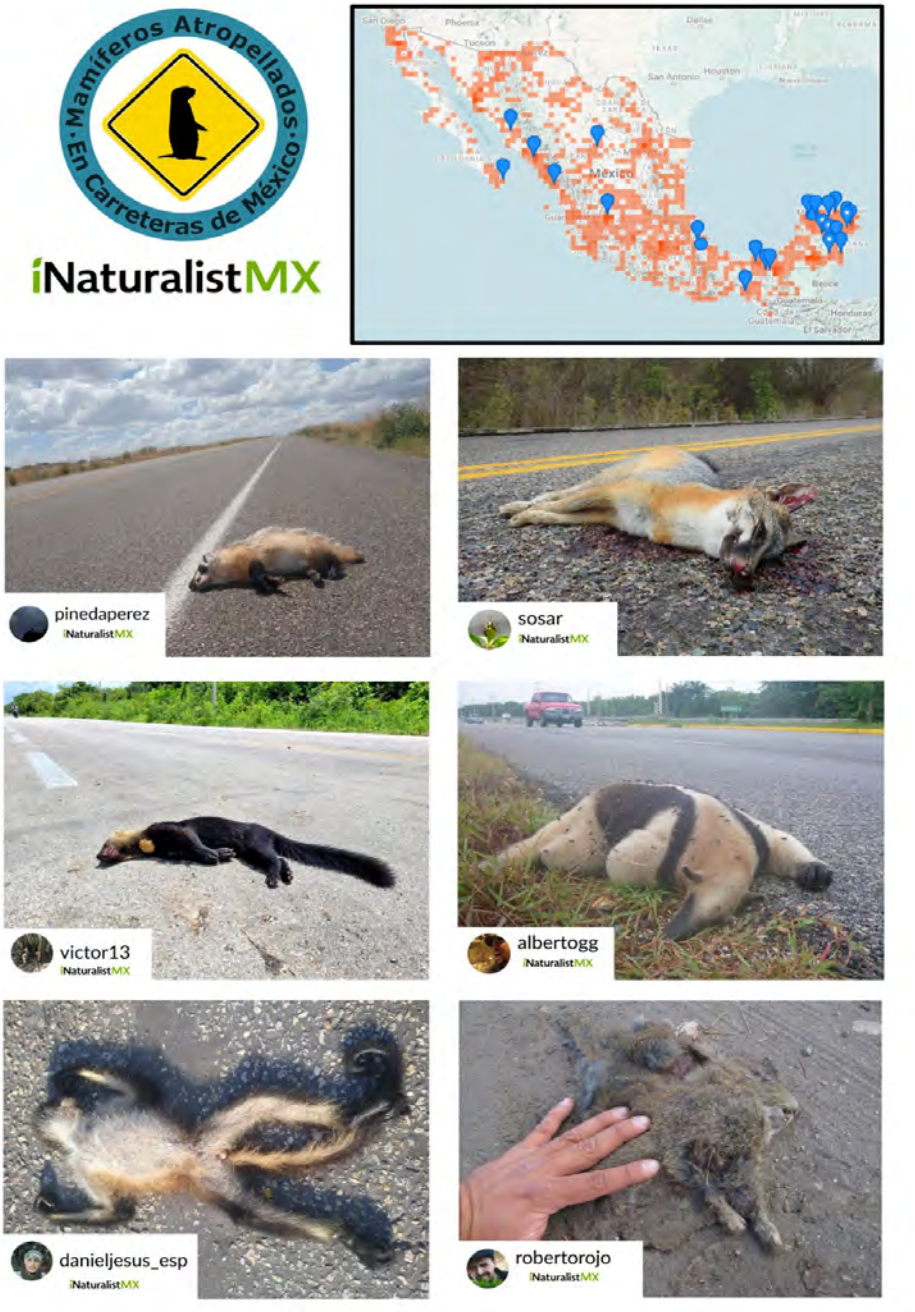
Es importante destacar que esta gran explosión de científicos-ciudadanos ha sido posible, sin duda alguna, gracias al internet. No obstante, el desarrollo tecnológico también ha permitido la creación de herramientas que facilitan las tareas de registro y documentación de la fauna silvestre, así como la construcción de repositorios on-line donde se resguarda la información recabada. Actualmente, cualquier persona con un teléfono inteligente o cámara puede "subir" sus observaciones a la plataforma y continuar con sus ocupaciones diarias.

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):1-3-

La información generada por ciencia ciudadana es un gran potencial para la Ecología de Caminos en México. En 2024, se lanzó un proyecto dentro de la plataforma llamado "Mamíferos atropellados en carreteras de México", con la finalidad de compilar las observaciones específicas para el tema y poder conocer y administrar de manera sistemática y cuantitativa los registros. Particularmente, para analizar los patrones de atropellamientos y con ello incidir en estrategias de conservación.

Aunque las observaciones recopiladas en este proyecto no son búsquedas sistemáticas de animales atropellados que permiten calcular tasas de mortalidad, sí contribuyen a identificar patrones de dónde, cuándo y qué especies de mamíferos están siendo atropelladas a lo largo del país. De hecho, a diferencia de los estudios puntuales que se enfocan en carreteras específicas y en periodos establecidos, este proyecto tiene la gran ventaja de tener una amplia comunidad de "observadores" que reportan sus avistamientos desde diferentes lugares y en distintos momentos, sin estar limitados a una carretera o un tiempo determinado.

Gracias a la participación de estos "observadores", el proyecto "Mamíferos atropellados en carreteras de México" ha reunido 3,588 registros que incluyen 102 especies diferentes de mamíferos. Con la certeza de que cada registro es un animal que ya no puede cumplir su función ecológica, salvo en el mejor de los casos, servir de alimento para algún carroñero, estos números también son un recordatorio de la realidad que enfrentan estos animales en un mundo cada vez más perturbado por el humano.



Imágenes del Proyecto "Mamíferos atropellados en carreteras de México". Estas fotografías fueron tomadas del portal iNaturalistMX (https://mexico.inaturalist.org/observations?project_id=212766) y muestran la distribución geográfica de los registros recopilados por esta iniciativa ciudadana. De izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, se pueden ver imágenes de algunas de las especies afectadas: el tlalcoyote (*Taxidea taxus*), la zorrita gris (*Urocyon cinereoargenteus*), el viejo de monte (*Eira barbara*), el oso hormiguero (*Tamandua mexicana*), el mono araña (*Ateles geoffroyi*) y el teporingo (*Romerolagus diazi*).
Fotografías: Rodolfo Pineda Pérez (tlalcoyote), Daniel Sosa Ruiz (zorrita gris), Víctor Castelazo Calva (viejo de monte), Alberto González Gallina (oso hormiguero). Daniel Jesús Espinosa (mono araña) y Roberto Francisco Rojo García (teporingo).

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):1-3

Con los datos del proyecto se han podido encontrar algunos patrones de interés para la conservación de los mamíferos mexicanos. Parte de la utilidad es mostrar cuales son los mamíferos con más atropellamientos reportados en México. La mayoría de estas especies son consideradas generalistas, es decir, poseen dietas variadas y toleran ambientes altamente perturbados. Además, suelen tener poblaciones abundantes y realizan desplazamientos frecuentes a lo largo de las carreteras, lo que incrementa su vulnerabilidad a las colisiones. Tal es el caso del tlacuache norteño (*Didelphis virginiana*), la zorrita gris (*Urocyon cinereoargenteus*), el mapache (*Procyon lotor*) y el coyote (*Canis latrans*). No obstante, este patrón no se cumple en el caso del quinto mamífero más atropellado, el oso hormiguero (*Tamandua mexicana*). Esta especie, más especializada, se alimenta principalmente de hormigas y termitas. Sus características biológicas aumentan su vulnerabilidad: su tamaño, su desplazamiento lento por el suelo debido a sus adaptaciones arborícolas, y su estrategia defensiva de enfrentar directamente las amenazas, hacen que permanezca más tiempo en la vía, incrementando así la probabilidad de ser atropellado.

El proyecto también mostró que 29 especies registradas están en alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010, sumando un total de 561 observaciones. Algunas de ellas presentan un patrón preocupante. Por ejemplo, el oso hormiguero, considerado "En peligro de extinción", tiene que un 33.5 % de sus registros en México corresponden a individuos atropellados. Algo parecido ocurre con el tlalcoyote, catalogado como "Amenazado", y el viejo de monte, también "En peligro de extinción", cuyos atropellamientos representan alrededor del 21.78 % y 20.65 % de sus registros, respectivamente. Estos datos muestran que, aunque son especies poco vistas en la naturaleza, el tráfico vehicular está afectando seriamente a estas poblaciones. Lamentablemente, no contamos con información suficiente sobre sus números totales para calcular con exactitud el impacto.



Top 5 de especies de mamíferos con mayor número de registros de atropellamiento según los datos del Proyecto "Mamíferos atropellados en carreteras de México" (cifras en rojo). También se incluyen los registros del tlalcoyote y el viejo de monte (cifras en azul), especies elusivas y poco comunes en estado silvestre, cuya frecuencia de atropellamientos podría indicar una amenaza significativa para sus poblaciones. Imagen: Issachar L. López-Cuamatzi.

Con este artículo se pretende motivar una mayor participación ciudadana para generar una mayor cantidad y calidad de información. Puedes hacerlo subiendo tus propias observaciones, uniéndote a proyectos temáticos o simplemente comenzando a usar plataformas que ayudan a conocer y proteger nuestra biodiversidad.

También es una invitación a mirar con más atención cuando viajamos por carretera: no solo para evitar atropellar animales, sino para reflexionar sobre qué está pasando y qué podemos hacer para que nuestras carreteras sean más seguras para los mamíferos silvestres y otras especies que también las cruzan.

AGRADECIMIENTOS

A toda la comunidad de "naturalistas" y a todos los ecólogos de caminos de México qué -consternados- ante la fotografía de un mamífero atropellado, buscan soluciones. El segundo autor agradece enormemente a E. González Rodríguez por su apoyo en el establecimiento de la iniciativa "Mamíferos atropellados en carreteras de México".

LITERATURA CONSULTADA

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, publicada el 30 de diciembre de 2010. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019#gsc.tab=0. Consultado el 13 de septiembre de 2025.

González-Gallina A. *et al*. 2013. The Small, The Forgotten and The Dead: Highway impact on vertebrates and its implications for mitigation strategies. Biodiversity and Conservation 22:325-342.

González-Gallina, A. y G. Benítez-Badillo. 2013. Road ecology studies for México: a review. Oecología Australis Special issue on Road Ecology 17:175-190.

Grilo, C., *et al*. 2025. Global Roadkill Data: a dataset on terrestrial vertebrate mortality caused by collision with vehicles. Scientific Data 12:505

iNaturalist. 2025. Proyecto "Mamíferos atropellados en carreteras de México". En: iNaturalistMX. 2025. https://mexico.inaturalist.org/observations. Consultado el 19 de mayo de 2025.

Kolb, M., Cruz-Cano, R., y R. A. Saldaña-Vázquez. 2025. Atropellamientos de vertebrados terrestres en carreteras: los vacíos cuantitativos para el neotrópico. Acta Zoológica Mexicana (n. s.) 41:1-35.

Sometido: 15/jul/2025.
Revisado: 03/ago/2025.
Aceptado: 19/sep/2025.
Publicado: 01/oct/2025.
Editor asociado: Dra. Mariana Munguía Carrara.

DOI: 10.12933/therya_ixmana-26-776
ISSN 2954-3606

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):4-6

EL LEGADO DE JANE GOODALL EN LA MASTOZOOLOGÍA

José Ángel Ortega-Borchardt
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada, Baja California, México. jangelortegab@gmail.com

A Jane Goodall se le recuerda por sus acciones de conservación y sus investigaciones pioneras sobre el comportamiento de los chimpancés. Sin embargo, al limitar su figura a la primatología, es posible que estemos pasando por alto su verdadero legado: su aporte a la revolución de la mastozoología.

Una de las grandes obsesiones a lo largo de la vida de muchos académicos y académicas ha sido responder la pregunta de si los seres humanos estamos solos en el universo. Hasta el día de hoy persiste la búsqueda de formas de vida en otros lugares, donde procesos biológicos que conocemos, o incluso que aún desconocemos, se puedan estar desarrollando. También ha surgido la pregunta: ¿existe vida similar a la nuestra fuera de la Tierra? Es decir, con cualidades comparables a las de los seres humanos, como la empatía, el uso de la cultura o la tecnología, entre otras. En la década de 1960, mientras muchos se concentraban en la posibilidad de que estuviéramos solos en el cosmos, Jane Goodall invitó a la comunidad científica a considerar, más bien, si estábamos solos o no en este planeta.

Hasta mediados del siglo XX, los estudios de Mastozoología, al igual que otras subramas de la Zoología, se concentraban en investigaciones que consideraban a los animales como organismos puramente instintivos que simplemente respondían a los estímulos del ambiente. El estudio de la fauna silvestre se enfocaba principalmente en la observación a distancia, el análisis de pieles y huesos obtenidos mediante la caza de especímenes o el estudio de animales mantenidos en cautiverio. Los académicos de la época aplicaban diversos procedimientos con el fin de mantener una supuesta objetividad científica. Entre ellos destacaba la práctica de asignar números, y no nombres, a los animales de estudio, lo que implicaba negarles cualquier tipo de personalidad, emoción o cognición compleja.

El paradigma comenzó a cambiar con la llegada de una joven inglesa, Valerie Jane Morris-Goodall, hoy conocida como Jane Goodall, quien, impulsada por su interés en los animales y la naturaleza de África, abordó en marzo de 1957 un barco llamado *Kenya Castle* para visitar a una amiga y a su familia en las afueras de Nairobi, en Kenia. Durante ese viaje, contactó al reconocido paleoantropólogo Dr. Louis Leakey, quien la contrató en el entonces Museo Nacional de Nairobi, donde él se desempeñaba como curador. El Dr. Leakey intuía que estudiar el comportamiento de los chimpancés (*Pan troglodytes schweinfurthii*), uno de los parientes vivos más cercanos al ser humano, podría ofrecer pistas cruciales sobre la vida de los primeros ancestros humanos. Con el tiempo, decidió que Jane era la candidata ideal para llevar a cabo esta investigación en el actual Parque Nacional Gombe Stream, en Tanzania. En ella no solo vio pasión y determinación, sino que consideró su falta de formación académica formal como una ventaja, ya que, al no haber cursado una carrera relacionada con las ciencias biológicas ni estudios de posgrado en ese momento, no estaría condicionada por los enfoques analíticos de la época y podría observar a los chimpancés con una mente abierta.

Este tipo de investigaciones era muy inusual en aquella época, ya que implicaban expediciones largas y riesgosas, realizadas principalmente por hombres y, además, requerían una inversión económica considerable. En la actualidad, este último factor sigue destacando como un desafío crucial: si un proyecto no cuenta con una fuente de financiamiento sólida, es posible que no pueda realizarse o que no perdure a largo plazo. Esta situación refleja con frecuencia un sesgo inherentemente antropocéntrico, donde se tiende a priorizar investigaciones que prometen beneficios directos y a corto plazo para el ser humano,



Jane Goodall (1934-2025) fue reconocida por más de seis décadas de investigación de campo sobre el comportamiento y la ecología de los chimpancés (*Pan troglodytes*). Fotografía: Departamento de Estado de los Estados Unidos (Wikimedia Commons).

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):4-6

como el desarrollo de tecnología o la medicina. Al subestimar el valor del conocimiento por el conocimiento mismo, esta visión puede dejar sin respuesta preguntas fundamentales sobre el mundo natural y nuestro lugar en él. Irónicamente, se nos olvida que la ciencia básica es la semilla de la que han brotado las revoluciones científicas más importantes hasta la fecha. Sin embargo, Jane Goodall y sus colegas, con el apoyo de la *Wilkie Foundation* y de la *National Geographic Society*, lograron superar este obstáculo.

A pesar de las dificultades iniciales para obtener financiamiento y el permiso de las autoridades de Kigoma, en Tanzania, para trabajar sola en el bosque tropical, Jane Goodall llegó al Parque Nacional Gombe Stream en julio de 1960, acompañada por su madre Vanne Goodall. Al principio, enfrentó múltiples adversidades, que iban desde un viaje complicado en un vehículo sobrecargado hasta la desconfianza inicial de la población local y la crisis en el Congo. Pasaron varias semanas desde que llegó y recorrió largos caminos hasta que finalmente encontró varios grupos de chimpancés y pudo comenzar su trabajo. Sus herramientas eran simples: un cuaderno, un par de binoculares y mucha paciencia.

Gracias a los años que dedicó a sus estudios, los aportes metodológicos que Jane implementó en Gombe fueron tan radicales que marcaron un antes y un después en la etología, la ciencia que estudia el comportamiento de los animales en su ambiente natural. Sus métodos fueron recibidos inicialmente con escepticismo por miembros de la comunidad científica, como su supervisor de doctorado en la Universidad de Cambridge, el Dr. Robert Hinde, pues desafiaban directamente las bases sobre las que se había construido esta disciplina hasta ese momento. Su decisión de asignar nombres en lugar de números a los chimpancés, como Fifi, J.B. o Frodo, entre muchos otros, permitió seguir sus historias de vida, comprender sus complejas relaciones sociales y reconocer que, al igual que los seres humanos, poseían personalidades distintas. En lugar de realizar estudios breves e invasivos, Jane se integró en su entorno y, con el tiempo, logró ganarse su confianza. Esta inmersión profunda le permitió observar comportamientos naturales nunca antes documentados.

Entre ellos destacó su observación de cómo dos individuos, a los que nombró David Greybeard y Goliath, tomaban ramas de plantas, les quitaban las hojas para así introducir el tallo en los termiteros y alimentarse con mayor facilidad. Este hecho constituyó el primer registro de un animal silvestre que no solo utilizaba un objeto como herramienta, sino que lo adaptaba y lo modificaba. Al recibir la noticia, su mentor, el Dr. Leakey, le escribió un telegrama a Jane con una frase que resumiría el impacto de su descubrimiento: "Ahora debemos redefinir 'herramienta', redefinir 'hombre' o aceptar a los chimpancés como humanos". La importancia de sus hallazgos, logrados con métodos considerados "poco científicos", transformó no solo la investigación en el campo de la primatología, la ciencia que estudia a los primates, sino también la mastozoología de la época.



Dos chimpancés (*Pan troglodytes*) juveniles juegan juntos en el Parque Nacional Gombe Stream, en Tanzania, a orillas del lago Tanganica. En este lugar, Jane Goodall pasó muchos años investigando el comportamiento de los chimpancés en su entorno natural.
Fotografía: Cethuyghe (Wikimedia Commons; CC BY-SA 4.0).

No obstante, Jane Goodall no solo evidenció el uso y la modificación de herramientas por parte de los chimpancés, sino que también observó conflictos entre clanes, las adopciones de huérfanos, la transmisión de comportamientos culturales y la manifestación de emociones complejas como el duelo, la alegría y los lazos familiares. El trabajo pionero de Jane con los chimpancés actuó como un impulsor crucial que transformó de manera fundamental el paradigma científico de la mastozoología, pues otorgó a la comunidad científica el "permiso" de investigar rasgos similares en otros mamíferos sin el temor inmediato de ser considerados poco científicos o de caer en la antropomorfización, entendida como la atribución de características y cualidades humanas a los animales u otros objetos.

Tras la publicación de los hallazgos de Jane Goodall y gracias a la nueva puerta metodológica que ella abrió, investigadores e investigadoras comenzaron a documentar, sin temor al escepticismo, comportamientos complejos y aprendidos en una creciente lista de especies de mamíferos. Este incremento exponencial nos invita a una reflexión inevitable: ¿qué habría ocurrido si Jane no hubiera emprendido aquel viaje a Gombe? O, quizás más importante, ¿qué habría pasado si su mente hubiera estado moldeada por el rigor académico de la época? Paradójicamente, su mayor ventaja fue no tener la mente limitada por el pensamiento científico dominante, que sostenía la inflexible diferencia entre humanos y el resto de los animales, vistos como seres puramente instintivos. Las herramientas conceptuales de entonces, como la estricta prohibición de antropomorfizar, de reconocer personalidades o de nombrar a los animales, se habían convertido en lentes diseñados para confirmar una verdad cómoda. Frente a estas reglas, Jane opuso un método radicalmente distinto, basado en la paciencia, la empatía y la audacia de registrar lo que observaba y no lo que se esperaba que observara. Así, demostró que los instrumentos creados para descubrir la verdad, en realidad, la estaban ocultando. Jane no solo fue capaz de ver más allá de esas barreras; nos enseñó a ver de nuevo.

Y ahora que hemos abierto los ojos, los investigadores e investigadoras en ciencias mastozoológicas continúan con el trabajo que Jane Goodall nos ha legado. Lo que antes parecía impensable hoy está siendo respaldado por datos obtenidos con rigor y paciencia en distintas partes del mundo. Por ejemplo, se ha documentado a hembras de leones (*Panthera leo*) practicando el cuidado aloparental con crías de otras hembras de la manada; a delfines nariz de botella o toninas (*Tursiops truncatus*) en Australia enseñando a su descendencia a usar esponjas como herramientas para buscar alimento; a lobos (*Canis lupus*) exhibiendo una coordinación social excepcional para la caza; y a hembras de orcas (*Orcinus orca*) en duelo al cargar en la superficie a sus crías muertas por varios días. Estos y muchos otros hallazgos confirman que la distinción entre el intelecto humano y el de los animales, en realidad, es un espectro de la naturaleza. La verdadera conclusión de este legado es una invitación a reconocer la profunda y vasta complejidad de la vida de los mamíferos en nuestro planeta.

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):4-6

El legado de Jane Goodall no solo reveló quiénes son los chimpancés, sino que amplió el panorama de lo que la ciencia es capaz de observar, especialmente en el campo de la mastozoología. Y con ello nos enseñó que, en realidad, no estamos solos.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al revisor o a la revisora por sus comentarios y sugerencias que ayudaron a enriquecer el manuscrito. También el autor agradece a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el apoyo económico otorgado durante sus estudios de posgrado.

LITERATURA CONSULTADA

Appleton, S. 2024. Jane Goodall. En: National Geographic Education. https://education.nationalgeographic.org/resource/jane-goodall/. Consultado el 6 de octubre de 2025.

Cuthbert, L., y D. Main. 2018. Orca mother drops calf, after unprecedented 17 days of mourning. En: National Geographic. https://www.nationalgeographic.com/animals/article/orca-mourning-calf-killer-whale-northwest-news. Consultado el 10 de octubre de 2025.

Fragaszy, D. M. 2007. Jane Goodall: The Woman Who Redefined Man. BioScience 57:534-535.

Feldhamer, G. A., *et al*. 2020. Mammalogy: adaptation, diversity, ecology. Johns Hopkins University Press. Baltimore, MD, EE.UU.

Galef, B. G. 1992. The question of animal culture. Human Nature 3:157-178.

Goodall, J. 1963. My Life Among Wild Chimpanzees. National Geographic Magazine 124:272-308.

Goodall, J. 1998. Learning from chimpanzees: A message humans can understand. Science 282:2184-2185.

Goodall, J. 2010. In the Shadow of Man. Revised Edition by Weidenfeld & Nicolson Ltd. Londres, Reino Unido.

Krützen, M., *et al*. 2005. Cultural transmission of tool use in bottlenose dolphins. Proceedings of the National Academy of Sciences 102:8939-8943.



Jane Goodall en TEDGlobal 2007, en Arusha, Tanzania. Además de su trabajo científico como primatóloga y antropóloga, Jane fue conferencista y viajó extensamente para promover la conservación y la acción frente al cambio climático.
Fotografía: Erik Hersman (Wikimedia Commons; CC BY 2.0).

Sometido: 11/oct/2025.
Revisado: 16/oct/2025.
Aceptado: 17/oct/2025.
Publicado: 20/oct/2025.
Editor asociado: Dra. Alina Gabriela Monroy-Gamboa.

DOI: 10.12933/therya_ixmana-26-770
ISSN 2954-3606

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):7-9

MURCIÉLAGOS E INSECTOS: COEVOLUCIÓN EN UNA CARRERA ARMAMENTISTA

Cintya A. Segura-Trujillo[1]* y Sergio Ticul Álvarez-Castañeda[2]

[1]Centro Universitario del Norte, Universidad de Guadalajara. Colotlán, Jalisco, México. cintya.segura@academicos.udg.mx.

[2]Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. La Paz, Baja California Sur, México. sticul@cibnor.mx

*Autor de correspondencia

Un rasgo clave para el éxito de los murciélagos como cazadores es el desarrollo de la ecolocalización, en respuesta algunas de sus presas desarrollaron órganos timpánicos como mecanismos de defensa. Este proceso coevolutivo se conoce como "carrera armamentista".

Cuando cae la noche, los cielos se llenan de historias y sonidos que son imperceptibles para el oído humano. Nos referimos en particular a la batalla nocturna protagonizada entre murciélagos e insectos. Los murciélagos se convierten en excelentes cazadores en la oscuridad valiéndose de la ecolocalización: un sistema de navegación basado en la emisión de sonidos laríngeos ultrasónicos que, al toparse con objetos, emiten un eco mediante el cual los murciélagos son capaces de localizar a sus presas para depredarlas. No obstante, los insectos no son las presas indefensas o actores secundarios que crees. Existen polillas y grillos que han desarrollado órganos auditivos capaces de captar los ultrasonidos de los murciélagos y, gracias a ellos, pueden llegar a escapar con maniobras aéreas, que pueden aumentar hasta en un 50 % sus probabilidades de supervivencia. En otras palabras, los murciélagos y los insectos todas las noches enfrentan una dura batalla de supervivencia, en la que los murciélagos emplean sus mejores aptitudes para cazar y alimentarse, mientras que las polillas utilizan todos sus recursos disponibles para huir y evitar ser depredados por los murciélagos. En esta guerra de frecuencias sonoras, quienes escuchan, quizá logren esquivar el peligro y sobrevivir un día más.

La mayoría de los murciélagos actuales se alimenta de artrópodos, las evidencias fósiles y genéticas indican que sus ancestros también basaban su dieta en insectos. Con el tiempo, dos grandes linajes divergieron: los Yangochiroptera, que agrupan a 14 familias y perfeccionaron la ecolocalización junto con hábitos nocturnos; y los Yinpterochiroptera, que incluye 7 familias, de los cuales solo un pequeño grupo también adoptó la vida nocturna y el sonar ultrasónico. Entre estas se encuentran las familias Rhinolophidae, Rhinonycteridae y Rhinopomatidae.

La ecolocalización como sistema sensorial en los murciélagos se habría originado en un proceso de coevolución con las presas. Mientras los murciélagos comenzaron a emitir señales de alta frecuencia para cazar, algunas presas como las polillas desarrollaron órganos timpánicos capaces de detectar esos sonidos y anticiparse al ataque. Se estima que los lepidópteros (mariposas y polillas) se originaron aproximadamente hace 150 millones de años, mucho antes que los primeros murciélagos, cuyo origen se calcula entre 60-90 millones de años. La interacción depredador-presa entre murciélagos y lepidópteros ha generado una serie de cambios evolutivos recíprocos. A este proceso coevolutivo entre murciélagos-polillas se le ha denominado "carrera armamentista", en la que los murciélagos han desarrollado habilidades para ser mejores cazadores, mientras que las polillas han generado contra adaptaciones, que consisten en mecanismos de defensa para evitar ser depredados. Desde entonces, cada innovación adaptativa de un bando ha generado la contrarespuesta del otro, en una carrera sónica entre murciélago y presa que se mantiene continua.

Se considera que la principal "arma" que han desarrollado los murciélagos, producto de la interacción depredador-presa, es la ecolocalización, una adaptación que se estima apareció hace 50 millones de años. Esta adaptación les ha permitido a los murciélagos dominar el nicho nocturno como depredadores de insectos, al detectar presas de diferente tamaño, incluso cuando están en vuelo. Se considera que esta adaptación ha propiciado que el grupo de los artropodófagos (insectívoros) sea el que más se haya diversificado, representando alrededor del 70 % de las 1,500 especies de murciélagos descritas.

Como respuesta al "arma letal" de la ecolocalización las polillas se han visto presionadas a desarrollar sus propias "armas y defensas" para sobrevivir. Una de ellas es el desarrollo de órganos timpánicos capaces de percibir los llamados ultrasónicos. Por ejemplo, para las polillas de la familia Noctuidae, se registra que tienen una audición de 15 a 45 kHz, lo que les permite percibir parte del intervalo sonoro que emiten algunas especies de murciélagos (en la mayoría de las especies artropodófagas de América la ecolocalización se encuentra dentro de 12 a 100 kHz) y, así, huir de ellos. Sin embargo, los órganos auditivos de las polillas son básicos y poco complicados en estructura. A grandes rasgos, consisten en una membrana (tímpano), que se puede ubicar en la base de las alas, el metatórax, el abdomen, etc.), la cual vibra con el sonido y activa a las células receptoras. En América, la mayoría de las polillas detectan frecuencias entre 20 y 60 kHz, pero su sensibilidad disminuye drásticamente por encima de los 65 kHz. Esta limitación auditiva inspiró la llamada hipótesis de la frecuencia alotónica, que plantea que los murciélagos que se especializan en polillas con órganos timpánicos deberían emitir llamados fuera de su intervalo de escucha, es decir, por debajo de 20 kHz o por encima de 65 kHz, evitando así ser detectados. Por lo que, en teoría, un murciélago que emite señales a 90 o 100 kHz sería "invisible" para una polilla. Este mecanismo de defensa presumiblemente ha favorecido la diversificación de las polillas de la familia Noctuidae, que actualmente cuenta con 11,800 especies. No obstante, para hacer frente al desarrollo de su capacidad auditiva, los murciélagos como contrataque han perfeccionado el "arma" de la ecolocalización, emitiendo

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):7-9

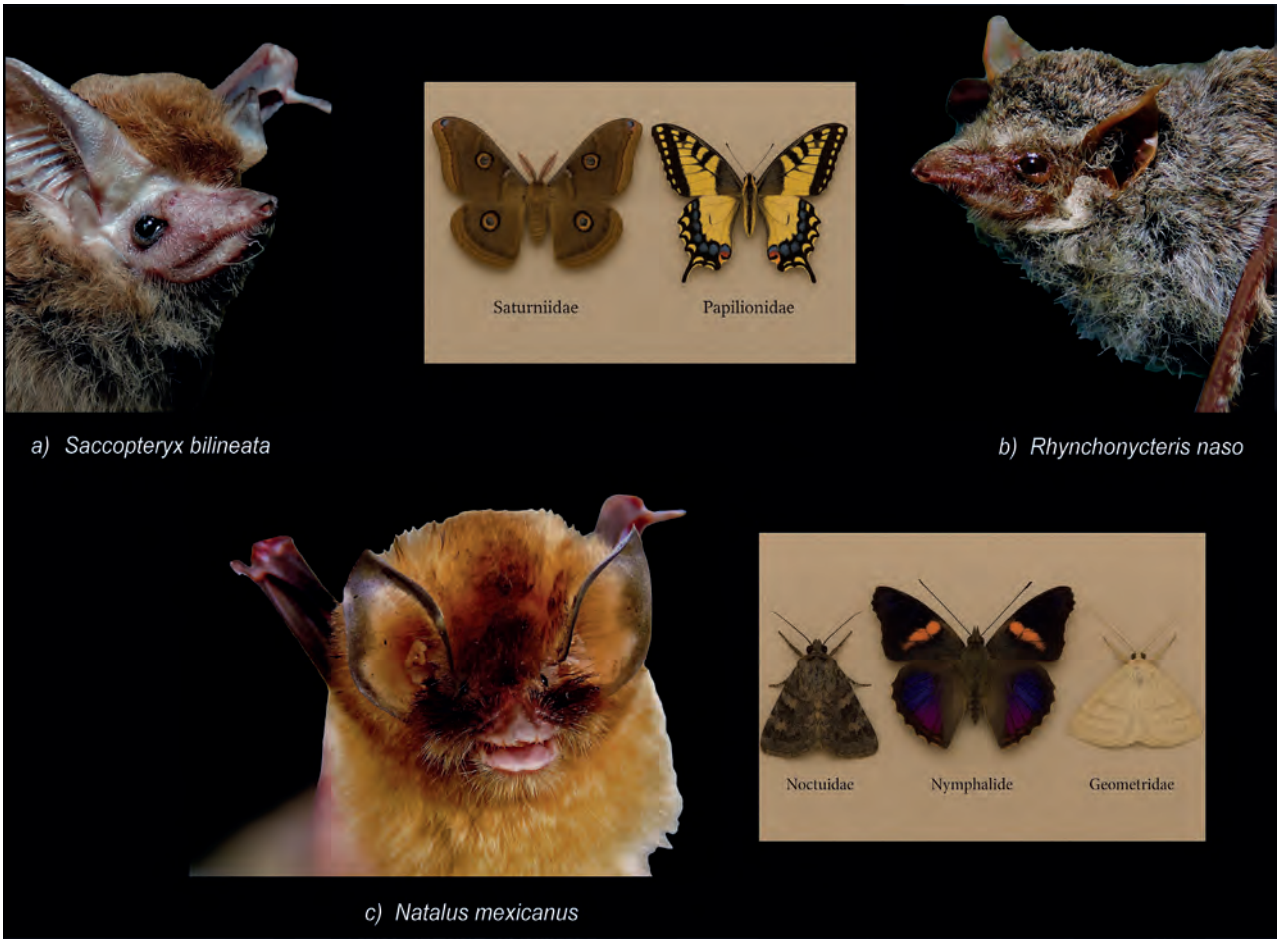
llamados de alta frecuencia por encima del intervalo auditivo de las presas.

Los murciélagos insectívoros tienen dos estrategias de ecolocalización: 1) los ciclos de baja ocupación, en la que emiten pulsos breves (menos de 100 kHz) separados por pausas y 2) alta ocupación, en la que sostienen llamadas muy agudas (más de 100 kHz) y separan la señal del eco mediante diferencias de frecuencia. En los murciélagos de baja ocupación se observa un patrón parabólico entre frecuencia y consumo de polillas. Mientras que en los de alta ocupación, la relación es más directa: a mayor frecuencia, mayor consumo. Sin embargo, ninguna tendencia encaja del todo con la hipótesis alotónica, lo que sugiere que los murciélagos han desarrollado contra adaptaciones capaces de neutralizar las defensas auditivas de sus presas.

La naturaleza no siempre se comporta de forma predecible, y a menudo desafía nuestras teorías. Muchas especies de murciélagos siguen incluyendo en su dieta insectos capaces de oírlos, como las polillas y los grillos. Para investigar la interacción murciélago-insecto, un estudio reciente de metabarcoding -que permite identificar, de forma simultánea, diversos taxones mediante análisis de ADN- identificó la dieta de 17 especies de murciélagos mexicanos. Además, se analizó si los murciélagos prefieren comer presas con o sin oídos y si esto guarda relación con sus características de la ecolocalización. En la dieta de los murciélagos se registraron 20 familias de lepidópteros (polillas y mariposas), de las cuales solamente siete familias tienen órganos auditivos. Sin embargo, tres de estas familias con oído -Noctuidae, Nymphalidae y Geometridae- destacaron por su alta frecuencia en las dietas de los murciélagos. En cambio, las familias sin órganos auditivos aparecieron rara vez, contrario a todo lo esperado. Es decir, se encontró que 13 de las especies de murciélagos analizadas se alimentan principalmente de polillas que poseen oído. En cambio, el consumo de lepidópteros sin oídos (mariposas), como los de las familias Saturniidae y Papilionidae, solo se registraron en la dieta de pocas especies de murciélagos. Un hallazgo interesante es que los lepidópteros sin oídos son principalmente de hábitos diurnos, lo que los hace susceptibles únicamente a depredación por murciélagos que inician su actividad de forrajeo durante el crepúsculo. Tal es el caso del murcielaguito narigón (*Rhynchonycteris naso*), y el murciélago de líneas blancas (*Saccopteryx bilineata*). En el estudio se concluye que, a pesar de la capacidad auditiva de las polillas, los murciélagos logran depredarlas exitosamente, y que estas siguen representando una parte principal de su dieta.

En el caso de los grillos y saltamontes, se detectaron cinco familias en la dieta de los murciélagos, tres de ellas con órganos auditivos. La más común fue Acrididae, presente en la dieta de 12 especies de murciélagos. En conjunto, el 65 % de las familias consumidas tenía oído.

Los resultados de este estudio indican que los murciélagos no evitan a las presas con defensas auditivas. Por el contrario, se alimentan de ellas en abundancia, lo cual contradice lo que se esperaría si los órganos timpánicos fueran siempre eficaces como mecanismos de defensa. Desde esta perspectiva, el éxito de los murciélagos como depredadores de polillas permite considerarlos como los mejor "armados" dentro de este sistema de interacción depredador-presa. A pesar de las adaptaciones defensivas o de sobrevivencia de los lepidópteros, como las aptitudes auditivas, los murciélagos siguen alimentándose efectivamente de estos insectos.



a) Murciélago de líneas blancas (*Saccopteryx bilineata*). b) El murcielaguito narigón (*Rhynchonycteris naso*) es capaz de consumir lepidópteros sin órganos timpánicos durante el crepúsculo (Saturniidae y Papilionidae).
c) El murciélago orejas de embudo (*Natalus mexicanus*) se alimenta de polillas con órganos timpánicos (Noctuidae, Nymphalidae y Geometridae).
Fotografías: Cintya A. Segura Trujillo. Incluye representación visual de mariposas y polillas basadas en especies mexicanas pertenecientes a las familias Noctuidae, Nymphalidae, Geometridae, Saturniidae y Papilionidae generadas por IA Copilot 2025.

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):7-9

Los resultados también mostraron una tendencia clara: cuanto más alta es la frecuencia de la llamada de los murciélagos, menor es la proporción de presas con oído en la dieta, pero se siguen alimentando de ellos. Sin embargo, incluso murciélagos con llamadas muy agudas, como *Natalus mexicanus* (78 a122 kHz), consumen una gran cantidad de polillas con oído. El horario de forrajeo también influye: las especies de murciélagos que salen en el crepúsculo consumen más polillas sin oído, activas durante el día; mientras que las que inician su actividad en la oscuridad total se enfrentan a polillas con oído, protagonistas de la noche profunda.

Todo indica que estos insectos se encuentran bajo una constante presión selectiva para sobrevivir a la depredación por murciélagos. Las polillas y los grillos no solamente confían en sus oídos. Debido a que su capacidad auditiva no ha sido completamente efectiva para evitar ser cazados por los murciélagos, las polillas se han visto obligados a desarrollar múltiples mecanismos de defensa. Al tener oídos poco complejos, con un intervalo auditivo limitado, algunas especies de polillas han desarrollado un repertorio sorprendente de otras estrategias de defensas, entre las que destacan: 1) mimetismo müllerianо (cuando especies comparten el aspecto con especies no comestibles y venenosas), 2) mimetismo batesiano (cuando especies inofensivas imitan a especies de sabor desagradable o tóxicas), 3) bloqueo del sonido (cuando especies son capaces de emitir sonidos que interfieren con las llamadas de los murciélagos), 4) aposematismo acústico (polillas que emiten sonidos distintivos que advierte a sus depredadores que son nocivas) y 5) camuflaje acústico (presencia de estructuras de exoesqueleto que absorben los llamados de los murciélagos y por lo tanto no son detectables). Cada una de estas estrategias es por sí sola una gran historia para contar.

Los murciélagos no se dejan engañar tan fácilmente, por lo que, a su vez, han desplegado estrategias paralelas, como son: 1) Llamadas sigilosas de baja intensidad, que no activan alarmas auditivas en los insectos. 2) Frecuencias extremadamente altas, fuera del alcance de las polillas. 3) Ajustes dinámicos en los patrones de llamada mientras se aproximan a la presa.

Estos estudios confirman que los murciélagos y los insectos con oído viven inmersos en una interacción coevolutiva de tipo "Reina Roja": ambos corren sin parar, adaptándose para no quedarse atrás. Los murciélagos ajustan sus sonares, las polillas afinan sus oídos, y el ciclo se repite. Esto permite entender que la hipótesis alotónica se cumple solo en parte. Más allá de las frecuencias, influyen los horarios de actividad y las adaptaciones de caza y defensa, la disponibilidad de presas y no sabemos todavía qué más podemos encontrar. Sin embargo, hay que advertir que a los murciélagos no les conviene ser cien por ciento eficientes en cazar a sus presas, ya que esto pondría en riesgo la subsistencia de su alimento. Es decir, una letalidad totalmente eficiente por parte de los murciélagos les sería contraproducente y agotaría uno de los recursos alimenticios preferidos. Por lo que les conviene alimentarse también otros tipos de artrópodos para que sus presas preferidas continúen siendo abundantes y disponible para su consumo.

En la noche, mientras los humanos solo percibimos el silencio, murciélagos e insectos protagonizan una persecución ultrasónica-auditiva, donde el detectar o no hacerlo a tiempo y en forma implica sobrevivir o pasar hambre. Lo que ha resultado una "carrera armamentista" milenaria, basada en un constante perfeccionamiento en el que las estrategias de caza-defensa para su adaptación y supervivencia, que han resultado en diferentes contra-adaptaciones entre ellos.

En esta milenaria historia de ataque y defensa entre murciélagos e insectos, a veces ganan unos y a veces otros, lo que obliga a perfeccionar continuamente sus estrategias de caza y evasión. Sin embargo, lo único seguro es que, quien no evoluciona perderá.

AGRADECIMIENTOS

CAS-T agradece al Departamento de Bienestar y Desarrollo Sustentable, al Departamento de Fundamentos del Conocimiento y al programa de PROSNI de la Universidad de Guadalajara, por el apoyo brindado.

LITERATURA CONSULTADA

Burgin, C. J., *et al*. 2025. How many mammal species are there now? Updates and trends in taxonomic, nomenclatural, and geographic knowledge. Journal of Mammalogy https://doi.org/10.1093/jmammal/gyaf047

Corcoran, A. J., y W. E. Conner. 2016. How moths escape bats: predicting outcomes of predator–prey interactions. Journal of Experimental Biology 219:2704-2715.

Goldstein, P. Z. 2017. Diversity and significance of Lepidoptera: a phylogenetic perspective. Insect Biodiversity: Science and Society 1:463-495.

ter Hofstede, H. M. T., y J. M. Ratcliffe. 2016. Evolutionary escalation: the bat–moth arms race. Journal of Experimental Biology 219:1589-1602.

Segura-Trujillo, C. A., W. Z. Lidicker Jr, y S. T. Álvarez-Castañeda. 2016. New perspectives on trophic guilds of arthropodivorous bats in North and Central America. Journal of Mammalogy 97:644-654.

Segura-Trujillo, C. A., *et al*. 2024. Interaction of sound-audition traits between eared insects and arthropodophagous bats: using a DNA approach to assess diet. Journal of Mammalogy 105:838-853.

Sometido: 26/ago/2025.
Revisado: 10/sep/2025.
Aceptado: 20/oct/2025.
Publicado: 22/oct/2025.
Editor asociado: Dra. Susette Castañeda-Rico.

DOI: 10.12933/therya_ixmana-26-774
ISSN 2954-3606

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):10-13

LOS MAMÍFEROS MARINOS Y LA CONTAMINACIÓN POR PLÁSTICOS

José Ángel Ortega-Borchardt[1], Gisela Heckel[1] y Nancy Ramírez-Álvarez[2],*

[1]Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada, Baja California, México. jangelortegab@gmail.com (JÁO-B), gheckel@cicese.mx (GH)

[2]Instituto de Investigaciones Oceanológicas-Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California, México. nancy.ramirez@uabc.edu.mx (NR-Á).

*Autora de correspondencia

La evidencia creciente sobre contaminación por plásticos muestra efectos adversos en la megafauna marina. Entre los grupos más expuestos se encuentran los mamíferos marinos, cuyas interacciones con los residuos plásticos reflejan el estado crítico de los océanos.

Si navegáramos a varias islas de la costa oeste de la Península de Baja California, en México, podríamos encontrar colonias importantes de pinnípedos, un fascinante grupo de mamíferos marinos que incluye a las focas, los lobos marinos, los lobos finos y las morsas. Especies como la foca común o de puerto del Pacífico (*Phoca vitulina richardii*), el lobo marino de California (*Zalophus californianus*), el lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) y el elefante marino del norte (*Mirounga angustirostris*) coinciden en estos territorios insulares, donde aprovechan las playas y costas rocosas para etapas cruciales de su ciclo biológico, como la reproducción y la muda anual. En pleno verano, por ejemplo, la Isla San Jerónimo, un territorio del Pacífico mexicano ubicado a unos 17 km de la costa de El Rosario, Baja California, se convierte en un punto de concurrencia en el que el lobo marino de California atraviesa su temporada reproductiva, mientras que la foca de puerto y el elefante marino se encuentran en su periodo de muda. Para la investigación biológica y ecológica de estas especies, esta coincidencia estacional representa una oportunidad única para la obtención de datos para aquellos investigadores e investigadoras que se dedican al estudio de mamíferos marinos.

Sin embargo, el aparente aislamiento de estos ecosistemas marinos contrasta drásticamente con una problemática global que los afecta de manera creciente. Al acercarnos en una pequeña embarcación a las costas rocosas o playas de canto rodado de islas que albergan colonias de pinnípedos, como la Isla San Jerónimo, la presencia de desechos plásticos se revela de inmediato, incluyendo redes de pesca, boyas, botellas y otros residuos. El registro de estos contaminantes en territorios tan alejados de la costa plantea cuestionamientos fundamentales a investigadores e investigadoras sobre su origen, sus rutas de transporte y, de forma relevante, los efectos que la contaminación plástica ejerce sobre las poblaciones de pinnípedos y otros mamíferos marinos, no solo a nivel regional, sino también a escala global.

La contaminación por plásticos constituye uno de los problemas ambientales más graves de nuestra época. El plástico, debido a su bajo costo y alta durabilidad, se consolidó como un material de uso generalizado durante el siglo XX y hasta la actualidad; sin embargo, su inherente resistencia a la degradación lo ha convertido también en uno de los contaminantes más persistentes del planeta. Actualmente, representa uno de los desechos más comunes en todos los ecosistemas del planeta. Sus polímeros sintéticos, formados por largas cadenas de moléculas derivadas principalmente de combustibles fósiles, pueden tardar décadas o incluso siglos en degradarse. Si este tipo de plástico hubiera existido cuando el ballenero y naturalista Charles M. Scammon navegó hacia la Laguna Ojo de Liebre, en Baja California Sur, México, en diciembre de 1857 para cazar ballenas grises (*Eschrichtius robustus*), y si el bergantín Boston, en el que viajaban, hubiera estado aprovisionado con agua embotellada y alimentos envueltos en plástico, es muy probable que los residuos generados en aquella expedición aún permanecieran en el mar, casi dos siglos después.

La contaminación por plásticos es un problema principalmente terrestre que se manifiesta en los ambientes marinos. El transporte de estos residuos hacia los océanos es facilitado tanto por procesos naturales, como la escorrentía, el viento y las corrientes marinas, como por actividades antropogénicas (es decir, causadas o influenciadas por los humanos), entre las que destacan las descargas urbanas y el manejo inadecuado de desechos. Aproximadamente el 80 % de estos residuos plásticos tiene su origen en actividades humanas en tierra, principalmente debido a deficiencias en la gestión de residuos. El 20 % restante se origina en fuentes marinas, predominantemente vinculado a las actividades pesqueras y a la acuicultura.



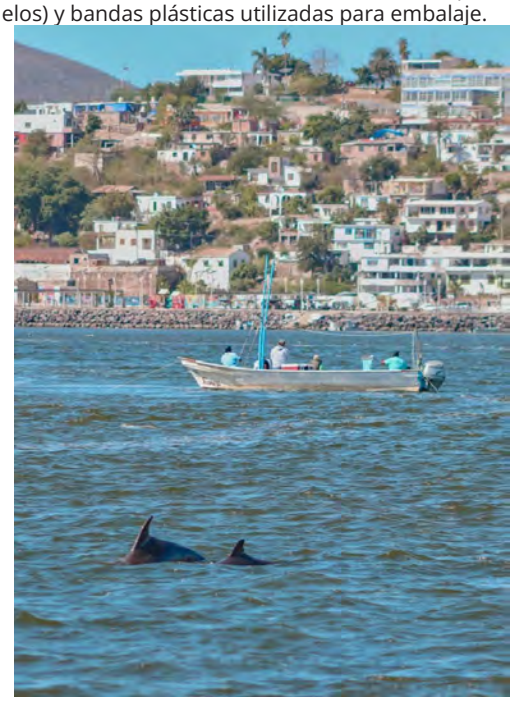
Juvenil de elefante marino del norte (*Mirounga angustirostris*) en una playa de canto rodado en Isla Todos Santos sur, Baja California. A su lado, una botella de plástico que, posiblemente, llegó a la isla transportada por escorrentías y/o por las corrientes marinas.
Fotografía: José Ángel Ortega-Borchardt.

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):10-13

La acumulación de este material en los ecosistemas marinos ha alcanzado cifras alarmantes. Actualmente, se estima que entre 75 y 199 millones de toneladas de residuos plásticos flotan o se encuentran sumergidas en los océanos globales. Para dimensionar el ritmo de esta crisis, la tasa de descarga de plásticos al mar es equivalente a desechar un camión de basura lleno de plásticos por minuto. En términos diarios, esto representa el vertido de residuos plásticos de más de 1,400 camiones directamente en el ambiente oceánico.

La contaminación por plásticos está tan extendida en los ecosistemas marinos a escala global que ya existe una base sólida de evidencia sobre los daños confirmados, así como sobre los posibles efectos adversos que provoca en la vida silvestre. Entre los grupos más afectados por esta problemática se encuentra la megafauna marina, en particular los mamíferos marinos, que incluyen a los pinnípedos, cetáceos (ballenas, delfines y marsopas), sirenios (como los manatíes *Trichechus* y el dugongo *Dugong dugon*), dos especies de mustélidos (*Enhydra lutris* y *Lontra felina*) y al oso polar (*Ursus maritimus*). Estas especies desempeñan funciones ecológicas fundamentales y actúan como indicadores del estado de conservación de los ecosistemas marinos, además de poseer un alto valor cultural. No obstante, su vulnerabilidad se ve amplificada por las amenazas derivadas directamente de los residuos plásticos. Estas presiones, sumadas a la pérdida de hábitat y al cambio climático, han llevado a que una gran proporción de las especies de mamíferos marinos se encuentre actualmente clasificada en categorías que van desde "Casi Amenazada" hasta "En Peligro Crítico", según la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

Uno de los problemas más graves por desechos plásticos que enfrentan los mamíferos marinos es la exposición al enmalle. Se ha documentado que estos organismos pueden quedar atrapados en redes o líneas de pesca que se enredan alrededor del cuello, la boca o las aletas, lo que genera efectos adversos en su salud y bienestar. En muchos casos, las víctimas quedan atrapadas en las llamadas "redes fantasma", es decir, artes de pesca abandonadas, perdidas o desechadas que continúan operando de manera pasiva en el mar y capturan a cualquier especie que entra en contacto con ellas. Entre los objetos que con mayor frecuencia se encuentran enredados en los cuerpos de estos organismos se incluyen cuerdas o cabos, redes de enmalle, líneas de monofilamento (a veces con anzuelos) y bandas plásticas utilizadas para embalaje.



Hembra y cría de delfín nariz de botella o tonina (*Tursiops truncatus*) nadando cerca de pescadores en la Bahía de Ohuira, en Topolobampo, Sinaloa. El uso y abandono de artes de pesca plásticas representan una de las principales fuentes de interacción negativa entre las pesquerías y los mamíferos marinos.
Fotografía: José Ángel Ortega-Borchardt.

Además, los mamíferos marinos también pueden enmallarse en redes de pesca activas, especialmente en la zona de la cabeza o la boca, lo que dificulta saber si las heridas que presentan se deben a residuos marinos o a interacciones directas con la pesca. Estas lesiones suelen ser graves: laceraciones profundas, infecciones, daño en tejidos, fracturas, estrangulamiento y problemas circulatorios. En muchos casos, el enmalle puede afectar su movilidad, aumentar la resistencia al nadar y disminuir su capacidad para buscar alimento, generando un esfuerzo adicional y un dolor constante que genera un alto nivel de estrés que puede alterar comportamientos importantes, como la reproducción o la evasión de depredadores. En los casos más severos, las consecuencias pueden ser fatales: desnutrición, debilidad extrema o ahogamiento. Paradójicamente, durante millones de años, estas especies desarrollaron adaptaciones al medio marino tras una transición evolutiva iniciada por sus ancestros terrestres en el Eoceno (hace aproximadamente 50 millones de años). Sin embargo, en menos de un siglo, el enmallamiento y, en general, la contaminación por plásticos han logrado lo que ni el tiempo ni la evolución pudieron: ser una de las amenazas más grandes para su supervivencia en los océanos.

La ingestión de plásticos representa otro riesgo para los mamíferos marinos. Se ha señalado que puede provocar efectos significativos a nivel individual, entre ellos, daño del tejido, falsa sensación de saciedad, obstrucciones y lesiones internas. La ingestión de plástico depende del comportamiento alimentario de los organismos; puede producirse de forma directa (ingestión activa o pasiva) o indirecta (a través de la transferencia trófica). La ingestión activa, en la que los animales consumen objetos plásticos de manera intencional, es más frecuente en especies cuya estrategia alimentaria se basa en señales sensoriales, como estímulos visuales, olfativos o táctiles. Aunque se requiere más investigación para confirmar esta hipótesis, este comportamiento podría presentarse en las nutrias marinas. Por otro lado, la ingestión pasiva puede presentarse en especies con estrategias alimentarias no selectivas, como los mamíferos marinos que se alimentan por filtración o succión, por ejemplo, la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) y el zifio de pico de ganso (*Ziphius cavirostris*), respectivamente.

La ingestión indirecta de plásticos, también conocida como transferencia trófica, ocurre cuando los depredadores consumen presas que ya contienen residuos plásticos. Si bien existe evidencia de este fenómeno en invertebrados y pequeños vertebrados, como crustáceos y peces, el número de estudios que confirman su ocurrencia en mamíferos marinos es limitado, centrándose la mayoría de las investigaciones hasta la fecha en los pinnípedos. Un ejemplo destacado es el hallazgo de microplásticos (partículas de tamaño menor a cinco milímetros) en heces de focas grises (*Halichoerus grypus*) mantenidas en cautiverio en el *Cornish Seal Sanctuary*, en el Reino Unido. Estos microplásticos fueron atribuidos al consumo de macarelas (*Scomber scombrus*) capturadas en vida silvestre que formaban parte de su hábito alimentario. Este registro subraya que no todas las amenazas asociadas al plástico son perceptibles a simple vista, destacando la preocupación por la invisible contaminación por microplásticos.

Los microplásticos constituyen un contaminante emergente de gran preocupación debido a los posibles efectos adversos que pueden ejercer sobre los mamíferos marinos. Están compuestos por diversos polímeros sintéticos y semisintéticos, además de otras sustancias químicas añadidas, ya sea de manera intencional o incidental. Pueden tener diferentes morfometrías, como fragmentos, fibras, microesferas, entre otras. Se clasifican en dos tipos principales: los microplásticos primarios, que son producidos directamente en tamaños diminutos, como los pellets industriales o las microesferas que se emplean en productos de higiene personal, y los microplásticos secundarios, que son los más abundantes y se originan a partir de la fragmentación progresiva de objetos

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):10-13

plásticos más grandes debido a mecanismos físicos (p. ej., la exposición a los rayos ultravioleta del sol), químicos (p. ej., solventes que estén presentes en el agua) o mecánicos (p. ej., el oleaje del mar). Gracias a sus características particulares, como el reducido tamaño y la variedad de densidades de las partículas, estas pueden encontrarse a lo largo de toda la columna de agua, desde los sedimentos costeros y las aguas someras hasta las fosas oceánicas más profundas e incluso en los hielos polares

Sin embargo, los estudios enfocados en partículas aún más pequeñas que los microplásticos, denominadas nanoplásticos, que presentan tamaños inferiores a un micrómetro, se vuelven cada vez más necesarios, ya que podrían tener implicaciones bioquímicas y fisiológicas que todavía no se comprenden del todo en estos organismos. Tanto los microplásticos como los nanoplásticos poseen una doble amenaza: por un lado, liberan los aditivos incorporados durante su fabricación (como los metales traza, los retardantes de flama o los colorantes); por otro, poseen la capacidad de adsorber, transportar y liberar contaminantes presentes en el medio, entre ellos los metales tóxicos, los compuestos orgánicos persistentes y las bacterias patógenas. Esta combinación incrementa su biodisponibilidad y prolonga su permanencia en el ambiente marino, potenciando los riesgos para la fauna que entra en contacto con ellos.

Hasta el momento, no se ha comprobado que la ingestión de microplásticos y nanoplásticos por mamíferos marinos pueda provocar una mortalidad directa o inmediata. La mayoría de los efectos pueden ser subletales y manifestarse de forma progresiva, incluyendo la disminución de la concentración de nutrientes en el alimento, lo que puede derivar en desnutrición, así como la aparición de enfermedades que deterioran gradualmente el estado general de salud. Otro efecto subletal puede ser la disbiosis intestinal, es decir, el desequilibrio de la microbiota del tracto digestivo, una condición potencialmente crónica que puede originarse por infecciones causadas por patógenos adheridos a las partículas plásticas o por la alteración del funcionamiento del sistema inmunológico del hospedador como consecuencia de una exposición prolongada a estos contaminantes.

Varios estudios experimentales *in vitro* (es decir, en un ambiente controlado de laboratorio) han demostrado que los microplásticos y nanoplásticos, junto con compuestos asociados como plastificantes, estabilizantes, colorantes y retardantes de flama, pueden atravesar la pared intestinal, ingresar al torrente sanguíneo y penetrar las membranas celulares en ciertos organismos marinos, en un proceso denominado traslocación. Una vez internalizados, algunos polímeros (como el polietileno), monómeros (como los estirenos) y aditivos plásticos pueden inducir estrés oxidativo, toxicidad, respuestas inmunológicas y disrupciones endocrinas, con el potencial de afectar la salud reproductiva y el bienestar de los organismos. Recientemente, un estudio que analizó muestras de tejidos de mamíferos marinos varados en los estados de Alaska, California y Carolina del Norte, en EE.UU., evidenció la traslocación y deposición de microplásticos en estos animales. Sin embargo, este tipo de análisis continúa representando un desafío considerable para muchos grupos de investigación, en parte debido a las dificultades logísticas y financieras que implica trabajar con especies grandes y de vida libre en el mar.

En el caso de los estudios en México sobre la contaminación por plásticos y su interacción con mamíferos marinos se han enfocado principalmente en registros de enmallamientos y captura incidental, ambas formas de impacto estrechamente vinculadas a las actividades pesqueras. En lo que respecta a la captura incidental, el ejemplo más crítico es el de la vaquita marina (*Phocoena sinus*), la marsopa endémica más pequeña y emblemática del país. Su población se encuentra al borde de la extinción debido al uso de redes ilegales empleadas para la pesca de totoaba (*Totoaba macdonaldi*), un pez en peligro de extinción cuya vejiga natatoria alcanza altísimos valores en el mercado asiático. Este fenómeno ha provocado un colapso demográfico severo: de una población estimada en 567 individuos en 1997, actualmente sobreviven menos de 15. Un análisis de riesgo posterior sugiere que, si la veda temporal sobre el uso de redes de enmalle se aplica de manera efectiva, la población podría recuperarse hasta los niveles registrados en 2008 (aproximadamente 245 individuos) hacia el año 2050. De no cumplirse esta condición, es probable que la especie se extinga en el transcurso de la próxima década.

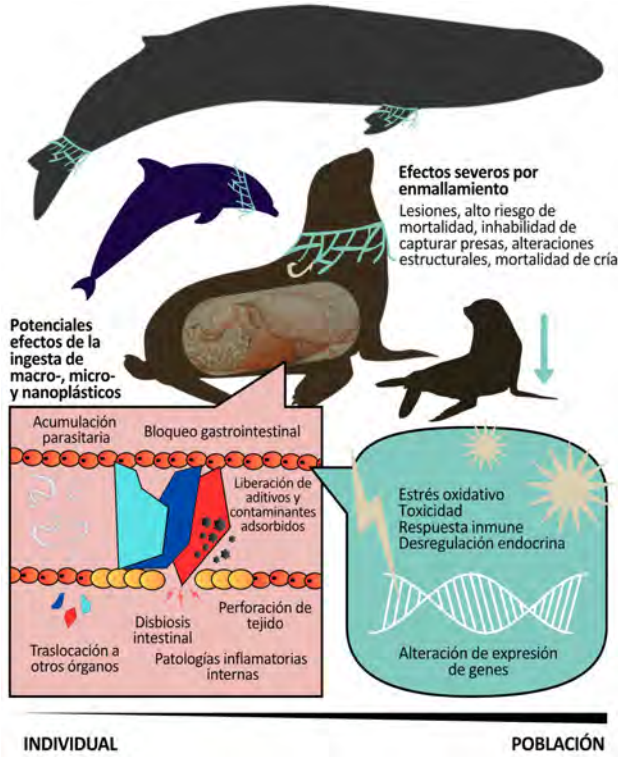
Por otra parte, el lobo marino de California es uno de los mamíferos marinos con mayor número de reportes de enmallamiento en México, probablemente debido a su abundancia, su curiosidad natural y la cercanía a zonas de intensa actividad pesquera. En la Isla San Jorge, por ejemplo, se ha documentado un número particularmente alto de casos, en su mayoría asociados a las operaciones pesqueras comerciales y artesanales, mientras que en menor medida se relacionan con la presencia de residuos plásticos a la deriva en la región. Sin embargo, no todo el riesgo es visible. En el caso de los microplásticos, una investigación analizó 48 muestras de heces de esta especie, recolectadas tanto en esta colonia como en otras ubicadas dentro del Golfo de California. Se identificaron 294 partículas, de las cuales 77 fueron clasificadas de origen plástico. Esto confirma que, además de los enmallamientos fácilmente detectables y documentados, el lobo marino de California y, con toda probabilidad, otros mamíferos marinos de México están expuestos a formas menos evidentes, pero igualmente preocupantes, de contaminación plástica, como la ingestión de microplásticos.



a) Macho subadulto de lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) enmallado del cuello con una red grande en Isla Guadalupe, Baja California. b) Hembra de lobo marino de California (*Zalophus californianus*) con una profunda herida en el cuello causada por enmallamiento, registrada en Isla San Jorge, Sonora. c) Hembra de cachalote (*Physeter macrocephalus*) atrapada en una red agallera de monofilamento cerca de San Carlos, Sonora.
Fotografías: Juan Pablo Gallo-Reynoso, José Ángel Ortega-Borchardt y D. Repogle.

La contaminación por plásticos en los océanos de nuestro planeta no solo impacta a los mamíferos marinos como individuos, sino que tiene implicaciones ecológicas profundas que deberían preocuparnos a todos y a todas. Al ser depredadores tope, estos animales reflejan el estado de conservación del ecosistema marino: su exposición al plástico, ya sea por enmallamiento o por ingestión, es una señal clara del nivel de degradación que enfrentan los océanos. Además, los contaminantes históricos y emergentes asociados a los plásticos (como pesticidas o aditivos industriales) se pueden transferir entre niveles tróficos mediante procesos de bioacumulación (la acumulación progresiva en los tejidos de un organismo) y biomagnificación (el aumento de su concentración a lo largo de la cadena alimentaria). Estas dinámicas no solo afectan a especies marinas de importancia ecológica, sino también a aquellas que forman parte de nuestra dieta, como los mariscos. Así, lo que hoy potencialmente amenaza a los mamíferos marinos podría estar afectándonos también a nosotros, cerrando un ciclo en el que la integridad ecológica del océano y la salud humana están estrechamente conectadas.

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):10-13



Efectos adversos confirmados y potenciales impactos de los desechos plásticos en mamíferos marinos. El esquema muestra las dos principales vías de afectación: el enmallamiento y la ingesta. El conjunto de estos impactos a nivel individual puede escalar, en última instancia, hasta representar una amenaza a nivel poblacional. Esquema: José Ángel Ortega-Borchardt.

Frente a este problema creciente, es necesario actuar en múltiples ámbitos. Romper con la lógica de una cultura desechable requiere soluciones complejas, especialmente en un contexto donde el plástico sigue siendo el material dominante en la mayoría de los objetos que usamos. Aunque el desafío es considerable, se requiere educación, voluntad política, empresarial, social y personal, así como el desarrollo de alternativas sustentables que nos permitan avanzar hacia un océano con menos plástico. Cada acción, por pequeña que parezca, suma en la construcción de océanos más limpios y de un futuro en el que los mamíferos marinos y otras especies puedan prosperar sin la amenaza constante de la contaminación por plásticos.

La presencia generalizada de plásticos en los océanos constituye una de las cicatrices antropogénicas más evidentes y persistentes en los ecosistemas marinos. Ante esta realidad, el cuestionamiento es ineludible: ¿qué tipo de océano legaremos a las próximas generaciones? El futuro de los mamíferos marinos y el nuestro depende de las decisiones que tomemos hoy.

AGRADECIMIENTOS

El autor y las autoras agradecen al revisor o revisora asignada por sus comentarios y sugerencias, así como a I. D. Barba-Acuña por sus revisiones pertinentes en este manuscrito. También agradecemos al Dr. J. P. Gallo-Reynoso por la autorización para incluir sus fotografías en este manuscrito. El primer autor agradece a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) el apoyo económico otorgado durante sus estudios de posgrado. Este trabajo se realizó en el marco del proyecto de Ciencia Básica y de Frontera financiado por SECIHTI (CBF-2025-G-750).

LITERATURA CONSULTADA

Arias-Del-Razo, A., G. Heckel, Y. Schramm, y A. Sáenz-Arroyo. 2020. Fishermen and pinniped interactions: The perception of fishermen in Baja California, Mexico. Aquatic Mammals 46:609-622.

Bossart, G. D. 2011. Marine mammals as sentinel species for oceans and human health. Veterinary Pathology 48:676-690.

Caro-Martínez, D. M., *et al*. 2025. The state of microplastic pollution in México: A review and evolving perspectives. Science of The Total Environment 988:179772.

Castellini, M. A. 2023. Sharing Earth's oceans. Pp. 321-332 *in* Physiology of Marine Mammals (Castellini, M. A. y J. Mellish, eds.). CRC Press. Boca Raton, FL, EE. UU.

Gallo-Reynoso, J. P. 2003. Mortandad de mamíferos marinos en el área de Guaymas debido a la interacción con las pesquerías. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Unidad Guaymas. Guaymas, México.

Hale, R. C., *et al*. 2020. A global perspective on microplastics. Journal of Geophysical Research: Oceans 125:1-40.

Li, Y., *et al*. 2023. Potential health impact of microplastics: A review of environmental distribution, human exposure, and toxic effects. Environment & Health 1:249-257.

Masper, A., J. P. Gallo-Reynoso, M. Á. Cisneros-Mata, y J. García-Hernández. 2019. Review of California sea lion (*Zalophus californianus*) abundance and population dynamics in the Gulf of California. Revista de Biología Tropical 67:833-849.

Merrill, G. B., L. Hermabessiere, C. M. Rochman, y D. P. Nowacek. 2023. Microplastics in marine mammal blubber, melon, & other tissues: Evidence of translocation. Environmental Pollution 335:122252.

Nelms, S. E., *et al*. 2018. Investigating microplastic trophic transfer in marine top predators. Environmental Pollution 238:999-1007.

Nelms, S. E., *et al*. 2023. Plastic pollution and marine megafauna: Recent advances and future directions. Pp. 97-138 *in* Plastic Pollution in the Global Ocean (A. A. Horton, ed.). World Scientific Connect. Singapore.

Ortega-Borchardt, J. Á., *et al*. 2023. Detection of microplastic particles in scats from different colonies of California sea lions (*Zalophus californianus*) in the Gulf of California, Mexico: A preliminary study. Marine Pollution Bulletin 186:114433.

Pimiento, C., *et al*. 2020. Functional diversity of marine megafauna in the Anthropocene. Science Advances 6:eaay7650.

Reeves, R. R., B. S. Stewart, P. J. Clapham, y J. A. Powell. 2002. Guide to the marine mammals of the world. Alfred A. Knopf, Inc. Nueva York, EE. UU.

Taylor, B. L., *et al*. 2017. Extinction is imminent for Mexico's endemic porpoise unless fishery bycatch is eliminated. Conservation Letters 10:588-595.

Thompson, R. C., *et al*. 2024. Twenty years of microplastic pollution research—what have we learned? Science 386:eadl2746.

Weis, J. S., y J. J. Alava. 2023. (Micro)Plastics Are Toxic Pollutants. Toxics 11:935.

Zavala-González, A., y E. Mellink. 1997. Entanglement of California sea lions, *Zalophus californianus californianus*, in fishing gear in the central-northern part of the Gulf of California, Mexico. Fishery Bulletin 95:180-184.

Sometido: 02/oct/2025.
Revisado: 24/oct/2025.
Aceptado: 10/nov/2025.
Publicado: 14/nov/2025.
Editor asociado: Dr. Juan Pablo Ramírez-Silva.

DOI: 10.12933/therya_ixmana-26-777
ISSN 2954-3606

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):14-16

LA POLARIDAD DEL MERCURIO EN LA HISTORIA

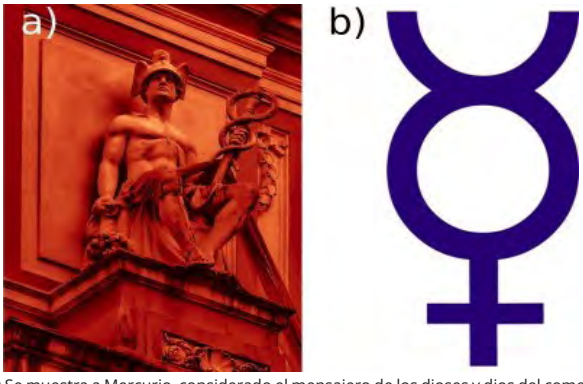
Adriana Estefanía Flores-Morán*, Jaqueline García-Hernández y Juan Pablo Gallo-Reynoso

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Guaymas, Sonora, México.
adriana.flores@ciad.mx (AEFM), jaqueline@ciad.mx (JGH), jpgallo@ciad.mx (JPGR)
*Autora de correspondencia

El mercurio es conocido por los efectos nocivos en la salud humana y en otras especies terrestres; sin embargo, el ambiente marino también se ha visto afectado por la presencia de este elemento tóxico, especies centinelas como algunos mamíferos marinos nos permiten monitorear los niveles de mercurio en dicho ambiente.

El mercurio se encuentra de forma natural en la corteza terrestre y puede encontrarse en distintas concentraciones en el aire y el agua debido a la desgasificación de la corteza terrestre, resultado de la actividad volcánica, la erosión y disolución de los minerales de las rocas, así como por actividades humanas como la minería. Por consiguiente, puede ser parte de compuestos inorgánicos y orgánicos. Los compuestos de mercurio inorgánico se producen cuando el mercurio se combina con elementos como cloro, azufre y oxígeno, a los cuales se les denomina sales de mercurio. Suelen ser menos peligrosos que los compuestos de mercurio orgánico, ya que éstos son más solubles en agua; de hecho, su toxicidad depende de qué tan solubles son. Al combinar mercurio con carbono, los compuestos que se forman se llaman compuestos de mercurio orgánico, que suelen ser muy liposolubles (solubles en lípidos o grasas), por lo que se absorben fácilmente por la piel y el tracto digestivo.

El símbolo químico del mercurio es Hg, que viene del nombre que tenía anteriormente, *Hydrargyrum*, que viene de los vocablos griegos "*hydror*" + "*argyros*", que significan "agua" y "plata" respectivamente. También era llamado plata líquida (*quicksilver*), debido a su alta movilidad y brillo, que se asemeja a la plata líquida. La rapidez y la movilidad eran las características del dios romano Mercurio, quien servía como mensajero a los demás dioses del Olimpo, así que el nombre actual del elemento es en honor a este dios. También el planeta más cercano al Sol ha sido nombrado así, razón por la cual los alquimistas usaban el símbolo del planeta Mercurio para referirse al elemento.



a) Se muestra a Mercurio, considerado el mensajero de los dioses y dios del comercio. Fotografía: A. Gómez a través de pexels.com. b) Símbolo del planeta Mercurio, el cual fue utilizado para identificar al elemento Mercurio. Imagen de Wikimedia Commons.

Históricamente, el mercurio ha sido utilizado por el humano de diversas formas. En Francia, se pueden observar pinturas rupestres en las cuevas de Lascaux y Chauvet que datan de 14,000 a 36,000 años de antigüedad respectivamente. En donde los principales colores que se usaban eran amarillo, verde, azul, negro y rojo. Para obtener tonos desde el rojo anaranjado brillante hasta el violeta rojizo, se usaba sulfuro de mercurio, comúnmente llamado cinabrio. La extracción del cinabrio se realizaba en una de las minas más grandes del mundo, que se encuentra en Almadén, España. El cinabrio es un mineral que contiene 85 % de mercurio y 15 % de azufre; el cual era molido para convertirlo en un polvo fino, que, mezclado con distintos líquidos y grasas animales, se convertía en varios tipos de pintura.

Los griegos, romanos, chinos, hindúes y mayas conocían muy bien el mercurio, tenían sus propias leyendas sobre este elemento y lo utilizaban en la medicina, como talismán o para honrar a sus líderes muertos en las cámaras funerarias. El mercurio fascinó a los antiguos alquimistas y filósofos principalmente por estar en una fase intermedia entre el líquido y el sólido, así como entre la vida y la muerte, el cielo y el infierno; era uno de los siete metales de la alquimia junto con el oro, plata, cobre, estaño, plomo y hierro. En la medicina tradicional china, tibetana y mongólica, el mercurio ha sido utilizado como tranquilizante, tratamiento para las convulsiones, ungüentos para el crecimiento y regeneración del tejido, antiinflamatorio, analgésico, cicatrizante, para reducir la toxicidad de otros compuestos, tratamiento de la fiebre, reforzador del sistema inmune, tratamiento de la gota, antiparasitario, reumatismo y sarna.

Posteriormente, el mercurio fue utilizado en conjunto con otros elementos como la plata, cobre, estaño y zinc para la elaboración de las amalgamas dentales. En el diseño de los termómetros, el mercurio resultó muy útil debido a su capacidad de expandirse cuando aumenta la temperatura, dando mediciones muy precisas. También fue utilizado en la elaboración de barómetros, baterías, luces de neón, papel, pinturas, joyería, pesticidas, fungicidas, etc.

A pesar de su uso común, el mercurio, tiene efectos nocivos sobre la salud; incluso la Organización Mundial de la Salud (OMS) lo clasifica entre las diez sustancias químicas más preocupantes para la salud pública. ¿Por qué? Una vez que el mercurio es absorbido, entra a la circulación sanguínea y es distribuido a diversos tejidos. En el cerebro, el mercurio interfiere con la comunicación entre las neuronas, lesiona el tejido de la corteza cerebral que participa en la percepción sensorial, el control motor y el procesamiento del lenguaje. En el hígado y los riñones genera daño celular y altera el funcionamiento normal de dichos órganos. Los niveles de mercurio en humanos aceptados por la OMS son de 1 a 2 mg/kg.

Uno de los mayores desastres ambientales asociados con la contaminación del ecosistema marino con mercurio sucedió en la fábrica Chisso, ubicada en Minamata, Japón, entre los años 1932 y 1968. Ahí se usaba el mercurio como acelerador de reacciones químicas para la producción de acetilaldehído; los desechos de este proceso eran vertidos al mar y, una vez allí, se transformaron en metilmercurio y se diseminaron por toda la bahía. En esta forma, ahora disponible en la cadena trófica, afectó inicialmente a los peces, los gatos y las aves. A los peces se

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):14-16

les encontraba flotando en diversas regiones del mar Shiranui; los gatos del pueblo que se alimentaron de ellos empezaron a caminar de forma errática, presentaron convulsiones, saltaban al mar y después morían ahogados, y las aves que también se alimentaban de los peces contaminados, de repente, sólo caían muertas.

Para 1956, se observaron conductas similares en humanos, y los primeros reportes se realizaron en Minamata, dichos reportes sólo fueron aumentando con una variedad de signos neurológicos permanentes, como la falta de coordinación y sensibilidad en las manos y piernas, pérdida de la visión y de la audición, parálisis cerebral, abortos, nacimientos prematuros, parálisis y muerte, llamando a este conjunto de síntomas la "enfermedad de Minamata". Años después se lograron correlacionar los síntomas neurológicos observados en las personas, con la alimentación basada en pescado contaminado con mercurio. La pesca se prohibió en la bahía de Minamata; esta prohibición duró hasta el 15 de octubre de 1997, cuando se reabrió la pesca. Hasta el año 2000, algunos estudios, han sugerido que hasta 2 millones de personas podrían haber ingerido suficiente mercurio debido a que presentaron síntomas leves, como dolor de cabeza, pérdida de la audición, y la incapacidad de distinguir el frío del calor. A partir del desastre de Minamata, a través de las Naciones Unidas en 2013 se creó un tratado global, al que se denominó el Convenio de Minamata, del cual México está jurídicamente vinculado desde 2015 y cuyo objetivo es proteger la salud humana y conservar el medio ambiente de las emisiones desmedidas de mercurio asociadas a actividades humanas.

El daño que generó el mercurio en Minamata se debió a que, en los ecosistemas marinos, ciertos microorganismos tienen la capacidad de transformar al mercurio en formas orgánicas, principalmente en metilmercurio, que es altamente tóxico. En este ambiente, el mercurio entra en la cadena trófica a través de las bacterias y el fitoplancton, pasando por los procesos de bioacumulación y biomagnificación. La bioacumulación se refiere al incremento de la concentración de sustancias químicas en los tejidos orgánicos a lo largo de la vida. Mientras que la biomagnificación se refiere a la transferencia de las sustancias químicas a través de la cadena alimentaria, en donde, en las concentraciones de las sustancias químicas aumentan conforme es transferido en la cadena trófica, es decir, los organismos que se encuentran en los niveles tróficos más altos tendrán una concentración más elevada de sustancias químicas en comparación con los organismos productores como las plantas o el plancton que se encuentran en los niveles más bajos de la cadena.

En los ecosistemas marinos, el mercurio se deposita desde la atmósfera, originado principalmente por la quema del carbón mineral que usamos para la producción de energía eléctrica, y las especies marinas pueden ser buenos indicadores (como especies centinelas) del impacto de los contaminantes en el medio ambiente, en la salud de las especies y de los humanos. Algunos mamíferos marinos son considerados especies centinelas del medio ambiente, ya que pertenecen a niveles tróficos altos, generalmente poseen una gruesa capa de grasa, son longevos, y tienen una gran variedad de patrones de distribución en los océanos del mundo, al igual que patrones de movimiento o migraciones que reflejan aspectos de la productividad del océano; es decir, la cantidad de mamíferos marinos es mayor en las zonas más productivas del mar, por ejemplo en zonas de convergencias de corrientes oceánicas o en zonas de surgencias costeras en donde el mar es más fértil.

La exposición al mercurio en los mamíferos marinos es principalmente a través de su hábito alimentario. Las bacterias y el fitoplancton son la principal entrada del mercurio en la cadena alimentaria que se va biomagnificando hasta los niveles más altos en la cadena trófica, como es el caso de los mamíferos y las aves marinas.

Algunas de las especies en las que se han determinado los niveles de mercurio son el delfín listado (*Stenella coeruleoalba*), la tonina o delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*), el delfín de Risso (*Grampus griseus*), el delfín común (*Delphinus* spp.), la marsopa común (*Phocoena phocoena*), la beluga (*Delphinapterus leucas*), el narval (*Monodon monoceros*), la morsa (*Odobenus rosmarus*), el oso polar (*Ursus maritimus*), el lobo marino de California (*Zalophus californianus*), el lobo marino de Steller (*Eumetopias jubatus*) y lobo fino del norte (*Callorhinus ursinus*). Las mayores concentraciones de mercurio se han reportado en el delfín listado y en la tonina del mar Mediterráneo como resultado de la actividad industrial del continente europeo, alcanzando valores de 5,374 µg/g. Mientras que las concentraciones más bajas se han reportado en el Ártico en belugas (5-53 µg/g), en narvales (30.8 a 74.8 µg/g), en morsas (< 13.2 µg/g), y en el oso polar (~22-264 µg/g). Aunque no fue posible determinar el impacto de los niveles de mercurio en la salud de los mamíferos marinos, ya que los ejemplares se encontraban varados o muertos, se obtuvo información valiosa sobre la distribución y almacenamiento del mercurio en los mamíferos marinos.

Se encontró, que los mamíferos marinos tienen un mecanismo de desintoxicación que también se encuentra en otros animales y plantas, mediante la unión del mercurio con el selenio (Se), que es un elemento semimetálico que se considera un nutriente, pero a la vez es tóxico a concentraciones altas (> 900 µg/g). Esta unión neutraliza los efectos tóxicos del mercurio formando cristales toxicológicamente insolubles y facilitando la excreción del organismo.

Pero esto no quiere decir que los mamíferos marinos sean inmunes a los efectos tóxicos del mercurio, lo que nos muestra es que tienen un umbral distinto, sin embargo, el mecanismo de desintoxicación también tiene un límite debido a que, a diferencia del mercurio, el selenio es un nutriente esencial que tiene un efecto protector hacia el daño oxidativo en el cerebro y tejido neuroendocrino, y participa en el buen funcionamiento de la tiroides y el sistema inmune. Si bien la unión del mercurio y selenio tiene un efecto protector, por otro lado, podría resultar en una deficiencia del selenio y afectar la salud del individuo.

En México, el Golfo de California es un ecosistema con una alta productividad, biodiversidad y grandes poblaciones de diferentes taxones de organismos marinos y estuarinos, que no están exentos de la contaminación como resultado del desarrollo de actividades económicas como la minería, el uso de termoeléctricas a partir de la quema de combustible, agricultura, pesquería y turismo. Para ejemplificar esto, usaremos al lobo marino de California, especie residente en el Golfo de California. Este lobo marino es un depredador tope que se distribuye a lo largo de las costas e islas dentro del Golfo, y de las cuales 13 de estas islas son colonias reproductivas: Rocas Consag, San Jorge, Lobos, Granito, Los Cantiles y Los Machos (que están en la Isla Ángel de la Guarda), El Partido, El Rasito, San Esteban, San Pedro Mártir, San Pedro Nolasco, Farallón de San Ignacio y Los Islotes. Los nacimientos de crías ocurren una vez al año a finales de mayo y a principios de agosto. Una vez que la cría nace, la hembra se queda con ella para alimentarla y cuidarla durante uno a tres días para después hacer "viajes de alimentación", en donde las hembras dejan la isla por unos días para irse al mar a alimentarse y después regresan a la colonia para amamantar y cuidar de su cría por un aproximado de dos días antes de volver a hacer otro viaje de alimentación. El destete de las crías se da de forma paulatina y varía entre colonias reproductivas, y se ha encontrado que pueden empezar a comer peces a partir de los tres meses de edad. Por lo general, las crías de lobo marino en México son completamente destetadas a los 12 meses de edad.

Por su posición tope en la cadena trófica, el lobo marino de California está expuesto a varios contaminantes de origen antropogénico, como los contaminantes orgánicos persistentes, los residuos plásticos y los metales tóxicos, como el mercurio. En el caso de las crías, la vía por la cual están expuestas al mercurio, así como a otros metales tóxicos, se da a través de la leche materna, por lo que durante este periodo las crías son indicadoras de la exposición al mercurio de las madres. Esto ha sido demostrado con análisis de las

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):14-16

concentraciones de mercurio en el pelo de las crías, que varían entre las diferentes colonias en las islas del Golfo de California. En general, las mayores concentraciones se han detectado en el Alto Golfo de California (9.45 a 14.1 µg/g), posiblemente relacionadas con los desechos y descargas de aguas residuales que acarrean los ríos que desembocan en esa región. Aunque valores por encima de estos niveles se han encontrado en Granito (139 µg/g) y Los Islotes (23.4 µg/g). En algunos estudios sobre el mercurio en los lobos marinos se ha encontrado que conforme aumentan los niveles de mercurio, también aumentan los de selenio, posiblemente asociados al mecanismo de desintoxicación.



En la imagen se muestra en a) el mapa de la distribución de las 13 colonias reproductivas del lobo marino de California dentro del Golfo de California: 1. Rocas Consag, 2. San Jorge, 3. Lobos, 4. Granito, 5. Los Cantiles, 6. Los Machos, 7. El Partido, 8. Rasito, 9. San Esteban, 10. San Pedro Mártir, 11. San Pedro Nolasco, 12. Farallón de San Ignacio, 13. Los Islotes. b) Cría de lobo marino de California amamantando en San Pedro Nolasco. c) Dos hembras adultas y un macho adulto de lobo marino de California en San Pedro Nolasco.
Mapa: Laboratorio de Ecofisiología, CIAD, A.C., Unidad Guaymas.
Fotografías b) y c): I. D. Barba-Acuña.

Si bien, los niveles de mercurio reportados dentro del Golfo de California son menores a los reportados en otros lugares, como el mar Mediterráneo, es importante seguir monitoreando los niveles de mercurio e investigar cuáles son los niveles tolerables para esta especie de pinnípedo y cuáles son algunos signos tempranos de daño en los individuos. El daño a la salud producto de altas concentraciones de mercurio depende de qué tipo de mercurio es al que se ha expuesto, en el ambiente marino el metilmercurio es una de las formas más tóxicas encontradas.

Aunque la humanidad ha tenido una relación muy estrecha con el mercurio en diversas áreas desde hace mucho tiempo, también hemos podido ver cómo la exposición a ciertos tipos de mercurio puede resultar muy nociva para la salud humana y ambiental, como lo ocurrido en el desastre de Minamata, Japón. Especies centinelas como los mamíferos marinos nos pueden mostrar qué cambios hay en el medio ambiente con respecto a los niveles de mercurio, lo cual es de suma importancia para los humanos porque algunos de los peces de los cuales se alimentan los mamíferos marinos son también de consumo humano. Sin embargo, estamos a tiempo de monitorear estas concentraciones y detectar niveles altos que pongan en peligro la salud de los lobos marinos y de los seres humanos.

Desde los trabajos realizados por los alquimistas sobre las propiedades del mercurio hasta el desastre de Minamata, se muestra la versatilidad de dicho elemento que actualmente requiere de un monitoreo constante en el ambiente marino y por supuesto, en los mamíferos marinos.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras y el autor agradecen a I. D. Barba-Acuña y J. Á. Ortega-Borchardt por la revisión del manuscrito y por el uso de sus fotografías.

LITERATURA CONSULTADA

Bossart, G. D. 2011. Marine mammals as sentinel species for oceans and human health. Veterinary Pathology 48:676-690.

Ekino, S., *et al*. 2007. Minamata disease revisited: An update on the acute and chronic manifestations of methyl mercury poisoning. Journal of the Neurological Sciences 262:131-144.

Fernandes Azevedo, B., *et al*. 2012. Toxic effects of mercury on the cardiovascular and central nervous systems. Journal of Biomedicine and Biotechnology 2012:1-11.

García-Aguilar, M. C., y D. Aurioles-Gamboa. 2003. Cuidado materno en el lobo marino de California de Los Islotes, Golfo de California, México. Ciencias Marinas 29:573-583.

Kershaw, J. L., y A. J. Hall. 2019. Mercury in cetaceans: Exposure, bioaccumulation and toxicity. Science of the Total Environment 694:1-11.

McCurry, J., 2016. Japan remembers Minamata. The Lancet 367:99-100.

Quiles, A., *et al*. 2016. A high-precision chronological model for the decorated Upper Paleolithic cave of Chauvet-Pont d'Arc, Ardèche, France. Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) 113:4670-4675.

Rosas-Hernández, M. P., C. J. Hernández-Camacho., D. Aurioles-Gamboa., y A. W. Trites. 2024. Age at weaning of California sea lions depends on colony latitude. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 581:152059.

Symon, T. E., *et al*., 2023. Mercury and selenium concentrations in lanugo of free-ranging California sea lions in the southern Gulf of California, Mexico. Marine Pollution Bulletin 197:1-12.

Szteren, D., y D. Aurioles-Gamboa. 2011. Regionalización ecológica de las colonias reproductivas de *Zalophus californianus*, como herramienta para su conservación en el Golfo de California. Ciencias Marinas 37:349-368.

Wafo, E., *et al*. 2014. Methylmercury and trace element distribution in the organs of Stenella coeruleoalba dolphins stranded on the French Mediterranean coast. Open Environmental Sciences 8:35-48.

Wisniak, J. 2008. The history of mercury. From discovery to incommodity. CENIC Ciencias Químicas 39:147-157.

Sometido: 14/oct/2025.
Revisado: 24/oct/2025.
Aceptado: 14/nov/2025.
Publicado: 15/nov/2025.
Editor asociado: Dra. Alina Gabriela Monroy-Gamboa.

DOI: 10.12933/therya_ixmana-26-780
ISSN 2954-3606

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):17-19

DEL CAPIBARA FAMOSO AL GUAQUEQUE OLVIDADO DE MÉXICO

Jenner Rodas-Trejo
Escuela de Estudios Agropecuarios Mezcalapa, Universidad Autónoma de Chiapas. Copainalá, Chiapas, México. jenner.rodas@unach.mx

Mientras el mundo reconoce al capibara sudamericano (*Hydrochoerus hydrochaeris*) como símbolo de tranquilidad, en México habita un roedor igualmente fascinante que está desapareciendo en silencio: el guaqueque negro (*Dasyprocta mexicana*), es una especie endémica, es decir, una especie única, que solo existe en nuestro país y que la mayoría de los mexicanos desconoce.

Las redes sociales han transformado al capibara en una celebridad mundial. Videos de este gigante tranquilo compartiendo espacios con cocodrilos, recibiendo caricias de otros animales y manteniendo su característica expresión serena han conquistado millones de corazones. Esta popularidad ha traído beneficios inesperados para la conservación, pues al proteger al capibara también se protegen los humedales donde vive y todas las especies que comparten ese espacio. Los biólogos llaman a esto "efecto paraguas o sombrilla": cuando una especie carismática recibe atención, muchas otras se benefician indirectamente. Sin embargo, México posee su propia versión de roedor carismático, uno que necesita desesperadamente la misma atención y que merece ocupar un lugar especial en el corazón de los mexicanos.

El guaqueque negro, también conocido como serete o agutí mexicano, es un roedor del tamaño aproximado de un conejo grande o una liebre (entre 42 a 62 cm), con pelaje oscuro brillante que va del café intenso al negro azabache. A diferencia del capibara que pasa gran parte de su tiempo en el agua, el guaqueque negro es un habitante del suelo de las selvas húmedas, donde se mueve con agilidad entre la hojarasca y las raíces de los árboles gigantes. Su nombre científico es *Dasyprocta mexicana* y ese apellido científico nos revela algo fundamental: es mexicano, completamente nuestro y de nadie más en el mundo, lo que conlleva una gran responsabilidad para nosotros en términos de su protección y conservación.

El género *Dasyprocta* incluye 11 especies de roedores similares, distribuidas principalmente en Centro y Sudamérica. Entre las más conocidas están el agutí de azara (*D. azarae*) que habita en Brasil, Argentina, Paraguay y Uruguay y el agutí centroamericano (*D. punctata*) presente desde México hasta Colombia. El guaqueque negro tiene una distribución limitada, habita en las selvas del sureste de México, específicamente en los estados de Veracruz, Oaxaca, Chiapas y algunos registros en Tabasco, aunque también habita en Cuba como una especie introducida por el hombre. En Chiapas, existe una población que habita en la Reserva Ecológica Urbana "El Zapotal" ubicada en la capital del estado, en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. Si bien, esta reserva no es parte de su distribución natural, se puede observar una población estable desde hace varias décadas. Tal población se originó a partir de algunos individuos que escaparon de sus encierros en el Zoológico Miguel Álvarez del Toro (ZOOMAT), que está ubicado dentro de la Reserva El Zapotal, encontrando allí las condiciones para establecerse.

Los guaqueques negros son principalmente diurnos, realizando la mayor parte de sus actividades entre las cinco de la mañana y las siete de la tarde. Sin embargo, se ha documentado que pueden modificar sus horarios de actividad debido a diferentes circunstancias como la presencia humana o de animales domésticos como perros, pudiendo volverse más activos durante las horas crepusculares, o incluso durante la noche, como una estrategia para evitar encuentros. Esta flexibilidad en sus patrones de actividad demuestra capacidad de adaptación que podría ser clave para su supervivencia en paisajes cada vez más transformados por el ser humano.

Esta especie cumple un papel fundamental como dispersor de semillas y jardinero de la selva. Su dieta se basa principalmente en frutos caídos, semillas, raíces y hongos. Además, es presa de varios depredadores como el jaguar, el puma, el ocelote y el coyote.

La situación actual del guaqueque negro es alarmante y contradictoria. La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), lo clasifica como una especie en peligro crítico de extinción. Esta es la categoría más grave antes de declarar a una especie extinta en vida silvestre. Los criterios para esta clasificación se basan en la reducción dramática de las poblaciones, la pérdida acelerada de su hábitat y la vulnerabilidad de la especie ante amenazas. Sin embargo, de manera incomprensible, la legislación ambiental mexicana no reconoce ningún nivel de riesgo para esta especie a pesar de ser endémica. En la Norma Oficial Mexicana, el guaqueque negro simplemente no aparece en las categorías de amenaza. Esto significa que legalmente no existe obligación



Guaqueque negro (*Dasyprocta mexicana*) en vida silvestre, Reserva El Zapotal, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Fotografía: Jenner Rodas-Trejo.

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):17-19

de protegerlo, no hay programas gubernamentales específicos para su conservación y no existen restricciones especiales para actividades que puedan afectarlo. Esta contradicción entre el estatus internacional y el reconocimiento nacional no es solo un problema burocrático o técnico, es un asunto ético. Esta especie que sólo existe en México, cuyas poblaciones han disminuido drásticamente en las últimas décadas, que cumple funciones ecológicas importantes, permanece en el limbo legal donde no recibe la protección que urgentemente necesita.

Las amenazas que enfrenta son múltiples y severas. La más grave es la destrucción de su hábitat. Las selvas del sureste mexicano han sido taladas de manera acelerada para dar paso a potreros para ganado, campos de cultivo, plantaciones de palma africana, y desarrollos urbanos. Sin embargo, la especie ha demostrado adaptarse a estos cambios ya que se ha documentado la presencia de estos animales en plantaciones de palma africana, moviéndose entre las hileras de palmas en busca de alimento y refugio. La segunda amenaza principal es la cacería. En las comunidades rurales del sureste, el guaqueque negro tradicionalmente es cazado para el consumo de su carne.

La falta de conocimiento público sobre esta especie es otro obstáculo importante para su conservación. A diferencia del capibara, que se ha vuelto un fenómeno cultural global, el guaqueque negro permanece prácticamente desconocido incluso para la mayoría de los mexicanos. Muchas personas en el país nunca han escuchado hablar de él, solamente las personas que viven cerca de las selvas están familiarizadas con su existencia. Esta invisibilidad mediática y cultural tiene consecuencias directas: es difícil generar apoyo público para la conservación de algo que la gente no sabe que existe. Los esfuerzos de conservación exitosos generalmente requieren el respaldo de la sociedad y ese respaldo sólo surge cuando las personas conocen, valoran y se sienten conectadas emocionalmente con las especies que necesitan protección.

A pesar de las amenazas y de su carácter endémico, la investigación científica sobre el guaqueque negro es escasa. Existen pocos estudios sobre la especie; la mayoría de los registros obtenidos han sido indirectos, a partir de estudios de fototrampeo que buscan documentar la comunidad de mamíferos terrestres. Los resultados muestran que donde las condiciones de hábitat son favorables, el guaqueque negro puede ser relativamente abundante: en algunos sitios como la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas, en Veracruz y en La Selva El Ocote, en Chiapas, se han obtenido registros considerables en número. No obstante, no existen estudios poblacionales detallados que nos permitan saber con certeza



Adulto de guaqueque negro (*Dasyprocta mexicana*) y su cría, Reserva El Zapotal, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Fotografía: Jenner Rodas-Trejo.



Pareja de guaqueque negro (*Dasyprocta mexicana*) en la Reserva El Zapotal, Chiapas, México. Fotografía: Jenner Rodas-Trejo.

cuántos guaqueques negros quedan en vida silvestre. No se han realizado análisis genéticos completos para confirmar su identidad taxonómica y entender mejor sus relaciones evolutivas con otras especies del género *Dasyprocta*, especialmente considerando que estudios recientes han cuestionado la validez de algunas clasificaciones tradicionales, además de conocer la viabilidad genética de la presencia o persistencia de poblaciones a futuro. No comprendemos completamente su capacidad real de adaptación a hábitats perturbados ni sus requerimientos específicos de hábitat y conectividad entre poblaciones. Tampoco se han evaluado sistemáticamente los impactos del cambio climático sobre la especie, aunque algunos modelos sugieren alta vulnerabilidad debido a su distribución restringida.

México tiene todos los elementos necesarios para revertir esta situación y convertir al guaqueque negro en un símbolo local de conservación. Primero, necesitamos integrar en la legislación ambiental a esta especie en las categorías de protección, reconociendo su estatus real de peligro crítico. Segundo, se requieren programas específicos de conservación que incluyan el establecimiento y protección de corredores biológicos. Tercero, es fundamental implementar programas de educación ambiental para que las nuevas generaciones conozcan y valoren a esta especie única. Cuarto, deben establecerse regulaciones claras sobre la cacería en zonas críticas, trabajando de manera respetuosa con las comunidades locales para encontrar alternativas alimentarias y económicas.

El guaqueque negro no necesita volverse una sensación viral en redes sociales para justificar su protección. Su valor es intrínseco: es una especie con millones de años de historia evolutiva, perfectamente adaptada a los ecosistemas donde habita, cumpliendo funciones ecológicas que no pueden ser reemplazadas por ninguna otra especie, y representando una parte única del patrimonio natural mexicano. Sin embargo, si la popularidad ayuda a su conservación, entonces debemos encontrar maneras creativas de darle visibilidad. Los medios de comunicación, los creadores de contenido, los educadores y los comunicadores de la ciencia tienen aquí una oportunidad perfecta para contar una historia que importa: la historia de una especie única que está desapareciendo y que aún podemos salvar.

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):17-19

México es un país megadiverso, uno de los cinco países con mayor biodiversidad en el planeta. Esta riqueza natural es parte fundamental de nuestra identidad nacional, de nuestra cultura y de nuestro futuro. Tenemos la responsabilidad de ser guardianes efectivos de esta herencia. El guaqueque negro, al igual que otras especies endémicas son un examen que nos está poniendo la historia: ¿somos capaces de reconocer el valor de lo nuestro antes de que sea demasiado tarde? ¿Podemos actuar con la urgencia que la situación requiere? ¿Tenemos la voluntad colectiva de priorizar la conservación sobre intereses económicos de corto plazo?

La respuesta a estas preguntas definirá no solo el destino del guaqueque negro y nuestras especies endémicas, sino también nuestra relación con la naturaleza en las próximas décadas. Si permitimos que esta especie u otras especies se extingan por negligencia, por desconocimiento o por indiferencia, estaremos estableciendo un precedente peligroso que facilitará la pérdida de muchas otras especies. Pero si logramos articular un esfuerzo nacional exitoso de conservación, estaremos demostrando que es posible revertir tendencias negativas y construir un futuro donde el desarrollo humano y la conservación de la biodiversidad coexistan armoniosamente.

México tiene su propio "capibara", uno que merece reconocimiento, admiración y protección urgente. El guaqueque negro espera que despertemos a la realidad de su existencia y actuemos antes de que el silencio de las selvas se vuelva permanente.

LITERATURA CONSULTADA

Estrada-Croker, J. C., E. J. Naranjo-Piñera. 1998. Ecología del Agutí (Dasyprocta mexicana) en El Zapotal, Chiapas Instituto de Historia Natural del Estado de Chiapas, en Informe Final SNIB-CONABIO Proyecto No. G020. http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfG020.pdf. Consultado el 12 de julio de 2025.

García-Aguilar, M. C., J. Luévano-Esparza y H. de la Cueva. 2017. La fauna nativa de México en riesgo y la NOM-059: ¿Están todos los que son y son todos los que están?. Acta Zoológica Mexicana (N. S.) 33:188-198.

Hernández-López, E., y H. M. J. López-Castilla. 2025. El pequeño dispersor de semillas de los ecosistemas. Therya *ixmana* 4:95-96.

International Union For Conservation Of Nature (IUCN). 2023. Dasyprocta mexicana. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2023-1.2. https://www.iucnredlist.org/. Consultado el 26 de abril 2023.

Retana, O. G., y C. Lorenzo. 2002. Lista de los mamíferos terrestres de Chiapas: endemismo y estado de conservación. Acta Zoológica Mexicana (N. S.) 85:25-49.

Roach, N., L. Naylor y S. Flores.2024. Dasyprocta mexicana. The IUCN Red List of Threatened Species 2024:e.T6285A22198164.

Rodas-Trejo, J., P. Ocampo-González, y E. E. Espinoza-Medinilla. 2025. Patrones de actividad de Dasyprocta mexicana: contrastes entre un área urbana y un área silvestre en Chiapas, México. Mammalogy Notes 11:492.

Sánchez-Cordero, V., *et al*. 2005. Deforestation and extant distributions of Mexican endemic mammals. Biological Conservation 4:465-473.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2019. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. 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 2454:1-77. México. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5578808. Consultado el 12 de julio de 2025

Sometido: 02/nov/2025.
Revisado: 06/nov/2025.
Aceptado: 21/nov/2025.
Publicado: 22/nov/2025.
Editor asociado: Dr. Eduardo Felipe Aguilera-Miller.

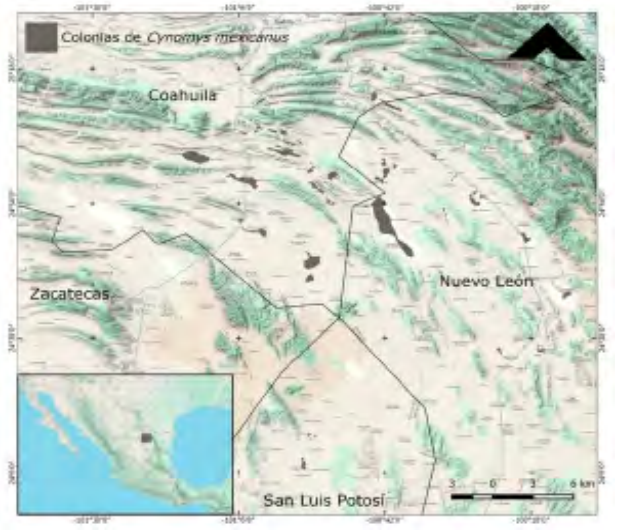
DOI: 10.12933/therya_ixmana-26-783
Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):20-21
ISSN 2954-3606

LA ESCALADA MÍNIMA DE PERRITO LLANERO MEXICANO

Dino Ulises González-Uribe[1]*, Héctor Darío González-López[1] y José Isidro Uvalle-Sauceda[2]
[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
digon_mx@yahoo.com (DUGU), hectordarioua@gmail.com (HDGL)
[2]Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales. Linares, Nuevo León, México. juvalle.uanl@gmail.com (JIUS)
*Autor de correspondencia

Todos los días, perrito llanero mexicano se defiende de otras especies para evitar ser comido. Vigilar, ladrar, formar grupos, guardar distancia, evadir y correr son parte de las estrategias de defensa que utiliza para salir vivo.

Una gran superficie de enfrentamientos entre animales silvestres se localiza en el semidesierto del noreste de México, si nos acercamos a Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas, podremos ser espectadores de lo que sucede. Es una extensión de pastizales donde habita el personaje principal, ahí lo podemos encontrar. Se llama perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus*), un mamífero pequeño en peligro de extinción que forma organizaciones sociales llamadas familias integradas por crías, juveniles y adultos, diferenciados entre hembras y machos. Los grupos de familias forman colonias que con el paso del tiempo son más restringidas en número y superficie por el cambio de uso del suelo ejercido por actividades humanas realizadas en el lugar en forma de agricultura y pastoreo. Esta especie se considera semifosorial diurna, es decir, los individuos pasan en madrigueras que ellos mismos construyen la mayor parte del día y eso les permite soportar condiciones extremas de clima. Por ello, en las colonias es posible observar cientos o miles de montículos de tierra alrededor de las entradas de las madrigueras, indicador que los animales tienen actividad en esos lugares.



Distribución geográfica de colonias de perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus*). Realizada con datos de González-Uribe *et al*. (2024). Mapa: Dino Ulises González-Uribe.

El cuerpo del perrito llanero es compacto, tiene patas delanteras y traseras fuertes, garras filosas que están en mantenimiento todos los días por su uso en la excavación. La acción de remoción del suelo con las patas, la acompaña con el hocico que tiene dientes incisivos afilados y poderosos. Los músculos del cuello son ejercitados por el movimiento al extraer el suelo; cabeza y hombros también intervienen en esa acción. La tierra es movida del interior de la madriguera por el hocico y patas delanteras, llega a la parte baja de la panza y es empujada por las patas traseras, la sincronización repetida de los movimientos es semejante a los de una pequeña máquina removedora de suelo, para el animal representa un ejercicio bien articulado y sincronizado, con un ritmo que demanda condición física por ser movimientos que inmiscuyen varias partes del cuerpo.



Perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus*) en La India, Coahuila, México. Fotografía: Dino Ulises González-Uribe.

Debe adicionarse que en el interior de las madrigueras el perrito llanero está expuesto al polvo y tierra que le caen en la cabeza, ojos y hocico, así que el ejercicio que realiza tiene su mérito dado por la dificultad de postura y el tiempo que invierte para hacerlo. Sin duda estos animales silvestres tienen características idóneas para sus actividades de excavación, aunque en apariencia no son visibles sus músculos, la acción de excavación indica que son fuertes y hábiles.

En animales silvestres hay un término llamado comportamiento agresivo, definido como, cualquier acción dirigida a amenazar, atacar o dañar a otro individuo. Esto puede ser hacia miembros de la misma especie (intraespecífica) o hacia otras especies (interespecífica). Las funciones principales son: a) defensa del territorio; b) protección de crías o grupo social; c) acceso a recursos; d) disuasión sin contacto físico. El comportamiento agresivo puede subdividirse en activo, el cual

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):20-21

implica ataque directo o confrontación física y el pasivo, el que utiliza alarmas, señales, evasión y distancia, sin contacto físico directo.

En la evolución y supervivencia de las especies, el comportamiento agresivo pasivo está compuesto por la evasión y la distancia. En humanos, recibe el nombre de escalada mínima, es un enfoque de defensa personal que consiste en utilizar la menor agresión posible para neutralizar un peligro, priorizando la seguridad, la evasión y la prevención, complementado con acciones básicas que incrementen la efectividad de la defensa evitando la confrontación directa prolongada. Cuando falla lo anterior se recurre al comportamiento agresivo activo (acciones básicas físicas para neutralizar y escapar). El perrito llanero exhibe un comportamiento agresivo pasivo si se considera que es una presa para otros animales, sus depredadores muestran comportamiento agresivo activo con el objetivo de cazarlos para alimentarse de ellos.

Desde hace miles de años, el humano ha observado a los animales, ha tenido interés en la sobrevivencia de las especies, en cómo se defiende y como puede ser utilizado su comportamiento en lo que se conoce como defensa personal. Si bien la vida silvestre no tiene manuales que indiquen como sobrevivir a un ataque por depredadores, la observación humana ha acumulado conocimientos que son resumidos en la escalada mínima y que serán descritos a continuación.

Una escena cotidiana en los pastizales del semidesierto, específicamente en las colonias de perritos llaneros es la formación de grupos diurnos pastoreando en la superficie alrededor de las madrigueras. Algunos de ellos vigilan las inmediaciones de las colonias, se alimentan y a la par detectan posibles amenazas terrestres o voladoras dadas por depredadores potenciales, como coyote (*Canis latrans*), tlalcoyote (*Taxidea taxus*), comadreja cola larga (*Neogale frenata*), águila real (*Aquila chrysaetos*), aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*), entre otras.

Si en la descripción anterior se consideran solo a dos mamíferos pequeños, como el perrito llanero (presa) y comadreja cola larga (depredador), se tiene un ejemplo potencial de lucha por la supervivencia, que puede convertirse en un combate intenso. La escalada mínima se inicia una vez que los vigías detectan la amenaza, las alarmas sonoras dadas por los ladridos de los perritos provocan el escape del grupo a lugares seguros. Es decir, se amplía la distancia de seguridad entre presas y depredador (generalmente uno). Este efecto es lo que busca la escalada mínima, evita el peligro por estar atento al entorno y reconocer situaciones de riesgo dadas por la cercanía de depredadores en el lugar.

Alejarse y aumentar distancia de seguridad es un principio económico de supervivencia, se estará a salvo con menor esfuerzo. Una confrontación física es costosa, alguien perderá y generalmente será la presa. Por ello, esto recibe el nombre de evasión, marcar distancia y utilizar las madrigueras son parte de la estrategia. El depredador que en este ejemplo es la comadreja, es hábil y voraz, sus movimientos rápidos en la superficie del terreno le permiten ubicar a su posible presa, dado que las madrigueras son parte de la escala mínima, la anatomía de su cuerpo le permite entrar con facilidad y continuar en los túneles para ubicar al perrito llanero. Si se llega a esto, la pelea por la supervivencia se convierte en la activación de estrategias de escape y evasión subterránea en ausencia de luz. En estas condiciones, si el perrito llanero es atrapado por la comadreja no tendrá escapatoria, si los integrantes de la familia están en la madriguera correrán con la misma suerte. Este depredador se detendrá cuando no queden individuos cercanos por cazar y lo más probable es que se coma una parte de un solo individuo, evolutivamente está programado para estas acciones.

Así es la vida en el semidesierto. El perrito llanero pierde ante el que puede ser su acérrimo enemigo la comadreja cola larga. La escena se repite una y otra vez en superficie y en los túneles con otros depredadores, en ocasiones la escalada mínima funciona a favor del perrito llanero, en otras, no. No es ensayo y error, son miles de años de comportamiento evolutivo que pudieran resumirse en el arte del escape, cuando en realidad es un proceso bien definido por: llamar la atención del grupo, utilizando alarmas sonoras (ladridos) para avisar del peligro a los demás miembros del grupo, que tienen como objetivo disuadir al depredador, alejarse de la fuente de peligro, mantener distancia de seguridad y desplazarse hacia zonas seguras (madrigueras), que en ocasiones solo son agujeros de escondite momentáneo utilizados como distracción y retrasar al depredador (evasión).

Las duras condiciones dadas por el clima en el hábitat de perrito llanero lo obligan a tener actividad diurna condicionada por las altas temperaturas, la cual disminuye el número de animales en superficie y en consecuencia el riesgo de ser detectados por depredadores. Efectos similares pueden observarse en días con vientos fuertes y lluvias, estos eventos se suman a la protección de las colonias, dándoles un descanso a las posibles presas.

Las estrategias de defensa del perrito llanero mexicano forman parte del comportamiento agresivo de la especie, si bien son pasivas por ser defensivas, muestran que son parte de lo que debe hacer diariamente para sobrevivir.

LITERATURA CONSULTADA

Carranza, J. (ed.). 2010. Etología. Introducción a la ciencia del comportamiento. Universidad de Extremadura, Servicio de Publicaciones. Cáceres, España.

González-Uribe, D. U., M. A. García-Aranda, F. Heredia-Pineda, y J. I. Uvalle-Sauceda. 2024. Distribución geográfica de *Cynomys mexicanus*. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 11:1-15.

Hoogland, J. (Ed.). 2013. Conservation of the black-tailed prairie dog: saving North America's western grasslands. Island Press. Washington, EE.UU.

Secretaría del 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. Diario Oficial de la Federación., México. 14 de noviembre de 2019.

Sometido: 18/nov/2025.
Revisado: 04/dic/2025.
Aceptado: 08/dic/2025.
Publicado: 10/dic/2025.
Editor asociado: Dr. Francisco Botello.

DOI: 10.12933/therya_ixmana-26-785
ISSN 2954-3606
Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):22-24

LA ARDILLA MOTEADA: EL INGENIERO INVISIBLE DEL DESIERTO

Erika J. Cruz-Bazan[1] y Jorge E. Ramírez-Albores[2]*
[1]Departamento de Recursos Naturales Renovables, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. erikacbazan@gmail.com (EJC-B)
[2]Departamento de Botánica, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. jorgeramirez22@hotmail.com (JER-A).
*Autor de correspondencia

La ardilla moteada es un habitante minucioso de los desiertos Chihuahuense, Sonorense y de los pastizales áridos del suroeste de los Estados Unidos de América. En dichos hábitats, su supervivencia se define por la capacidad de anticiparse al calor, la de interpretar señales ambientales efímeras y la de construir, bajo el suelo, refugios que transformen las condiciones adversas en oportunidades biológicas.

En los paisajes áridos del norte de México y del suroeste de Estados Unidos de América, donde las temperaturas extremas influyen directamente en la vida y la disponibilidad de recursos fluctúa con la irregularidad de las lluvias, habita un roedor que pocas veces aparece en la conversación pública, pese a su profunda relevancia ecológica. Xerospermophilus spilosoma, conocido como ardilla moteada, no posee la notoriedad de otros mamíferos emblemáticos de los desiertos norteamericanos. Su papel como modulador ecológico y su singular repertorio de adaptaciones fisiológicas, etológicas y evolutivas lo convierten en una especie clave para entender cómo la vida persiste y prospera bajo las condiciones más rigurosas. Su aparente discreción es engañosa. Detrás de una vida subterránea, existe un proceso dinámico de ingeniería ambiental y de diálogo permanente con el sistema ecológico que lo rodea.

Esta ardilla, de hábitos terrestres, está profundamente ligada a la estructura misma del desierto. Su distribución abarca zonas de pastizal árido, matorral xerófilo, regiones colinadas con vegetación dispersa y espacios de transición; es decir, un lugar donde un tipo de ambiente empieza a cambiar gradualmente hacia otro, donde las diferencias del suelo y la cantidad de hierbas influyen en su presencia. Estos ambientes, a primera vista homogéneos, son en realidad mosaicos complejos de microhábitats que exigen estrategias precisas para la regulación térmica corporal, la búsqueda de alimento y la protección contra depredadores. La ardilla moteada ha perfeccionado la combinación de comportamiento excavador, patrones de actividad modulados por la temperatura y una dieta flexible que le permite aprovechar recursos efímeros con una eficiencia excepcional.

La excavación es, sin duda, un eje central de su vida cotidiana. Las madrigueras, que pueden alcanzar profundidades de un metro o más, representan refugios térmicos donde la temperatura cambia de manera gradual, lo que permite amortiguar el calor extremo del día y conservar energía durante las noches frías. La arquitectura de estos sistemas subterráneos rara vez es aleatoria. Depende de la calidad del suelo, del tipo de vegetación presente y de la estabilidad estructural requerida para sostener galerías duraderas. Estas construcciones no solamente cumplen funciones básicas para la supervivencia de los individuos, como la protección por altas temperaturas o de los depredadores, sino que también transforman el microambiente que las rodea, al modificar la infiltración del agua y alterar la dinámica del suelo, que convierte a este pequeño mamífero en una especie que influye notablemente en el entorno. El impacto de la ardilla moteada puede notarse aun cuando no está a la vista. Sus madrigueras dejan montículos de tierra suelta y pequeñas entradas en el suelo, y la búsqueda de alimento genera áreas removidas donde la vegetación aparece más dispersa o con brotes jóvenes que aprovechan el suelo recién expuesto. Estos rastros revelan su actividad diaria y muestran cómo modifica el terreno simplemente al excavar, moverse y alimentarse.

Las interacciones ecológicas de esta especie constituyen un entramado sutil pero indispensable para el funcionamiento del desierto. Como herbívoro oportunista, consume semillas, brotes, flores e incluso algunos artrópodos, adaptando su dieta según la disponibilidad estacional de los recursos. Su relación con las plantas nativas es multifacética, puede actuar como depredador de semillas, pero también como dispersor involuntario y como facilitador de la germinación al manipular el suelo a través de los procesos de almacenamiento de semillas y excavación. La actividad de forrajeo, es decir, la búsqueda de alimento y el establecimiento de madrigueras generan claros que modifican la estructura de la vegetación al incrementar la exposición del suelo, influir en el establecimiento de gramíneas anuales (plantas herbáceas que completan su ciclo de vida en un año) y producir



La ardilla moteada (*Xerospermophilus spilosoma*), un roedor minucioso que pasa desapercibido en las zonas áridas y semiáridas del norte de México. Fotografía: Erika J. Cruz-Bazan.

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):22-24

microhábitats que favorecen a otras especies, incluyendo insectos y plantas pioneras. Con ello, la ardilla moteada contribuye a la heterogeneidad espacial del ecosistema, un atributo esencial para mantener la biodiversidad en ambientes donde los recursos no se distribuyen de manera uniforme.

Al mismo tiempo, esta ardilla terrestre es pieza fundamental en la red trófica, es decir, el conjunto de relaciones alimentarias que conecta a las especies dentro del ecosistema; debido a que es presa para diferentes depredadores como aguilillas (*Buteo* sp.), gavilán (*Circus hudsonius*), águila real (*Aquila chrysaetos*), halcón (*Falco* sp.), zorros (*Urocyon cineroargenteus* y *Vulpes macrotis*), coyote (*Canis latrans*), gatos monteses (*Lynx rufus*) y serpientes de cascabel (*Crotalus* sp.). La relación depredador-presa en estos ambientes está marcada por fluctuaciones notables y la presencia de esta ardilla puede determinar el éxito reproductivo o la permanencia local de ciertos carnívoros. La presión de depredación, a su vez, ha modelado rasgos conductuales en este roedor, como un variado repertorio de señales auditivas, vigilancia constante desde las entradas de sus madrigueras y patrones de actividad crepusculares durante los periodos más calurosos del año. Esta interacción bidireccional, donde tanto el depredador influye en el comportamiento de la ardilla como la ardilla afecta la dinámica de sus depredadores, revela cómo la selección natural ha cincelado una especie adaptada tanto a evitar la depredación como a contribuir a la estabilidad demográfica de sus depredadores.



Distribución geográfica potencial de la ardilla moteada (*Xerospermophilus spilosoma*) en Norteamérica. Su área de distribución abarca desde el sureste de los Estados Unidos de América hasta el centro de México.
Imagen: Jorge E. Ramírez-Albores, elaborado en Google Earth® con datos del Global Biodiversity Information Facility (GBIF 2025).

Su reproducción también posee particularidades estrechamente vinculadas con el clima del desierto. Las hembras suelen presentar una sola camada anual, aunque la variabilidad climática puede alterar este patrón. Los periodos de lluvia determinan la abundancia de alimento y su disponibilidad, influye en la viabilidad de la gestación y en la supervivencia de las crías. Este vínculo estrecho entre los ciclos biológicos y las oscilaciones ambientales refuerza la idea de que la especie opera bajo umbrales de tolerancia finos, mismos que la vuelven vulnerable a cambios abruptos en el clima regional. La supervivencia de las crías depende también de la calidad de las madrigueras y de la estabilidad del microhábitat inmediato, lo que revela nuevamente el papel del comportamiento excavador como una adaptación esencial para asegurar que nuevas generaciones logren establecerse y mantener su población.

Pese a su notable adaptación al ambiente árido, no está exenta de amenazas. Durante gran parte del siglo XX y hasta la actualidad, la expansión agrícola y ganadera ha transformado extensivamente los pastizales y matorrales del norte de México. La conversión del hábitat en monocultivos, los procesos de pastoreo intensivo y la compactación del suelo por maquinaria pesada reducen la calidad del sustrato para la excavación y disminuyen la diversidad vegetal de la cual depende este roedor. La pérdida de cobertura herbácea y la alteración de la composición de especies vegetales afectan directamente la disponibilidad de alimento y el microambiente superficial, generando condiciones inestables que pueden limitar la persistencia poblacional de la ardilla moteada. Otro factor emergente en su problemática de sobrevivencia es la fragmentación del paisaje. Mientras que otros roedores de zonas áridas muestran cierta plasticidad para moverse entre fragmentos aislados, la ardilla moteada presenta una fidelidad notable a sus territorios y a sus madrigueras, lo que reduce la probabilidad de recolonización en áreas degradadas o aisladas. La fragmentación limita la conectividad genética entre poblaciones y promueve la pérdida de variabilidad genética de las poblaciones a largo plazo, lo que reduce la capacidad de las poblaciones para adaptarse a cambios ambientales. Si bien este fenómeno no ha sido estudiado exhaustivamente en la ardilla moteada, patrones observados en especies estrechamente relacionadas sugieren que podría representar un riesgo significativo en décadas futuras.concentraciones de mercurio en el pelo de las crías, que varían entre las diferentes colonias en las islas del Golfo de California. En general, las mayores concentraciones se han detectado en el Alto Golfo de California (9.45 a 14.1 µg/g), posiblemente relacionadas con los desechos y descargas de aguas residuales que acarrean los ríos que desembocan en esa región. Aunque valores por encima de estos niveles se han encontrado en Granito (139 µg/g) y Los Islotes (23.4 µg/g). En algunos estudios sobre el mercurio en los lobos marinos se ha encontrado que conforme aumentan los niveles de mercurio, también aumentan los de selenio, posiblemente asociados al mecanismo de desintoxicación.

El cambio climático añade un componente aún más complejo a esta situación. La intensificación de las sequías, el aumento en la variabilidad temporal de las precipitaciones y las alteraciones en las temperaturas extremas afectan directamente la fenología vegetal, la disponibilidad estacional del alimento y las condiciones térmicas superficiales que enfrentan los roedores diurnos. Para la ardilla moteada, cuya fisiología está ajustada a rangos térmicos concretos y que depende de señales ambientales para regular su actividad diaria, los cambios abruptos pueden desestabilizar los ciclos de forrajeo y alterar los periodos de mayor eficiencia energética. Además, el estrés térmico acumulado podría inducir cambios conductuales que, a la larga, reduzcan el tiempo disponible para la alimentación o aumenten la exposición a depredadores.

La presencia de especies introducidas por el hombre a su ambiente añade otro elemento de preocupación. En regiones del desierto donde plantas exóticas invasoras, como el zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) y el zacate rosado (*Rhynchelytrum repens*), han desplazado a la vegetación nativa, se observan modificaciones profundas en la estructura del hábitat que afectan a los roedores excavadores. Estos zacates crean parches densos y altamente inflamables que alteran los procesos de fuego natural en el paisaje y reducen la disponibilidad de espacios abiertos necesarios para la vigilancia y el desplazamiento de la radilla moteada. Además, la homogenización vegetal limita la diversidad de semillas y reduce la oferta de nutrientes, afectando indirectamente la fisiología y la salud de los individuos.

Aunque esta especie no figura entre los mamíferos más carismáticos o amenazados del país, su papel ecológico es desproporcionadamente grande para su tamaño. Al actuar como ingeniero del ecosistema, modificador de hábitats, presa fundamental y consumidor oportunista, la ardilla moteada sostiene procesos ecológicos cruciales en ambientes que dependen de la variabilidad y de los pulsos de productividad. Su desaparición local podría desencadenar efectos en cascada, alterando la distribución de depredadores, reduciendo

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):22-24

la heterogeneidad del paisaje y afectando la dinámica de regeneración vegetal. Persisten vacíos significativos en el conocimiento sobre su estructura social, los mecanismos finos mediante los cuales selecciona sitios de madriguera, los factores que determinan su variabilidad demográfica y las interacciones específicas que mantiene con las especies de plantas dominantes en cada región. En este sentido, la conservación de la ardilla moteada no debe ser vista únicamente como un esfuerzo por proteger a un pequeño mamífero, sino como una estrategia para preservar la integridad funcional de los desiertos.

En un paisaje donde la vida parece mínima, la ardilla moteada demuestra que incluso un animal pequeño puede transformar profundamente su entorno. Sus madrigueras revelan la complejidad oculta del desierto y la riqueza que suele pasar desapercibida. Su capacidad para adaptarse y hacer de la escasez una oportunidad la convierte, sin duda, en el ingeniero invisible del desierto.

AGRADECIMIENTOS

A la beca de posgrado (835404) por parte del SECIHTI. A los Fondos Institucionales de Investigación para el proyecto 38111-425104001-2178 de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. A todo el personal a cargo del Rancho Ganadero Los Ángeles por las facilidades otorgadas y apoyo logístico.

LITERATURA CONSULTADA

Arita, H. T., y G. Ceballos. 1997. Los mamíferos de México: distribución y estado de conservación. Revista Mexicana de Mastozoología 2:33-71.

Ceballos, G., y G. Oliva. 2005. Los mamíferos silvestres de México. Fondo de Cultura Económica. Distrito Federal, México.

Espinosa-Martínez, D.V., *et al.* 2016. Mamíferos de Coahuila. Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Época) 2:1-28.

GBIF. 2025. GBIF Occurrence Download *Xerospermophilus spilosoma*. https://doi.org/10.15468/dl.gm6m85 Consultado el 8 de noviembre 2025.

Lacher, T., R. Timm, y S. T. Castañeda-Álvarez. 2016. *Xerospermophilus spilosoma*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016:e. T42563A22262899.

Streubel, D.P., y J. P. Fitzgerald. 1978. *Spermophilus spilosoma*. Mammalian Species 101:1-4.

Valdés, M. 2003. Las ardillas de México. Biodiversitas 51:1-7.



Grupo familiar de ardillas moteadas (Xerospermophilus spilosoma) en el sureste de Coahuila, México.
Fotografía: Erika J. Cruz-Bazan.

Sometido: 20/nov/2025.
Revisado: 04/dic/2025.
Aceptado: 09/dic/2025.
Publicado: 10/dic/2025.
Editor asociado: Dr. Eduardo Felipe Aguilera-Miller.

DOI: 10.12933/therya_ixmana-26-792
ISSN 2954-3606

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):25-28

¿GRIPE EN ANIMALES? INFLUENZA A(H5N1) EN MAMÍFEROS

Román Espinal-Palomino, César R. Rodríguez-Luna y Carlos N. Ibarra Cerdeña*
Departamento de Ecología Humana, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav) Unidad Mérida. Mérida, Yucatán, México.
roman.espinal@cinvestav.mx (RE-P), cesar.rodriguez@cinvestav.mx (CRR-L), cibarra@cinvestav.mx (CNI-C)
*Autor de correspondencia

La influenza A(H5N1) es un virus zoonótico altamente patógeno que afecta aves y mamíferos a nivel global. Este artículo revisa su impacto reciente en la fauna silvestre, así como sus implicaciones en la conservación de los mamíferos y sobre los potenciales riesgos emergentes para la salud pública.

A lo largo de la historia, las pandemias han tenido un profundo impacto en las sociedades humanas. Enfermedades como la peste bubónica, el cólera o, más recientemente, el VIH, no solo provocaron millones de muertes, sino que también transformaron prácticas cotidianas relacionadas con la higiene, la prevención y el cuidado de la salud. Un rasgo común en muchos de estos eventos es su origen zoonótico: patógenos que circulan en animales y que, bajo ciertas condiciones, logran infectar a las personas. Entre los virus zoonóticos con mayor relevancia histórica se encuentra la influenza o gripe, responsable de algunas de las pandemias más graves registradas.

El virus de la influenza A(H5N1), perteneciente a la familia Orthomyxoviridae, destaca por su alta patogenicidad y su capacidad para infectar fauna silvestre, animales domésticos y humanos. Pandemias históricas como la influenza española de 1918-1919, así como brotes más recientes —por ejemplo, la influenza porcina de 2009— evidencian el enorme impacto sanitario que estos virus pueden tener. En la actualidad, el mundo enfrenta una panzootia de influenza A (H5N1) que afecta a múltiples especies animales y plantea interrogantes clave sobre los riesgos que este virus representa para los mamíferos y, eventualmente, para la salud humana. Comprender estos procesos resulta fundamental para anticipar escenarios futuros y fortalecer las estrategias de vigilancia y prevención.

Los virus de la influenza son virus de ARN, lo que significa que su material genético está compuesto por ácido ribonucleico y no por ADN. Debido a que los virus de ARN presentan una tasa de mutación más alta que los virus de ADN, tienden a acumular mayor variabilidad genética, lo que incrementa la probabilidad de que surjan variantes más patogénicas. Se encuentran entre los primeros virus descritos por la ciencia y han sido reconocidos desde hace siglos como patógenos de gran relevancia. A lo largo de la historia, han causado numerosas epidemias —brotes que se propagan rápidamente dentro de regiones específicas— y pandemias, cuando la transmisión se extiende a más de un continente y se establece a nivel local en distintas poblaciones.

Estos virus son numerosos y se clasifican en cuatro grupos: A, B, C y D. Desde el punto de vista de la salud pública, los más relevantes son los virus de influenza A y B, responsables de enfermedades respiratorias en humanos que pueden llegar a ser graves o incluso letales. Sus síntomas más comunes incluyen fiebre, cefalea y dolores musculares. Los virus del grupo A han estado implicados en varias pandemias de gran magnitud, asociadas con elevadas tasas de mortalidad en humanos y animales a nivel mundial.

Entre los ejemplos más conocidos se encuentran la influenza A(H1N1), causante de la pandemia de 1918 (“fiebre española”), la llamada “gripe rusa” de 1977 y la pandemia de influenza porcina iniciada en México en 2009. Otras variantes también han provocado pandemias, como la influenza asiática (H2N2) en 1889 y la gripe de Hong Kong (H3N2) en 1968. En la mayoría de los casos, el origen de estas pandemias se ha asociado al contagio por contacto directo o indirecto con animales domésticos de granja, como aves y cerdos, así como a la transmisión entre humanos una vez que el virus logra adaptarse.

Recientemente, en el 2020, surgió una nueva variante conocida como Influenza A de alta patogenicidad A(H5N1). Este virus ha generado importantes pérdidas económicas, ya que tiene la capacidad de afectar de manera importante tanto a fauna doméstica (ganado, aves de corral y animales de compañía), como a la fauna silvestre, incluyendo aves y mamíferos. Además, este virus puede ser trasmitido de los animales e infectar a los humanos. Por ello, la aparición de nuevos brotes de este virus reviste gran relevancia en los ámbitos económico y de salud pública.

Pero ¿cómo afecta A(H5N1) a los mamíferos? Se han descrito diferentes afectaciones, que varían según la especie. En términos generales, se observan daños neurológicos (por ejemplo, convulsiones, parálisis, o temblores), dificultades respiratorias y secreciones. La evidencia sugiere que el virus A(H5N1) presenta neurotropismo (capacidad de infectar el tejido nervioso), lo que puede derivar en la muerte del organismo. Además, es importante considerar que algunas especies pueden no presentar signos clínicos, pero aun así ser portadores de A(H5N1), como se ha reportado en cerdos o gatos domésticos. Mientras que la mayoría de los casos de infección de A(H5N1) se han registrado en gallinas, patos, gansos y en aves silvestres migratorias, en los últimos años se ha observado que también mamíferos silvestres son susceptibles a la infección por este virus.

Se considera que la coexistencia y el hacinamiento, así como la ingesta de animales enfermos o muertos por el virus, pueden ser las principales vías de infección en mamíferos. Esto ha provocado que en el sector económico también se observen afectaciones, como su aparición en granjas de producción ganadera. Se han registrado importantes eventos en animales de granjas de peletería, como lo ocurrido en España y Finlandia en

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):25-28

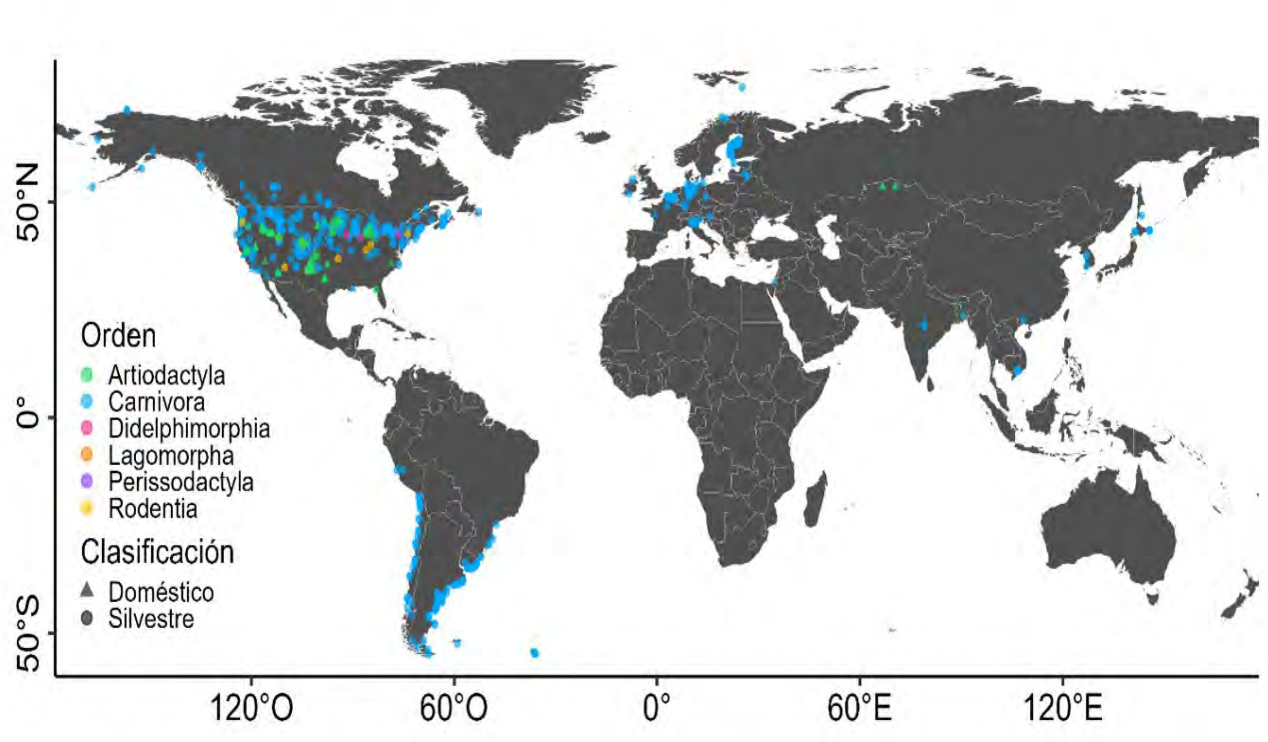
octubre del 2022 – 2023 en granjas de visón (*Mustela lutreola*) respectivamente. Posteriormente, en 2023, se detectaron brotes en zorros árticos (*Vulpes lagopus*) y perros mapache (*Nyctereutes procyonoides*). En estos casos, la transmisión del patógeno se atribuye al uso compartido de equipo, ropa o alimento contaminado, así como a sus prácticas de manejo.

Por otro lado, también se han reportado eventos importantes relacionados con mamíferos marinos. En el 2023, se registró la muerte de al menos 24,000 leones marinos (*Otaria flavescens*) en las costas de Argentina, Brasil, Chile, Perú y Uruguay. Los resultados de las investigaciones sugieren que la infección se debe a una posible transmisión provocada por la coexistencia con aves silvestres infectadas.

El caso del virus A(H5N1) adquiere relevancia en salud publica debido a la existencia de contagios en humanos por contacto directo con la fauna silvestre infectada. Los casos registrados se han presentado principalmente en personas que regularmente tienen contacto con ganado o en áreas costeras donde coexisten mamíferos y aves marinas infectadas, como se ha demostrado en Sudamérica. Por ello, adquiere gran importancia el monitoreo y vigilancia sobre la aparición de nuevos brotes alrededor del mundo. Una de las plataformas de monitoreo constante es la base de datos del Sistema Mundial de Información Zoosanitaria (WAHIS, por sus siglas en inglés) de la Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA; https://wahis.woah.org/), que mantiene información actualizada sobre los brotes de este y otros virus. En este acervo, se concentra la información de enfermedades de declaración obligatoria a nivel mundial.

4 de noviembre del 2025), se tiene el registro de 57 especies de mamíferos que han sido reportados como infectados por el virus A(H5N1) en todo el mundo. De acuerdo con estos datos, se ha reportado la presencia del virus en mamíferos de seis órdenes: Carnivora, Artiodactyla, Rodentia, Perissodactyla, Lagomorpha y Didelphimorphia. Dentro de estos grupos, se encuentran 19 familias, tanto de especies domésticas como silvestres, entre las cuales el 17.5 % presentan alguna categoría de riesgo de acuerdo con la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN; https://www.iucnredlist.org/es). Se han registrado 37 especies en "Preocupación menor" (PM); cinco especies "Vulnerables" (VU), como el oso marino ártico (*Callorhinus ursinus*), la morsa (*Odobenus rosmarus*), el oso polar (*Ursus maritimus*), el león (*Panthera leo*) y el leopardo (*Panthera pardus*); una especie "Casi amenazada" (CA), la nutria europea de río (*Lutra lutra*); y cuatro "En peligro de extinción" (PE): el tigre (*Panthera tigris*), la nutria de agua dulce (*Lontra provocax*), y dos especies de nutrias marinas (*Lontra felina* y *Enhydra lutris*). Considerando todos los reportes expuestos en la base de datos de WAHIS, el orden con el mayor número de registros es Artiodactyla (n = 1,022), para el que se han registrado casos en cuatro familias: Bovidae (vaca, *Bos taurus*), Camelidae (alpaca, *Vicugna pacos*), Suidae (*Sus scrofa*) y Delphinidae (*Tursiops truncatus*).

En el caso del orden Carnivora (n = 651), se han registrado casos para especies de 9 familias. Las especies con mayor número de registros fueron los cánidos, como el zorro rojo (*Vulpes vulpes*) y el zorro ártico (*Vulpes lagopus*), y félidos:



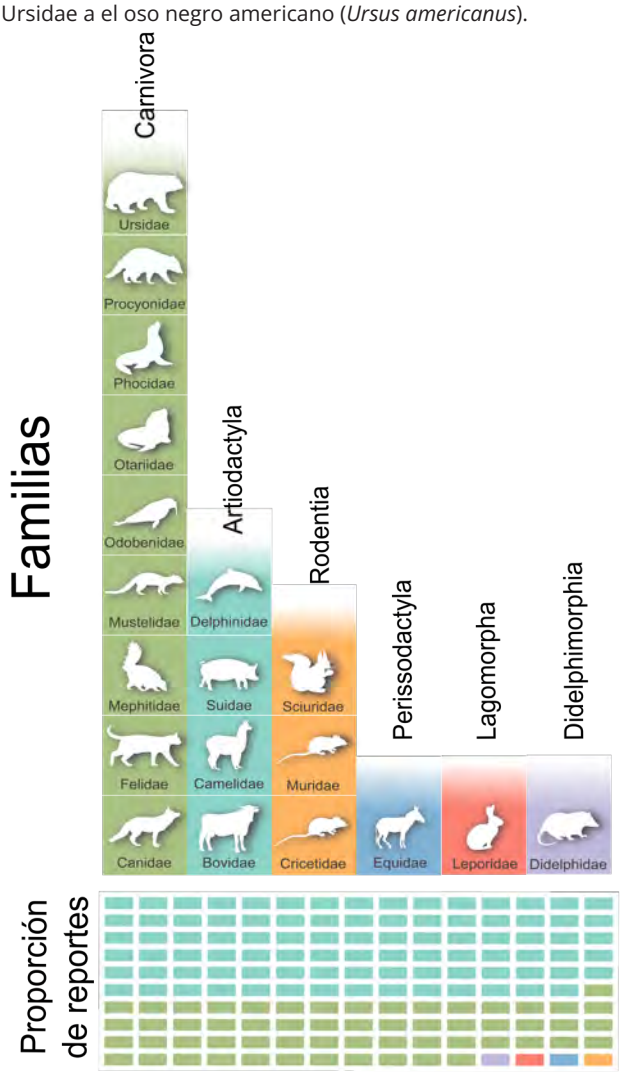
Mamíferos infectados por influenza A(H5N1) alrededor del mundo de acuerdo con los reportes de WAHIS. Cada color indica uno de los seis órdenes de mamíferos en los que se ha confirmado la infección. Los círculos rellenos corresponden a registros de animales silvestres, mientras que los triángulos representan casos de animales domésticos.
Imagen: César R. Rodríguez-Luna

Hasta el momento, los reportes de infección en mamíferos se han documentado en tres continentes: América, Europa y Asia. En cambio, los reportes en aves silvestres se han documentado en todos los continentes incluso en la Antártida. De acuerdo con la base de datos de WAHIS (consultada el 4

gatos domésticos (*Felis catus*), puma (*Puma concolor*) y lince rojo (*Lynx rufus*). De la familia Mephitidae, el zorrillo listado (*Mephitis mephitis*) es el que presenta más reportes. Entre los mustélidos destacan el visón americano (*Neovison vison*) y la nutria marina (*Enhydra lutris*). Dentro de la familia Odoenidae se ha reportado

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):25-28

a la morsa (*Odobenus rosmarus*), mientras que en la familia Otariidae se incluyen el lobo marino (*Otaria flavescens*) y el lobo marino de dos pelos (*Arctocephalus australis*). Dentro de la familia Phocidae se ha detectado la infección en la foca común (*Phoca vitulina*) y el elefante marino del sur (*Mirounga leonina*). Mientras que dentro de la familia Procyonidae se ha documentado el mapache (*Procyon lotor*) y dentro de la familia Ursidae a el oso negro americano (*Ursus americanus*).



Diversidad de órdenes y sus respectivas familias reportadas en los que se ha reportado la infección por el virus de influenza A(H5N1) de acuerdo con WAHIS.
Imagen: Román Espinal-Palomino.

El tercer orden más representado es Rodentia con familias como Cricetidae (topillos de la pradera, *Microtus ochrogaster* y el ratón ciervo occidental, *Peromyscus sonoriensis*), Muridae (ratón casero, *Mus musculus*) y Sciuridae (ardilla de Aber, *Sciurus aberti* y ardilla de las Carolinas, *Sciurus carolinensis*).

Los órdenes con menor número de reportes son: Didelphimorphia, para la que se ha reportado al tlacuache o zarigüeya (*Didelphis virginiana*); Perissodactyla, para la que solo se ha reportado en la familia Equidae en asnos (*Equus asinus*); y Lagomorpha para la que se ha reportado al conejo del desierto (*Sylvilagus audubonii*) de la familia Leporidae.

El fenómeno de dispersión del virus y la infección de la fauna silvestre y doméstica representa un gran problema no solo en términos de la conservación de la biodiversidad y de los beneficios de la naturaleza para la humanidad; si no al mismo tiempo por la relevancia dentro del panorama de la salud pública como una enfermedad zoonótica de alta patogenicidad. El riesgo radica en que las afectaciones a la fauna silvestre pueden causar la mortalidad de muchos individuos y disminuir de manera importante el tamaño poblacional de las especies. Esta drástica disminución en el número de individuos puede posteriormente ocasionar importantes alteraciones al ecosistema y en las cadenas tróficas.

El riesgo de propagación hacia otras especies de fauna es importante si se considera que las actividades humanas pueden favorecer la propagación a mayor velocidad y hacia lugares remotos. Además, el incremento de la ganadería –donde se concentran potenciales reservorios como ganado o aves de corral–, así como la cercanía con animales domésticos que pueden actuar como portadores incrementan el riesgo de transmisión hacia los humanos y fauna silvestre.

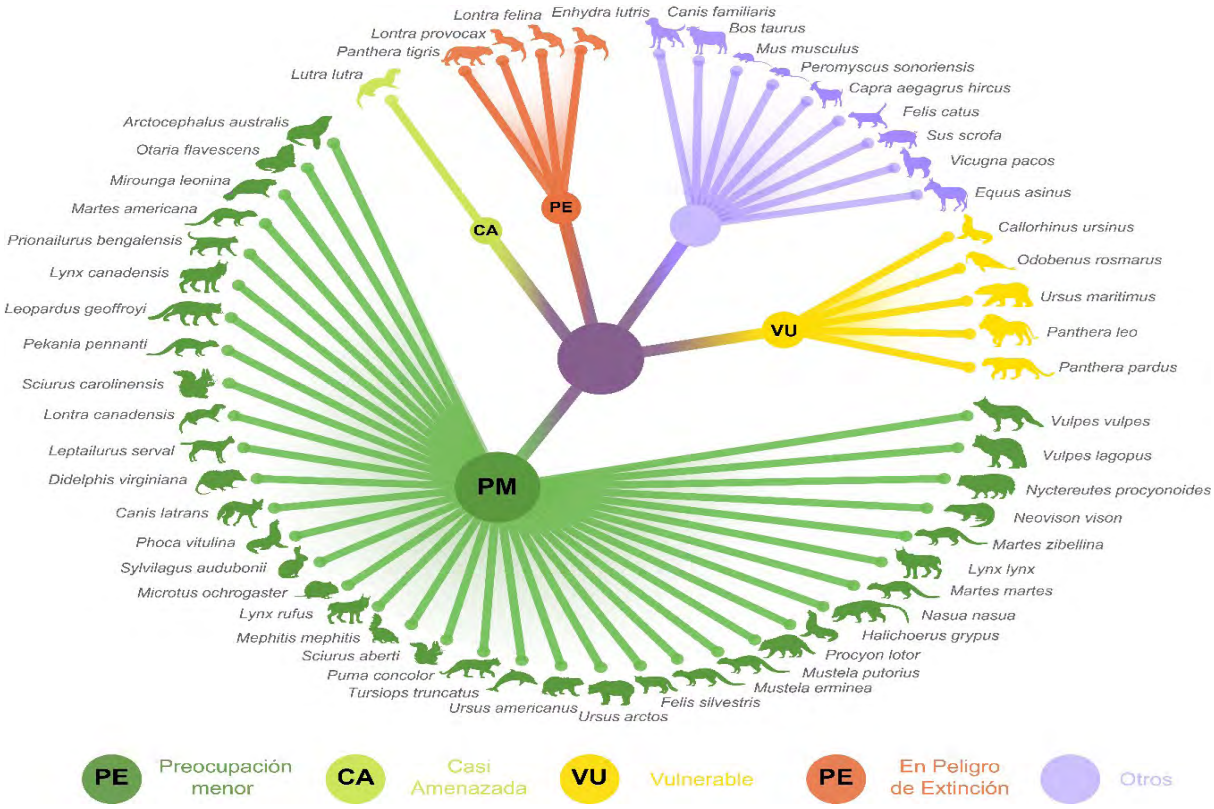
En México aún no se han reportado casos de mamíferos silvestre infectados. Sin embargo, el riesgo para el país puede ser inminente ya que la mayoría de los reportes de animales infectados en el norte del continente se encuentran en los Estados Unidos de América. En esta región, en donde se tiene registro de la presencia de animales infectados, se presentan áreas donde interactúan especies que comparten su rango de distribución con México y que además son especies generalmente abundantes, como es el caso de la zorra roja, mapaches y zorrillos. Por ello, mantener la vigilancia epidemiológica en esta y otras zonas de potencial distribución del virus es una tarea fundamental tanto para los investigadores como para el sistema de salud animal y pública, sobre todo porque casos de esta enfermedad han sido registrados en humanos en el país tan recientemente como este año.

De manera preventiva, es recomendable evitar o, en su caso, minimizar el contacto de la fauna doméstica -como gatos- con fauna silvestre, de acuerdo con las recomendaciones del Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC, por sus siglas en inglés; https://www.cdc.gov/). Debido a las implicaciones que tiene en casos en materia de salud pública, es importante que las personas consideren la participación de personal calificado para el manejo adecuado de los animales que se consideren infectados, pero además se debe mantener vigilancia constante tanto en fauna doméstica como silvestre. Asimismo, se deben reforzar las medidas de prevención, y el establecimiento de protocolos, como el uso adecuado de equipo de protección personal por parte de quienes trabajan con fauna silvestre, evitar el contacto de con estos animales, en caso de que la persona presente algún resfriado, y utilizar guantes y cubrebocas durante toda la manipulación, a fin de reducir posibles riesgos de contagio.

Es posible que los casos de influenza A(H5N1) en fauna silvestre continúen en aumento. Por ello, mantener la vigilancia epidemiológica constante resulta fundamental, especialmente en aquellas especies de mamíferos que pertenecen a categorías de conservación sensibles

AGRADECIMIENTOS
El primer y segundo autores (RE-P y CRR-L) agradecen al Secihti por las becas No. 762425 (Beca de doctorado) y No.1200/320/2022 (Beca de Postdoc), respectivamente.

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):25-28



Diversidad de especies que han sido reportadas como infectadas por el virus de influenza A(H5N1) y su categoría de conservación de acuerdo con la Lista Roja de la UICN. Las siluetas muestran la representación de cada especie, mientras que los colores indican su categoría de riesgo. Imagen: Román Espinal-Palomino.

LITERATURA CONSULTADA

Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades. 2025. Managing cats and captive wild animals exposed to bird flu (H5N1). En: Centers for Disease Control and Prevention. 2025. Bird Flu. www.cdc.gov/bird-flu/hcp/animals/index.html. Consultado el 4 de noviembre de 2025.

IUCN. 2025. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2025-2. www.iucnredlist.org. Consultado el 4 de noviembre de 2025.

Lambertucci, S. A., A. Santangeli, y P. I. Plaza. 2025. The threat of avian influenza H5N1 looms over global biodiversity. Nature Reviews Biodiversity 1:7-9.

Olsen, B., *et al*. 2006. Global patterns of influenza A virus in wild birds. Science 312:384-388.

Peacock, T. P., *et al*. 2025. The global H5N1 influenza panzootic in mammals. Nature 637:304-313.

Plaza, P. I., V. Gamarra-Toledo, J. R. Euguí, y S. A. Lambertucci. 2024. Recent changes in patterns of mammal infection with highly pathogenic avian influenza A(H5N1) virus worldwide. Emerging Infectious Diseases 30:1-10.

Plaza, P. I., *et al*. 2024. Pacific and Atlantic sea lion mortality caused by highly pathogenic avian influenza A(H5N1) in South America. Travel Medicine and Infectious Disease 59:102712.

Sometido: 08/dic/2025.
Revisado: 20/dic/2025.
Aceptado: 23/dic/2025.
Publicado: 24/dic/2025.
Editor asociado: Dra. Alina Gabriela Monroy-Gamboa.

DOI: 10.12933/therya_ixmana-26-784
Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):29-31 ISSN 2954-3606

¡NO TODOS SON PEQUEÑOS! ROEDORES: DIVERSOS Y SORPRENDENTES

María Lourdes Barriga Carbajal* y Eduardo Mendoza Ramírez
Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales.
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.
lourdes.barriga@umich.mx (MLBC), eduardo.mendoza@umich.mx (EMR).
*Autor de correspondencia

Cuando escuchas la palabra roedor, ¿piensas en un ratoncito corriendo por la cocina? ¡Pues prepárate para sorprenderte! El mundo de los roedores es mucho más diverso de lo que imaginas. Hay algunos ¡tan grandes como un perro pequeño! y con apariencia y hábitos curiosos.

Al pensar en los roedores, lo primero que suele venirnos a la mente son los típicos ratones pequeños que vemos en las casas o las ratas que merodean por la ciudad. Sin embargo, existe una amplia variedad de tamaños, colores y dietas en los roedores que habitan los ecosistemas naturales de México. En este texto, abordaremos algunas de las características principales de algunas especies poco conocidas de este fascinante grupo de mamíferos, destacando los importantes roles que desempeñan en los ecosistemas que habitan.

Una característica morfológica que separa a los roedores del resto de los mamíferos es la presencia de un par de prominentes dientes incisivos (superiores e inferiores), los cuales se encuentran en continuo crecimiento. Estos incisivos permiten cortar y desgastar o roer de manera muy eficiente, de ahí que se les designe con el nombre de "roedores". El orden Rodentia es el grupo de mamíferos que concentra la mayor diversidad de especies a nivel mundial, se calcula que existen poco más de 2 200 especies, las cuales se encuentran distribuidas en una amplia variedad de ambientes de prácticamente todo el mundo, con excepción de lugares con climas extremos como las regiones polares y zonas hiperáridas. Se estima que nuestro país alberga aproximadamente 241 especies de roedores, de las cuales, 112 están clasificadas como endémicas, es decir, son especies exclusivas de México, y que no se encuentran en ningún otro lugar del mundo. La mayor riqueza de especies de roedores se concentra en los estados de Jalisco (64), Veracruz (55), Oaxaca (54), Michoacán (52) y Chiapas (51).

Un aspecto que despierta interés y curiosidad sobre este grupo es cómo lograron diversificarse para colonizar distintos hábitats, algo que no ocurre con todos los órdenes de mamíferos. Esta capacidad está asociada con distintos atributos de su historia de vida, como su amplia variación de tamaños corporales, comportamiento y rasgos morfológicos. Por ejemplo, en términos de tamaño, los roedores más pequeños alcanzan tan solo los 4 g, como el ratón pigmeo (*Mus minutoides*) que habita la porción sur del desierto del Sahara, en África; mientras que el roedor más grande es el capibara o carpincho (*Hydrochoerus hydrochaeris*) que puede llegar a pesar hasta 60 kg y se distribuye en Sudamérica desde Colombia hasta Argentina. Ser pequeño puede conferir ciertas ventajas, entre ellas el disminuir la necesidad de desplazarse a grandes distancias para encontrar suficiente alimento y agua. De este modo, pueden satisfacer sus requerimientos dentro de áreas relativamente reducidas. En contraste, las especies de mayor tamaño requieren territorios mucho más amplios, ya que necesitan recorrer mayores distancias para obtener los recursos que demandan. Además, facilita usar espacios pequeños como madrigueras para refugiarse del clima extremo o escapar de depredadores. Por otra parte, la talla pequeña es un atributo de historia de vida frecuentemente asociado con una maduración sexual más temprana y con la capacidad de tener numerosas camadas en poco tiempo. Se ha propuesto que estos rasgos constituyen una estrategia para enfrentar un alto riesgo de mortalidad y para responder más rápidamente a variaciones en la disponibilidad de recursos y el impacto de perturbaciones del hábitat.

Sin embargo, algunas especies de roedores se apartaron del patrón general (roedores ancestrales de una talla aproximada a la de la rata negra *Rattus rattus*) y evolucionaron aumentando de tamaño y desarrollando rasgos únicos, que las diferencian de sus parientes más pequeños. No obstante, conservaron las características propias de los roedores: sus singulares incisivos. México, es hogar de algunos de estos roedores peculiares que son poco conocidos debido a que su presencia suele estar restringida a bosques y selvas bien conservadas. A continuación, exploraremos cuatro especies de roedores mexicanos de talla grande que destacan por sus rasgos más distintivos.

El roedor *Dasyprocta mexicana*, conocido como agutí, guaqueque mexicano o serete prieto, es una especie endémica de roedor que se distribuye en los remanentes de bosque tropical en el sureste mexicano en los estados de Chiapas, Oaxaca, Tabasco y Veracruz. Son individuos ágiles y escurridizos que habitualmente se desplazan de forma solitaria. Su pelaje oscila entre matices pardos y oscuros con tonos claros en la espalda y más pálidos en el vientre, lo que les permite camuflarse bastante bien entre la densa vegetación de su entorno. Son de hábitos diurnos y su dieta consiste principalmente en frutos, semillas, tallos tiernos de plantas y hongos. Estos animales tienen la costumbre de colectar las semillas de algunas especies de plantas, como las palmas (*Attalea butyracea*) o el mamey (*Pouteria sapota*), que almacenan enterrándolas superficialmente y cubriéndolas con hojarasca para su posterior consumo. En ocasiones estas semillas no son consumidas (por ejemplo, cuando el guaqueque es depredado), lo que da la oportunidad de que germinen y produzcan plántulas. La fuerte deforestación que han experimentado los bosques en los que habita el guaqueque negro hacen que esté catalogado como en nivel crítico de extinción por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Se han realizado

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):29-31

estudios con otra especie de guaqueque (*D. punctata*), que también está presente en nuestro país, que han demostrado que enterrar las semillas de palmas las protege del ataque de invertebrados como los escarabajos curculiónidos. De esta manera, los guaqueques pueden favorecer la regeneración de la vegetación en los bosques que habitan.



Guaqueque mexicano (*Dasyprocta mexicana*).
Fotografía: Gerardo Ceballos González / Banco de imágenes CONABIO.

Otro ejemplo de roedor de talla grande con características muy particulares son los castores. Estos mamíferos son semiacuáticos, alcanzan una talla en promedio de 1 m de largo (incluyendo su cola) y hasta 45 kg de peso. Sorprenden debido a su gran habilidad de modificar su entorno al construir represas, lo que ha motivado a que se les considere "ingenieros del ecosistema". La única especie de castor que se distribuye en México es *Castor canadensis*, este mamífero no es endémico de nuestro país (ya que su distribución abarca gran parte de Norteamérica). Sin embargo, existen pequeñas poblaciones en los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Sonora y Tamaulipas. La presencia de estos animales es importante, debido a que una amplia variedad de especies de árboles, arbustos peces y anfibios se benefician gracias a las reservas de agua como consecuencia de las represas, especialmente durante los meses de sequía. Actualmente, esta especie está catalogada como en "peligro de extinción" de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010).



Castor americano (*Castor canadensis*).
Fotografía: Carlos Galindo Leal / Banco de imágenes CONABIO.

Finalmente, otros integrantes notables pero muy poco conocidos del grupo de los roedores son los puercoespines, que presentan características que los diferencian del resto de miembros del grupo. Su apariencia es muy peculiar, debido a las púas queratinizadas que cubren la parte dorsal de su cuerpo. Estas púas son pelos modificados, y se cree que surgieron como una estrategia defensiva contra los depredadores. Estos animales, generalmente se encuentran reposando o alimentándose de manera solitaria durante la noche, sobre huecos y ramas de los árboles. Dentro del territorio mexicano encontramos a dos especies de puercoespines: una que se distribuye en la parte norte: el puercoespín norteamericano (*Erethizon dorsatum*) y otra en el sureste: el puercoespín enano peludo mexicano o tropical (*Coendou mexicanus*). Esta última es la especie con mayor presencia y distribución en nuestro país, siendo más común a diferencia de *E. dorsatum* cuya distribución está más restringida al norte. Su tamaño varía entre especies, por un lado, el puercoespín norteño mide entre 66 cm y 1 m y puede pesar hasta 14 kg; mientras que, el puercoespín tropical presenta un rango de longitud de 55 a 80 cm y un peso promedio de 2.5 kg. Ambas especies mantienen una dieta herbívora compuesta por hojas, brotes, cortezas, flores y frutos, lo que les confiere un papel ecológico relevante como moduladores de la vegetación y agentes de dispersión de semillas. Actualmente, estas especies de puercoespines están protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010, aunque la UICN no las clasifica en ninguna categoría de riesgo. Sin embargo, sin un manejo forestal adecuado, podrían desaparecer en algunas regiones de México.



Puercoespín norteamericano (*Erethizon dorsatum*).
Fotografía: Rurik Hernán List Sánchez / Banco de imágenes CONABIO.



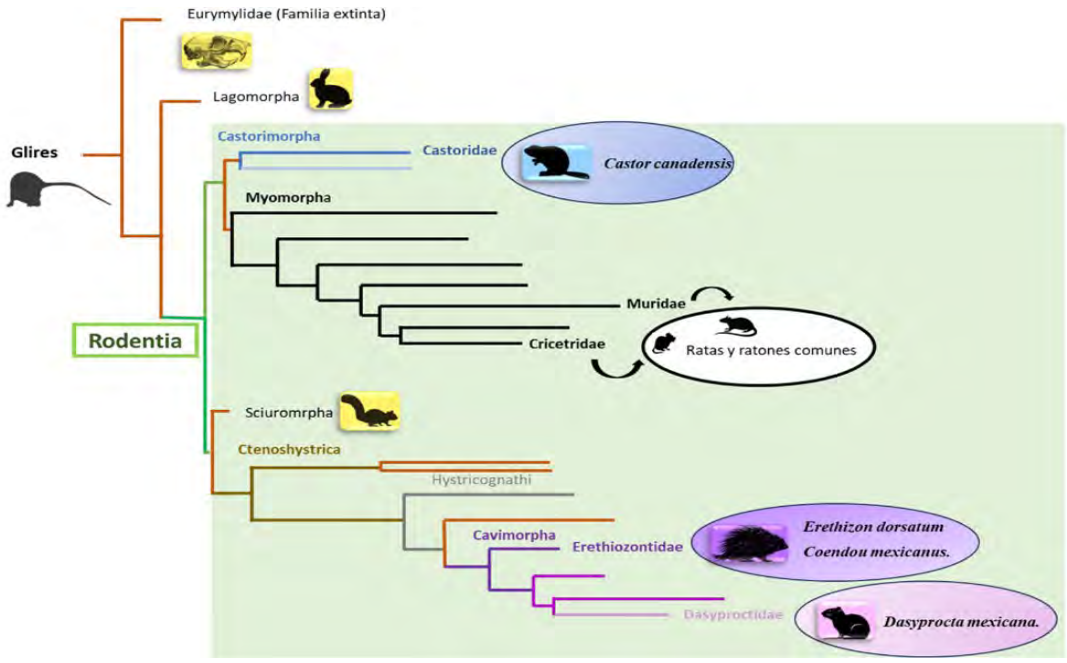
Puercoespín enano peludo mexicano (*Coendou mexicanus*).
Fotografía: Yuridia Aguirre Bonifaz / Banco de imágenes CONABIO.

La evolución ha permitido a los roedores adaptarse a diversos entornos, variando en tamaño, forma y comportamiento. Pese a la imagen negativa, son un grupo muy diverso, cuyas especies cumplen funciones ecológicas fundamentales en los ecosistemas donde habitan.

AGRADECIMIENTOS

M. Lourdes Barriga C. agradece a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) la beca recibida para la realización de su doctorado.

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):29-31



El grupo o clado de los Glires agrupa a los roedores y a los lagomorfos (liebres y conejos). Se estima que hace aproximadamente 56 millones de años surgió el ancestro más antiguo del orden Rodentia, a partir del cual se ha dado una notable diversificación. Los óvalos indican las ramas del árbol evolutivo en el que se encuentran las especies que se describen en este artículo, y el grupo de las ratas y ratones comunes como referencia. Imagen: Ma. Lourdes Barriga Carbajal, modificado de Fostrowicz-Frelik (2020).

LITERATURA CONSULTADA

Ceballos, G., J. Arroyo, y R. A. Medellín. 2002. Mamíferos de México. Pp. 377-413 *in* Diversidad y conservación de los mamíferos neotropicales (Ceballos, G. y J. A. Simonetti, eds.) Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Distrito Federal, México.

Cervantes, F. A., y C. B. Barrera. (eds.) 2012. Estudios sobre la biología de roedores silvestres mexicanos, primera edición Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.

Emmons, L. 2016. *Erethizon dorsatum*. En: IUCN 2016. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2025. 2. www.iucnredlist.org. Consultado el 5 de octubre del 2025.

Fostowicz-Frelik, Ł. 2020. Most successful mammals in the making: A review of the Paleocene Glires. Pp. 99-116 *in* Evolutionary Biology. A Transdisciplinary Approach. (Pontarotti, P., eds.). Springer Nature. Cham, Switzerland.

Gazzard, A. 2025. *Castor canadensis*. En: IUCN 2025. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2025. 2. www.iucnredlist.org. Consultado el 5 de octubre del 2025.

Roach, N., L. Naylor, y S. Flores. *Dasyprocta mexicana*. En: IUCN 2024. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2025. 2. www.iucnredlist.org. Consultado el 5 de octubre del 2025.

Secretaría del 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. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019#gsc.tab=0. Consultado el 30 de octubre de 2025

Vázquez, E., F. Reid, y A. D. Cuarón. *Coendou mexicanus*. En: IUCN 2016. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2025. 2. www.iucnredlist.org. Consultado el 5 de octubre del 2025.

Sometido: 18/nov/2025.
Revisado: 02/dic/2025.
Aceptado: 23/dic/2025.
Publicado: 27/dic/2025.
Editor asociado: Dra. Natalia Martín-Regalado.

DOI: 10.12933/therya_ixmana-26-787
ISSN 2954-3606

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):32-34

EL REGRESO DEL BORREGO CIMARRÓN AL NORESTE MEXICANO

Fernando Isaac Gastelum-Mendoza* y Gorgonio Ruiz-Campos
Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California.
Ensenada, Baja California, México.
gastelummendozaisaac@gmail.com (FIGM), gruiz@uabc.edu.mx (GRC).
*Autor de correspondencia

El regreso del borrego cimarrón al noreste de México requiere del esfuerzo conjunto y la coordinación entre autoridades gubernamentales, la comunidad científica y la ciudadanía. Solo mediante esta colaboración será posible garantizar la recuperación duradera de esta emblemática especie.

Uno de los mamíferos que más admiración despiertan en México y en el mundo es el borrego cimarrón (*Ovis canadensis*). Sus imponentes cuernos en espiral y las espectaculares batallas que protagoniza —frecuentes en documentales de naturaleza— lo han convertido en un símbolo de fuerza y resistencia. Además, para algunas culturas originarias del Desierto Sonorense, como los Comca'ac, el borrego cimarrón representa un elemento ancestral de gran significado cultural. Hasta la segunda mitad del siglo XIX el borrego cimarrón se distribuía de manera natural en la península de Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, y algunas regiones montañosas de Nuevo León y mediante análisis de distribución potencial se atribuye Tamaulipas, aunque esta información no está verificada en campo. Actualmente, solo es posible encontrarlo de manera natural en la región noroeste de México, con algunas poblaciones reintroducidas en Coahuila, principalmente.

El borrego cimarrón es un ungulado silvestre (camina apoyándose en las puntas de los dedos, los cuales están recubiertos por pezuñas) característico de las zonas áridas y montañosas del oeste de Norteamérica. Se distingue por sus grandes cuernos curvados —especialmente desarrollados en los machos, que representan hasta el 10 % del peso corporal— y por su notable agilidad para desplazarse en terrenos escarpados. Su comportamiento social incluye la formación temporal de grupos separados por edad y sexo, especialmente durante la época reproductiva. El resto del año es común observar grupos de crianza, los cuales están conformados por hembras adultas y jóvenes, así como crías y adultos jóvenes. En México, es complicado conocer la época de apareamiento, aunque se conoce que ocurre principalmente entre noviembre y diciembre; los corderos nacen entre enero y marzo, aunque se han registrado todo el año, lo que significa una adaptación a los ambientes desérticos del norte del país. La gestación dura de alrededor de 170 días. Habita terrenos montañosos y accidentados, con suelo pedregoso, caracterizados por laderas escarpadas, acantilados y sustratos rocosos que le permiten detectar y evadir depredadores con facilidad. Estos ambientes suelen presentar vegetación abierta típica de zonas áridas y semiáridas, como matorrales desérticos, lo que facilita su movilidad y vigilancia. Aunque es una especie tolerante a la sequía, requiere la presencia de fuentes de agua naturales, como manantiales o aguajes, y amplias áreas continuas que permitan su desplazamiento y la conectividad entre poblaciones. Es un herbívoro, que incluye en su dieta una gran variedad de especies, pero se ha detectado que prefiere las especies arbustivas, las suculentas (nopales, agaves, lechuguillas y candelillas) y los pastos. En conjunto, estas condiciones conforman un hábitat altamente especializado y esencial para su supervivencia.



El borrego cimarrón es una de las especies más emblemáticas de los desiertos del norte de México. Tanto los machos como las hembras presentan cuernos; sin embargo, en los machos estos son mucho más robustos y largos, pudiendo representar hasta el 10 % de su peso corporal en la edad adulta. Además de ser una característica impresionante, sus cuernos cumplen una función clave: les permiten competir y establecer dominancia frente a otros machos.
Fotografía: Iván Lozano.

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):32-34



Borrego cimarrón en el matorral desértico de Coahuila. En los matorrales desérticos rosetófilos de Coahuila —ecosistemas asociados a suelos pedregosos y dominados por agaves, lechuguillas y candelillas— se han llevado a cabo varias de las liberaciones de borrego cimarrón en el estado. Conservar estos paisajes es fundamental para asegurar el éxito de su reintroducción y el futuro de la especie en la región.
Fotografía: Iván Lozano.

Como consecuencia de la cacería ilegal, la transmisión de enfermedades a causa de la ganadería extensiva y la fragmentación de su hábitat durante la segunda mitad del siglo pasado, el borrego cimarrón estuvo al borde de la extinción. La falta de reglamentos claros y de sanciones efectivas permitieron durante años su sobreexplotación, lo que llevó a sus poblaciones a un punto crítico. Esta historia comenzó a cambiar en el año 2000 con la creación de las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) y con la promulgación de la Ley General de Vida Silvestre, herramientas que impulsaron un nuevo enfoque: reconocer a los propietarios de los predios como aliados en la conservación y el uso sustentable de los recursos naturales. Esta estrategia de conservación se fundamenta en que los propietarios legales de los predios donde se distribuye el borrego cimarrón sean los principales beneficiarios del aprovechamiento extractivo (principalmente mediante la cacería deportiva) y no extractivo (como el ecoturismo) de las poblaciones de esta especie. A su vez, se espera que estos beneficios incentiven la conservación indirecta de otras especies y, especialmente, del hábitat.

Gracias a este modelo, las poblaciones de borrego cimarrón empezaron a recuperarse gradualmente. Al mismo tiempo, diversos sectores privados del noreste de México se interesaron en impulsar proyectos de reintroducción de la especie en distintas regiones de los estados de Nuevo León, Coahuila y Tamaulipas. Hoy, el borrego cimarrón no solo es un emblema de nuestra biodiversidad, sino también un ejemplo de cómo la colaboración entre comunidad, ciencia y conservación puede revertir una historia que parecía perdida.

Los proyectos de reintroducción del borrego cimarrón en el norte de Coahuila han sido impulsados, en gran medida, por una empresa de cementos. Desde el año 2000, la empresa ha encabezado esfuerzos para devolver esta emblemática especie a la Reserva Natural El Carmen, donde se liberaron inicialmente 45 borregos cimarrones. Hoy, esa población ha crecido a más de 250 individuos. La Reserva Natural El Carmen es un corredor biológico transfronterizo de más de 130 mil hectáreas que se extiende a ambos lados de la frontera entre México y Estados Unidos de América, y que funciona como un importante refugio para la vida silvestre. Gracias al Proyecto de "Restauración del Borrego Cimarrón", también se han liberado más de 100 ejemplares en áreas aledañas, contribuyendo a recuperar poco a poco una de las especies más representativas de la región, según datos del sitio oficial de la reserva.

A pesar de estas valiosas iniciativas y del esfuerzo aislado de algunos propietarios privados por reintroducir al borrego cimarrón, la mayoría de los proyectos han sido puntuales y se han concentrado principalmente en ciertas regiones de Coahuila. Sin embargo, por tratarse de una especie que requiere amplias extensiones de montaña (en algunas poblaciones se ha registrado un ámbito hogareño promedio de 17 km^2 por individuo) y que se desplaza por grandes territorios, resulta indispensable contar con una estrategia regional de conservación que garantice su retorno y permanencia en el noreste de México. Para avanzar en este objetivo, es fundamental la coordinación entre las autoridades ambientales de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas —incluyendo a Parques y Vida Silvestre de Nuevo León, la Secretaría de Medio Ambiente de Coahuila y la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente de Tamaulipas— junto con la participación activa de universidades como la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, la Universidad Autónoma de Nuevo León y la Universidad Autónoma de Tamaulipas, además del sector privado. Un paso fundamental sería establecer un programa estatal de conservación, similar al implementado exitosamente en Sonora mediante el "Programa de Conservación, Repoblación y Aprovechamiento Sustentable del Borrego Cimarrón". Tanto este programa como su equivalente estatal deberían integrarse en una estrategia nacional de reintroducción del borrego cimarrón en el norte de México, dirigida por un panel de expertos nacionales e internacionales, así como por representantes del sector productivo, gubernamental y social. Solo con esta articulación de esfuerzos será posible consolidar un proyecto de largo plazo que asegure el futuro del borrego cimarrón en el noreste mexicano.

Un objetivo importante para impulsar el regreso del borrego cimarrón al noreste mexicano es establecer criaderos intensivos de borrego cimarrón en cada uno de los tres estados del noreste —Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas— que funcionen como un semillero regional de ejemplares para fortalecer las poblaciones silvestres. Esta estrategia ya ha demostrado ser exitosa en Sonora con la creación del Centro de Reproducción y Repoblación del Borrego Cimarrón (UMA Patrocipes). Su objetivo principal es la investigación, el manejo y la reproducción del borrego cimarrón con fines de repoblación y reintroducción en áreas prioritarias dentro de su distribución histórica. Un modelo similar podría implementarse en los gobiernos estatales del noreste, realizando liberaciones estratégicas en predios que cuenten con las condiciones de hábitat adecuadas. Este proceso debe ir acompañado de una evaluación técnica del hábitat y del acompañamiento de personal especializado. Asimismo, se recomienda llevar a cabo intercambios periódicos de individuos entre los centros de reproducción para mantener y fomentar la variabilidad genética de las poblaciones. Para ello, se recomienda realizar

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):32-34

previamente un análisis de las relaciones filogenéticas entre las subpoblaciones de borrego cimarrón. Toda esta estrategia debería estar respaldada por una amplia campaña de socialización, mediante entrevistas, foros y actividades de divulgación, que ayuden a fortalecer la participación social y el apoyo comunitario al proyecto.

Otro aspecto clave para asegurar el éxito de los proyectos de reintroducción del borrego cimarrón es el manejo de las especies exóticas invasoras, especialmente del borrego berberisco (*Ammotragus lervia*). Este bóvido, originario del norte de África, fue introducido en México en la década de los sesenta, cuando algunos ejemplares fueron importados desde Estados Unidos de América con fines de aprovechamiento cinegético. Aunque no se cuenta con una estimación precisa del número de borregos berberisco presentes en México, se ha documentado la expansión de su distribución hacia los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas y Zacatecas, donde las condiciones ambientales favorecen su reproducción y supervivencia. Su expansión representa un desafío para la conservación del borrego cimarrón, ya que puede competir por espacio, alimento y hábitat, lo que subraya la necesidad de atender este problema de forma integral. Para atender este problema, se recomienda establecer un programa regional de monitoreo continuo del borrego berberisco, liderado por las dependencias ambientales estatales. Esto es esencial, ya que actualmente se desconoce cuántos individuos existen en vida libre en el noreste de México. Otro tema crítico sobre el que aún se sabe muy poco es la transmisión de enfermedades del borrego berberisco hacia la fauna silvestre nativa. Por ello, la participación de veterinarios especializados y de servicios privados de manejo y contención de vida silvestre resulta fundamental para realizar la captura, toma y análisis de muestras biológicas. Esta información es clave para prevenir riesgos sanitarios y proteger a las poblaciones de borrego cimarrón en recuperación.

La colaboración binacional puede ser fundamental para el retorno del borrego cimarrón al noreste de México. En los últimos años, Estados Unidos de América ha desarrollado diversos programas de reintroducción del borrego cimarrón del desierto con el propósito de recuperar poblaciones que habían desaparecido localmente. La primera reintroducción documentada en ese país se realizó en 1973. Actualmente, estados como Texas, Nuevo México, Nevada y Arizona han llevado a cabo translocaciones estratégicas desde poblaciones saludables hacia áreas donde la especie estuvo históricamente presente. Estas iniciativas, coordinadas por agencias estatales de vida silvestre en conjunto con universidades y organizaciones conservacionistas, contemplan la captura, traslado y liberación de individuos equipados con collares GPS para su monitoreo. Gracias a estos esfuerzos, varias regiones han observado el restablecimiento gradual de grupos reproductivos y la expansión natural de la especie hacia hábitats adecuados, fortaleciendo su recuperación a largo plazo. Todo este cúmulo de experiencias podría beneficiar a los proyectos de reintroducción en México mediante la asesoría y capacitación del personal técnico.

Por último, y no menos importante, la participación de todos es fundamental. Fauna silvestre y sociedad coexistimos en un entorno cambiante e interconectado, y cada acción que realizamos para cuidar nuestro planeta —por pequeña que parezca— contribuye a proteger nuestro patrimonio natural. Participar en foros de consulta, apoyar o donar a programas de conservación, y mantener el interés por conocer más sobre esta emblemática especie son acciones al alcance de cualquiera. Cada esfuerzo suma y nos acerca a un futuro en el que el borrego cimarrón vuelva a ocupar plenamente su lugar en las montañas del noreste mexicano.

La clave para el retorno del borrego cimarrón al noreste de México es fortalecer la colaboración entre la comunidad científica, los productores y la sociedad mediante proyectos estatales de reintroducción coordinados por un programa nacional de recuperación de la especie.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación, por el apoyo brindado a través de la Beca de Estancia Posdoctoral por México.

LITERATURA CONSULTADA

Álvarez-Cárdenas S. *et al*. 2005. Desert bighorn sheep distribution, abundance, and conservation estatus in Sierra el Mechudo, Baja California Sur, Mexico. Desert Bighorn Council Transactions 48:72.

Espinosa, A. y J. Contreras-Balderas. 2010. Evaluación de hábitat para la restauración del borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) en Coahuila, México. Ciencia UANL 13:78-85.

Krausman, P. R. *et al*. 1989. Relationships between desert bighorn sheep and habitat in western Arizona. Wildlife Monographs 102:3-66.

Krausman, P.R., A.V. Sandoval, y R. C. Etchberger. 1999. Natural history of desert bighorn sheep. Pp. 139-208 *in* Mountain sheeo of North America (Valdez, R. y P. R. Krausman, eds.). University of Arizona Press. Tucson, EE. UU.

Tarango, L. A. *et al*. 2002. Research observation: desert bighorn sheep diets in northwestern Sonora, Mexico. Journal of Range Management 55:530-534.

Valdez, R. *et al*. 2006. Wildlife conservation and management in Mexico. Wildlife Society Bulletin 34:270-282.

CORRIGENDUM

La versión publicada el día 27 de diciembre del 2025 decía "Hasta la segunda mitad del siglo XIX el borrego cimarrón se distribuía de manera natural en la península de Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, y algunas regiones montañosas de Nuevo León y Tamaulipas."

"En México, la época reproductiva del borrego cimarrón ocurre principalmente entre noviembre y diciembre. Tras una gestación de alrededor de 170 días, las crías nacen entre finales de abril y junio, coincidiendo con una mayor disponibilidad de alimento en el hábitat."

La versión corregida del 28 de octubre 2026 dice "Hasta la segunda mitad del siglo XIX el borrego cimarrón se distribuía de manera natural en la península de Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, y algunas regiones montañosas de Nuevo León y mediante análisis de distribución potencial se atribuye Tamaulipas, aunque esta información no está verificada en campo.."

"En México, es complicado conocer la época de apareamiento, aunque se conoce que ocurre principalmente entre noviembre y diciembre; los corderos nacen entre enero y marzo, aunque se han registrado todo el año, lo que significa una adaptación a los ambientes desérticos del norte del país. La gestación dura de alrededor de 170 días."

Sometido: 28/nov/2025.
Revisado: 08/dic/2025.
Aceptado: 24/dic/2025.
Publicado: 27/dic/2025.
Corregido: 28/oct/2026.
Editor asociado: Dra. Alina Gabriela Monroy-Gamboa.

DOI: 10.12933/therya_ixmana-26-789
ISSN 2954-3606

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):35-38

EL ESFUERZO INVISIBLE DE LAS BALLENAS DURANTE EL AVISTAMIENTO

Diana Carolina Pérez Orozco, Gael Morales Calderon y Omar García Castañeda*
Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, Ciudad de México, México. carolinapz@ciencias.unam.mx (DCPO), gaelmc@ciencias.unam.mx (GMC), o_castaneda@ciencias.unam.mx (OGC)
*Autor de correspondencia

El avistamiento de ballenas es más que una actividad turística; es una ventana a un mundo oculto bajo la superficie del mar. Detrás de la fascinación que despierta este encuentro existe una realidad menos evidente: el costo que nuestra presencia representa para ellas.

Hoy en día, se estima que más de 13 millones de turistas de todo el mundo viajan miles de kilómetros hacia regiones costeras y marinas de 119 países para observar ballenas en su entorno natural. Pero, esta actividad que busca acercarnos a la naturaleza ¿puede convertirse en una fuente de perturbación para ellas?

El avistamiento de ballenas forma parte del ecoturismo, definido por la Sociedad Internacional de Ecoturismo (TIES, sus siglas en inglés) como "viajes responsables a áreas naturales que conservan el medio ambiente, promueven el bienestar de la población local e implican interpretación y educación". Esta actividad se justifica bajo la idea de que puede promover la conservación y generar beneficios económicos sostenibles para las comunidades locales, al tiempo que fomenta el respeto por la naturaleza. En teoría el ecoturismo debería minimizar los impactos físicos y conductuales sobre la vida silvestre; sin embargo, en la práctica estas metas no siempre se cumplen. Con la creciente popularidad de esta industria, el tráfico marítimo ha aumentado y con ello la probabilidad de encuentros desafortunados, como colisiones entre ballenas y embarcaciones. La falta de regulación o su cumplimiento, así como un aumento de la oferta de experiencias cada vez más cercanas, ha llevado a algunos operadores de embarcaciones turísticas a no respetar las normas de observación responsable, lo que puede provocar perturbaciones en las conductas naturales de las ballenas y afectar su bienestar.

Diversos estudios en ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) muestran que, durante los encuentros con un gran número de embarcaciones, aumentan los cambios de dirección y velocidad del nado, lo que puede interpretarse como una conducta de evasión. Esto, combinado con la alta velocidad de las embarcaciones, aumenta el riesgo de colisiones. También se ha documentado que la presencia constante de embarcaciones puede alterar patrones de buceo, de descanso, el tamaño y cohesión del grupo y la comunicación acústica. Un estudio demostró que las ballenas presentaron cambios en el tiempo de intervalo entre embestidas de alimentación (FLI, por sus siglas en inglés). Este aumento ocurrió cuando las embarcaciones no seguían las reglas de avistamiento (por ejemplo, acercarse demasiado o moverse de forma impredecible) y cuando había más de una embarcación. En cambio, cuando había solo una embarcación operando correctamente (embarcación inactiva o con velocidad mínima a más de 100 m y paralela al grupo de ballenas) el comportamiento alimentario no cambiaba significativamente; aun así, en el 10 % de las observaciones las ballenas dejaron de alimentarse por más de cinco minutos.

Asimismo, se ha documentado que el aumento en el número de embarcaciones puede provocar que las ballenas cambien las conductas de superficie, como saltos o aletazos, sustituyéndolas por desplazamientos continuos que incrementan el gasto energético asociado a la evasión. Estas alteraciones pueden tener consecuencias energéticas importantes, al reducir el tiempo disponible para alimentarse y aumentar la actividad física, se reduce su eficiencia alimentaria. Un estudio realizado en 2023 mostró que la reproducción en ballenas jorobadas depende de la acumulación previa de reservas energéticas; encontraron que las tasas de gestación están directamente relacionadas con la disponibilidad de krill en el año anterior, ya que las hembras requieren suficientes reservas para sostener la gestación y la lactancia. Por otro lado, se ha documentado que las hembras de ballena gris (*Eschrichtius robustus*) con reservas insuficientes prefieren no migrar, o incluso las hembras gestantes pueden presentar abortos. Así, las perturbaciones asociadas al avistamiento no solo afectan el comportamiento inmediato, sino que podrían tener consecuencias energéticas que afecten la condición corporal de las ballenas a largo plazo y, en consecuencia, su capacidad reproductiva, afectando directamente a los tamaños poblacionales.

Entender la magnitud del esfuerzo que representa la migración ayuda a dimensionar el impacto del turismo. Un estudio reciente (2025) estimó que una ballena jorobada (una de las especies más avistadas turísticamente) adulta promedio (35 000 kg y 12.7 m) puede perder 11 000 kg de grasa durante su migración de 17 000 km. Esta pérdida de alrededor de 196 millones de kilojulios, equivalente a la energía contenida en 57 000 kg de krill. Para contextualizar, se estima que estas ballenas consumen entre 1 000 y 3 000 kg de krill diarias, acumulando entre 120 000 y 360 000 kg en una temporada de alimentación de 120 días. De ese total, necesitan almacenar entre 15 % y 47.5 % únicamente para cubrir el costo energético de la migración. Es importante señalar que estas estimaciones corresponden a ballenas adultas no reproductoras. En el caso de las hembras reproductoras, las demandas energéticas son mayores; estudios han calculado que necesitan incrementar su peso corporal alrededor del 65 % para cubrir los costos de migración y reproducción. Un estudio realizado en hembras reproductoras de ballena gris (especie altamente avistada en México) muestra que el costo energético asociado a su ciclo reproductivo de dos años es elevado. Una hembra necesita aproximadamente 1.18 millones de MJ (mega julios, unidad de energía equivalente a un millón de julios) para gestar, parir y amamantar exitosamente a una cría hasta el destete, con una tasa metabólica diaria promedio de 1 300 MJ. De esta energía total, la primera fase del ciclo (mayor parte de la gestación y la permanencia en las zonas de alimentación) requiere alrededor de 786 000 MJ, y la segunda fase (migración, parto y lactancia) requiere cerca de 395 000 MJ. Aunque la gestación completa representa un costo aproximado de 87 000 MJ, la lactancia es aún más exigente, con un gasto estimado de 133 000 MJ, lo que confirma que la energía transferida a la cría durante el amamantamiento es la etapa más costosa del ciclo reproductivo. En conjunto, estos datos muestran que la migración deja a las ballenas con reservas limitadas, por lo que cualquier cambio en la alimentación o en el gasto energético

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):35-38

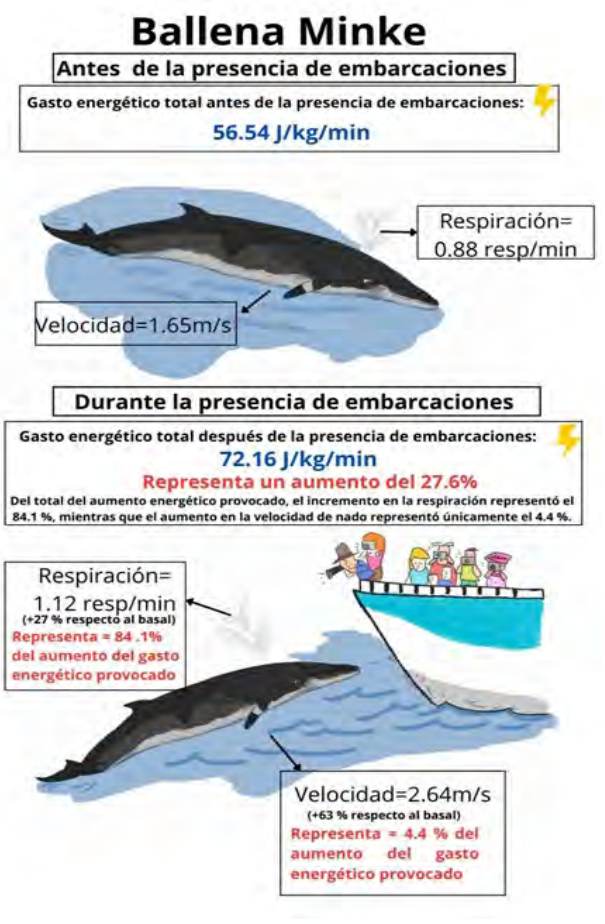
puede representar un costo significativo, especialmente para las hembras lactantes.

Modelos bioenergéticos indican que las hembras lactantes de ballena jorobada deben mantener una velocidad de migración óptima cercana a 1.1 m/s, para recorrer 8 500 km sin agotar sus reservas y manteniendo la producción de leche. Si nadan más lento, incrementa el gasto total porque el viaje dura más; si nadan más rápido, se eleva el costo energético del movimiento. Estos modelos también muestran la necesidad de un equilibrio entre días de desplazamiento y de descanso para no sobrepasar reservas energéticas. En una migración de 90 días la relación óptima es 55 días de viaje y 35 de descanso, este balance mantiene el gasto dentro de los límites fisiológicos y permite una lactancia adecuada para el crecimiento de la cría. Con menos días de descanso, las madres no podrían sostener la producción de leche requerida. Además, a mayor velocidad de migración, menor es el crecimiento de las crías. Si las madres duplican su velocidad de nado (de 1.1 a 2.2 m/s), el crecimiento de las crías puede reducirse hasta en un 85 %, ya que tienen menos tiempo para alimentarse durante el viaje. Las migraciones más largas también afectan: un aumento de 850 km en la distancia puede reducir el crecimiento en un 10 %. Esto sugiere que las perturbaciones costeras y los cambios en el ritmo de navegación, que obligan a las ballenas a desviarse de su ruta natural, tienen consecuencias significativas para el desarrollo de las crías.

El objetivo de la migración se cumple al llegar a las zonas de reproducción y crianza, que se caracterizan por ser espacios protegidos para el nacimiento, la lactancia y el descanso de las madres con cría. Las hembras requieren periodos prolongados de reposo para mantener su producción de leche. Cuando ocurren perturbaciones, como la presencia de embarcaciones de avistamiento, pueden verse obligadas a nadar más rápido o interrumpir su descanso. Estudios con modelos energéticos muestran que, si una ballena normalmente descansa a 0.5 m/s se ve forzada a nadar a 1.6 m/s (velocidad de desplazamiento), el crecimiento de su cría se reduciría un 5 %. Además, la disminución del tiempo de descanso limita las oportunidades de amamantar. Las hembras sólo pueden producir hasta 70 kg de leche al día, no pueden compensar completamente la pérdida asociada a la perturbación. Si el tiempo de descanso se reduce sobrepasando esta capacidad, por ejemplo, perdiendo siete días de reposo, la cría recibiría alrededor de un 20 % menos de leche, lo que comprometería su crecimiento y supervivencia.

Los efectos descritos para la ballena jorobada y la ballena gris demuestran que las perturbaciones pueden traducirse en pérdidas energéticas significativas, especialmente en hembras lactantes. Para entender mejor el impacto de los avistamientos, existe un caso especialmente revelador: el de la ballena minke (*Balaenoptera acutorostrata*). En sitios de alimentación intensiva, como la bahía de Faxaflói en Islandia, la interacción con las embarcaciones de avistamiento altera el presupuesto energético de las ballenas minke: reducen el tiempo dedicado a alimentarse y aumentan el gasto por evasión, generando pérdidas de energía por hora.

Un estudio en 2013 cuantificó este efecto, demostrando que una hora de interacción reduce simultáneamente la energía que la ballena puede obtener y aumenta su gasto metabólico. La respuesta de evitación incrementa la tasa metabólica alrededor de un 28 %. La combinación de menor ingreso energético por alimentación y un mayor gasto por evasión resulta en una pérdida de 12 000 kJ (kilojulios, donde 1 kJ equivale a mil julios) por hora de interacción. Para dimensionar esta pérdida, es útil compararla con el gasto energético natural de la especie; en una ballena minke adulta de 6 000 kg, el gasto de mantenimiento diario se estima en 480 000 kJ (480 MJ). Un estudio en 2014, mostró que la presencia de embarcaciones de avistamiento altera la dinámica del nado y el costo energético en ballenas minke. Al comparar el comportamiento antes y durante la presencia de embarcaciones, se demostró que la velocidad de nado aumentó de 1.62 a 2.64 m/s (≈63 %) y la frecuencia respiratoria de 0.88 a 1.12 respiraciones por minuto (≈27 %). Como consecuencia, el gasto energético total se incrementó un 27.6 %, pasando de 56.54 a 72.16 J/kg/min. Del total de este aumento, el 84.1 % se atribuyó al incremento en la tasa respiratoria, mientras que el aumento en la velocidad de nado explicó sólo el 4.4 %. Esto indica que la presencia de embarcaciones elevó principalmente la tasa de respiración de las ballenas minke.



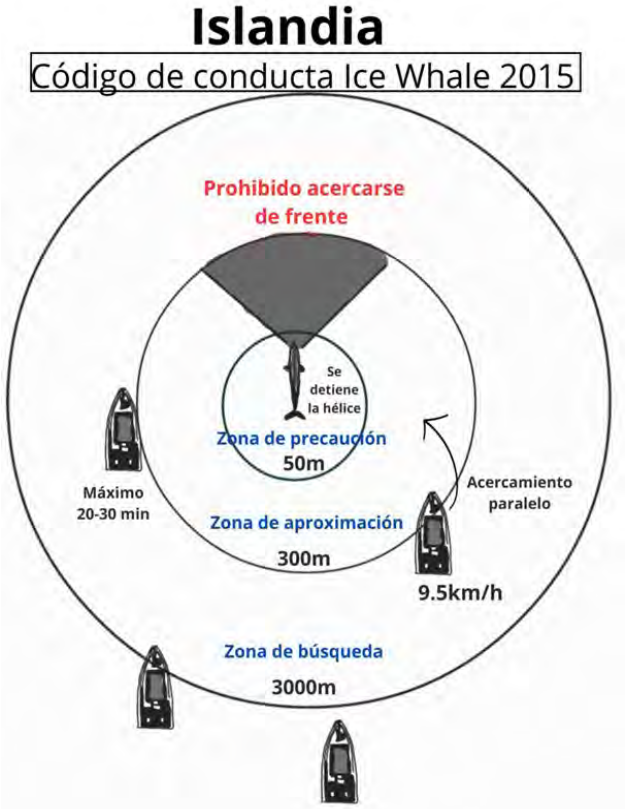
Cambios en el comportamiento y la fisiología de la ballena minke (B*alaenoptera acutorostrata*) antes y durante la presencia de embarcaciones de avistamiento. Durante las interacciones, la velocidad de nado y la frecuencia respiratoria aumentan, lo que se asocia con un incremento total del gasto energético de ~27.6 %. De este aumento, aproximadamente el 84.1 % se atribuye al incremento en la tasa de respiración y ~4.4 % al aumento en la velocidad de nado. Ilustración: Diana Carolina Pérez Orozco, con datos de Christiansen *et al*. (2014).

Si estas interacciones con embarcaciones ocupan alrededor de seis horas de las 24 del día, el sobrecosto diario asociado a las conductas de evasión asciende a 34 MJ adicionales, lo que representa un incremento de 7 % sobre el gasto energético diario total. Además de este gasto extra, se registró una reducción a la mitad en la probabilidad de alimentación superficial, así como una disminución en los buceos largos asociados al forrajeo en profundidad. Considerando que cada hora de interacción implica una pérdida de 8 100 kJ de energía adquirida, un escenario de seis horas supone que la ballena dejaría de incorporar entre 48-49 MJ/día, equivalente al 10 % del gasto energético diario. Esta pérdida es crítica, pues las ballenas minke dependen de cada día de alimentación para acumular reservas, depositando en promedio 150 MJ/día en forma de energía de tejido durante la temporada de alimentación.

Haciendo un recuento entre ambos componentes (más gasto y menos ingreso), el impacto energético diario total asciende a 82 MJ/día. Esto representa alrededor del 17 % del gasto energético diario y cerca del 55 % de la energía que una ballena debería estar almacenando ese día. En otras palabras, en un solo día con varias horas de interacción intensiva, la ballena puede perder más de la mitad de la energía que debería estar almacenando.

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):35-38

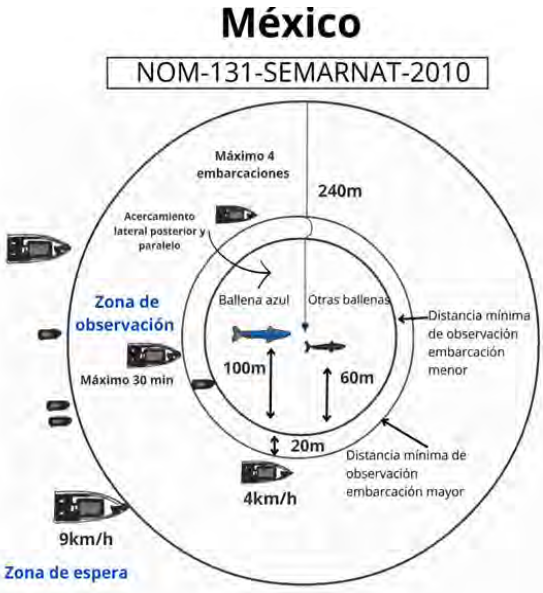
Islandia, a diferencia de otros países con turismo intensivo de ballenas, no cuenta con una ley nacional intensivo de ballenas, no cuenta con una ley nacional obligatoria que regula el avistamiento. En su lugar, cuenta con un código de conducta voluntario desarrollado por *Ice Whale* en 2015 que establece una zona de aproximación (300 m), zona de precaución (50 m), tiempo máximo de encuentro (20–30 minutos) y restricciones de velocidad (9.5 km/h en la zona de aproximación). Sin embargo, al no ser de carácter obligatorio, su cumplimiento depende completamente de la responsabilidad de cada operador.



Lineamientos de avistamiento de ballenas establecidos por el Código de Conducta de *Ice Whale*, Islandia.
Ilustración: Diana Carolina Pérez Orozco, con datos de Ice Whale (2015).

Un estudio reciente (2025) mostró que la mayoría de las empresas afiliadas respetan las distancias mínimas: más del 80 % de los avistamientos ocurrieron dentro de la zona de aproximación y la distancia mínima de 50 m se respetó en el 94 % de los casos. El límite de 30 minutos se cumplió el 72 % del tiempo, aunque en temporada alta la interacción superó lo recomendado en un 60 %, con encuentros que excedieron los 50 minutos. El estudio mostró que cuando las embarcaciones permanecían más de 30 minutos con una ballena, estas salían menos veces a la superficie y nadaban en trayectorias menos rectas, mostrando un patrón más impredecible y posiblemente evasivo. El cumplimiento de las normas de velocidad fue alto, con solo un 7 % de incumplimientos. Este escenario sirve como punto de comparación, si bajo un sistema voluntario y con operadores relativamente comprometidos se observan perturbaciones, ¿qué ocurre en contextos donde la regulación es obligatoria, pero su cumplimiento es irregular? De ahí la importancia de examinar el caso de México.

Aunque México cuenta con la NOM-131-SEMARNAT-2010, que establece distancias mínimas (60m para todas las especies excepto ballena azul (*Balaenoptera musculus*) con 100 m), límite de cuatro embarcaciones avistando simultáneamente, tiempo máximo de observación (30 min) y restricciones de velocidad (4 km/h en la zona de avistamiento), el principal problema no es la ausencia de regulación, sino su bajo cumplimiento. En sitios sin protección estricta, como Bahía de Banderas (Nayarit), los niveles de incumplimiento son altos. Un estudio reciente (2025) mostró que todas las empresas y tipos de embarcaciones incumplían al menos una directriz en el 88 % de los casos. Las infracciones más comunes incluyeron ingresar a la zona de restricción, exceder el tiempo de observación y sobrepasar el número permitido de embarcaciones, especialmente en grupos con crías. Un patrón similar se ha descrito durante años en Bahía Magdalena–Almejas (Baja California Sur), donde la autorregulación es más laxa y las infracciones a la normatividad son altas. Allí, las excursiones pueden durar hasta cuatro horas, con reportes de acercamientos excesivos especialmente a ballenas grises madres con cría. Otra área preocupante es Los Cabos, donde se avista la ballena jorobada con presencia de turismo masivo, desorganización elevada y con la existencia de varios reportes de accidentes de embarcaciones turísticas colisionando ballenas, accidentes que han afectado la integridad física e incluso la vida de turistas, y claro, de ballenas jorobadas.



Lineamientos de avistamiento de ballenas establecidos por la NOM-131-SEMARNAT-2010, México.
Ilustración: Diana Carolina Pérez Orozco, con datos de la NOM-131-SEMARNAT-2010.

En contraste, las Áreas Naturales Protegidas (ANP) muestran un escenario distinto. En Laguna Ojo de Liebre y Laguna San Ignacio, ubicadas dentro de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, así como en la región de Loreto, todas en Baja California Sur, las actividades de avistamiento se autogestionan comunitariamente con apoyo de investigadores para minimizar la perturbación: En estos tres sitios, sólo una pequeña porción de las zonas de agregación de ballenas está habilitada para el turismo, manteniendo la mayor parte del área como santuario libre de avistamiento. En Laguna San Ignacio, los operadores turísticos han adoptado prácticas adicionales a la NOM, como limitar aún más el número de embarcaciones simultáneas y regular la duración de las excursiones. En Loreto, los barcos no persiguen ni acosan a las ballenas azules, sino que se posicionan a 100 m de distancia con el motor apagado, esperando que los animales se muevan libremente.

Esta comparación revela dos escenarios claros: cuando existen reglas definidas, vigilancia y acuerdos comunitarios como en Laguna San Ignacio, Laguna Ojo de Liebre y Loreto, la actividad turística puede alinearse con la conservación. Cabe resaltar que solo se reconocen estos tres de los más de 20 sitios donde se realiza el avistamiento de ballenas en México. En contraste, en el resto de los sitios como Bahía Banderas, Los Cabos y otros puntos costeros, el riesgo de perturbación aumenta ya que la regulación es insuficiente o no se aplica. Esta diferencia muestra que las ANP en México son, en la práctica, uno de los mecanismos más eficaces para mejorar el cumplimiento y reducir la presión sobre las ballenas.

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):35-38



Embarcaciones durante el avistamiento de ballenas en el canal de Santo Domingo de Puerto Adolfo López Mateos, Baja California Sur, México. Fotografía: Omar García Castañeda (PRIMMA-UABCS).

En este sentido, el cumplimiento efectivo de la NOM-131-SEMARNAT-2010 no es solo regulación turística, sino una herramienta que permite a las ballenas realizar actividades vitales como apareamiento, lactancia y descanso con menor perturbación. Como mostró el caso de Islandia, incluso con una gestión adecuada las ballenas pueden ver comprometido su balance energético, pero en una medida que permite tomar decisiones para mejorar la coexistencia con la actividad turística. Por ello, este escrito busca generar conciencia sobre el impacto que pueden tener estas perturbaciones en el gasto energético y a su vez en el desarrollo de actividades vitales, ya que cada aproximación, movimiento evasivo y aumento en la respiración implica un costo energético adicional. Reconocer este esfuerzo invisible debe guiar la forma en que se diseñan y regulan las actividades de avistamiento, desde el respeto, la ética y decisiones basadas en ciencia y empatía, promoviendo no solo el cumplimiento de la NOM, sino también la autorregulación acorde con las características de cada zona y la mejora continua. Esto incluye actualizar distancias, limitar el número de embarcaciones, establecer rutas de navegación, ampliar y respetar las zonas de exclusión especialmente en áreas utilizadas por madres y crías, con base en evidencia científica actualizada, entendiendo que el turismo responsable no es una sugerencia, sino una obligación para proteger la vida sintiente.

Por ello, el aumento en el esfuerzo energético que experimentan las ballenas durante la práctica de avistamiento no debe permanecer invisible. Reconocerlo y actuar en consecuencia es indispensable para no perpetuar prácticas que afectan a las especies que buscamos cuidar.



Interacción con ballenas durante avistamiento de ballenas en Bahía Magdalena en Puerto San Carlos, Baja California Sur, México. Fotografía: Omar García Castañeda (PRIMMA-UABCS).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Facultad de Ciencias de la UNAM por el apoyo académico brindado durante el desarrollo de este trabajo. De manera especial, expresamos nuestro reconocimiento al taller Ecología espacial, poblacional y de la conservación de mamíferos marinos y terrestres, cuyo acompañamiento y formación fueron fundamentales para la realización de este proyecto.

LITERATURA CONSULTADA

Beale, C. M. 2007. The behavioral ecology of disturbance responses. International Journal of Comparative Psychology 20:111-120.

Bejder, L., *et al*. 2019. Low energy expenditure and resting behaviour of humpback whale mother–calf pairs highlights conservation importance of breeding areas. Scientific Reports 9:771.

Blix, A. S., y L. P. Folkow. 1995. Daily energy expenditure in free-living minke whales. Acta Physiologica Scandinavica 153:61-66.

Braithwaite, J. E., J. J. Meeuwig, y M. R. Hipsey. 2015. Optimal migration energetics of humpback whales and the implications of disturbance. Conservation Physiology 3:cov001.

Christiansen, F., *et al*. 2023. Energy expenditure of southern right whales varies with body size, reproductive state and activity level. Journal of Experimental Biology 226:jeb245137.

Christiansen, F., M. H. Rasmussen, y D. Lusseau. 2014. Inferring energy expenditure from respiration rates in minke whales to measure the effects of whale-watching boat interactions. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 459:96-104.

Christiansen, F., M. Rasmussen, y D. Lusseau. 2013. Inferring activity budgets in wild animals to estimate the consequences of disturbances. Behavioral Ecology 24:1415-1425.

Christiansen, F., M. Rasmussen, y D. Lusseau. 2013. Whale watching disrupts feeding activities of minke whales on a feeding ground. Marine Ecology Progress Series 478:239-251.

Diario Oficial de la Federación. 2019. Acuerdo por el que se da a conocer el resumen del Programa de Manejo del Parque Nacional Bahía de Loreto. Diario Oficial de la Federación, México. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5558313. Consultado el 20 de noviembre 2025.

Espinoza-Rodríguez, I. J., *et al*. 2025. Compliance to whale watching regulation in Mexico: Implications for the activity's sustainability. Ocean & Coastal Management 269:107798.

Espinoza-Rodríguez, I. J., R. M. Chávez-Dagostino, y G. Heckel. 2024. Resilience components in Mexican whale-watching regulation. Tourism and Hospitality 5:1028-1041.

García Castañeda, O. 2024. La ballena gris y su avistamiento en México. Revista Digital Universitaria 25: 3-5.

García Castañeda, O., *et al*. 2024. Climate change stands as the new challenge for whale watching and North Pacific gray whales (*Eschrichtius robustus*) in Bahia Magdalena, Mexico, after their recovery from overexploitation. Frontiers in Conservation Science 5:1397204.

Kettemer, L. E., *et al*. 2022. Round-trip migration and energy budget of a reproductive female humpback whale in the Northeast Atlantic. PLOS ONE 17:e0268355.

Lusseau, D., y L. Bejder. 2007. The long-term consequences of short-term responses to disturbance: Insights from whale watching impact assessment. International Journal of Comparative Psychology 20:228-236.

Margaria, R., P. Cerretelli, P. Aghemo, y G. Sassi. 1963. Energy cost of running. Journal of Applied Physiology 18:367-370.

O'Connor, S., R. Campbell, H. Cortez y T. Knowles. 2009. Whale Watching Worldwide: Tourism numbers, expenditures and expanding economic benefits. International Fund for Animal Welfare (IFAW). Estados Unidos. https://share.google/2M2OFKGCklQggnuBG. Consultado el 15 de noviembre de 2025.

Pallin, L. J., *et al*. 2023. A surplus no more? Variation in krill availability impacts reproductive rates of Antarctic baleen whales. Global Change Biology 29:2108–2121.

Perryman, W. L., M. A. Donahue, P. C. Perkins, y S. B. Reilly. 2002. Gray whale calf production 1994–2000: are observed fluctuations related to changes in seasonal ice cover?. Marine Mammal Science 18:121-144.

Rasmussen, K., *et al*. 2007. Southern Hemisphere humpback whales wintering off Central America: Insights on the longest mammalian migration from water temperature data. Biology Letters 3:302-305.

Scheidat, M., C. Castro, J. González, y R. Williams. 2004. Behavioural responses of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) to whale-watching boats near Isla de la Plata, Machalilla National Park, Ecuador. Journal of Cetacean Research and Management 6:63-68.

Schuler, A. R., et al. 2019. Humpback whale movements and behaviour in response to whale-watching boats in Juneau, Alaska. Frontiers in Marine Science 6:710.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-131-SEMARNAT-2010, Protección ambiental–Especificaciones para el avistamiento de ballenas durante actividades de observación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/6664/1/nom-131-semarnat-2010.pdf. . Consultado el 20 de noviembre 2025.

Sousa-Lima, R. S., y C. W. Clark. 2008. Modeling the effect of boat traffic on the fluctuation of humpback whale singing activity in the Abrolhos National Marine Park, Brazil. Canadian Acoustics 36:174-181.

Stamation, K. A., Croft, P. D. Shaughnessy, y K. A. Waples. 2007. Observations of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) feeding during their southward migration along the coast of southeastern New South Wales, Australia: Identification of a possible supplemental feeding ground. Aquatic Mammals 33:165–174.

Stamation, K. A., *et al*. 2010. Behavioural responses of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) to whale-watching vessels on the southeastern coast of Australia. Marine Mammal Science 26:98-122.

Steckenreuter, A., L. Möller, y R. Harcourt. 2012. How does Australia's largest dolphin-watching industry affect the behaviour of a small resident population of Indo-Pacific bottlenose dolphins? Journal of Environmental Management 97:14-21.

TIES. The International Ecotourism Society. 2015. TIES announces ecotourism principles revision. The International Ecotourism Society. En: News. https://ecotourism.org/news/ties-announces-ecotourism-principles-revision/. Consultado el 20 de diciembre 2025.

Vatcher, C., y M. Smith. 2025. Impacts of whale watching vessels on humpback whales and compliance with voluntary guidelines in Skjálfandi Bay, Iceland. Journal of Cetacean Research and Management 26:41-51.

Villagra, D., A. García-Cegarra, D. I. Gallardo, y A. S. Pacheco. 2021. Energetic effects of whale-watching boats on humpback whales on a breeding ground. Frontiers in Marine Science 7:600508.

Villegas-Amtmann, S., *et al*. 2017. East or West: The energetic cost of being a gray whale and the consequence of losing energy to disturbance. Endangered Species Research 34:167-183.

Villegas-Amtmann, S., L. K. Schwarz, y J. L. Sumich. 2015. A bioenergetics model to evaluate demographic consequences of disturbance in marine mammals applied to gray whales. Ecosphere 6:1-19.

Wearing, S. L., P. A. Cunningham, S. Schweinsberg, y C. Jobberns. 2014. Whale-watching as ecotourism: How sustainable is it? Cosmopolitan Civil Societies Journal 6:38-55.

Sometido: 03/dic/2025.
Revisado: 22/dic/2025.
Aceptado: 02/ene/2026.
Publicado: 05/ene/2026.
Editor asociado: Dra. Mariana Munguía Carrara.

DOI: 10.12933/therya_ixmana-26-795
ISSN 2954-3606

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):39-40

CUANDO EL MONTE ALIMENTA: SUBSISTENCIA DURANTE LA PANDEMIA

Marcos Briceño-Méndez*[1,2] y Salvador Montiel[1]

[1]Departamento 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),

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

*Autor de correspondencia

Durante la pandemia por COVID-19, cuando la movilidad se restringió y el acceso a alimentos se volvió incierto, el monte, entendido como espacio natural circundante a las comunidades rurales que incluye selvas, acahuales y áreas de uso común donde se desarrollan prácticas tradicionales como la cacería y la recolección, proporcionó proteína animal y jugó un papel central en la subsistencia de muchas familias campesinas.

En las comunidades rurales del sureste de México, la fauna silvestre no es solo forma parte del paisaje; es alimento, conocimiento y una estrategia de vida profundamente arraigada. A estas especies de fauna silvestre se les llama comúnmente "carne de monte". En regiones tropicales del mundo se ha documentado ampliamente que la carne de monte constituye una fuente clave de proteína animal para poblaciones rurales. Esta dependencia tiende a intensificarse en contextos de crisis, cuando los sistemas alimentarios convencionales fallan. La pandemia por COVID-19 representó uno de esos momentos críticos, poniendo a prueba la resiliencia de las comunidades rurales y su relación histórica con los recursos naturales.

En un estudio reciente realizado en comunidades del sureste de México durante el periodo más crítico de la pandemia y los meses posteriores, a través de entrevistas con campesinos-cazadores y registros participativos de las salidas de caza, se entrevistó a más de un centenar de personas, en su mayoría jefes de familia, con fuerte arraigo comunitario y experiencia en el manejo del monte. A lo largo de casi tres años se registraron más de 300 salidas de caza, con la obtención de cerca de 300 animales silvestres de distintas especies. La carne obtenida se destinó casi en su totalidad al autoconsumo familiar, lo que confirma que, durante la pandemia, la cacería funcionó principalmente como una estrategia alimentaria, más que como una actividad comercial.

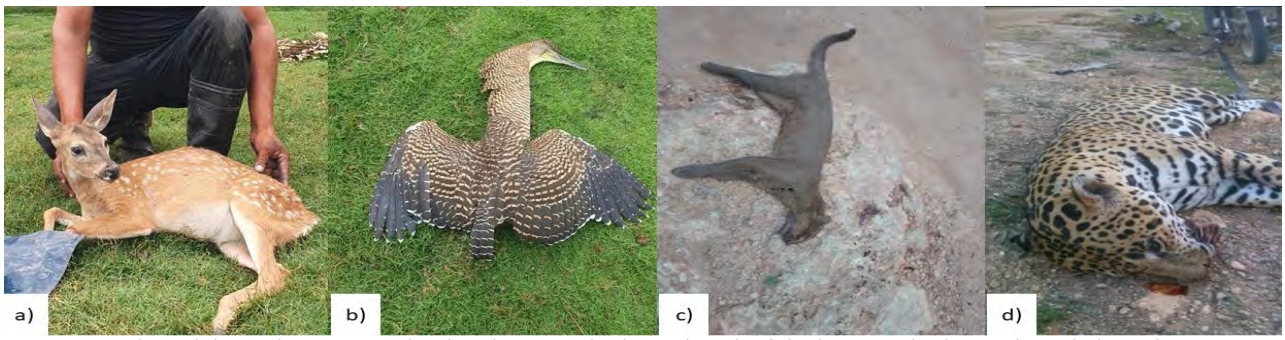
Entre las especies más aprovechadas destacaron mamíferos como el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y el armadillo (*Dasypus mexicanus*) y aves como la pava cojolita (*Penelope purpurascens*) y el faisán (*Crax rubra*), animales tradicionalmente consumidos en la región. En conjunto, estas presas aportaron más de seis toneladas de biomasa, lo que permitió a muchas familias enfrentar los periodos más restrictivos del confinamiento sin depender completamente de alimentos externos.

Un patrón interesante fue que, aunque el número de animales cazados disminuyó con el paso de los años, la cantidad total de carne obtenida se mantuvo relativamente estable. Esto sugiere que los campesinos ajustaron su esfuerzo de caza y la



Especies preferenciales sujetas a cacería de subsistencia registrados de noviembre 2021 a octubre 2023 y pandemia por COVID-19 en el sureste de México. a) Venados cola blanca (*Odocoileus virginianus*), b) armadillo (*Dasypus mexicanus*), c) faisán (*Crax rubra*) color negro y pavas cojolitas (*Penelope purpurascens*) color café. Fotografías: Marcos Briceño-Méndez.

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):39-40



Evidencia de la caza de especies ante la nula vigilancia tanto local como de medios federales registrados durante el periodo de estudio; a) venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) que fue capturado para criar en cautiverio para su posterior consumo, b) garza tigre (*Tigrisoma mexicanum*), c) jaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*) y d) jaguar (*Panthera onca*). Fotografías: Marcos Briceño-Méndez.

selección de presas conforme se modificaban las condiciones sociales y económicas, manteniendo la cacería como una fuente constante de alimento.

La modalidad de cacería individual fue ampliamente predominante. Para los campesinos, salir solos al monte no solo es una práctica culturalmente aceptada, sino también una estrategia eficiente y segura. Durante la pandemia, esta modalidad adquirió un valor adicional, ya que reducía el contacto con otras personas y, por lo tanto, el riesgo de contagio.

Muchos entrevistados señalaron que dedicaron más tiempo a la cacería durante los meses más duros de la pandemia. Sin embargo, también reconocieron que con el paso del tiempo comenzaron a percibir una menor disponibilidad de presas, lo que atribuyeron tanto a la presión de caza como a la transformación del hábitat.

Un aspecto preocupante fue el registro aislado de caza de especies con algún grado de protección legal o alta relevancia ecológica. Estos eventos, aunque no representativos de la práctica cotidiana, reflejan un contexto de escasa vigilancia ambiental durante la pandemia, cuando muchas instituciones redujeron su presencia en campo, aunado también a que son especies potenciales para el comercio clandestino. Este escenario pone de manifiesto la necesidad de fortalecer estrategias de conservación que consideren las realidades locales, especialmente en momentos de crisis. Ignorar el papel de la fauna silvestre en la subsistencia rural puede conducir a enfoques poco realistas y socialmente conflictivos.

Para los campesinos-cazadores, la cacería no es solo una forma de obtener alimento, sino también un conocimiento que se transmite entre generaciones. La mayoría expresó el deseo de que sus hijos aprendan a cazar, aunque también reconocen que las nuevas generaciones muestran intereses distintos y una relación diferente con el monte.

Esta transición generacional plantea retos importantes para el futuro de la cacería de subsistencia y para el manejo comunitario de la fauna silvestre, especialmente en regiones donde el conocimiento local ha sido clave para el uso sostenible de los recursos.

La pandemia por COVID-19 dejó claro que la cacería de subsistencia puede funcionar como un mecanismo de amortiguamiento social y alimentario en comunidades rurales. Lejos de ser una práctica marginal, la carne de monte se reafirmó como un recurso estratégico en contextos de crisis.

Reconocer este papel es fundamental para diseñar políticas de conservación más justas y efectivas, que integren el conocimiento local y fortalezcan la resiliencia comunitaria sin comprometer la biodiversidad. En tiempos de incertidumbre, el monte volvió a alimentar, recordándonos que la relación entre las personas y la fauna silvestre sigue siendo vital en el sureste mexicano. Finalmente, comprender el papel que tuvo la cacería de subsistencia durante la pandemia por COVID-19 permite dimensionar la estrecha relación entre la fauna silvestre y la seguridad alimentaria en comunidades rurales del sureste de México. Más allá de una práctica tradicional, la carne de monte funcionó como un recurso clave para enfrentar una crisis sin precedentes.

Integrar este conocimiento en estrategias de conservación y gestión territorial es fundamental para fortalecer la resiliencia comunitaria, reducir conflictos socioambientales y avanzar hacia esquemas de manejo de la fauna que reconozcan tanto su valor ecológico como social.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo técnico y las facilidades para este trabajo por LAECBIO del CINVESTAV-Mérida, al revisor o revisora asignada por sus comentarios y sugerencias. También agradecemos al Biól. Armando Rojas quien brindo 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) de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI)-México.

LITERATURA CONSULTADA

Briceño-Méndez, M., *et al*. 2021. Subsistence Hunting During the COVID-19 Pandemic: The Case of the White-Tailed Deer (*Odocoileus virginianus*) in Rural Communities of Calakmul, Campeche, Mexico. Tropical Conservation Science 14:1-7.

Briceño-Méndez, M., y S. Montiel. 2023. La pandemia y su impacto en la cacería de subsistencia en el mayab contemporáneo. Avance y Perspectiva 1:3.

Emogor, C. A., *et al*. 2024. Changes in wild meat hunting and use by rural communities during the COVID-19 socio-economic shock. Conservation Letters 13:42.

Enns C., *et al*. 2023. Vulnerability and coping strategies within wild meat trade networks during the COVID-19 pandemic. World Development 170:106310.

Kamogne-Tagne, C. T., *et al*. 2022. Impacts of the COVID-19 pandemic on livelihoods and wild meat use in communities surrounding the Dja Faunal Reserve, South-East Cameroon. African Journal of Ecology 60:135-145.

León, P., y S. Montiel. 2008. Wild meat use and traditional hunting practices in a rural mayan community of the Yucatan Peninsula, Mexico. Human Ecology 36:249-25.

Mendiratta, U., *et al*. 2022. Key informant perceptions on wildlife hunting in India during the COVID-19. Current Science 122:448-454

McNamara, J,. *et al*. 2020. COVID-19, Systemic Crisis, and Possible Implications for the Wild Meat Trade in Sub-Saharan Africa. Environmental & Resource Economics 76:1045-1066.

Montiel, S., y L. Arias. 2008. La cacería tradicional en el Mayab contemporáneo: una mirada desde la ecología humana. Avance y Perspectiva 1:21–27.

Sometido: 19/dic/2025.
Revisado: 02/ene/2026.
Aceptado: 05/ene/2026.
Publicado: 06/ene/2026.
Editor asociado: Dr. Francisco Botello.

DOI: 10.12933/therya_ixmana-26-794
ISSN 2954-3606
Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):41-42

LOS FAMOSOS DE LA SELVA MAYA

Khiavett Sánchez-Pinzón[1,2]*, Daniel Jesús- Espinosa[1,2], Héctor M. J. López-Castilla[3]
[1]Grupo de Monitoreo Socioambiental (GMSA). Balancán, Tabasco, México.
khiavettsanchez@gmail.com (KS-P), danieljesus_esp@outlook.com (DJ-E)
[2]Espacios Naturales y Desarrollo Sustentable, A.C.
Ciudad de México, Ciudad de México, México.
[3]Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Chiná.
Chiná, Campeche, México. Castilla-9@outlook.com (HMJL-C).
*Autor de correspondencia

En lo profundo de la Selva Maya habitan algunas de las especies más famosas de la vida silvestre. Son los verdaderos protagonistas de este territorio, no buscan cámaras ni reflectores sino sobrevivir día a día en un escenario lleno de retos.

La Selva Maya, compartida por México, Guatemala y Belice, es el segundo bloque continuo de selva tropical más grande del continente americano, solo detrás del Amazonas. Su extensión, de más de 150,000 kilómetros cuadrados, alberga una de las mayores riquezas biológicas de Centroamérica y representa un refugio vital para innumerables especies. En su corazón se encuentra la Reserva de la Biosfera Calakmul, una de las áreas naturales protegidas más extensas de México, con más de 723,000 hectáreas reconocidas por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO por sus siglas en inglés) como Patrimonio Mixto de la Humanidad, un reconocimiento que refleja cómo, en este paisaje, la selva y la historia humana han coexistido por siglos y por qué proteger esta región significa cuidar tanto a sus especies como a la memoria cultural que aún habita en ella.

Este vasto territorio es hogar de gran diversidad de especies, entre ellas tres de los mamíferos más emblemáticos del país: el jaguar (*Panthera onca*), el tapir (*Tapirus bairdii*) y el pecarí de labios blancos (*Tayassu pecari*). Estas especies no solo son símbolos de la vida silvestre mexicana, sino también piezas clave para el mantenimiento del equilibrio ecológico de la selva. Su conservación asegura la supervivencia de múltiples formas de vida que dependen de los mismos hábitats que ellas.

En México, muchas especies enfrentan riesgos crecientes de desaparición debido a la pérdida de hábitat, la cacería, entre otras causas de origen antropogénico. Para atender esta problemática, la Ley General de Vida Silvestre (LGVS) establece el concepto de "especies prioritarias", es decir, aquellas que requieren especial atención por su relevancia ecológica, cultural o económica. De acuerdo con la LGVS, el listado de especies prioritarias para la conservación en México fue publicado en su última actualización en 2014 e incluye 372 especies de las cuales 41 son mamíferos, los cuales cumplen al menos uno de los siguientes criterios: a) su papel como "especie paraguas" para la conservación de hábitats y de otras especies, b) su importancia para la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, c) su carácter endémico o su grado de amenaza, y d) su interés social, cultural o científico. Entre estas especies destacan los tres grandes de la Selva Maya: el jaguar, el tapir y el pecarí de labios blancos, cuya protección beneficia de manera indirecta a todo el ecosistema. Al conservar sus poblaciones, se protege también un gran número de plantas y animales asociados a sus hábitats.

El jaguar: el gran depredador del continente. Este es el felino más grande de América y uno de los mamíferos más admirados. Su papel como depredador tope le permite regular las poblaciones de sus presas, que incluye cerca de 85 especies desde mamíferos como pecaríes y venados, reptiles como tortugas, caimanes, hasta aves y peces. De esta manera, contribuye al equilibrio de las cadenas tróficas y al mantenimiento de la diversidad. La Selva Maya alberga la mayor población de jaguares de Centroamérica; sin embargo, la especie ha perdido gran parte de su distribución histórica debido a la deforestación, la fragmentación de su hábitat y los conflictos con personas por depredación de ganado. Actualmente, se encuentra en peligro de extinción, según la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Diversos esfuerzos de conservación se han implementado en la región, incluyendo el monitoreo mediante cámaras trampa, el uso de radiotelemetría y la colocación de cercos eléctricos para prevenir ataques al ganado. Estas estrategias buscan reducir los conflictos y promover la coexistencia entre las comunidades rurales y este felino emblemático. La implementación de estas acciones ha demostrado ser parcialmente efectivas en la región, especialmente cuando se acompañan de capacitación, seguimiento técnico y participación comunitaria, ya que reducen los ataques al ganado y mejoran la percepción social hacia la especie. No obstante, su efectividad disminuye cuando las acciones son aisladas, de corto plazo o carecen de financiamiento continuo. La conservación del jaguar requiere estrategias integrales y de largo plazo que aseguren paisajes funcionales y la coexistencia con las comunidades rurales.



Fotografía de cámara trampa de un individuo de jaguar (*Panthera onca*) en la Selva Maya mexicana.
Fotografía: Khiavett Sánchez-Pinzón.

El tapir: el jardinero del bosque. El tapir, conocido también como danta, es el mamífero terrestre más grande de Centroamérica. Su dieta frugívora lo convierte en un dispersor de semillas esencial, capaz de transportar grandes semillas a largas distancias y favorecer la regeneración natural del bosque tropical. Su presencia está estrechamente ligada a la salud de los ecosistemas, ya que muchas especies vegetales, como el chicozapote (*Manilkara zapota*), dependen de él para su dispersión. Además, su relación con el agua es fundamental: el tapir necesita cuerpos de agua para beber, refrescarse y refugiarse de los depredadores.

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):41-42

A pesar de su importancia ecológica y cultural, pues es considerado un animal sagrado por los mayas, el tapir se encuentra en peligro de extinción en México. En la región de la Selva Maya la deforestación, los atropellamientos y las sequías prolongadas asociadas al cambio climático, han reducido sus poblaciones de manera significativa. La escasez de agua ha obligado a los individuos a desplazarse grandes distancias en busca de este recurso, lo que incrementa su vulnerabilidad. Entre las acciones de conservación que se llevan a cabo en la región destacan la protección y la restauración de aguadas naturales (cuerpos de agua en depresiones naturales del terreno), la colocación de fuentes de agua artificiales (bebederos) y el monitoreo mediante cámaras trampa. Estas estrategias han resultado efectivas a corto y mediano plazo, ya que los tapires utilizan activamente estas fuentes, especialmente durante la temporada seca. Sin embargo, su efectividad a largo plazo depende de que se conserven los bosques circundantes para crear corredores biológicos que permitan el desplazamiento seguro de la especie.



Individuos de tapir (*Tapirus bairdii*) refrescándose en una aguada de Calakmul, México.
Fotografía: Fernando M. Contreras-Moreno.

El pecarí de labios blancos: el ingeniero de la selva. El pecarí de labios blancos es una especie altamente social que se desplaza en grupos de hasta 50 individuos. Su comportamiento gregario y su hábito de remover el suelo contribuyen a la aireación del sustrato y a la dispersión de semillas, especialmente del ramón (*Brosimum alicastrum*), uno de los árboles más importantes de la Selva Maya. Su función ecológica lo convierte en un verdadero "ingeniero del ecosistema", ya que influye en la estructura y composición del bosque. Además, constituye una de las presas principales del jaguar, formando parte esencial de las dinámicas naturales de depredación.

El pecarí de labios blancos también está catalogado como en peligro de extinción en México. Las principales amenazas que enfrenta son la cacería furtiva, la pérdida de hábitat y la escasez de agua. Diversos estudios han demostrado que los movimientos de esta especie están fuertemente determinados por la presencia de fuentes de agua, especialmente durante la temporada seca, lo que los lleva a concentrarse en aguadas, bajos y, en algunos casos, a desplazarse hacia zonas cercanas a comunidades humanas. Esta concentración incrementa el riesgo de encuentros con personas y, por ende, su exposición a la cacería. Además, su comportamiento gregario lo vuelve particularmente vulnerable, ya que un solo evento de cacería puede afectar a grupos completos. Las acciones de conservación para esta especie en la región se han centrado principalmente en la protección dentro de áreas naturales protegidas, el monitoreo poblacional y la regulación de la cacería. Si bien estas estrategias han sido efectivas de manera localizada, permitiendo la persistencia de poblaciones en sitios como Calakmul, su alcance a escala regional sigue siendo limitado. La conservación a largo plazo del pecarí de labios blancos requiere esfuerzos coordinados a gran escala y la conservación de paisajes continuos que garanticen el acceso a agua, refugio y conectividad entre poblaciones. En la actualidad, se estima que solo quedan alrededor de 5,000 individuos en toda la Selva Maya, lo que hace de esta región el último bastión viable para la especie en Centroamérica.

La conservación del jaguar, el tapir y el pecarí de labios blancos implica proteger extensas áreas de selva tropical y, con ellas, a innumerables especies de flora y fauna. Por esta razón, dependencias gubernamentales, organizaciones nacionales e internacionales como: la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) y Panthera México, concentran sus esfuerzos en monitorear y proteger a estos grandes mamíferos. Más allá de su carisma, estas especies representan indicadores del estado de salud del ecosistema. Su presencia refleja la funcionalidad y conectividad del bosque tropical. Al resguardar sus hábitats, se asegura la continuidad de procesos ecológicos esenciales como la regeneración forestal y el equilibrio de las poblaciones animales.



Pecarí de labios blancos (*Tayassu pecari*) en la Reserva de la Biosfera Calakmul, México.
Fotografía: Fernando M Contreras-Moreno.

Conservar a los tres famosos de la Selva Maya no es solo un acto de protección hacia la fauna silvestre, sino también una inversión en el futuro del patrimonio natural que sostiene la vida y el bienestar de las comunidades humanas que habitan esta región.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto "Salvando al Jaguar: un embajador para las Américas", el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y la Reserva de la Biosfera Calakmul y a los guardaparques que ahí laboran.

LITERATURA CONSULTADA

Contreras-Moreno, F., *et al*. 2025. Population trends of jaguars in a tropical forest in southern Mexico. Conservation Science and Practice 7:e70091.

Contreras-Moreno, F., *et al*. 2025. Use of artificial water sources by tapirs in the Maya Forest, Mexico. Revista Mexicana de Biodiversidad 96:e965483.

Miller, B., *et al*. 1998. Using focal species in the design of nature reserve networks. Wild Earth 8:81-89.

Reyna-Hurtado, R., *et al*. 2016. What ecological and anthropogenic factors affect group size in white-lipped peccaries (*Tayassu pecari*)? Biotropica 48:246-254.

Sánchez-Pinzón, K., R. Reyna-Hurtado, E. J. Naranjo, y A. Keuroghlian. 2020. Peccaries and their relationship with water availability and their predators in Calakmul, Mexico. Therya 11:213-220.

Simberloff, D. 1998. Flagships, umbrellas and keystones: is single-species management passé in the landscape era? Biological Conservation 83:247-257.

Thornton, D., *et al*. 2020. Precipitous decline of white-lipped peccary populations in Mesoamerica. Biological Conservation 242:108410.

Sometido: 16/dic/2025.
Revisado: 27/dic/2025.
Aceptado: 08/ene/2026.
Publicado: 10/ene/2026.
Editor asociado: Dra. Leticia Cab-Sulub.

DOI: 10.12933/therya_ixmana-26-791
Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):43-44
ISSN 2954-3606

HIBERNACIÓN Y PROGRESO HUMANO: EL CASO DEL MOTOCLE

Jazmín Itzel Benítez Garibo y Dante Alfredo Hernández Silva*
Área Académica de Biología, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.
be440554@uaeh.edu.mx (JIBG), dante_hernandez@uaeh.edu.mx (DAHS).
*Autor de correspondencia

Durante el frío invierno en las planicies del Altiplano Mexicano, bajo la tierra, un poco más allá de nuestros pies, laten las pequeñas vidas de los motocles que confían en despertar con la tibia primavera. Pero arriba, en la zona metropolitana de Pachuca, Hidalgo y sus alrededores, el paso del progreso humano avanza, y aquellos no esperan quedar atrapados en un sueño sin regreso.

Las ardillas en México son mamíferos que pueden estar en zonas urbanas, se pueden observar corriendo a lo largo de las ramas de los árboles en los parques o en los jardines de las casas. Sin embargo, también existen especies terrestres, silenciosas o escurridizas, pequeñas, de colores grises, cafés o amarillentos y con patrones distintivos de manchas blancas sobre el dorso, que les permite mimetizarse con el suelo.

Estas especies, pueden pasar desapercibidas por su tamaño y sus hábitos, cumplen funciones vitales en sus ecosistemas. Pueden ser indicadores del estado de conservación ambiental porque tienen una estrecha relación con asociaciones vegetales particulares. Se desplazan de un lado a otro consumiendo y dispersando grandes cantidades de semillas, además de alimentarse de insectos que podrían convertirse en plagas. Como en toda cadena trófica, ellas mismas funcionan como alimento proteico para otros animales, como aves de presa o algunos carnívoros menores.

Si alguna vez viste una pequeña mancha de color café clara correr muy rápido y desaparecer en medio de la vegetación, probablemente se trataba de un motocle (*Ictidomys mexicanus*). Tal vez los conozcas con otros nombres, como hurón, lirón o simplemente ardilla terrestre mexicana.

Estos pequeños roedores son delgados y no superan el tamaño de un conejo pequeño, miden entre 32 a 38 cm de largo y pesan entre 140 a 300 g. Su pelaje dorsal es de color café canela, perfecto para camuflarse, aunque distintivo por unas líneas de manchas blancas que recorren longitudinalmente su espalda.

Los motocles se encuentran distribuidos de manera discontinúa en el Altiplano Mexicano, a lo largo de la ladera sur de la cordillera Neovolcánica, desde el norte de Jalisco hasta Puebla, incluyendo al estado y la Ciudad de México, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Querétaro y Guanajuato. Prefieren sitios abiertos con planicies donde existan pastizales naturales e introducidos por el humano, campos de cultivos o matorrales en zonas áridas y templadas. Son tan adaptables que incluso pueden llegar a establecerse en campos de golf, parques, jardines, cementerios o zonas urbanas, por ejemplo, dentro y en los alrededores del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles (AIFA).

A pesar de que podemos verlos corriendo a lo lejos, su característica principal es su forma de vida bajo el suelo. No hacen nidos en los árboles como las ardillas arborícolas, sino que excavan madrigueras que les proporcionan un refugio contra depredadores y condiciones ambientales extremas, llevan su comida y cuidan de sus crías.

Estas construcciones subterráneas están conformadas por sinuosas galerías y varias cámaras o nidos. Sus entradas son completamente planas, casi imperceptibles, sin los característicos amontonamientos de tierra que los delatan a otros roedores excavadores, como los perritos de las praderas. Las ubican preferentemente en áreas abiertas o planicies, donde necesitan tener una vista despejada de su alrededor para percibir anticipadamente cualquier amenaza, aunque también se pueden encontrar madrigueras en la base de zacates amacollados.

De entre los usos que les dan a sus madrigueras, hay uno muy importante y fundamental para su vida: el refugio para hibernar. Esta especie no solo descansa al final del día debido a su actividad diurna, sino que en algún momento del año su reloj biológico interno los lleva a hibernar.

La hibernación es un periodo de inactividad prolongado, de varios meses, asociado a la escasez de alimento y a las bajas temperaturas del invierno. Durante este tiempo, los motocles experimentan una transformación asombrosa, su temperatura corporal desciende dramáticamente de los cálidos 37 grados centígrados a apenas 15 grados, y su peso corporal fluctúa notablemente mientras sobreviven a base de las reservas de grasa acumuladas durante los meses previos.

Los motocles tienen muy bien definido su ciclo anual, como un calendario natural grabado en sus genes. Este ciclo concluye con la hibernación entre febrero y mayo; la época de reproducción de mayo a septiembre; la aparición de juveniles desde finales de julio a mediados de octubre; y finalmente, la preparación para la hibernación, que implica la acumulación intensiva de grasa y la desaparición progresiva de los individuos, a partir de noviembre y diciembre.

Antes de hibernar, el motocle se prepara: acondiciona su túnel mediante la acumulación material vegetal. Una vez que inicia la hibernación, sellan su entrada con tierra, reducen sus ritmos fisiológicos y sobreviven con las reservas de grasa acumuladas. Esta acción lo protege del clima, posibles intrusos o cualquier otro imprevisto que lo ponga en riesgo durante este periodo en el que se encontrará completamente vulnerable debido a que su cuerpo está funcionando con el mínimo de energía. Dentro de esta pequeña cámara oscura y silenciosa permanece uno o varios individuos sobreviviendo al invierno, con sus bajas temperaturas y su escasez de alimento, aguardando a la tibia primavera para reaparecer y retomar su rutina en la superficie.

Durante la hibernación, la sobrevivencia del motocle se ve afectada por acciones humanas. Mientras esta especie se encuentra bajo tierra, arriba la urbanización continúa; se comienzan excavaciones para cimentar, se nivelan suelos, se colocan rellenos, se expanden caminos, o se acondicionan las vías de nuevos trenes, y, sin siquiera notarlo, se tapan las madrigueras.

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):43-44

Esta transformación del paisaje cambia el aspecto del entorno, y borra las huellas de vida de esta especie. En el estado de Hidalgo, particularmente en la Zona Metropolitana de Pachuca (ZMP) donde habita el motocle, su territorio forma parte de las unidades de gestión ambiental destinadas a la agricultura temporal, ganadería, uso industrial, infraestructura asociada a los centros de distribución existentes y construcción de vivienda rural.

Estas Unidades de Gestión Ambiental son herramientas de planificación territorial que definen y organizan el uso que se le puede dar a cada zona del territorio, con base en sus características naturales, sociales, económicas y ecológicas. El problema surge cuando las tierras agrícolas cambian su uso para convertirse en desarrollos habitacionales, infraestructura comercial o, actualmente, para las vías del nuevo tren de pasajeros México-Pachuca, en el tramo de su recorrido del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles (AIFA) con la ciudad de Pachuca.



a) Motocle (*Ictidomys mexicanus*) del Área Metropolitana de Pachuca, Hidalgo, México (ZMP); b) madriguera de motocle; y c) cambio de uso de suelo para la construcción del tren AIFA-Pachuca en el hábitat del motocle en el ZMP. Fotografías: Dante Alfredo Hernández Silva.

Es un cambio permitido por la legislación ambiental, pero representa un riesgo significativo para los motocles cuando se realiza durante meses de hibernación. Al sellarse su salida por los nuevos caminos o el cemento de las construcciones, no pueden escapar, y aunque perciban la irrupción en su hogar, tampoco cuentan con la capacidad física para huir en su estado de letargo profundo. Enterrar una madriguera activa en esta etapa significa, en términos prácticos, condenar a los animales a morir dentro, como mineros atrapados en un derrumbe que no escucharon venir.

El cambio de uso de suelo debe ir acompañado de un estudio técnico sobre flora y fauna silvestre del terreno, donde se incluya un inventario de especies y se definan acciones como conservación, reubicación o control, según lo que se detecte. Sin embargo, aquí surge una trampa temporal, si el estudio se realiza en los meses de hibernación, arrojará la falsa conclusión de que no hay motocles presentes, simplemente porque están bajo la tierra. Al no detectarse la especie, no se aplican las medidas de protección correspondientes.

Así, se aprueba el cambio de usos de suelo sin restricciones ni condicionantes, y los motocles quedan completamente desprotegidos ante el avance urbano. Esta situación también afecta a otras especies con hábitos fosoriales o de vida subterránea que comparten estos hábitats de planicies agro-urbanas con el motocle: los tecolotes llaneros (*Athene cunicularia*), las tuzas del Eje Neovolcánico (*Cratogeomys fumosus*) y el ardillón de roca (*Otospermophilus variegatus*).

Es fundamental que las autoridades encargadas de aprobar estos cambios de uso de suelo consideren a los motocles como potencialmente presentes en todas las zonas de planicies de la ZMP. Se debe exigir la búsqueda activa durante todo el año, prestando especial atención y ajustando los protocolos durante la época de hibernación, cuando su presencia no es evidente, pero sí real.

Aunque los motocles mantienen poblaciones estables a nivel continental, pueden estar en una situación delicada a nivel local sin que lo notemos, precisamente por su invisibilidad durante varios meses del año. Por ello, es necesario reconocer su importancia ecológica y tomar medidas específicas para evitar su desaparición silenciosa en regiones donde ha vivido durante generaciones.

Cada madriguera enterrada por la infraestructura humana interrumpe generaciones enteras, condenando a quienes duermen bajo tierra a una hibernación que nunca termina. El verdadero progreso no es aquel que borra ciclos naturales, sino el que aprende a convivir con ellos y los preserva.

Respetar el sueño de estas pequeñas vidas es también respetar la memoria viva del paisaje que habitamos.



El motocle (*Ictidomys mexicanus*) y sus riesgos en su hábitat, ante el desarrollo de infraestructura humana.
Ilustración: Jazmín Itzel Benítez Garibo.

AGRADECIMIENTOS

Al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) de la Secretaría de Ciencias, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI).

LITERATURA CONSULTADA

Albino-Miranda, S., A. González-Romero, y J. Galindo-González. 2025. Alertas y camufladas: Las ardillas de tierra en México. Therya ixmana 4:16-18.

Elizalde-Arellano, C., *et al*. 2014. Bases para el monitoreo de dos especies de carnívoros medianos en la Reserva de la Biosfera de Mapimí, Durango. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Bases de datos SNIB-CONABIO, proyecto GT022. https://www.snib.mx/iptconabio/resource?r=SNIB-GT022#anchor-additional. Consultado en 18 de septiembre de 2025.

Periódico Oficial del Estado de Hidalgo. 2022. Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Territorio del Municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo. Periódico Oficial del Estado de Hidalgo. México. 30 de diciembre de 2022.

Valdéz, M., y G. C. González. 2003. Patrones de hibernación de ardillas de tierra (*Spermophilus mexicanus* y *S. perotensis*) en el centro de México. Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Época) 7:40-48.

Valdés-Alarcón, M. 2003. Las ardillas de México. Biodiversitas. El conocimiento y uso de la biodiversidad 8:2-7.

Sometido: 07/dic/2025.
Revisado: 24/dic/2025.
Aceptado: 15/ene/2026.
Publicado: 16/ene/2026.
Editor asociado: Dr. Juan Pablo Ramírez-Silva.

DOI: 10.12933/therya_ixmana-26-790
ISSN 2954-3606

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):45-46

CUANDO EL PELAJE FELINO SE CONVIERTE EN SUPERVIVENCIA

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

El pelaje de la mayoría de los felinos como el jaguar, el ocelote, el guepardo, el tigre o el león, es un lienzo natural lleno de manchas, rayas o colores uniformes. Esos patrones no los presentan solo por belleza; también tienen una función biológica.

Detrás de cada patrón existe una historia de adaptación, como el color y las formas que posee el pelaje de los felinos, éstos se deben principalmente a la genética, ya que los pigmentos (melanina) en su piel y pelaje, se activan durante el desarrollo embrionario, generando patrones. Los melanocitos son células que producen estos pigmentos y se distribuyen por la piel en formas de manchas, rosetas, rayas o patrones colorimétricos uniformes, en donde se deposita más o menos pigmento. Existen dos tipos principales de melanina: la eumelanina, que produce tonos oscuros (negros o cafés), y la feomelanina, que produce tonos claros (amarillos o rojizos). De esta manera, la biología molecular nos dice que los patrones son, en esencia, una forma en que los genes "pintan" el pelaje de los felinos.

Existen organismos que poseen que poseen un sistema de camuflaje altamente especializado que les permite integrarse visualmente con su entorno, siendo así la razón más importante por la que los felinos tienen este tipo de patrones en su pelaje. Dichos patrones surgen desde la etapa embrionaria de los organismos, por medio de una combinación de señales genéticas, químicas y espaciales que controlan dónde, cuándo y cuánta melanina. Además, existen genes reguladores como el recepto de melanocortina 1 (MC1R), la proteína señalizadora de agutí (ASIP) y la transmembrana aminopeptidasa Q (Taqpep) que modulan el encendido y apagado de la pigmentación, generando así los patrones. Así, el pelaje de los diversos organismos, no es aleatorio, sino el resultado de un mapa químico y genético preciso que confiere camuflaje y ventaja adaptativa, lo que aumenta sus posibilidades de caza y de no ser detectado tanto por otros depredadores, así como de sus presas.

Ha sido documentado que los patrones de coloración en mamíferos también dependen del hábitat en el que viven y los felinos no son la excepción. Los felinos que viven en ecosistemas boscosos o selváticos, que se caracterizan por ser perennes, al poseer una muy densa vegetación, poseen manchas o rosetas que simulan la luz y las sombras que se filtran entre las hojas.

Un claro ejemplo de este patrón se presenta en el jaguar (*Panthera onca*) el felino más grande de América y un ejemplo sorprendente de cómo las rosetas ayudan al camuflaje de la especie. Su pelaje amarillo dorado con "manchas" negras llamadas rosetas, las cuales a veces tienen uno o varios puntos oscuros en el centro, permitiendo un camuflaje perfecto debido a la luz y la sombra del ecosistema. Las rosetas no solo sirven para ocultarlo entre la vegetación, sino que también rompen su silueta, lo que dificulta que sus presas puedan localizarlo e inclusive reconocerlo. El jaguar es un cazador que se caracteriza por realizar emboscadas y gracias a ese camuflaje, puede acercarse lo suficiente para atacar.

Otro ejemplo de este patronaje es el ocelote (*Leopardus pardalis*), un felino carnívoro de talla media que habita en América también tiene un pelaje cubierto de manchas. A diferencia del jaguar, el patrón de sus rosetas es más fino y alargado. Este depredador es principalmente de hábitos nocturnos, por lo que su pelaje le ayuda a romper su figura en el paisaje oscuro, haciéndolo casi invisible para sus presas y a su vez lo protege de sus depredadores, como la boa (*Boa constrictor*) o el cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*), teniendo así una ventaja de supervivencia.

Una especie con un patrón muy distinto de manchas o rosetas es el guepardo (*Acinonyx jubatus*), conocido también como chita. Este felino a diferencia de los jaguares u ocelotes, posee manchas sólidas, ya que es completamente oscura por dentro, sin un centro claro y redondas con bordes relativamente regulares y diferenciados, ese peculiar patrón es de ayuda para los pastizales y praderas donde vive. Las manchas también están presentes en el rostro de la especie, tienen unas manchas en forma de lágrimas negras que corren hasta sus ojos y boca, las cuales ayudan a reducir el reflejo del sol, mejorando de esta manera su visión mientras caza ya que presenta hábitos diurnos a plena luz del día.

El tigre (*Panthera tigris*) es el felino más grande del mundo y este posee un patrón único en esta familia de mamíferos, el cual consta de rayas verticales negras comúnmente sobre un fondo anaranjado, aunque ante el ojo humano parezca muy vistoso, en los bosques tropicales donde vive, dicho camuflaje funciona de forma sorprendentemente efectiva. Este tipo de adaptación en el pelaje imita las sombras de los árboles y los tallos del pasto alto (vegetación típica del hábitat), y así poder realizar una emboscada perfecta.

En cambio, en los hábitats que carecen de vegetación densa, nulo dosel o escasa vegetación, los felinos presentan una coloración de pelaje uniforme, ya que su entorno no ofrece sombras o contrastes. Dos especies que pueden ejemplificar este patrón son el león (*Panthera leo*) y el puma (*Puma concolor*). En su edad adulta, ambas especies presentan un pelaje con un color uniforme que va, de un dorado a marrón, sin manchas visibles. En este caso, la uniformidad del color es más útil para mezclarse con el entorno y acercarse lo suficiente a su presa antes del ataque.

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):45-46

Sin embargo, las crías de estas dos especies poseen manchas porque estas les brindan una ventaja de supervivencia durante las primeras etapas de vida, que aumenta sus probabilidades de sobrevivir hasta la adultez.

De esta manera el pelaje manchado del jaguar y el ocelote, las rayas del tigre, las manchas del guepardo y el tono dorado y marrón del león y el puma son, una adaptación. Estas adaptaciones genéticas son al medio ambiente en el que viven y a sus diversos hábitos y comportamientos.

Cada mancha, raya y cada color en el pelaje de los felinos, son una perfecta pintura viviente que combina genética, adaptación, ambiente y comportamiento. Lo que para nosotros es arte y belleza para estas especies es parte de su supervivencia.

AGRADECIMIENTOS

A J. Pech por el apoyo y la constante motivación a seguir escribiendo y a L. C. Hernández por siempre creer en mi como investigador.

LITERATURA CONSULTADA

Anderson, T. M., *et. al*. 2009. Molecular and evolutionary history of melanism in North American gray wolves. Science 323:1339-1343.

Ceballos, G. 2010. Los Felinos de América Cazadores Sorprendentes. Grupo Carso. Distrito Federal, México.

Del Rio, M. G., y A. A. Lanteri. 2014. La imitación en la naturaleza. Ciencia Hoy 23:56-60.

Rubio-Gutiérrez, I. C., y L. M. Guevara-Chumacero. 2017. Variación en la coloración y los patrones del pelaje en los felinos. Investigación y Ciencia 25:94-101.

Mills, M. G., y L. B. Patterson. 2009. Not just black and white: pigment pattern development and evolution in vertebrates. Seminars in Cell & Developmental Biology 20:72-81.



Cada mancha, raya y cada color en el pelaje de los felinos, son una perfecta pintura que combina genética, adaptación, ambiente y comportamiento
Ilustración: Jonathan Josue Zamora Doria

Sometido: 22/dic/2025.
Revisado: 29/dic/2025.
Aceptado: 16/ene/2026.
Publicado: 17/ene/2026.
Editor asociado: Dra. Alina Gabriela Monroy-Gamboa.

DOI: 10.12933/therya_ixmana-26-803
ISSN 2954-3606

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):47-49

CUEVA URBANA DE MATERNIDAD DE MURCIÉLAGOS EN CANCÚN

Henry F. Dzul-Cauich[1]*, Jennifer Méndez Torres[2], y Juan F. Bárcenas Graniel[2]

[1]Departamento de Ecología Humana, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav) Unidad Mérida. Mérida, Yucatán, México.
henry.dzul@cinvestav.mx (HFD-C)

[2]Departamento de Ciencias Básicas e Ingenierías, Universidad del Caribe. Cancún, Quintana Roo, México.
jmendez@ucaribe.edu.mx (JMT), barcenas@ucaribe.edu.mx (JFBG)

*Autor de correspondencia

En una de las ciudades turísticas más dinámicas de México, un fenómeno natural ocurre cada año lejos de las miradas humanas. Bajo el concreto y el ruido urbano, miles de murciélagos dan vida a una nueva generación, recordándonos que la naturaleza aún resiste donde menos la esperamos.

La urbanización es un fenómeno global que se ha intensificado en las últimas décadas, transformando los paisajes naturales y fragmentando ecosistemas. En el sur de México, específicamente el estado de Quintana Roo, se ha consolidado como un destino turístico de relevancia internacional, lo que ha impulsado un crecimiento demográfico y urbano. Este proceso ha resultado en la pérdida anual de miles de hectáreas de vegetación natural, al mismo tiempo que se registra un incremento sostenido de la mancha urbana.

En medio del crecimiento urbano acelerado, algunos refugios naturales persisten de forma inesperada dentro de las ciudades. Estos espacios, a menudo invisibles, pueden ser esenciales para la supervivencia de especies clave. Este estudio revela uno de esos refugios en el corazón urbano de Cancún. En pocos años, Cancún ha experimentado una expansión acelerada de su población y de la mancha urbana, acompañada por la pérdida de extensas áreas de vegetación natural, reduciendo drásticamente la disponibilidad de hábitats y dejando a la fauna con cada vez menos espacios donde refugiarse.

Las ciudades, entendidas como ambientes urbanos, suelen ser hostiles para la biodiversidad. La disminución de refugios naturales, sumada a la fragmentación del hábitat y a los altos niveles de contaminación lumínica y acústica, limita la presencia de fauna silvestre. Algunas especies han logrado adaptarse a estos entornos urbanos y coexisten con la población humana, como ciertas aves y roedores considerados "carismáticas¨ por la sociedad. Sin embargo, otras especies menos carismáticas, como los murciélagos, enfrentan una percepción negativa que ha derivado en su persecución y subvaloración.

Los murciélagos son el segundo grupo de mamíferos más diverso y desempeñan importantes roles ecológicos que contribuyen al bienestar humano a través de los servicios ecosistémicos. Lamentablemente, la urbanización representa una continua amenaza a estos beneficios. La transformación del paisaje para la construcción de infraestructura como supermercados, complejos habitacionales y vialidades ha desplazado a múltiples colonias de murciélagos, al eliminar sus refugios naturales. En este contexto, las cuevas adquieren un valor estratégico para la conservación de las poblaciones de murciélagos, especialmente aquellas utilizadas como cuevas de maternidad.

En este texto presentamos la primera documentación de una cueva de maternidad urbana ubicada en la ciudad de Cancún, Quintana Roo, México, la cual es actualmente conocida como Santuario Urbano de Murciélagos de la Universidad del Caribe. El sitio fue identificado inicialmente en 2014 durante una actividad académica; sin embargo, no fue sino hasta 2020 que se llevó a cabo la primera exploración formal. Dicha exploración resultó infructuosa debido a las condiciones extremas del interior de la cueva, caracterizadas por la acumulación de guano mezclado con agua que formaba un lodo espeso, así como por temperaturas elevadas que oscilaron entre 38 y 42 °C. Si bien se ha documentado que algunas cámaras de cuevas neotropicales pueden alcanzar temperaturas elevadas como resultado del calor corporal generado por altas densidades de murciélagos, estudios previos han denominado a estos sistemas como "cuevas calientes".

Las cuevas calientes se caracterizan por tener accesos reducidos, lo que limita la circulación del aire y favorece temperaturas elevadas que pueden oscilar entre 28 y 40 °C a lo largo del año. Estas condiciones permiten la concentración de grandes colonias de murciélagos, donde los individuos se agrupan muy estrechamente, prácticamente hombro con hombro. Este tipo de cuevas ofrece un ambiente ideal para la reproducción, ya que no solo posibilita el nacimiento de las crías, sino que también garantiza la termorregulación colectiva y la protección necesarias para su supervivencia.

Durante las exploraciones realizadas, el tiempo máximo de permanencia dentro de la cueva era limitada a 20 minutos, debido a las elevadas temperaturas, la intensa acumulación de olores asociados al guano y la inestabilidad del sustrato. Estas condiciones, aunadas al uso obligatorio de equipo de seguridad, como gafas de protección y mascarillas, incrementaron significativamente la dificultad de las labores de exploración y muestreo.

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):47-49

El suelo inestable, fue una de las principales limitantes para estudiar el sitio, dado que la cueva se encuentra en una depresión de la superficie, el escurrimiento pluvial de la superficie hace que la cueva se inunde, haciendo del guano más espeso. Sin embargo, en el año 2021, considerando un calendario regional de precipitaciones, se identificaron los meses de baja precipitación, siendo los meses de enero a mayo el periodo más viable para acceder al sitio. A partir de 2021 se han hecho monitoreos continuos del sitio, registros mensuales de temperatura y humedad, observaciones directas, y conteo directo de individuos. Durante cuatro años consecutivos (2021–2024) hemos documentado el uso permanente de la cueva por los murciélagos.

Utilizando métodos estandarizados de videograbación y análisis cuidadoso de la salida de murciélagos, se estimó una población aproximada de 201,600 individuos. Este dato es particularmente relevante, pues convierte a esta cueva en uno de los refugios urbanos más importantes documentados en la Península de Yucatán. En la cueva habitan seis especies de murciélagos:

Nombre común	Nombre científico	Servicio ecosistémico que brinda
Murciélago frutero de Jamaica	*Artibeus jamaicensis*	Dispersión de semillas, especialmente de especies pioneras y árboles nativos, contribuyendo a la regeneración de la vegetación. En la península de Yucatán es un polinizador importantes para los árboles de ceiba.
Murciélago frutero gigante	*Artibeus lituratus*	
Murciélago lengüetón	*Glossophaga mutica*	Polinización de plantas nocturnas y consumo ocasional de insectos
Murciélago orejón brasileño	*Micronycteris microtis*	Control natural de insectos nocturnos, incluyendo potenciales plagas agrícolas y urbanas.
Murciélago-barba arrugada	*Mormoops megalophylla*	Control natural de insectos nocturnos, incluyendo potenciales plagas agrícolas y urbanas como los mosquitos. Contribuyen al flujo de nutrientes mediante la acumulación de guano en las cuevas.
Murciélago bigotudo mesoamericano	*Pteronotus mesoamericanus*	

Sin embargo, *Mormoops megalophylla* y *Pteronotus mesoamericanus* han utilizado de manera continua esta cueva como sitio de reproducción durante cuatro años consecutivos. En este refugio, ambas especies paren y crían a sus crías entre la última semana de abril y la primera de mayo. Durante este periodo reproductivo, estos murciélagos insectívoros dan lugar a un espectáculo único, pocas veces observado y documentado: las paredes de la cueva se tiñen de un tono rosado, producto de la presencia de miles de crías recién nacidas, aún sin pelaje.

La extrema vulnerabilidad de estos murciélagos en esta etapa de su ciclo de vida resalta la necesidad de generar conciencia sobre las múltiples amenazas asociadas al entorno urbano que los rodea. No obstante, pese a las condiciones adversas, ambas especies logran persistir, reproducirse y continuar desempeñando un papel fundamental en el mantenimiento de los servicios ecosistémicos dentro de la ciudad, como el control de plagas.



Cámara de maternidad de murciélago bigotudo mesoamericano (*Pteronotus mesoamericanus*) con crías en su primera semana de nacimiento en el Santuario Urbano de Murciélagos de la Universidad del Caribe, Quintana Roo, México.
Fotografía: Henry F. Dzul-Cauich.

La presencia de una cueva de maternidad dentro del entorno urbano de Cancún representa un hallazgo de alta relevancia para la conservación de quirópteros. La persistencia del uso del refugio durante cuatro años consecutivos sugiere condiciones microambientales óptimas y una marcada fidelidad al sitio, ya que los murciélagos regresan cada año al mismo refugio para parir y criar a sus crías. La urbanización inminente en la periferia de Cancún amenaza con modificar las condiciones del paisaje circundante, lo que podría comprometer la funcionalidad ecológica de esta cueva.



Hembra de murciélago bigotudo mesoamericano (*Pteronotus mesoamericanus*) en labor de parto en el Santuario Urbano de Murciélagos de la Universidad del Caribe, Quintana Roo, México.
Fotografía: Henry F. Dzul-Cauich.

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):47-49

Este hallazgo subraya la necesidad urgente de implementar medidas de conservación que garanticen la protección de este tipo de refugios dentro de zonas urbanas. La cueva de maternidad urbana representa no solo un valor biológico significativo, sino también una oportunidad para sensibilizar a la población sobre la importancia de los murciélagos en el equilibrio ecológico.



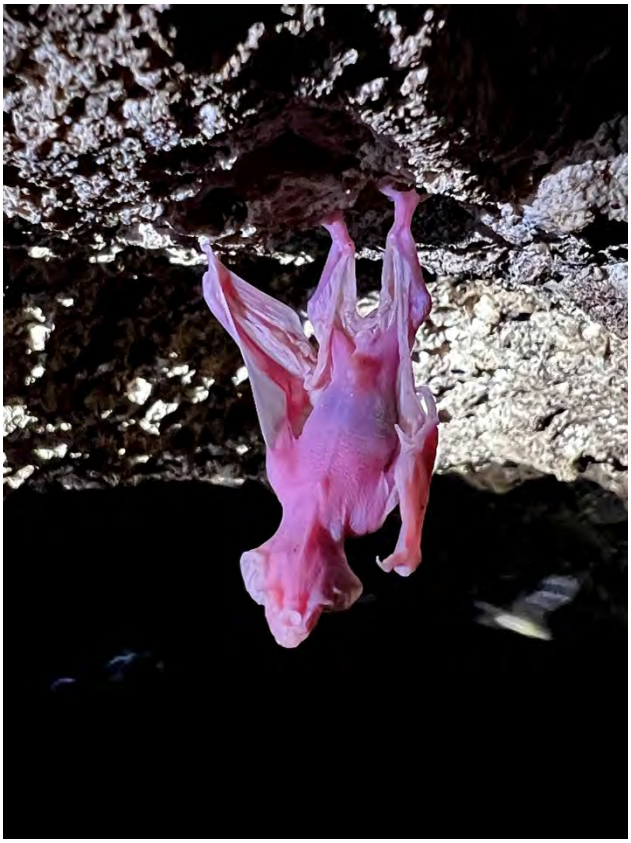
Cría recién parida de murciélago bigotudo mesoamericano (*Pteronotus mesoamericanus*) en el Santuario Urbano de Murciélagos de la Universidad del Caribe, Quintana Roo, México.
Fotografía: Henry F. Dzul-Cauich.

La conservación de esta cueva depende de acciones estratégicas que integren su reconocimiento legal, el monitoreo a largo plazo y programas de educación ambiental que reduzcan los prejuicios hacia los murciélagos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al equipo de estudiantes de servicio social por el apoyo logístico proporcionado en superficie durante las actividades de exploración de la cueva. Asimismo, agradecen al Departamento de Ciencias Básicas e Ingenierías de la Universidad del Caribe, Laboratorio de Ecología Terrestre del Cinvestav-Mérida y a Idea Wild por el financiamiento en materiales y equipo.

Sometido: 09/ene/2026.
Revisado: 19/ene/2026.
Aceptado: 20/ene/2026.
Publicado: 21/ene/2026.
Editor asociado: Dra. Alina Gabriela Monroy-Gamboa.



Cría de murciélago cara de fantasma (*Mormoops megalophylla*) en su primera semana de nacimiento en el Santuario Urbano de Murciélagos de la} Universidad del Caribe, Quintana Roo, México.
Fotografía: Henry F. Dzul-Cauich.

LITERATURA CONSULTADA

Aguirre, L. F., R. A. Medellín, y B. Rodríguez-Herrera. 2016. From threat to opportunity, strategies for bat conservation in the Neotropics. Pp. 140-153 *in* Tropical Conservation. Perspectives on Local and Global Priorities (Aguirre, A. A. y R. Sukumar, eds.). Oxford University Press. Oxford, United Kingdom, EE.UU.

Calderón-Maya, J. R., y M. E. Orozco-Hernández. 2009. Planeación y modelo urbano: el caso de Cancún, Quintana Roo. Quivera Revista de Estudios Territoriales 11:18-34.

De La Cruz, J., y A. Estrada-Peña. 1995. Four new species of *Antricola* ticks (Argasidae: Antricolinae) from bat guano in Cuba and Curaçao. Acarologia 36:277-286.

Furey, N. M., y P. A. Racey. 2016. Conservation ecology of cave bats. Pp. 463-500 *in* Bats in the Anthropocene: Conservation of bats in a changing world (Voigt, C. C. y T. Kinston, eds.). Springer. Chams, Switzerland, EE.UU.

Juberthie, C. 2000. The diversity of karstic and pseudokarstic hypogean habitats in the world. Pp. 17–29 *in* Ecosystems of the World 30. Subterranean Ecosystems. (Wilkens, H., D. C. Culver y W. F. Humphreys, eds.). Elsevier. Amsterdam, Netherlands.

Ladle, R. J., J. V. Firmino, A. C. Malhado, y A. Rodríguez-Durán. 2012. Unexplored diversity and conservation potential of Neotropical hot caves. Conservation Biology 26: 978-982.

Lokatis, S. y J. M. Jeschke. 2022. Urban biotic homogenization: Approaches and knowledge gaps. Ecological Applications 32:e2703.

Russo, D., y L. Ancillotto. 2015. Sensitivity of bats to urbanization: a review. Mammalian Biology 80:205-212.

San Pedro, M. A. 2022. Aspectos generales de la urbanización incontrolada y la creación de asentamientos irregulares en Cancún, México. Revista de Antropología y Sociología: Virajes 24:230-249.

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):50-52
DOI: 10.12933/therya_ixmana-26-804
ISSN 2954-3606

CAZADORAS MINIATURA CON ARMAS QUÍMICAS

Issac Camargo[1]* y Alina Gabriela Monroy-Gamboa[2]
[1]Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Occidente. Los Mochis, Sinaloa, México. issaccamargo@gmail.com
[2]Planeación Ambiental y Conservación. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. La Paz, Baja California Sur, México. beu_ribetzin@hotmail.com
*Autor de correspondencia

"Es una bestia voraz que aparenta ser gentil y dócil, pero al menor contacto te morderá profundamente con su veneno mortal, su mente cruel solo busca destruir" Topsell (1607) en "Historia de las bestias de cuatro patas y serpientes".

Las características biológicas inexploradas y misteriosas han desempeñado un papel clave en la historia de las culturas humanas, generando incertidumbre y temor hacia lo desconocido. Uno de estos temores es a las armas químicas. Desde una perspectiva zoológica, el veneno es un arma química que se define como una secreción elaborada por una glándula especializada de un animal, que es suministrada a otro organismo mediante una herida y que contiene moléculas capaces de alterar procesos fisiológicos, facilitando la alimentación o la defensa del animal que lo produce. Con el avance del conocimiento científico, esta definición se ha vuelto cada vez más específica y flexible, incorporando a animales que tradicionalmente no se consideraban venenosos, como pulgas, mosquitos y diversos arácnidos. Es posible que el miedo al veneno animal haya influido en la evolución del cerebro y de los órganos sensoriales de los primates, favoreciendo el desarrollo de mecanismos cognitivos para detectar amenazas y responder rápidamente a estímulos potencialmente peligrosos.

A través del tiempo, los sistemas de veneno han estado presentes en animales muy distintos entre sí, como los cnidarios que fueron los primeros animales en desarrollar veneno, incluyen a medusas, corales y anémonas. Otros animales venenosos son los moluscos como caracoles marinos y pulpos, anélidos; como gusanos y sanguijuelas, artrópodos; como insectos, arañas y alacranes, equinodermos; estrellas de mar; y vertebrados; peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos. En todos los casos, se producen sustancias que sirven como defensa o ataque (toxinas). Las toxinas surgieron a partir de proteínas comunes que originalmente cumplían funciones fisiológicas normales, como la digestión, la defensa inmune o regulación metabólica. Todas las toxinas pueden ser proteínas, pero no todas las proteínas son toxinas, su función no es nutrir, sino defender o competir. Posteriormente, estas moléculas se modificaron y sirvieron para inmovilizar presas o disuadir depredadores, lo que representa un claro ejemplo de evolución convergente, que se da cuando diferentes organismos modifican estructuras, en este caso las moléculas que conforman el veneno, para adaptarse a cambios en el ambiente. Un ejemplo de convergencia evolutiva son las alas, que son modificaciones estructurales de las extremidades delanteras como los brazos que sirven para volar (función), como en el caso de las aves y los murciélagos, los cuales aunque ambos grupos tienen alas para volar, su evolución tomó rutas diferentes (origen).

En el caso de los mamíferos, la presencia de veneno es particularmente poco común por lo que su estudio ha sido escaso. Solo cuatro órdenes presentan especies venenosas: Monotremata, Chiroptera, Primates y Eulipotyphla. En los monotremas, únicamente el ornitorrinco macho es venenoso. Sus glándulas venenosas se originaron a partir de glándulas sudoríparas. El veneno no mortal es inyectado por medio de un espolón ubicado en las extremidades traseras, y lo utiliza principalmente durante la época reproductiva al combatir con otros machos para acaparar hembras para aparearse. En los otros tres órdenes el veneno no se inyecta, sino que se encuentra en la saliva u otras secreciones bucales y se libera al morder. Dentro del orden Chiroptera se encuentran los murciélagos vampiro, quienes poseen en su saliva un anticoagulante llamado draculina que les ayuda a alimentarse de sangre, principalmente de animales domésticos como gallinas y vacas, no precisamente sangre humana. En los primates, están los loris perezosos del género *Nycticebus*, quienes, al lamer la secreción de una glándula ubicada en su codo, la mezclan con su saliva creando un veneno el cual transmiten al morder a su atacante.

En Eulipotyphla, los solenodontes también llamado almiquís, conservan rasgos similares a los de los primeros mamíferos y los asocia con la posible aparición del veneno hace 70 millones de años. El segundo incisivo de la mandíbula inferior tiene una ranura conectada a una glándula venenosa, por la cual el veneno fluye hacia la pieza dentaria; de esta peculiaridad proviene su nombre científico, *Solenodon*, que significa "diente acanalado". El veneno es tan potente que, durante enfrentamientos entre individuos, uno de ellos puede morir a causa de las mordeduras. Además, el topo europeo (*Talpa europaea*), y posiblemente otros tálpidos, produce toxinas en la saliva capaces de paralizar pequeños invertebrados.

Finalmente, las protagonistas de esta historia: las musarañas, pequeños mamíferos pertenecientes a la familia Soricidae. Durante siglos, a las musarañas se les ha atribuido una mala reputación. Desde la época antes de Cristo (a. C.), Aristóteles afirmaba que su mordedura era venenosa y peligrosa para el ganado, una creencia que persistió hasta la época moderna, atribuida a su supuesto veneno y su carácter agresivo. Posteriormente en 1607, Edward Topsell en su libro "Historia de las bestias de cuatro patas y serpientes", describía a la musaraña común como "bestia voraz" y propuso que sus ojos pequeños eran un castigo divino para limitar su maldad. También les atribuye unos "dientes afilados como de sierra, semejantes a los de las serpientes", estableciendo una asociación inmediata con animales peligrosos o incluso mortales.

Las musarañas son cazadoras agresivas que participan en feroces batallas nocturnas en casi todos los continentes. Lejos de representar un peligro para los humanos, suelen pasar desapercibidas debido a su diminuto tamaño: algunas especies pesan apenas 1.8 gramos. Esta característica las hace

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):50-52

particularmente difíciles de capturar con trampas tradicionales para mamíferos pequeños, lo que ha contribuido a que su biología permanezca poco estudiada.

El veneno en las musarañas surgió y se modificó a lo largo del tiempo, probablemente con un papel central en la alimentación. Fósiles de especies extintas, como *Beremendia fissidens*, sugieren que el veneno pudo haber servido para inmovilizar presas relativamente grandes. Sin embargo, la evidencia dental indica una dieta especializada en animales invertebrados duros como escarabajos y caracoles. En este contexto, el veneno habría funcionado principalmente para inmovilizar presas sin matarlas. En especies actuales, glándulas submaxilares permiten paralizar presas a través de surcos dentales permitiendo almacenarlas vivas para disminuir la necesidad de cazar constantemente y, por lo tanto, la exposición a posibles depredadores.

Las reconstrucciones de la evolución y dispersión de las especies indican que la presencia de veneno salival en las musarañas se ha modificado dos veces de manera independiente en al menos cinco linajes diferentes, siguiendo una trayectoria evolutiva similar a la de las serpientes. Los procesos implicados en la producción y administración del veneno no han sido estudiados a profundidad. Los mamíferos, incluyendo las musarañas, han desarrollado métodos rápidos para someter a sus presas mediante dientes y garras, en lugar de depender de la inyección de veneno, método que podría ser un proceso más lento. Por lo que se sugiere que esta estrategia se relaciona con su metabolismo elevado, la inanición puede ser letal tras pocas horas, en contraste con reptiles como las serpientes, que pueden pasar meses sin alimentarse. Además, la ausencia de extremidades en las serpientes pudo favorecer la evolución de venenos más potentes, capaces de inmovilizar a sus presas antes de su consumo.

La composición del veneno presente en la saliva de las musarañas es una compleja mezcla de sustancias químicas principalmente proteínas neurotóxicas, que afectan el sistema nervioso causando parálisis o muerte, y miotoxinas, que dañan el tejido muscular, provocando dolor e inflamación. Entre estas sustancias se encuentran la fosfolipasa A2 (PLA2) y toxinas neurofisiológicas como la soricidina. Al morder a sus presas, éstas quedan inmóviles y en un estado similar al coma, lo que facilita su manipulación y guardarla para su consumo posterior, pues solo toleran periodos muy cortos sin comida.



Musaraña norteña de cola corta (*Blarina brevicauda*) mostrando sus rojos y afilados dientes, registrada en Minnesota, Estados Unidos de América. Fotografía: Jeroen van der Kooij.

Uno de los casos más estudiados es el de la musaraña norteña de cola corta (*Blarina brevicauda*), distribuida desde el sur de Canadá hasta el centro de Estados Unidos de América. Esta especie es una cazadora extremadamente voraz, con una dieta basada principalmente en artrópodos, aunque también puede atacar vertebrados pequeños. Su veneno es capaz de paralizar salamandras, serpientes, aves, roedores e incluso liebres, presas que a menudo almacena vivas para consumirlas después. Se ha documentado que solo una musaraña norteña de cola corta llegó a acumular hasta 56 ranas en su refugio. Sorprendentemente, sus presas pueden permanecer inmóviles hasta por diez días, conservándose frescas sin descomponerse. La secreción venenosa se produce en las glándulas submaxilares y se canaliza hacia incisivos inferiores ranurados, que funcionan como un sistema eficiente de entrega.

Otra especie notable es la musaraña acuática (*Neomys fodiens*), distribuida en Europa y Asia. Adaptada a ambientes ribereños y humedales, presenta patas grandes y parcialmente palmeadas que les permiten nadar eficientemente al tener membranas entre sus dedos y funcionar como “aletas”, así como pelos rígidos en las extremidades que facilitan la natación. A diferencia de muchas musarañas terrestres, depende en gran medida del medio acuático para cazar insectos pequeños. Su veneno le permite inmovilizar presas bajo el agua y almacenarlas, una ventaja crucial en ecosistemas donde la disponibilidad de alimento varía marcadamente a lo largo del año. Se han caracterizado 313 proteínas en el extracto de glándulas venenosas de estas musarañas y, curiosamente, la fosfolipasa A2, común en venenos de serpientes elápidas; como especies de cobras, es neutóxico, es decir, afecta al sistema nervioso y vipéridos; como serpientes de cascabel, el veneno es hemotóxico (destruye tejidos) y miotóxico (afecta músculos), solo se ha identificado en el veneno de *Neomys fodiens* entre las musarañas de su género. Estudios de comportamiento no evidenciaron un efecto paralizante del veneno de la musaraña acuática en ranas, aunque la especie fue capaz de capturarlas y, en cambio las lombrices fueron paralizadas. Lo anterior sugiere que el veneno no es funcional para vertebrados grandes como se ha documentado previamente en la musaraña norteña de cola corta. En ambos géneros de musarañas venenosas *Blarina* y *Neomys*, los primeros incisivos inferiores agrandados funcionan como un aparato de entrega de veneno. Aunque no presentan canales cerrados, sus superficies dentales forman un surco funcional que permite la conducción del veneno hacia el cuerpo de la presa.



Musaraña acuática euroasiática (*Neomys fodiens*) en busca de alimento, registrada en Värmland, Suecia. Fotografía: Jeroen van der Kooij.

Estudios recientes confirmaron la presencia de veneno en la musaraña bicolor (*Sorex araneus*), uno de los mamíferos más comunes de Europa occidental, validando finalmente una sospecha planteada hace casi cuatro siglos en “Historia de las bestias de cuatro patas y serpientes”. Aquella afirmación, antes basada en observaciones y temores, hoy encuentra respaldo científico con 187 proteínas identificadas. La elevada presencia de proteínas asociadas a la respuesta

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):50-52

al estrés podría estar relacionada con su estilo de vida altamente demandante desde el punto de vista energético. Al tratarse de una musaraña de tamaño pequeño (65-85 mm), posee un metabolismo muy alto y requiere alimentarse con gran frecuencia, lo que implica capturar numerosas presas y mantener una actividad constante de masticación y digestión. Estas demandas fisiológicas explican que deba consumir hasta el 250 % de su peso corporal diariamente para sobrevivir.

En el extracto de las glándulas venenosas de la musaraña bicolor entre las toxinas principales se incluyen las β-defensinas, previamente identificadas en el veneno del ornitorrinco. Estos péptidos son altamente conservados a lo largo de la evolución y forman parte esencial de la respuesta inmune innata, defensa con la que nacen los organismos y actúa de inmediato como la primera protección frente a microbios que pueden causar enfermedades como bacterias y virus. Asimismo, se han identificado calicreínas (KLKs) y proteínas bactericidas encontradas en la saliva en los venenos de los solenodontes y de los murciélagos vampiro, lo que sugiere el reclutamiento convergente de componentes inmunes en distintos sistemas de veneno. El género *Sorex* es uno de los más diversos de mamíferos, con aproximadamente 89 especies, muchas de las cuales también podrían presentar sistemas de veneno.



Musaraña bicolor (*Sorex araneus*) alimentándose de una lombriz de tierra, registrada en Finnmark, Noruega.
Fotografía: Jeroen van der Kooij.

En Norteamérica, las musarañas desérticas del género *Notiosorex* representan un caso particularmente intrigante. Estudios de comportamiento en Baja California Sur, México, han demostrado que, pese a su pequeño tamaño (48-65 mm), pueden cazar presas más grandes que ellas, las cuales quedan paralizadas tras la primera mordida. Aunque aún no existe evidencia directa de que utilicen veneno como arma química, su posición en el árbol evolutivo sugiere que podrían conservar un "eco" del veneno presente en sus ancestros, principalmente por su estrecha relación evolutiva con las musarañas acuáticas.

La evolución del veneno en musarañas y reptiles puede compararse con usar las mismas piezas para construir herramientas químicas distintas. En ambos grupos, las "piezas" son proteínas de la saliva que, con el tiempo, fueron modificadas para funcionar como veneno. Aunque las serpientes y las musarañas siguieron caminos evolutivos diferentes, ambas pudieron partir de un sistema funcional primitivo básico en sus glándulas salivales. Así, las serpientes desarrollaron sistemas de veneno más variados y potentes, mientras que las musarañas mantuvieron versiones más simples, pero funcionales. Por lo que estudiar los mecanismos bioquímicos y evolutivos que sustentan la producción de veneno, así como la posible presencia en otras especies de musarañas representa un campo abierto para investigaciones. A medida que la investigación científica avanza, queda claro que estas cazadoras miniatura aún guardan muchos secretos bajo su dentadura afilada.



Musaraña de las Californias (*Notiosorex tataticuli*) en Baja California Sur, México.
Fotografía: Bill Levine.

Las musarañas son cazadoras fascinantes que desafían su tamaño y apariencia, provistas de municiones químicas para capturar y someter a presas que pueden ser mucho más grandes que ellas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a J. van der Kooij y B. Levine por su disposición y apoyo para facilitar las fotografías incluidas. A M. Escamilla, Z. Padilla, y dos revisores(as) anónimos(as) por los comentarios, correcciones y aportes para mejorar el manuscrito.

LITERATURA CONSULTADA

Camargo, I., y S. T. Álvarez-Castañeda. 2019. Analyses of predation behavior of the desert shrew *Notiosorex crawfordi*. Mammalia 83:276-280.

Cuenca-Bescós, G., y Rofes, J. 2007. First evidence of poisonous shrews with an envenomation apparatus. Naturwissenschaften 94:113-116.

Fitzpatrick, L., V. Nijman, R. Ligabue-Braun, y K. A. Nekaris. 2022. The fast and the furriest: investigating the rate of selection on mammalian toxins. Toxins 14:842.

Fry, B. G., et al. 2009. The toxicogenomic multiverse: convergent recruitment of proteins into animal venoms. Annual review of genomics and human genetics 10:483-511.

Kowalski, K., y L. Rychlik. 2021. Venom use in Eulipotyphlans: An evolutionary and ecological approach. Toxins 13:231.

Kowalski, K., P. Marciniak, K. A. Nekaris, y L. Rychlik. 2024. Proteins from shrews' venom glands play a role in gland functioning and venom production. Zoological Letters 10:12.

Michálek, O., G. King, y S. Pekár. 2024. Prey specificity of predatory venoms. Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society 99:2253-2273.

Schendel, V., L. D Rash, R, A, Jenner, y E. A. B., Undheim. 2019. The diversity of venom: the importance of behavior and venom system morphology in understanding its ecology and evolution. Toxins 11:666.

Topsell, E. 1607. The history of four-footed beasts and serpents. William laggard. Londres, Inglaterra.

Sometido: 10/ene/2026.
Revisado: 20/ene/2026.
Aceptado: 20/ene/2026.
Publicado: 21/ene/2026.
Editor asociado: Dr. Eduardo Felipe Aguilera-Miller.

DOI: 10.12933/therya_ixmana-26-788
ISSN 2954-3606

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):53-55

DÓNDE DUERMEN LOS MURCIÉLAGOS DEL ESTADO DE MÉXICO

Erika Mendez-Manzano y Cuauhtémoc Chávez*
Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma. Lerma de Villada, Estado de México, México. erikamem08@gmail.com (EM-M), j.chavez@correo.ler.uam.mx (CC)
*Autor de correspondencia

Los murciélagos son los únicos mamíferos que tienen la capacidad de volar. Pertenecen al orden Chiroptera (del griego *kheirós*, mano y *ptéron*, ala), es decir, mamíferos con la mano alada.

En el mundo existen aproximadamente 1,400 especies de murciélagos que habitan en casi todos los continentes, excepto en la Antártida. En México existen alrededor de 146 especies, distribuidas en 8 familias y 74 géneros, de las cuales 18 son endémicas, es decir, que solo se encuentran en nuestro país y 38 están en alguna categoría de riesgo de extinción de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Para el Estado de México se ha registrado la presencia de aproximadamente 50 especies.

Los murciélagos desempeñan un papel fundamental en el equilibrio ecológico de los ecosistemas, ya que cumplen diversos roles. Se ha documentado que controlan al menos 238 especies de insectos considerados plagas, como el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), que afecta cultivos de maíz, arroz, algodón, caña de azúcar, entre otros. Además, contribuyen a la dispersión de 471 especies de semillas, como la ciruela y el mango, y a la polinización de aproximadamente 1,000 especies de plantas, como la pitaya y el plátano. Un ejemplo muy mexicano es el murciélago magueyero o tequilero (*Leptonycteris yerbabuenae*), que poliniza la planta utilizada para la producción de tequila y mezcal, y cuyo principal refugio son las cuevas y minas abandonadas.

Un ejemplo transfronterizo, son los murciélagos de cola libre (*Tadarida brasiliensis*), que forman colonias de un millón de individuos y se mueven entre México y Estados Unidos de América. Se alimentan de insectos que pueden llegar a ser plagas para los cultivos de algodón y maíz, lo que representa un ahorro aproximado de $1.7 millones de dólares, ya que consumen alrededor de 8.4 toneladas de insectos por noche. Esto reduce el uso de pesticidas y los daños agrícolas. Por otro lado, el ver salir de las cuevas o minas abandonadas a cientos o miles de murciélagos, como ocurre en el "Volcán de los murciélagos" ubicado en Calakmul, Campeche o en Maviri, Sinaloa, se ha vuelto una actividad recreativa. Todo ello tiene un impacto significativo en la alimentación, la economía, el ambiente y la cultura.

Los murciélagos son animales nocturnos que pasan la mayor parte del día durmiendo o descansando en refugios seguros. Estos refugios pueden encontrarse en cuevas, alcantarillas, puentes, huecos de árboles, hojas de algunas plantas, construcciones y minas abandonadas, entre otros. Además, los murciélagos utilizan estos refugios para diferentes actividades, como el apareamiento, las guarderías, las interacciones sociales, la alimentación, el descanso y la hibernación. Por ejemplo, en las cuevas de Caidení (Isidro Fabela), Estado de México, el murciélago mula mexicano (*Corynorhinus mexicanus*) y el miotis mexicano (*Myotis velifer*), especies que se alimentan principalmente de insectos, se han encontrado hibernando.

En México se han registrado aproximadamente 60 especies de murciélagos (44 %) que utilizan cuevas de manera regular. De estas, al menos 36 especies (75 %) se encuentran en el Estado de México. De hecho, 11 de las 18 especies endémicas de México utilizan cuevas, minas y/o construcciones abandonadas, y 8 de estas especies se encuentran en el Estado de México (*Pteronotus mexicanus*, *Glossophaga morenoi*, *Musonycteris harrisoni*, *Artibeus hirsutus*, *Corynorhinus mexicanus*, *Chiroderma scopaeum*, *Rhogeessa parvula* y *Molossus sinaloae*), y potencialmente dos especies más (*Rhogeessa alleni* y *R. gracilis*).

Algunas publicaciones indican que, en el Estado de México, existen 17 cuevas y cerca de 199 minas subterráneas, de las cuales 94 están abandonadas y podrían servir potencialmente como refugios de murciélagos. Entre las cuevas exploradas y



Monitoreo de murciélagos en las Grutas de la Estrella, Estado de México, México.
Fotografía: Erika Mendez-Manzano.

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):53-55

mapeadas por los espeleólogos para el estado destacan: la Cueva de Brujos (Amecameca), la Cueva del Paso Oyamecalco (Coatepec de Harinas), la Cueva del Diablo (Valle de Bravo), las Grutas de la Estrella (Tonatico) y la Cueva de Tecampanotitla (Texcoco). Hasta el momento se han investigado 13 cuevas y tres minas, en las cuales se ha registrado la presencia de entre una y 14 especies de murciélagos. Las Grutas de la Estrella presentan la mayor riqueza, con 14 especies, seguida por la cueva de Peña Blanca o del Diablo, en Valle de Bravo con cuatro especies. La especie *Pteronotus mexicanus* se ha encontrado comúnmente en estos refugios.

Del 2020 a 2022 realizamos visitas mensuales a diferentes sitios de refugio de murciélagos en la parte sur del Estado de México. Uno de ellos fue las Grutas de la Estrella, un área protegida con la categoría de "Parque Estatal". En estás grutas se habían registrado 14 especies de murciélagos: 6 especies insectívoras, es decir, que se alimentan de insectos como moscas, polillas, escarabajos, hormigas, etc. (*Tadarida brasiliensis*, *Natalus mexicanus*, *Myotis thysanodes*, *Balantiopteryx plicata*, *Pteronotus mexicanus* y *Lasiurus cinereus*); tres especies polinizadoras (*Anoura geoffroyi*, *Leptonycteris yerbabuenae* y *Glossophaga morenoi*); cuatro especies frugívoras, es decir, que se alimenta de frutos y son dispersoras de semillas (*Sturnira hondurensis*, *Artibeus jamaicensis*, *A. intermedius* y *A. hirsutus*); y una especie hematófaga, es decir, que se alimenta de sangre de mamíferos silvestres (*Desmodus rotundus*).

En los muestreos realizados en Las Grutas de la Estrella, encontramos cuatro especies adicionales insectívoras: *Macrotus waterhousii* (previamente registrada en la Cueva del Coyote, Tonatico), *Myotis carteri*, *M. occultus* y *M. californicus.* Por ello, esta cueva debe de clasificarse como una cueva de importancia social, ambiental y económica en el sitio.

La mina "El Peñón" (Temascaltepec), fue otro de los sitios que monitoreamos frecuentemente. En este lugar registramos cinco especies que no se encuentran presentes todo el tiempo, por lo que su uso del refugio es temporal. Dos de las especies encontradas consumen néctar (nectarívoras) como *Choeroniscus godmani* y *Glossophaga leachii*, y otras tres consumen insectos (insectívoras) como *Micronycteris microtis*, *Myotis occultus* y *Natalus mexicanus*, esta última endémica de México.

Para el Estado de México son pocos los trabajos enfocados en la protección de los refugios de los murciélagos y no se cuenta con programas de educación ambiental permanentes, a pesar de que hay refugios con especies hibernantes, migratorias o endémicas. Además, existe una falta de regulación sobre el acceso a estos sitios, lo que ha perjudicado a los murciélagos, ya que en algunos casos se ha documentado evidencia de incendios provocados, fumigación, perturbación y destrucción de los refugios (por ejemplo, pirotecnia, aerosoles, realización de rituales), así como ataques directos a los murciélagos, como golpes, ruido, envenenamiento, por mencionar algunos. Por ello, la implementación de medidas de protección hacia los murciélagos y sus refugios es urgente e indispensable.

Dentro de las medidas que se pueden implementar se encuentra instalar rejas especiales u otras estructuras en las entradas de las cuevas o minas que permitan la entrada y salida de los murciélagos, pero impidan el acceso de los humanos. En otros casos, es necesario regular el uso de las cuevas para eventos sociales, ya que en algunos sitios se han realizado eventos de luz y sonido, lo que afecta el comportamiento y los periodos de actividad de los murciélagos. Asímismo, es fundamental desarrollar, en conjunto con las comunidades cercanas a los refugios, programas de educación ambiental que promuevan la divulgación de la importancia de estos seres vivos en su entorno. Esto puede complementarse con la instalación de señalética adecuada sobre la importancia de las especies que se encuentran en cada sitio, así como la evaluación de la capacidad de carga y de las actividades permitidas en los refugios, con el fin de generar programas de manejo de los refugios a diferentes escalas, desde el comunitario hasta el estatal.



Especies de murciélagos encontrados en las Grutas de la Estrella. A) Murciélago vampiro común (*Desmodus rotundus*) y B) Murciélago frugívoro de Jamaica (*Artibeus jamaicensis*).
Fotografías: Erika Mendez-Manzano.

Por eso al encontrarnos con los asombrosos murciélagos o cuando visitemos sus refugios, debemos recordar que no debemos manipularlos ni perturbarlos. Estos animales nos brindan múltiples beneficios y realizan un importante papel en el ecosistema, por lo que parte de nuestra sobrevivencia depende de ellos.

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):53-55

AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Investigadoras e Investigadores del COMECyT 2025, a la UAM-Lerma, a los estudiantes de servicio social que colaboraron en la revisión de muchos de los refugios y en los monitoreos M. Olvera Villavicencio, P. Reyna Flores y G. G. Pedraza Martínez.

LITERATURA CONSULTADA

Aguirre, L. F., L. Lens, y E. Matthysen. 2003. Patterns of roost use by bats in a neotropical savanna: Implications for conservation. Biological Conservation 111:435-443.

Amador, L. I., *et al*. 2018. Bat Systematics in the Light of Unconstrained Analyses of a Comprehensive Molecular Supermatrix. Journal of Mammalian Evolution 25:37-70.

Arita, H. T. 1993. Conservation Biology of the Cave Bats of Mexico. Journal of Mammalogy 74:693-702.

Avila, R. y R. Medellín. 2004. Ecological, taxonomic, and physiological correlates of cave use by mexican bats. Journal of Mammalogy 85:675-687.

Boero, L., K. Agostini, y A. Domingos-Melo. 2022. Polinización por murciélagos y su importancia. Pp. 73–80 *in* Ciencia ciudadana y polinizadores de América del Sur (Ghilardi-Lopes, N.P. y E. E. Zattara, eds.). Editora Cubo. São Carlos, Brasil.

Chávez, C., O. Monroy-Vilchis, y G. Ceballos. 2025. Mamíferos del Estado de México: Distribución y conservación. Pp. 177–204 *in* Riqueza y Conservación de los Mamíferos en México a Nivel Estatal. Vol. II. (Sosa-Escalante, J., et al., eds). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Asociación Mexicana de Mastozoología A. C. y Universidad de Guanajuato. Ciudad de México, México.

Cleveland, C. J., *et al*. 2006. Economic value of the pest control service provided by Brazilian free-tailed bats in south-central Texas. Frontiers in Ecology and the Environment 4:238-243.

Elliot, W. R. 2023. Index to Cave Maps of Mexico. Cave life. https://cavelife.info/maps/. Consultado el 06 de noviembre 2025.

Federico, P., *et al*. 2008. Brazilian free-tailed bats as insect pest regulators in transgenic and conventional cotton crops. Ecological Applications 18:826-837.

González-Ruíz, N., J. Navarro-Frías, y T. Álvarez. 2000. Notas sobre algunos nuevos registros de murciélagos del estado de México, México. Vertebrata Mexicana 9:1-6.

Jones, G., *et al.* 2009. Carpe noctem: The importance of bats as bioindicators. Endangered Species Research 8:93-115.

Kunz, T. H. 1982. Roosting Ecology of Bats. Pp. 1-55 *in* Ecology of Bats (Kunz, T. H., ed). Springer. Boston, EE.UU.

Kunz, T. H., *et al*. 2007. Ecological impacts of wind energy development on bats: Questions, research needs, and hypotheses. Frontiers in Ecology and the Environment 5:315-324.

Kunz, T. H., *et al.* 2011. Ecosystem services provided by bats. Annals of the New York Academy of Sciences 1223:1-38.

Mammal Diversity Database. 2025. Mammal Diversity Database Versión v2.3. https://www.mammaldiversity.org/. Consultado el 20 de octubre 2025.

Medellín, R. A., H. Arita, y O. Sánchez. 1997. Identificación de los Murciélagos de México. Clave de Campo. Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. Distrito Federal, México.

Medellín, R. A., y L. R. Víquez-R. 2014. Los murciélagos como bioindicadores de la perturbación ambiental. Pp. 521-539 *in* Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro ambiental (González, C., A. Vallarino, J. C. Pérez Jiménez y A. M. Low, eds.). El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). San Cristóbal de las Casas, México.

Patterson, B. D., C.W. Dick, y K. Dittmar. 2007. Roosting habits of bats affect their parasitism by bat flies (Diptera: Streblidae). Journal of Tropical Ecology 23:177-189.

Ramos-H., D., *et al*. 2024. Hibernacula of bats in Mexico, the southernmost records of hibernation in North America. Journal of Mammalogy 105:823-837.

Reddell, J. 1971. Preliminary bibliography of Mexican cave biology, with a checklist of published records. Association for Mexican Cave Studies 3:1-191.

Sánchez, O., J. Vargas, y W. López-Forment. 1999. Observations of Bats during a Total Solar Eclipse in Mexico. The Southwestern Association of Naturalists 44:112-115.

Sánchez-Cordero, V., *et al*. 2014. Biodiversidad de Chordata (Mammalia) en México. Revista Mexicana de Biodiversidad 85:496-504.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2019. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. 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. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 01 de agosto de 2019.

Simmons, N. B. 2005. An Eocene Big Bang for Bats. Science 307:527-528.

Tremlett, C. J., *et al*. 2020. Pollination by bats enhances both quality and yield of a major cash crop in Mexico. Journal of Applied Ecology 57:450-459.

Sometido: 01/dic/2025.
Revisado: 21/dic/2025.
Aceptado: 21/ene/2026.
Publicado: 22/ene/2026.
Editor asociado: Dra. Susette Castañeda-Rico.

DOI: 10.12933/therya_ixmana-26-805
Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):56-58 ISSN 2954-3606

MAMÍFEROS PEQUEÑOS: MUCHO TRABAJO, POCO PROTAGONISMO

Sandra H. Montero-Bagatella[1]* y Perla D. Ventura-Rojas[2]
[1]Colección Nacional de Mamíferos, Pabellón Nacional 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
[2]Red de Biología y Conservación de Vertebrados, Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz, México. venturarojas25@gmail.com
*Autor de correspondencia

Es común encontrarnos en distintos entornos con pequeños mamíferos como ratones, ardillas o conejos. Aunque pueden pasar desapercibidos por su tamaño, son organismos que desempeñan funciones ecológicas esenciales.

Pequeños en tamaño, pero extraordinariamente diversos, los mamíferos pequeños representan cerca del 90 % de las especies de mamíferos del planeta. Reciben esta denominación debido a que la mayoría de ellos miden menos de 30 cm de longitud y pesan menos de 5 kg. Su reducido tamaño les permite ocupar microhábitats con temperaturas y niveles de humedad más favorables que las condiciones ambientales externas. Además, muchas especies presentan hábitos nocturnos o crepusculares, lo que disminuye el riesgo de depredación. Así como la mayoría de estos organismos tienen ciclos de vida cortos y una alta fecundidad, por lo que tienen una elevada tasa reproductiva.

A pesar de su tamaño, desempeñan un papel esencial en el funcionamiento de los ecosistemas que habitan. Muchos de ellos constituyen una importante fuente de proteína, es decir forman parte de la dieta de otros mamíferos de mayor talla como gato montés, tigrillos, coyotes, entre otros; así como de peces, anfibios, reptiles y aves de presa. Además, promueven importantes procesos ecológicos como la polinización, la dispersión de semillas y esporas; así como pueden llegar a consumir importantes cantidades de insectos. Por otro lado, existen numerosas especies de mamíferos pequeños con actividades excavatorias que facilitan los procesos del ciclo de nutrientes, aireación e infiltración de agua al suelo, lo que beneficia a diversas especies vegetales.



Murciélago orejudo (*Corynorhinus townsendii*) en Tecate, Baja California, México.
Fotografía: M. Á. León-Tapia.

Usualmente se consideran mamíferos pequeños a varios grupos (órdenes), los cuales presentan características propias. Entre ellos se encuentran los roedores, que poseen incisivos superiores e inferiores que crecen de forma continua a lo largo de toda su vida; los lagomorfos, que incluyen a conejos, liebres y picas, los cuales presentan dos pares de incisivos superiores y una cola corta. También se encuentran los murciélagos, que se distinguen por ser los únicos mamíferos capaces de volar. Finalmente, los eulipotiflos agrupan a musarañas, topos, erizos y solenodontes; los cuales se caracterizan por una dieta basada en invertebrados, por lo que también se les conoce como insectívoros. Para lograr masticar este tipo de presas, cuentan con una hilera continua de dientes con cúspides afiladas como agujas. Dentro de los eulipotiflos, se encuentra uno de los mamíferos más pequeños del mundo: la musaraña etrusca (*Suncus etruscus*), quien es habitante de las regiones del Mediterráneo, pesa menos de 4 gramos y mide alrededor de 4 cm de longitud corporal sin contar su cola.



Liebre cola negra (*Lepus californicus*) en la Reserva de la Biósfera de Mapimí, Durango, México.
Fotografía: R. Cervantes-Huerta.

La notable diversidad de los mamíferos pequeños es el resultado de varios procesos evolutivos que han ocurrido a lo largo de millones de años. Muchos de los grupos actuales se originaron a partir de linajes ancestrales que se diversificaron en el Cretácico tras la extinción de los dinosaurios, cuando al quedar disponibles nuevos nichos ecológicos, fueron aprovechados por estos organismos. En este contexto,

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):56-58

distintos linajes desarrollaron de manera independiente rasgos similares asociados al uso de recursos, como ocurrió con los multituberculados extintos y los roedores modernos. Durante la historia evolutiva se ha observado que la velocidad y el momento de diversificación han sido diferentes entre los mamíferos pequeños. En los roedores, el proceso de radiación evolutiva ha sido relativamente rápido; por ejemplo, para el género *Ctenomys* la diversificación ocurrió en los últimos tres millones de años, mientras que para el género *Peromyscus* inició aproximadamente hace ocho millones de años. Por su parte, existen linajes con gran antigüedad y baja diversidad, como el solenodonte dominicano (*Solenodon paradoxus*), considerado verdadero "fósil viviente".



Ratón de Baja California (Peromyscus eva) en Los Barriles, Baja California Sur, México. Fotografía: M. Á. León-Tapia.

Los mamíferos pequeños desarrollaron numerosas adaptaciones fisiológicas, morfológicas y conductuales que les permiten vivir en casi todas las regiones del mundo y por lo tanto, en una amplia variedad de ambientes, desde los desiertos hasta los bosques templados y las selvas húmedas. En México existe una gran diversidad de mamíferos pequeños, particularmente de roedores, con 240 especies de las cuales 120 son endémicas; entre ellas se encuentran tuzas (*Pappogeomys* spp.), ardillas (*Xerospermophilus* spp.; *Cynomys* spp.), ratas canguro (*Dipodomys* spp.), ratones chapulineros (*Onychomys* spp.) ratones de campo (*Peromyscus* spp.; *Reithrodontomys* spp.) y ratas (*Neotoma* spp.; *Xenomys nelsoni*). Los murciélagos también sobresalen por su diversidad, con 140 especies (18 endémicas) entre las que destacan los murciélagos magueyeros (*Leptonycteris* spp.) y el falso vampiro (*Vampyrum spectrum*). Mientras que de eulipotiflos se tienen registradas 36 especies de musarañas que se agrupan en los géneros *Cryptotis*, *Sorex*, *Megasorex* y *Notiosorex*, de las que 26 son endémicas; así como tres especies de topos (*Scalopus aquaticus*, *S. anthonyi* y *S. latimanus*).

Ante esta amplia diversidad, 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 a México como región prioritaria para la conservación. Entre las áreas de mayor relevancia destacan las zonas áridas de Durango, las semiáridas de Tehuacán-Cuicatlán, junto con los bosques y selvas de la Sierra Madre Oriental, la Occidental y la Sierra Madre del Sur. No obstante, algunas investigaciones señalan que las áreas del país destinadas para la conservación, no protegen adecuadamente a la mayoría de especies de los mamíferos pequeños. Esto se debe, en gran medida, a que la conservación de mamíferos se ha concentrado en especies de mayor talla (megafauna) como venados, grandes felinos como el puma y jaguar, así como primates como el mono araña y el saraguato. Muchas de estas especies usualmente son consideradas como "carismáticas",



Musaraña coluda oaxaqueña (*Sorex ventralis*) en Santa Inés del Monte, Oaxaca, México. Fotografía: M. Á. León-Tapia.

ya que los humanos las perciben como animales atractivos y no perjudiciales. Pese a que muchas de estas especies también enfrentan problemas de conservación, existe una marcada brecha de conocimiento entre la biología y ecología de la megafauna y la de los mamíferos pequeños, los cuales han sido estudiados en menor medida.

Es frecuente que exista una percepción errónea de la mayoría de los mamíferos pequeños debido a la difusión de información inadecuada sobre ellos, al considerarlos como perjudiciales e indeseables; como consecuencia, es común que se busque su erradicación. Si bien, existen especies invasoras, como las ratas (*Rattus norvegicus*) que han llegado a convertirse en plagas y a causar severos daños a los cultivos y a la fauna doméstica, numerosas especies silvestres aportan importantes beneficios a los ecosistemas. Por ello, muchos mamíferos pequeños son considerados como especies clave y/o ingenieros de los ecosistemas, ya que sus actividades favorecen la presencia y el desarrollo de otras especies. El perrito de las praderas (*Cynomys ludovicianus*), es ejemplo emblemático, mediante sus actividades fosoriales promueven el crecimiento de los pastizales, principal alimento del bisonte (*Bison bison*); además, es la presa principal de otros mamíferos como comadrejas, tlalcoyotes, y aves rapaces. No obstante, durante décadas pasadas existieron fuertes campañas de erradicación de perritos de las praderas, que junto con la fragmentación de su hábitat, provocaron la desaparición de sus grandes colonias. Esto desencadenó la pérdida de funciones ecológicas, así como la disminución de las poblaciones de sus depredadores, lo cual evidencía las cascadas de efectos negativos que puede generar la eliminación de un mamífero pequeño y que llegan a alcanzar a la megafauna.

Por otro lado, existen numerosas especies de mamíferos pequeños de las que aún se carece información sobre su historia natural, distribución y ecología, incluso antes de que enfrenten problemas de conservación. Esto ha sido resultado de la falta de interés por parte de la comunidad científica, que ha preferido estudiar a otros grupos de mamíferos, así como a las dificultades inherentes para la realización de estas investigaciones, ya sea por las inaccesibles áreas de distribución o bien, por los inadecuados métodos de captura. Tal es el caso del poco explorado grupo de las musarañas, que, a pesar de que en la última década se han realizado algunos estudios en los que se intensificaron los esfuerzos de muestreo y se aplicaron nuevas técnicas de trampeo, no se ha logrado su captura, por lo que algunas especies se consideran como extirpadas o incluso extintas como es el caso de la musaraña de San Cristóbal (*Sorex stizodon*). Por el contrario, otros organismos como la musaraña (*Cryptotis nelsoni*) o la rata canguro (*Dipodomys gravipes*) han sido redescubiertos.

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):56-58

Ante este panorama, resultan apremiantes las investigaciones enfocadas en los mamíferos pequeños, más aún cuando las especies están siendo sometidas a continuas presiones como el cambio climático o por las actividades antrópicas, a las que son más sensibles las especies endémicas.

Aunque distintas instituciones tanto nacionales como internacionales tienen bajo protección a algunas de estas especies, siguen siendo necesarios los estudios acerca de los mamíferos pequeños, más aún cuando proveen tantos beneficios a los ecosistemas que habitan, incluidas las especies de mayor talla. Asimismo, son fundamentales las actividades de divulgación que promuevan información clara y veraz que contribuya a modificar la percepción errónea que se tiene sobre estos organismos. La suma de estas acciones puede convertirse en herramientas poderosas para promover su conservación y la de los hábitats que sostienen.

Comprender el papel de los mamíferos pequeños es clave para entender el funcionamiento de los ecosistemas. A través de su estudio y protección, obtenemos claves esenciales para la conservación de la biodiversidad del planeta.

AGRADECIMIENTOS

SHM-B agradece a Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación del Gobierno de México por la beca posdoctoral otorgada. Agradecemos a M. Á. León-Tapia por la revisión a este escrito y por las fotografías proporcionadas, así como a R. Cervantes-Huerta por su fotografía.

LITERATURA CONSULTADA

Cervantes, F. A., y C. B. Barrera. 2012. Estudios sobre la biología de roedores silvestres mexicanos. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.

Guevara, L., F. A. Cervantes, y V. Sánchez-Cordero. 2015. Riqueza, distribución y conservación de los topos y las musarañas (Mammalia, Eulipotyphla) de México. Therya 6:43-68.

IUCN Small Mammal Specialist Group. www.small-mammals.org. Consultado el 25 de diciembre de 2025.

Merritt, J. F. 2010. The biology of small mammals. Johns Hopkins University. Maryland, EE. UU.

Montero-Bagatella, S. H., y F. A. Cervantes. 2024. Los roedores: animales fantásticos y dónde encontrarlos. Revista Digital Universitaria 25.



Ardilla endémica de Perote (*Xerospermophilus perotensis*) desplegando comportamientos de alerta para sus congéneres, ante la presencia de una serpiente de cascabel (*Crotalus scutulatus*). Fotografía S. H. Montero-Bagatella.

Sometido: 13/ene/2026.
Revisado: 18/ene/2026.
Aceptado: 22/ene/2026.
Publicado: 23/ene/2026.
Editor asociado: Dra. Alina Gabriela Monroy-Gamboa.

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):59-60
DOI: 10.12933/therya_ixmana-26-802
ISSN 2954-3606

CLIMA, EVOLUCIÓN Y FUTURO DE LOS CARNÍVOROS MEXICANOS

Carlos Luna-Aranguré* y Julián A. Velasco
Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, Ciudad de México, México.
carlos.luna@pincc.unam.mx (CL-A), javelasco@atmosfera.unam.mx (JA-V).
*Autor de correspondencia

¿Cómo podemos saber si un oso, un lobo o una nutria podrán sobrevivir al cambio climático? Distintos estudios científicos han encontrado pistas fascinantes en el pasado profundo de estas especies.

Imagina que cada especie tiene un antiguo diario de viaje donde, generación tras generación, han anotado el clima de todos los lugares que han habitado. Hoy, un conjunto diverso de métodos científicos nos permite leer fragmentos de esas páginas evolutivas para reconstruir las rutas climáticas que siguieron y anticipar los desafíos que podrían enfrentar en el futuro. En décadas recientes, se ha vuelto evidente la importancia de abrir y examinar con cuidado este diario climático de un grupo muy particular de mamíferos.

México es un país privilegiado cuando hablamos de mamíferos. Ocupa el tercer lugar mundial en diversidad, con 564 especies, de las cuales 33 son carnívoros terrestres. Entre ellos encontramos el jaguar (*Panthera onca*), el coyote (*Canis latrans*), el cacomixtle (*Bassariscus astutus*), la nutria (*Lontra annectens*), los zorrillos (*Mephitis macroura*) y los mapaches (*Procyon lotor*). Estos animales son mucho más que habitantes del bosque o la selva; son reguladores esenciales de sus hábitats y, al cazar, controlan las poblaciones de otros animales, dispersan semillas y mantienen el equilibrio de ecosistemas completos. Podríamos decir que su bienestar es como un termómetro de la salud de los lugares en los que habitan.

Uno de los problemas que enfrentamos actualmente es el cambio climático global, un fenómeno documentado científicamente que altera los patrones de temperatura y lluvia en todo el planeta a una velocidad sin precedentes. Para las especies, esto significa que sus "condiciones climáticas perfectas", aquella combinación de condiciones a la que están adaptadas y en la que han vivido por miles o millones de años, puede cambiar o desaparecer. ¿Pero entonces cómo predecir cuáles especies son las más vulnerables? La respuesta podría estar escrita en su historia evolutiva.

Para descubrir la historia evolutiva de una especie, es posible utilizar una estrategia que combina tres fuentes de información. Primero, el árbol genealógico de la vida de los carnívoros, es decir, una representación gráfica de cómo están emparentadas las especies y cuándo se separaron sus descendientes. Segundo, miles de registros de dónde viven actualmente, recopilados por ciencia ciudadana y colecciones científicas. Tercero, mapas climáticos detallados del presente y proyecciones para el futuro. Con herramientas de computación especializadas, es posible "viajar en el tiempo" por ese árbol genealógico y estimar el clima que probablemente prefirieron los ancestros de cada especie. A este viaje se le llama trayectoria filoclimática: la huella direccional que deja un linaje a medida que se mueve en el espacio del clima a lo largo de su evolución.

Podemos imaginar este "espacio climático" como un mapa donde un eje representa la temperatura y otro la humedad. Cada especie de carnívoro ocupa una región en este mapa según el clima que prefiere hoy, y sus trayectorias históricas desde un ancestro común pueden visualizarse como caminos que serpentean a través de estos climas.

Pensemos en una analogía: dos primos lejanos, el oso negro americano (*Ursus americanus*) y la martucha o kinkajú (*Potos flavus*), comparten un ancestro común que vivió hace millones de años. Desde entonces, el linaje del oso tomó un camino hacia climas cada vez más fríos y templados, especializándose en los bosques de montaña. En cambio, el linaje de la martucha se dirigió hacia climas más cálidos y húmedos, adaptándose a la vida en las selvas, revelando dos trayectorias climáticas distintas para ambas especies. El análisis de estas trayectorias para los carnívoros de México revela un patrón crucial: algunas especies han sido "especialistas climáticos" durante decenas de millones de años, mientras que otras han mostrado más flexibilidad.

Los resultados de analizar los diferentes caminos climáticos sugieren que especies como el oso negro americano, el lobo gris (*Canis lupus*) y la nutria de río poseen trayectorias largas y muy específicas. Esto indica que, a lo largo de millones de años, estos linajes han logrado ajustarse gradualmente a cambios climáticos naturales, dependiendo durante largos periodos de condiciones muy particulares: frío y humedad para el oso, ciertos regímenes estacionales para el lobo, y elevadas condiciones de calor y humedad para la nutria. El principal riesgo actual no radica únicamente en el cambio climático en sí, sino en la velocidad sin precedentes a la que ocurre y en la reducción acelerada de ambientes adecuados, muchas veces asociada a actividades humanas, lo que podría alterar o hacer desaparecer estos climas en amplias regiones, dejando a las especies con un margen cada vez menor para encontrar refugios ambientales y adaptarse.

Otras especies identificadas con alta vulnerabilidad incluyen a la martucha, un ágil mamífero arborícola de las selvas; la tayra o cabeza de viejo (*Eira barbara*), un mustélido de amplia distribución, pero con preferencias muy marcadas; el margay (*Leopardus wiedii*), un pequeño felino manchado; y el grisón (*Galictis vittata*), un carnívoro alargado y audaz. En común, todas muestran que sus preferencias climáticas en la actualidad se encuentran más cerca de los límites disponibles

Therya *ixmana*, 2026, Vol. 5(1):59-60

en los ecosistemas de México que el resto de los carnívoros, según el análisis de su marginalidad de nicho. Este análisis es una medida que indica cuán cerca del borde de su clima confortable vive una especie, haciéndola más sensible a cualquier cambio que suceda en este.

Este conocimiento no es un veredicto de extinción local, pero sí una poderosa herramienta de prevención. Entender qué especies y linajes son más sensibles históricamente al clima nos permite tomar decisiones de conservación más inteligentes y anticipadas. Podemos priorizar y fortalecer la protección de los bosques templados y de niebla para el oso negro, asegurar la conectividad de los corredores riparios para la nutria en regiones clave, y conservar grandes extensiones de selva para el margay y la martucha.

Sin embargo, en un país megadiverso como México, donde convergen historias evolutivas que se han tejido a lo largo de millones de años bajo condiciones climáticas cambiantes, proteger a los carnívoros terrestres significa salvaguardar mucho más que especies aisladas: implica conservar linajes completos y las funciones ecológicas que sostienen el equilibrio de los ecosistemas. El cambio climático plantea un escenario de desafíos sin precedentes, pero también ofrece la oportunidad de actuar con base en el conocimiento científico, y reconocer qué linajes evolutivos son más vulnerables para tomar hoy decisiones informadas que aseguren que este legado natural continúe formando parte del paisaje biológico de México.

Mirar al pasado se convierte así en una brújula indispensable para entender cómo el clima escribió su historia y para anticipar su incierto futuro.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue posible gracias al financiamiento proporcionado por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) a través de la beca posdoctoral nacional con número de registro CVU 508602 en la Convocatoria de Estancias Posdoctorales por México EPM 2024.

LITERATURA CONSULTADA

Broennimann, O., *et al*. 2021. Distance to native climatic niche margins explains establishment success of alien mammals. Nature Communications 12:2353.

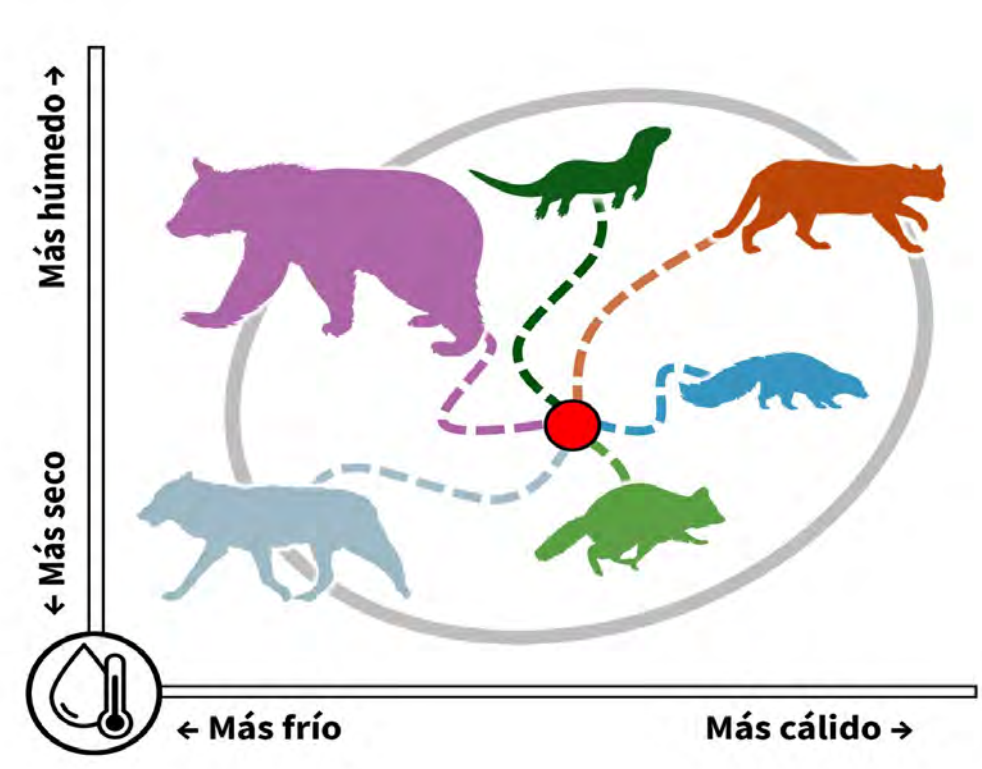
Estrada Porrúa, F., J. Zavala Hidalgo, y M. A. Martínez Arroyo (coords.). 2023. Estado y perspectivas del Cambio Climático en México: un punto de partida. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.

GBIF.org. 2023. Global Biodiversity Information Facility. En: GBIF 2023. Global Biodiversity Information Facility. www.gbif.org. Consultado el 4 de abril 2025.

Karger, D. N., *et al*. 2017. Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. Scientific Data 4:170122.

Revell, L. J. 2012. phytools: an R package for phylogenetic comparative biology (and other things). Methods in Ecology and Evolution 3:217-223.

Slater, G. J., y A. R. Friscia. 2019. Hierarchy in adaptive radiation: a case study using the Carnivora (Mammalia). Evolution 73:524-539.



Representación esquemática del espacio filoclimático de los carnívoros de México. Los ejes representan las condiciones climáticas (temperatura y precipitación). Los íconos de seis especies de diferentes familias (lobo gris representando a los cánidos, oso negro americano a los úrsidos, nutria de río a los mustélidos, margay a los félidos, zorrillo a los mefítidos, y mapache a los prociónidos al igual que la martucha) muestran su posición climática actual. Las líneas punteadas los conectan a un punto de origen común, ilustrando el concepto de trayectorias evolutivas dentro de este espacio. La elipse gris representa el rango de condiciones climáticas actuales en México. Íconos adaptados de Freepik. Figura: Carlos Luna-Aranguré.

Sometido: 06/ene/2026.
Revisado: 22/ene/2026.
Aceptado: 27/ene/2026.
Publicado: 28/ene/2026.
Editor asociado: Dra. Leticia Cab-Sulub.