

Therya

ixmana

ISSN 2954-3606

Volumen 2 Número 3

Septiembre 2023



AMMAC

www.mastozoologiamexicana.com

AMMAC

En la portada:

Centurio senex comúnmente llamado murciélago cara de viejo o de cara arrugada Es una especie única de su género, tiene una amplia distribución, desde México hasta Venezuela, vive en diferentes ambientes, desde los xéricos hasta los templados. Este murciélago pertenece a la Familia Phyllostomidae y se alimenta de frutos. Fotografía: Erick Rodrigo Ocaña Díaz.

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 decimoprimeros en la cosmogonía mexicana. "Ozomatli" es una representación pictórica de los mono arañas (*Ateles geoffroyi*). La especie de primate de más amplia distribución en México. " Es habitante de los bosques, sobre todo de los que están por donde sale el sol en Anáhuac. Tiene el dorso pequeño, es barrigudo y su cola, que a veces se enrosca, es larga. Sus manos y sus pies parecen de hombre; también sus uñas. Los Ozomatin gritan y silban y hacen visajes a la gente. Arrojan piedras y palos. Su cara es casi como la de una persona, pero tienen mucho pelo."

Editora en Jefe

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

Editora Asistente

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

Consejo Editorial

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

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

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

Editores Asociados

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

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

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

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

Dra. Cintia Natalia Martín Regalado. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Oaxaca, México.

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

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

Therya *ixmana* volumen 2, número 1, enero-abril 2023. Es una publicación digital cuatrimestral editada por la Asociación Mexicana de Mastozoología A. C. Hacienda Vista Hermosa 107, Colonia Villa Quietud, Coyoacán. 04960. Ciudad de México, México. www.mastozoologiamexicana.com. Editora responsable: Dra. Alina Gabriela Monroy Gamboa (therya.ixmana@gmail.com). Reservas de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2022-021512274000-102. ISSN 2954-3606. Responsable de la última actualización de este número, Unidad de informática de la Asociación Mexicana de Mastozoología A. C. Dra. Alina Gabriela Monroy Gamboa, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. Instituto Politécnico Nacional 185. La Paz, Baja California Sur, México, 23096. Fecha de la última actualización: 23 de julio 2022.

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

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



Therya

ixmana

CONTENIDO

73-74

**ENTRE CENIZAS:
LA MUSARAÑA DEL
VOLCÁN POPOCATÉPETL**

Lázaro Guevara y
Stephanye Mata-González

75-77

**BIOINDICADORES Y
MURCIÉLAGOS: LAS
BATISEÑALES DE LA
NATURALEZA**

Ricardo Sánchez Pérez,
Manuel Aranda-Coello y
Oscar Rico Chávez

78-80

**HACE FRÍO Y ESTOY
LEJOS DE CASA**

Marcial Alejandro
Rojo-Cruz y Luis Ignacio
Iñiguez-Dávalos

81-83

**COLECCIONES
BIOLÓGICAS,
UN VALIOSO
RECURSO PARA LA
MASTOZOLOGÍA**

Hendrick Cabrera-
del Sol y Fernando A.
Cervantes

84-86

**YO MEJOR ME QUEDO
EN CASA**

Eduardo Felipe Aguilera-
Miller

87-89

**¿VECINOS
INCOMODOS?
MUERCIÉLAGOS
ARTROPODÓFAGOS
NUESTROS VECINOS
VIGILANTES**

Rosa María Gómez-
Ugalde y Rosa María
Martínez-Gómez

90-91

**EL ÚLTIMO VUELO DEL
MYOTIS**

Sergio Ticul Álvarez-
Castañeda

92-94

**CAFETALES: UN HOGAR
ALTERNATIVO PARA LOS
MURCIÉLAGOS**

Nohema A. López-Flores,
Jorge E. Morales-Mávil
y Edgar Ahmed Bello-
Sánchez

95-96

**¿CÓMO CONSIGO
PAREJA SI NO SE
QUEDA QUIETA?**

Ricardo J. Ortíz-Zárate

97-98

DIENTES QUE HABLAN

Issac Camargo

99-101

**¿CIERVOS O
RATONES? CONOCE
A LOS PECULIARES
TRAGÚLIDOS**

Hendrick Cabrera-del Sol y
Fernando A. Cervantes

102-104

**TLACUACHES Y
HEPATOZOOM, ¿QUÉ
HAY CON ESTA
RELACIÓN?**

Alix Fernanda Rivera
Sánchez y Antonio Acini
Vásquez-Aguilar

105-107

**¡ESPERA!...¿UN
TLACUACHE "MUERTO"
EN XOCHIMILCO?**

Luis Dayvi García-González,
Angélica Antonio Trinidad
y Víctor Manuel Macedonio
Sánchez

108-110

**¡SANTOS
VENTILADORES,
BATMAN!:
ENERGÍA EÓLICA Y
MURCIÉLAGOS**

Izchel Vargas-Jiménez,
Alejandro Flores-
Manzanero y Yessica Rico

111-112

**¡VIVA MÉXICO! ¡VIVAN
SUS MAMÍFEROS!**

Leticia Cab-Sulub y Luis
Daniel Moreno-Figueroa

113-115

**DEPREDADORES EN LA
CIUDAD**

Rafael O. Sánchez-Vidal

116-119

**EL SURGIMIENTO DE
LOS MAMÍFEROS DEL
DESIERTO SONORENSE**

José Ángel Ortega-
Borchardt, Isai David
Barba-Acuña y Juan Pablo
Gallo-Reynoso

120-121

**LAS HUELLAS COMO
HERRAMIENTA PARA LA
EDUCACIÓN AMBIENTAL**

Gabriela Méndez-Saint
Martin, Yulisenia Lourdes
Díaz-Ruiz y Jorge Francisco
Cores-García

ENTRE CENIZAS: LA MUSARAÑA DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL

Lázaro Guevara^{1*} y Stephanye Mata-González²

¹Departamento de Zoología, Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Coyoacán, Ciudad de México, México. llg@ib.unam.mx

²Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Coyoacán, Ciudad de México, México. matags_bio@ciencias.unam.mx

*Autor de correspondencia

El Popocatepetl es uno de los volcanes más activos y peligrosos de México. No solamente los humanos somos testigos de su creciente actividad volcánica, sino también la fauna que habita a su alrededor, tal como el caso de la musaraña del Popocatepetl, uno de los mamíferos más pequeños de nuestro país.

En el centro de México se encuentra uno de los volcanes más elevados y activos del país, el Popocatepetl – del náhuatl que significa "montaña que humea". En su periferia habitan cerca de 25 millones de personas, lo que la convierte en la zona más poblada de México; y por ello este volcán se considera altamente peligroso. Aunque este volcán ha estado activo desde su formación hace más de medio millón de años, su actividad volcánica incrementó a partir del año 1994 y no ha cesado hasta la fecha.

Desde el mes de mayo de 2023, el Popocatepetl ha presentado explosiones moderadas y emisiones de fragmentos incandescentes cada vez más frecuentes, lo que ha despertado el asombro, interés y hasta el miedo de los pobladores más cercanos. Sus cenizas han cubierto decenas de poblaciones en el estado de Puebla y en los estados de México, Tlaxcala

y hasta Veracruz. Don Goyo, como se le conoce de cariño al Popocatepetl, está más despierto que nunca.

Además de humanos, otro habitante de los alrededores de este majestuoso volcán es una especie perteneciente a un grupo que es pariente lejano de nuestra especie: "la musaraña del Popocatepetl", *Cryptotis alticola*. Su nombre específico hace referencia a que el primer ejemplar conocido de esta especie se encontró en una zona boscosa muy alta del volcán Popocatepetl, cerca de los 3,500 metros sobre el nivel del mar.

Para conocer mejor a este mamífero, primero debemos viajar un poco al pasado, al mes de febrero de 1893. En aquél entonces, los exploradores y naturalistas estadounidenses Edward W. Nelson y Edward A. Goldman recorrieron los poblados de Tetela del Volcán y Amecameca de Juárez, buscando la mejor opción para llegar hasta el cráter del volcán Popocatepetl. Su intención era ir obteniendo especímenes de mamíferos y otros vertebrados que sirvieran para documentar la biodiversidad que existía en México. Así que, después de algunos días de permanecer en la zona, ambos ascendieron con ayuda de caballos por la cara norte del volcán.

Nelson y Goldman acamparon durante algunas noches al abrigo de un pequeño acantilado que los protegía del frío y el viento. Goldman escribió en su diario de campo que el frío era tan intenso que no se sorprendió al ver que su termómetro



El volcán Popocatepetl durante la expedición de Nelson y Goldman a finales del siglo XIX. Fotografía: Smithsonian Institution, imagen SIA-SIA2011-1890; https://siarchives.si.edu/collections/siris_arc_217520.

marcaba -20°C. También, destacó que no observaba signos de actividad volcánica en la montaña. Tanto Nelson como Goldman relataron en sus diarios que al descender del volcán tuvieron que tomar un descanso en Amecameca pues estaban sufriendo los estragos de la ceguera de la nieve, un trastorno doloroso que es causado por el brillo de la luz reflejado por grandes extensiones de nieve. Para aliviar la inflamación que esta había provocado en sus ojos recurrieron al uso de compresas frías. Esto duró varios días y tuvieron que permanecer en un cuarto oscuro para sanar.

A pesar de esta ruda jornada en el Popocatepetl, Nelson y Goldman observaron y obtuvieron diversos especímenes de mamíferos y aves del volcán, entre ellos cinco individuos de la musaraña que hasta ese momento era desconocida para la ciencia. Clinton H. Merriam, el jefe de la expedición de Nelson y Goldman examinó esos cinco ejemplares un par de años después y concluyó que se trataba de una especie nueva y decidió describirla y bautizarla con el nombre de *Cryptotis alticola*. Gracias al trabajo de campo de naturalistas y biólogos durante el último siglo, hoy sabemos que la distribución actual de *Cryptotis alticola* no se limita a los alrededores del Popocatepetl, sino que también habita en otras zonas montañosas de Jalisco, Colima, Michoacán, Hidalgo, Morelos, Estado de México, Puebla y Ciudad de México, desde los 2,000 y hasta los 4,400 metros de elevación.

Al igual que el resto de las musarañas, esta especie es una ágil y voraz depredadora de insectos, arácnidos, ciempiés y lombrices de tierra. Se caracteriza por su tamaño relativamente grande entre todas las musarañas conocidas en México, con una longitud de 10 cm, poco más de lo que mide una tarjeta bancaria; y un peso de 10 g, similar a lo que pesa una moneda de 10 pesos mexicanos actuales. Posee un cuerpo robusto, con orejas y ojos tan pequeños que son casi imperceptibles. Su pelaje es fino y negruzco en el dorso del cuerpo, aunque más pálido en el vientre. Sus dientes son muy filosos y tienen una coloración rojiza en sus cúspides o puntas debida a la presencia de minerales de hierro, lo que podría evitar que se formen grietas en los dientes. Los incisivos tienen forma de gancho, lo cual facilita la captura de sus presas. Sus garras delanteras son particularmente grandes con respecto al resto del cuerpo, por lo que se sospecha que posee hábitos semifosoriales, es decir, puede excavar algunos centímetros bajo tierra en busca de alimento o refugio, similar a lo que haría un topo. ¿Se la imaginan excavando ahora mismo a través de una gruesa capa de ceniza volcánica?

Otra de las características llamativas de este pequeño mamífero es su capacidad de tolerar condiciones de frío extremo, con heladas y nevadas frecuentes durante el invierno. Debido a esto, se ha sugerido que la distribución de *Cryptotis alticola* pudo haber sido más amplia durante las glaciaciones que han ocurrido de manera cíclica durante el Cuaternario. La última de estas glaciaciones ocurrió hace cerca de 20,000 años y se le conoce como el Último Máximo Glacial o Edad de Hielo. Este periodo fue testigo de los últimos pasos que dieron sobre nuestro planeta algunas de las especies de mamíferos más impresionantes que hayan existido, como los mamuts, mastodontes, perezosos gigantes, dientes de sable y gliptodontes. Las condiciones más frías de la Edad de Hielo podrían haber favorecido a la musaraña del Popocatepetl, permitiendo que expandiera su distribución hacia los valles y zonas bajas del volcán que en aquél entonces no fueron tan cálidas como lo son hoy en día.

Actualmente, la musaraña del volcán Popocatepetl se encuentra sujeta a protección especial por el gobierno de México, ya que sus poblaciones pueden estar siendo amenazadas por los efectos de actividades humanas como la deforestación y transformación de ecosistemas que han dado paso al establecimiento de poblados, ciudades, carreteras y zonas para cultivo y pastoreo. Además de esto, otro factor

que puede impactar negativamente a las poblaciones de este pequeño animalito es el cambio climático. A medida que las temperaturas en el mundo aumentan, las especies que prefieren vivir en lugares más fríos podrían verse obligadas a adaptarse a condiciones cálidas, o de lo contrario podrían extinguirse.

En el caso del Popocatepetl, aunque su creciente actividad eruptiva es un fenómeno natural, ejerce una presión adicional sobre las poblaciones de *Cryptotis alticola*. Por un lado, ha acelerado el derretimiento de sus glaciares por el calentamiento que generan las constantes explosiones y la caída de material caliente y ceniza. Por otro lado, la constante caída de ceniza puede modificar las características del suelo, lo que provocaría, entre otras cosas, que para las musarañas sea más difícil excavar sus madrigueras o encontrar alimento entre el sustrato. Sin embargo, en nuestro deseo de ser optimistas, debemos recordar que esta musaraña ha sido capaz de superar eventos eruptivos del pasado que incluso han sido de mayor intensidad que los actuales.



La musaraña del volcán Popocatepetl. Izquierda: Una musaraña adulta del volcán Popocatepetl alimentándose. Derecha: Vista desde un microscopio de la mandíbula superior en donde se observan algunas de las piezas dentales con la pigmentación rojiza. Fotografías: Lázaro Guevara.

Vivir tan cerca de un volcán activo podría significar un reto para la musaraña del Popocatepetl. Lo único seguro es que ella es parte esencial de los bosques del volcán, por lo que esperamos que sus pequeñas madrigueras les brinden protección y garanticen su sobrevivencia.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Apoyo a Proyectos para Innovar y Mejorar la Educación (PAPIME, proyecto PE203523) por el apoyo para realizar esta investigación. Dedicamos esta contribución a los habitantes de los alrededores del volcán Popocatepetl.

LITERATURA CONSULTADA

- Carraway, L. N. 2007. Shrews (Eulypotyphla: Soricidae) of Mexico. Monographs of the Western North American Naturalist 3:1-91.
- Goldman, E. A. 1951. Biological investigations in Mexico. Smithsonian Miscellaneous Collections 115:1-476.
- Guevara, L., J. J. Morrone, y L. León Paniagua. 2019. Spatial variability in species' potential distributions during the Last Glacial Maximum under different Global Circulation Models: Relevance in evolutionary biology. Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research 57:113-126.
- Merriam, C. H. 1895. Revision of the shrews of the American genera *Blarina* and *Notiosorex*. North American Fauna 10:5-34.
- Saavedra, D. 2023. El volcán Popocatepetl seguirá con su actividad. En: Gaceta UNAM. <https://www.gaceta.unam.mx/el-volcan-popocatepetl-seguira-con-su-actividad/>. Consultado el 26 de mayo 2023.

Sometido: 28/may/2023.

Revisado: 13/jun/2023.

Aceptado: 16/jun/2023.

Publicado: 16/jun/2023.

Editor asociado: Dra. Mariana Munguía Carrara.

BIOINDICADORES Y MURCIÉLAGOS: LAS BATISEÑALES DE LA NATURALEZA

Ricardo Sánchez Pérez¹, J. Manuel Aranda-Coello^{2*} y Oscar Rico Chávez³

¹Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. Cuautitlán Izcalli, Estado de México, México, ereesepe@comunidad.unam.mx

²El Colegio de la Frontera Sur – Unidad Campeche. Campeche, Campeche, México, manuel.aranda@posgrado.ecosur.mx

³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia - Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, Ciudad de México, México, orich@unam.mx

*Autor de correspondencia

Los bioindicadores brindan información sobre la composición y función de los ecosistemas, permitiendo conocer y evaluar su estado de perturbación, conservación y resiliencia. En este sentido, la simple presencia o ausencia de los murciélagos, puede resultar sumamente valiosa.

No es un misterio que las prácticas humanas han dejado una gran huella en el planeta. Si bien es cierto que, de forma natural, los ecosistemas están sujetos a la modificación de sus características físicas, químicas y biológicas, gracias a eventos climáticos y la selección natural, tales cambios, no son equiparables con la severidad y velocidad con la que se han desarrollado las drásticas afectaciones ambientales originadas a partir de las actividades humanas.

Factores como la destrucción del hábitat, la introducción de especies exóticas, la sobreexplotación de recursos, la contaminación y el cambio climático, son los principales responsables de la grave crisis ambiental causante de la pérdida de biodiversidad. La urgencia y obligación por atender esta problemática, radica en el hecho de que la provisión de los servicios ambientales que hacen posible la vida en la tierra, depende del mantenimiento de ecosistemas saludables.

Probablemente, al reflexionar en las posibles soluciones ante esta situación, instintivamente pensemos que lo mejor sería implementar un programa de vigilancia y monitoreo constante sobre todos los elementos y variables presentes en los ecosistemas con la intención de estar al tanto del estado que guardan en todo momento. Sin embargo, dejando de lado lo idílico de esa opción, dicha labor resultaría sumamente compleja y costosa. Por esta razón, se ha trabajado en desarrollar metodologías eficientes y pragmáticas, que permitan la detección de alteraciones ambientales que sirvan como pistas o indicios que revelen la existencia de condiciones que atenten contra el equilibrio ecológico y pongan en riesgo la sobrevivencia de la humanidad. Es así como los estudios ambientales basados en bioindicadores empiezan a cobrar relevancia.

Los bioindicadores son parámetros obtenidos a partir de organismos vivos que, por un lado, brindan información sobre la composición y función de los ecosistemas donde habitan y por otro, permiten conocer y evaluar su estado de perturbación, conservación y resiliencia. A los organismos con el potencial de ofrecer evidencia de este tipo, mediante el estudio de aspectos biológicos determinados, se les conoce como especies bioindicadoras. Dentro de los aspectos que destacan por ser empleados con este propósito, se encuentran los cambios conductuales, las tasas de crecimiento, los patrones reproductivos y migratorios, así como variaciones en la distribución, tamaño, estructura, riqueza y abundancia de las poblaciones.

Existen distintos tipos de bioindicadores, lo que refleja los múltiples propósitos para los que pueden ser empleados, dependiendo del objetivo planteado o variable a medir. Aunque también, hay que considerar que la capacidad de ciertos organismos para servir como especies bioindicadoras es limitada, por lo cual, lo ideal es verificar previamente si cuentan con las cualidades apropiadas, por ejemplo:

Nombre	Descripción
Sensibilidad	El bioindicador es capaz de advertir alteraciones ambientales biológicamente relevantes.
Multiplicidad	El bioindicador ofrece información de las condiciones generales del ecosistema y de las especies que lo habitan.
Proporcionalidad	La intensidad de la variación en el bioindicador corresponde a la del disturbio ambiental.
Causalidad	Los resultados del bioindicador dan indicios del origen del problema.
Sincronía	La alteración ambiental ocurre poco después de que el bioindicador genera la alerta.
Abundancia	El tamaño de la población de la especie bioindicadora debe permitir tomar muestras periódicamente sin comprometer su sobrevivencia.
Resistencia	La especie bioindicadora tolera la manipulación, el transporte y el alojamiento bajo cuidado humano.
Identificable	Es preferible que las especies bioindicadoras cuenten con características que les permitan ser identificadas por personas sin formación científica.

Tomado y modificado de González-Zuarth, 2014.

Con respecto a los organismos que han sido estudiados como especies bioindicadoras, los murciélagos (también conocidos como quirópteros), han destacado por conjuntar características como, ser los únicos mamíferos con la capacidad de volar, contar con ecolocalización (mecanismo de emisión de ondas ultrasónicas que les ayuda visualizar mejor su entorno), una distribución geográfica amplia y variedad de gremios tróficos (grupo de especies con dieta similar, por ejemplo, frugívoros, artropodófagos, nectarívoros, etc.). Lo anterior, aunado a su relativa facilidad de captura e identificación, los vuelve uno de los grupos con mayor potencial de estudio bajo este enfoque, ya que brindan una perspectiva multidimensional de las condiciones ambientales predominantes en sus respectivas zonas de distribución.

Otra de las ventajas de emplear quirópteros como bioindicadores, es que, al ser grupo taxonómico bastante estudiado, se ha logrado categorizar el tipo de respuesta que presentan ante los cambios en su entorno, de la siguiente forma:

- Dependientes de hábitat: Especies sumamente sensibles a perturbaciones, que no toleran estar en espacios abiertos.
- Vulnerables: Especies que soportan cierto grado de deterioro ambiental y que tienen la capacidad de sobrevivir en hábitats fragmentados o alterados al utilizar los parches de vegetación remanente.
- Adaptables: Especies que toleran fuertes transformaciones del hábitat, llegando a utilizar espacios abiertos como pastizales con parches de vegetación. Algunas de estas especies, incluso se benefician de estas condiciones.

Información tan simple como la presencia o ausencia de algunas especies de murciélagos en determinados lugares, puede resultar extremadamente valiosa. Para profundizar en este asunto, tenemos el caso de los murciélagos de la subfamilia Phyllostominae, considerados especies “dependientes de hábitat”, debido a que responden desfavorablemente si su hábitat es dañado, tendiendo a evadir ambientes degradados.

Por esta razón, su presencia en un ecosistema es un indicador de que éste mantiene sus características originales. Otro ejemplo, es el murciélago sin pulgar (*Furipterus horrens*), habitante de los bosques húmedos de Centro y Sudamérica. Los ecosistemas que mantienen un buen estado de conservación, son excelentes proveedores de su fuente de alimento (insectos voladores que se encuentran cerca del suelo), por lo que, si esta condición no se cumple, la presencia de este murciélago en el hábitat se verá mermada.

No obstante, el alcance de los murciélagos para señalar alteraciones ambientales va mucho más allá de su presencia o ausencia en un sitio, ya que se han empleado otros aspectos de su biología – como los lugares que ocupan para refugiarse (cuevas, grietas, troncos, vegetación, etc.), al igual que sus fuentes, sitios y patrones de alimentación – con esta finalidad. El murciélago frutero castaño (*Carollia benkeithi*), una especie catalogada como “vulnerable” (a partir de su respuesta ante los cambios en el hábitat), procura aprovechar los frutos que crecen en la vegetación secundaria de sitios fragmentados, sirviendo como indicador de la regeneración de estos ambientes. Por su parte, algunas especies artropodófagas y carnívoras, al presentar limitaciones anatómicas para vuelos largos y sostenidos, suelen permanecer en sitios con poca o nula alteración, por lo que la reducción de sus poblaciones en estos sitios, advierte que las condiciones del entorno están en declive.

Con otros parámetros como la riqueza (número de especies) y la abundancia (número de individuos de cada especie) observada en murciélagos pertenecientes a la familia Phyllostomidae, se ha dado seguimiento a la recuperación de áreas sometidas a actividades productivas o extractivas, así como a proyectos de restauración ecológica. En estos casos, suelen detectarse niveles bajos en ambos parámetros, sobre todo de especies “dependientes de hábitat”, durante las fases iniciales del proceso, mientras que en estados avanzados pueden comenzar a registrarse especies comunes de ambientes preservados. En la selva tropical de Los Chimalapas



Grupo de murciélagos artropodófagos (Familia Mormoopidae) saliendo de su refugio para alimentarse en Chiapas, México.
Fotografía: Ricardo Sánchez Pérez.

en el estado de Oaxaca, una de las múltiples zonas de alto valor biológico presentes en nuestro país, el papel de los quirópteros como bioindicadores ha permitido alertar la perturbación provocada por la intervención de las actividades humanas en la región.

Finalmente, un aspecto poco estudiado, pero con gran potencial de utilidad como bioindicador, es la acumulación de contaminantes y/o metales pesados en distintos tejidos del cuerpo. Estas sustancias son empleadas en la industria, y en general por las personas, por distintos motivos, sin atender las serias consecuencias ambientales desencadenadas por esta práctica. Adicionalmente, esta problemática involucra el riesgo de desarrollar enfermedades mortales para los murciélagos y otras especies expuestas a estos compuestos, debido al daño inducido en órganos como pulmones, riñones e hígado, amenazando seriamente la continuidad de sus poblaciones.

Los cambios inducidos en la naturaleza son inevitables y los humanos satisfacemos nuestras necesidades a partir de las materias primas que obtenemos de ella. Ante esta situación, la principal estrategia consiste en apaciguar el ritmo y volumen de consumo mediante prácticas sostenibles. En este contexto, los bioindicadores serán vitales para apoyar estrategias encaminadas al mantenimiento de la biodiversidad, así como de los procesos ecológicos y evolutivos, ya que son una opción asequible para la prevención y atención de esta problemática; más aún, al considerar los altos costos de las labores de restauración ecológica.

Es evidente que los murciélagos, lejos de hacer valer la mala fama que injustificadamente los ha acompañado, son una pieza importante para la salud de los ecosistemas. Por si no fuera suficiente su labor como dispersores de semillas (permitiendo el incremento o recuperación de la vegetación de un sitio), el control de las poblaciones de insectos (de gran importancia económica, pero también médica, al regular los ciclos de transmisión de enfermedades transmitidas por mosquitos, como dengue, zika y chikunguya), y la polinización de plantas (indispensable para la producción de maíz, jitomate, papa, mango, cacao, agave, entre otros), ahora sabemos que los murciélagos también cumplen una valiosa función en el monitoreo del estado de salud de los ecosistemas, al actuar como bioindicadores.

Tal vez, siguiendo la analogía planteada en el título, este fenómeno represente la forma en la que los murciélagos mandan una señal para alertar que la naturaleza se encuentra al acecho de un peligro inminente y ante este escenario, solo queda espacio para preguntarnos... ¿Qué haremos al respecto?

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al CONAHCYT por la Beca Nacional asignada al estudiante Ricardo Sánchez Pérez (106914) del Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Salud Animal de la Universidad Nacional Autónoma de México, así como a la Coordinación General de Estudios de Posgrado de dicha institución por la ayuda para la realización de las "Actividades académicas nacionales de larga duración".

LITERATURA CONSULTADA

- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2022. ¿Por qué se pierde la biodiversidad? <https://www.biodiversidad.gob.mx/biodiversidad/porque> Consultado el 20 de octubre de 2022.
- García-García, J.L., y A. Santos-Moreno. 2014. Variación estacional en la diversidad y composición de ensamblajes de murciélagos filostómidos en bosques continuos y fragmentados en Los Chimalapas, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:228-241.
- González-Zuarth C.A., Vallarino A., Pérez-Jiménez J.C., y A.M. Low-Pfeng (eds.). 2014. Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental, primera edición. El Colegio de la Frontera Sur – Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Chiapas, México.
- Martínez-Gómez D., González-Lazo D., Saldaña-Tapia O.A., y J.A. Sánchez-Moreno. 2020. Estructura de comunidades de murciélagos como bioindicadores del hábitat en la Reserva Biológica Indio Maíz. *Revista Científica de FAREM-Estelí* 34:180-199.
- Mena J.L. 2010. Respuestas de los murciélagos a la fragmentación del bosque en Pozuzo, Perú. *Revista Peruana de Biología* 17:277-284.
- Racero-Casarrubia J. 2022. Murciélagos importantes aliados como bioindicadores de calidad de hábitats. *Therya ixmana* 1:26-28.
- Ricardo-Nápoles N.E. 2016. Indicadores ecológicos que evalúan el estado de antropización – conservación de las formaciones vegetales, ecosistemas, paisajes y territorios. *Acta Botánica Cubana* 215:328-335.

Sometido: 17/may/2023.

Revisado: 05jun/2023.

Aceptado: 14/jun/2023.

Publicado: 17/jun/2023.

Editor asociado: Dr. Eduardo Felipe Aguilera-Miller.

HACE FRÍO Y ESTOY LEJOS DE CASA

Marcial Alejandro Rojo-Cruz y Luis Ignacio Iñiguez-Dávalos*

Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa Sur, Departamento de Ecología y Manejo de Recursos Naturales. Autlán de Navarro, Jalisco, México. marcial.rojo@academicos.udg.mx (MAR-C), liniguez@academicos.udg.mx (LII-D).

*Autor de correspondencia

Las condiciones climáticas influyen en la actividad fisiológica y conductual de la mayoría de los seres vivos. En el caso de los murciélagos, éstas pueden ser limitantes, ya que de ellas dependen muchas cosas, entre ellas la misma subsistencia de estos organismos.

Los murciélagos son los únicos mamíferos que pueden volar. Gracias a esta adaptación evolutiva, estos animales han sido capaces de colonizar una gran cantidad de hábitats a lo largo del planeta. Casi todos son nocturnos, por lo que además del vuelo, la ecolocación (detección de objetos mediante el sonido) es otra característica que ha permitido a este grupo ser tan exitoso.

El caso particular de los murciélagos artropodófagos (que se alimentan de artrópodos como insectos y arañas) resulta muy interesante, ya que es el grupo con mayor riqueza de especies a lo largo del planeta y se encuentran en casi todo el mundo. A diferencia de aquellos que se alimentan de frutos o polen, los artropodófagos han desarrollado de manera mucho más eficiente la ecolocación, ya que se alimentan de presas en movimiento.

A pesar de lo anterior, y como todos los seres vivos, el desempeño de los murciélagos dentro de un hábitat en particular está sujeto a las condiciones del mismo. Factores como la estructura de la vegetación o las condiciones climáticas pueden ser determinantes para estos organismos. En el caso específico del clima, éste puede resultar una fuerte limitante, debido a que los cambios en el mismo pueden producir

estrés fisiológico a los individuos o bien causar cambios en la vegetación, lo que a su vez puede afectar la disponibilidad de recursos a lo largo del año.

Es interesante entender cómo los factores climáticos influyen sobre los murciélagos, pero ¿cómo pueden estos animales sobrellevar tales condiciones que fluctúan a lo largo del año? En un país con una gran diversidad de climas como México, hay evidencias de que los murciélagos presentan una serie de estrategias fisiológicas y conductuales que les permiten soportar los cambios estacionales; las principales son las migraciones, la hibernación y el estado de torpor.

Las migraciones son un tipo de movimiento que implica que los organismos se desplacen distancias relativamente grandes, ya sea de manera altitudinal o latitudinal, en ciertas temporadas del año. Esta estrategia es positiva para algunos murciélagos, ya que puede permitir que encuentren hábitats de condiciones micro-climáticas adecuadas, las cuales favorecen una adecuada disponibilidad de recursos alimenticios y la reducción del desgaste energético. En nuestro país existen evidencias de especies de murciélagos que realizan migraciones, ya sea como respuesta a la disponibilidad de alimento, o bien a los cambios en las condiciones ambientales; ejemplos de esto son el murciélago mexicano de cola libre (*Tadarida brasiliensis*) y el murciélago maguero menor (*Leptonycteris yerbabuena*).



Tadarida brasiliensis (poblaciones migratorias).
Fotografía: Martha Pilar Ibarra-López y Luis Ignacio Iñiguez-Dávalos/Sonozotz.



A



B

Efectos de la temperatura sobre la actividad de los murciélagos. A) Temperaturas templadas o cálidas favorecen la actividad en la mayoría de los ambientes. B) Temperaturas bajas pueden afectar de manera negativa a los murciélagos, por lo que, para evitar consecuencias catastróficas suelen disminuir su actividad metabólica mediante el torpor o la hibernación.
Imagen: Marcial Alejandro Rojo-Cruz.

En el caso de la hibernación, esta estrategia representa entrar en un estado de inactividad por un periodo de tiempo relativamente largo, con la finalidad de disminuir el gasto metabólico al mínimo, sobre todo en respuesta a las condiciones invernales. Esta se presenta sobre todo en especies o poblaciones de regiones templadas o frías, y ocurre cuando la temperatura ambiental es muy baja, y el alimento se vuelve escaso. En lo que respecta a murciélagos en nuestro país, existe la evidencia de poblaciones que llevan

a cabo esta estrategia en ambientes de alta montaña, donde el invierno presenta condiciones muy adversas. Tal es el caso del murciélago ratón de las cuevas (*Myotis velifer*).



Myotis velifer (poblaciones hibernantes).
Fotografía: Luis Ignacio Iñiguez-Dávalos y Martha Pilar Ibarra-López/Sonozotz.

Finalmente, el estado de torpor es una estrategia utilizada más frecuentemente que las dos anteriores por los murciélagos, en particular los artropodófagos. Esta adaptación es similar a la hibernación, pero con la diferencia de que se usa para ahorrar energía por periodos cortos de tiempo, generalmente algunas horas, en días con condiciones climáticas desfavorables o bien con poca disponibilidad de recursos alimenticios. Un ejemplo de este comportamiento se puede observar en especies del género *Lasiurus*.

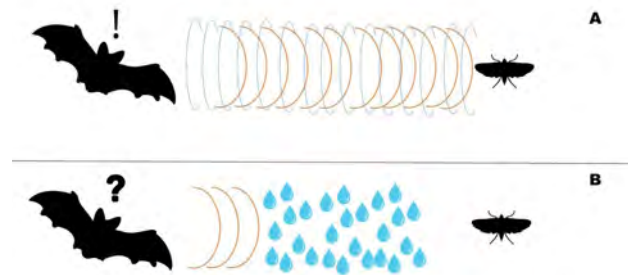


Lasiurus frantzi (especie con torpor). Fotografía: Luis Ignacio Iñiguez-Dávalos.

Aunando a lo anterior, existen dos factores relacionados al clima que pueden resultar determinantes en la actividad y presencia de murciélagos en un hábitat; estos son la temperatura y la humedad relativa, que se describe como la cantidad de vapor de agua contenida en el aire. En el caso de la temperatura, las fluctuaciones de la misma a lo largo del año pueden influir directa o indirectamente sobre la actividad de estos organismos. Durante los periodos más fríos, la actividad puede verse disminuida debido a dos factores: el primero es que puede existir un aumento del gasto energético para mantener su temperatura corporal. El segundo es que la disponibilidad de recursos alimenticios puede ser menor con respecto a otros periodos, lo que implica menor acceso a elementos nutricionales y energéticos. Por estas razones, existe la probabilidad de que los murciélagos hibernen o entren en estado de torpor, para evitar las condiciones adversas y reducir el gasto de energía. En el caso de los murciélagos artropodófagos, la probabilidad de que entren en un estado de bajo consumo energético depende en gran medida del tamaño de la especie y de la diversidad de hábitats donde se encuentren.

En el caso de la humedad relativa, ésta puede representar un factor negativo para algunos grupos de murciélagos, especialmente para los artropodófagos. Este grupo en particular tiene un mayor desarrollo de la ecolocación, la cual es usada para orientarse en el espacio, así como para poder detectar a sus presas. La relación negativa que posee este factor ambiental con la actividad de estos animales, se debe principalmente a que una mayor concentración de humedad en el ambiente puede generar la atenuación en los pulsos de ecolocación de algunas especies. Es decir, los sonidos tienen un menor alcance y una menor potencia. Una gran cantidad de partículas de agua en el entorno puede actuar a manera de acolchado, absorbiendo la energía de los llamados y, por tanto, disminuyendo el alcance de los mismos o la cantidad de información que pueden brindar del entorno.

Las principales consecuencias de la atenuación de los pulsos de ecolocación tienen que ver con la disminución en la eficiencia de detección de obstáculos o la ubicación de presas potenciales. En el primer caso, ocasionando problemas para la navegación e incrementando los riesgos de colisión; en el segundo, se reduce el acceso a los nutrientes necesarios para mantenerse en óptimas condiciones. Debido a esto, los murciélagos artropodófagos tienden a buscar sitios con una menor humedad relativa para evitar las consecuencias negativas.



Efectos de la humedad relativa sobre los pulsos de ecolocación. A) Los pulsos trabajan de manera correcta debido a la baja humedad en el entorno. B) Los pulsos se atenúan debido a la alta humedad en el ambiente, ocasionando problemas para localizar presas u orientarse en el entorno. Imagen: Marcial Alejandro Rojo-Cruz.

En la actualidad y buscando tener mayor información de los murciélagos artropodófagos y como se relacionan estos con sus hábitats, se han desarrollado métodos que, a partir de grabaciones, nos permiten identificar a las especies y cuantificar su actividad. Esta información es obtenida a partir de detectores ultrasónicos que son capaces de captar las frecuencias de estos organismos. Aunando a lo anterior y en relación con la humedad relativa, es importante señalar que, al existir atenuación en los pulsos de ecolocación, puede ocurrir una menor eficiencia de detección por parte de los sistemas de grabación, teniendo como consecuencia un menor número de registros en nuestra investigación.

Es importante entender que las condiciones ambientales son factores importantes que pueden limitar la presencia de los murciélagos en diversos hábitats. Lo interesante es que a pesar de que haga frío y estén lejos de casa, ellos seguirán perseverando.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCyT), que apoyó a través de la beca posdoctoral I1200/320/2022 a M. A. Rojo-Cruz. A la Universidad de Guadalajara, por el apoyo logístico y financiero para la realización de este trabajo.

LITERATURA CONSULTADA

- Ayala-Berdón, J. y V. Solís-Cárdenas. 2017. New record and site characterization of a hibernating colony of *Myotis velifer* in a mountain ecosystem of central Mexico. *Therya* 8:171-174.
- Guillén, A., B. J. Juste. y C. Ibanez. 2000. Variation in the frequency of the echolocation calls of *Hipposideros ruber* in the Gulf of Guinea: an exploration of the adaptive meaning of the constant frequency value in rhinolophoid CF bats. *Journal of Evolutionary Biology* 13:70-80.
- Rojo-Cruz, M. A., *et al.* 2019. Influence of vegetation and abiotic factors on habitat use by insectivorous bats in subtropical mountain forests. *Mammalian Biology* 95:93-101.
- Snell-Rood, E. C. 2012. The effect of climate on acoustic signals: does atmospheric sound absorption matter for bird song and bat echolocation? *Journal of Acoustic Society of America* 131:1650-1658.
- Wolbert, S. J., A. S. Zellner y H. P. Whidden. 2014. Bat activity, insect biomass, and temperature along an elevational gradient. *Northeastern Naturalist* 21:72-85.

Sometido: 23/may/2023.

Revisado: 06/jun/2023.

Aceptado: 15/jun/2023.

Publicado: 20/jun/2023.

Editor asociado: Dra. Natalia Martín-Regalado.

COLECCIONES BIOLÓGICAS, UN RECURSO VALIOSO PARA LA MASTOZOLOGÍA

Hendrick Cabrera-del Sol* y Fernando A. Cervantes

Colección Nacional de Mamíferos, Pabellón Nacional de la Biodiversidad, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.

peltoro38@mail.com (HCS); fac@ib.unam.mx (FAC)

*Autor de correspondencia

Para conservar la biodiversidad que nos rodea, es necesario adquirir, de manera continua conocimientos y saberes sobre la misma. Las colecciones biológicas son una de las principales herramientas para obtenerlos.

Las colecciones biológicas son acervos de información científica que proporcionan datos importantes sobre la biodiversidad. En ellas, se resguardan ejemplares de animales o vegetales completos o por partes, con la finalidad de ser utilizados en la formación académica de estudiantes o en la investigación científica. Estas colecciones aportan información biológica a distintos niveles, y material importante que resulta útil dentro del ámbito educativo y para el desarrollo de distintas disciplinas en el área de las ciencias biológicas, como biología molecular, conservación, ecología y evolución. Por ejemplo, en las colecciones biológicas se puede consultar la información sobre las condiciones ambientales del lugar y la época donde vivieron los ejemplares depositados. También permiten analizar las características morfológicas y fisiológicas en diferentes intervalos de tiempo de las especies que resulten de interés para el investigador, permitiendo una reconstrucción de los cambios que han sufrido las especies.

El valor de las colecciones biológicas dentro del campo de las ciencias biológicas y de la salud, es crucial y el material depositado en ellas puede utilizarse desde estudios taxonómicos de especies extintas hasta investigaciones de patógenos causantes de enfermedades o plagas, e incluso sobre el impacto que tiene el cambio climático. Por otro lado, las colecciones biológicas tienen gran relevancia en la educación y formación de profesionales en las ciencias biológicas, principalmente porque son consideradas como una fuente primaria de conocimiento e información sobre la biodiversidad y representan a menudo el primer contacto entre los estudiantes y la naturaleza.

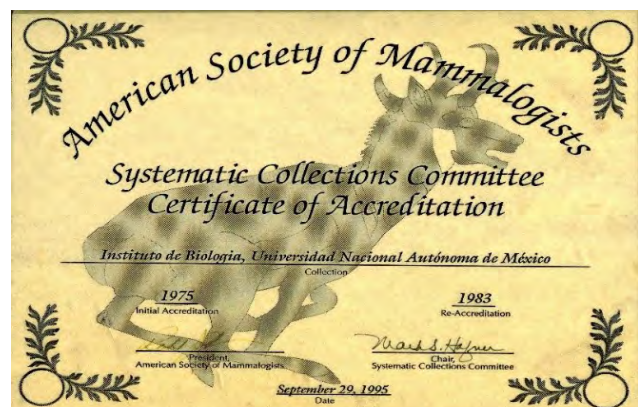


Mesa de trabajo con roedores preservados en piel y cráneo para resguardo en una colección biológica de mamíferos.
Fotografía: Colección Nacional de Mamíferos (CNMA).

Algunas colecciones biológicas relevantes se encuentran en Museo de Historia Natural de la Universidad de Kansas y en el Museo de Historia Natural del Instituto Smithsonian en Estados Unidos (KUNHM y NMNH-SI, por sus siglas en inglés). En México podemos encontrar colecciones biológicas importantes como las de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional y las de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

La Colección Nacional de Mamíferos (CNMA), perteneciente al Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), es el acervo de ejemplares de mamíferos silvestres más completo e importante de México y gran parte de América Latina. Sus objetivos principales radican en desarrollar continuamente el acervo de la colección, y brindar apoyo a la investigación, la enseñanza, museografía y educación ambiental. Fue iniciada a finales de los años 30 del siglo XX, a cargo del Dr. Bernardo Villa Ramírez, teniendo su primera sede universitaria en la Casa del Lago, ubicada en el Bosque de Chapultepec, uno de los sitios más icónicos e importantes de la Ciudad de México. Actualmente, se ubica en las instalaciones del Pabellón Nacional de la Biodiversidad de la UNAM a cargo del Dr. Fernando A. Cervantes.

Desde su fundación formal en 1947 hasta la actualidad, se considera a la CNMA como institución líder en el apoyo a la investigación y el conocimiento de la mastozoología. Sus métodos de curación, es decir, la colecta, preparación, procesamiento, identificación, administración y catálogo de los ejemplares, han sido acreditados por el Comité de Colectas Sistemáticas de la Sociedad Americana de Mastozoólogos (ASM, por sus siglas en inglés). Gracias a estos estándares de funcionamiento y el reconocimiento internacional, la colección ofrece a los investigadores información valiosa y fidedigna para



Certificado de Acreditación de la Colección Nacional de Mamíferos por parte del Comité de Colecciones de Sistemática de la Sociedad Americana de Mastozoólogos.
Fotografía: Colección Nacional de Mamíferos (CNMA).

el estudio y la conservación de la mastofauna mexicana y del mundo, dando paso a que sus ejemplares hayan sido utilizados para múltiples investigaciones y proyectos científicos sobre taxonomía, genética, ecología y biogeografía de los mamíferos mexicanos.

Al día de hoy, el número de ejemplares bajo resguardo de la CNMA se extiende hasta un poco más de los 50,000 ejemplares, principalmente de México, aunque también se incluyen especies de distintos países de todos los continentes, excepto Asia. En la colección están presentes todos los órdenes de los mamíferos más representativos del territorio mexicano, tales como roedores, musarañas, carnívoros, didélfidos, murciélagos y primates. También se incluyen 26 “ejemplares tipo”, que son aquellos ejemplares en los que los científicos se basan para describir las características de una especie. En la CNMA se resguardan esqueletos completos o por piezas (cráneos, huesos, astas, cornamentas, etc.), pieles rellenas y curtidas, moldes de huellas, organismos preservados en alcohol al 70% y tejidos conservados bajo ultracongelación.



Piel y cráneos de murciélagos.
Fotografía: Colección Nacional de Mamíferos (CNMA).

Dentro de la colección están representados ejemplares preservados de especies extintas como es el caso de la foca monje (*Neomonachus tropicalis*), extinta en el siglo XX, y en peligro de extinción, como el lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*) o la vaquita marina (*Phocoena sinus*), catalogadas así por la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010). Esto pone a disposición de la investigación científica un valioso material biológico que permite el reconocimiento de las características morfológicas y fisiológica de estos ejemplares, sin tener que recurrir a las dificultades de su colecta in situ, es decir, en su hábitat natural.



Esqueleto de Lobo Mexicano (*Canis lupus baileyi*). Fotografía: Carmen Loyola.

El material depositado en la colección proviene principalmente de donaciones realizadas por parte de investigadores, académicos, zoológicos y de ejemplares incautados por autoridades del país debido a ser de procedencia ilegal. La CNMA desarrolla de forma continua, préstamos, intercambios y donaciones, siempre bajo reglamento de la colección y de acuerdo con los estándares establecidos para las Colecciones de Sistemática de Mamíferos.

La colección camina en conjunto con el avance de la era digital. La información curatorial de los ejemplares de la colección puede consultarse en línea, de manera gratuita a través de dos plataformas digitales: “IBData Helia Bravo Hollis, ver. 3” (<https://www.ibdata.abaco3.org/web/>) y “Portal de Datos Abiertos UNAM. Colecciones Universitarias” (<http://datosabiertos.unam.mx/biodiversidad/>). Los datos que se ofrecen de los ejemplares a través estos sitios web incluyen los datos curatoriales (personal a cargo, número de identificador y de catálogo, así como el tipo de preservación), los datos taxonómicos del ejemplar (desde Subespecie hasta Orden), los datos de colecta (fecha, nombre del colector, sexo, forma de vida y número de ejemplares colectados) y los datos geográficos de origen del ejemplar. Además, toda esta información se encuentra en otros portales internacionales, particularmente en “Global Biodiversity Information Facility” (<http://www.gbif.org/>) y en “The Mammal Networked Information System” (<http://manisnet.org/>) donde se obtiene información similar además de fotografías de los ejemplares.

Como la mayor parte de las instituciones actuales, la CNMA cuenta con su propio blog: <https://cnmaib.wordpress.com/>, en este sitio se puede acceder a la información más relevante de la colección como los datos del personal responsable y las vías para contactarlos, publicaciones relevantes y galerías de fotos. En el portal web también se encuentra un acceso directo a una galería de archivos digitales denominada “Irekani”, en donde se ha recopilado parte del acervo fotográfico de la CNMA. Estos archivos son producto de investigaciones y colectas del personal académico del Instituto de Biología y son puestas a disposición de los estudiantes e investigadores como apoyo a sus trabajos de investigación, docencia y divulgación y se pueden consultar a través de la siguiente dirección electrónica: http://unibio.unam.mx/irekani/handle/123456789/186/browse?proyecto=Irekani&type=title&submit_browse=Title&collec=only.

Además de los organismos resguardados, la CNMA cuenta con un acervo bibliográfico especializado, en la biblioteca central del Instituto de Biología de la UNAM. Este consiste en libros, tesis, gaceteros, sobretiros, mapoteca y catálogos de campo. Todo este material bibliográfico resulta importante para los investigadores y estudiantes que deseen ampliar sus conocimientos en el área de la mastozología, desarrollar estudios de investigación o complementar la información obtenida del material biológico de la colección con literatura especializada en el tema.

Como parte de los recursos educativos que ofrece la CNMA, en sus instalaciones se llevan a cabo diversas actividades, como seminarios, charlas educativas y eventos relacionados con el campo de la Mastozología, dirigidas a estudiantes de licenciatura y posgrado adscritos al Instituto de Biología. En la modalidad no presencial, la CNMA ofrece actividades externas a las instalaciones por medio de conferencias, pláticas, talleres y cursos llevados a cabo por el curador y otras personas académicas.

Los aportes de la CNMA en el ámbito de la educación van en sintonía con sus objetivos principales, ya que la función de una colección biológica no está limitada a la investigación, sino que debe servir de apoyo para el campo de la docencia y la divulgación científica. La comunidad estudiantil y la población en general se benefician enormemente con las contribuciones de las colecciones biológicas, ya que le permiten conocer la biodiversidad que los rodea y la manera de cuidarla y conservarla.

El acervo biológico y bibliográfico que posee la Colección Nacional de Mamíferos es un valioso e insustituible recurso científico. La existencia de una colección de tales características permite el avance y el desarrollo de la mastozoología y colabora a su vez con distintas disciplinas a fines. Del mismo modo, la disponibilidad de acceso al material, recursos y datos, de los que está conformada, facilita el acceso, la consulta y el uso académico del acervo de la colección. Esto no solamente estrecha los lazos con la comunidad científica, sino que, gracias a la divulgación de los conocimientos generados en la institución, también se estrechan lazos con los integrantes de la nación.

Gracias a todo esto, no cabe duda sobre la relevancia e importancia que una colección como la CNMA tiene para la comunidad científica, y en particular, para el estudio de la diversidad de los mamíferos de México y el mundo.



Estudiantes adscritos a la CNMA realizando comparaciones de los cráneos de diferentes mamíferos.
Fotografía: Fernando A. Cervantes.

Sometido: 04/jul/2023.

Revisado: 10/jul/2023.

Aceptado: 13/jul/2023.

Publicado: 20/jul/2023.

Editor asociado: Dra. Leticia Cab-Sulub.

AGRADECIMIENTOS

A la Colección Nacional de Mamíferos y a todo el personal a cargo, que siempre se mostró dispuesto a compartir conocimiento e información para este trabajo.

LITERATURA CONSULTADA

- Cervantes, F. A., Y. Hortelano Moncada, y J. Vargas Cuenca. 2009. 60 años de la Colección Nacional de Mamíferos del Instituto de Biología, UNAM. Aportaciones al Conocimiento y Conservación de los Mamíferos Mexicanos. Instituto de Biología, UNAM. Distrito Federal, México.
- Cervantes, F. A., J. Vargas Cuenca, y Y. Hortelano Moncada. 2016. An overview of the Mammal Collection of Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. *Journal of Natural Science Collection* 4:4-11.
- CNMA (Colección Nacional de Mamíferos). 2016. Reglamento para el mantenimiento y uso de la Colección Nacional de Mamíferos (CNMA) del Instituto de Biología, UNAM. En: Colección Nacional de Mamíferos (CNMA), Pabellón Nacional de la Biodiversidad, Instituto de Biología, UNAM. <https://cnmaib.files.wordpress.com/2012/02/reglamento-cnma-2016-12-084.pdf>. Consultado el 26 de mayo 2023.
- CNMA. 2021. La Colección. En: Colección Nacional de Mamíferos (CNMA), Pabellón Nacional de la Biodiversidad, Instituto de Biología, UNAM. <https://cnmaib.wordpress.com/>. Consultado el 26 de mayo 2023.
- CNMA. 2021. Galería de Fotos. En: Colección Nacional de Mamíferos (CNMA), Pabellón Nacional de la Biodiversidad, Instituto de Biología, UNAM. <https://cnmaib.wordpress.com/galeria/>. Consultado el 26 de mayo 2023.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2023. Colección Nacional de Mamíferos CNMA. En: CONABIO. <https://www.biodiversidad.gob.mx/fichas-conabio-war/resources/coleccion/54>. Consultado el 26 de mayo 2023.
- Darrigan, G. 2012. Las Colecciones Biológicas: ¿para qué? *Boletín Biológica* 23:28-31.
- 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. En: Diario Oficial de la Federación, Secretaría de Gobernación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019#gsc.tab=0. Consultado el 26 de mayo 2023.
- Dirección General de Repositorios Universitarios y UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México). 2023. Colecciones Universitarias. En: Portal de Datos Abiertos UNAM. <https://datosabiertos.unam.mx/>. Consultado el 26 de mayo 2023.
- Hortelano-Moncada, Y., F. A. Cervantes, y J. Vargas Cuenca. 2006. Colección Nacional de Mamíferos del Instituto de Biología, UNAM. Pp. 301-310 in Colecciones mastozoológicas de México (Lorenzo, C., E. Espinoza, M. Briones, y F. A. Cervantes, eds.). Instituto de Biología, UNAM y Asociación Mexicana de Mastozoología A.C. Distrito Federal, México.
- Instituto de Biología, UNAM. 2023. Colección Nacional de Mamíferos. En: Irekani. http://unibio.unam.mx/irekani/handle/123456789/186/browse?proyecto=Irekani&type=title&submit_browse=Title&collec=only. Consultado el 26 de mayo 2023.
- Lorenzo, C., et al. 2012. Los mamíferos de México en las colecciones científicas de Norteamérica. *Therya* 3:240-262.
- Ochoa-García, J., J. A. Fernández, y F. A. Cervantes. 2020. Chihuahua y la Colección Nacional de Mamíferos (CNMA) de la UNAM. *Revista Digital Universitaria* 21:1-8.
- Simmons, J., y Y. Muñoz. 2005. Cuidado, manejo y conservación de las colecciones biológicas. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Vélez, D., et al. 2012. Difusión de datos biológicos en la red como apoyo a la educación ambiental, investigación científica y conservación de la biodiversidad en Colombia. *Renata* 2:49-57.

YO MEJOR ME QUEDO EN CASA

Eduardo Felipe Aguilera-Miller

Estación Científica La Malinche, Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta, Universidad Autónoma de Tlaxcala. Tlaxcala, Tlaxcala, México.
aguileramiller.ed@gmail.com

Al paso de los siglos, nos han surgido múltiples interrogantes sobre la naturaleza. El comportamiento de los seres vivos ha acaparado nuestra curiosidad.

Típicamente, identificamos el movimiento de un animal, como prueba inequívoca de comportamiento. De hecho, una de las primeras ideas propuestas definía a éste como la clara manifestación de actividad muscular. Fuera de que el reconocer el movimiento de un organismo sea un buen inicio en su estudio, tendremos que formular toda una serie de preguntas que darán cuerpo al estudio y comprensión de un fenómeno conductual. Actualmente la comunidad científica reconoce que, en términos biológicos, el comportamiento es el resultado de una compleja adaptación de un individuo a su entorno. Más propiamente dicho, el ambiente impondrá presiones sobre los individuos de una población para que se comporten o respondan a éste de cierta manera.

Al encender la televisión y ver en Discovery Channel ese programa de las grandes migraciones de miles y miles de ungulados (mamíferos herbívoros de talla mediana y grande como antílopes, ciervos, equinos, búfalos, etc.) en África oriental, nos hace preguntarnos ¿por qué es que tantos animales, evidentemente de diferentes especies, formas y tamaños, sincronizan sus movimientos a través de grandes extensiones de tierra cada año? Después de algunos minutos, llega la explicación la cual nos parece obvia: tal comportamiento se debe a que la naturaleza herbívora de los ungulados los hace recorrer inmensas distancias en busca de alimento fresco para ellos y para sus crías o bien, en busca de potenciales parejas de reproducción. Tales recursos no están disponibles siempre ni en todas partes y, de cierta forma, los animales mencionados han respondido de manera similar a tales restricciones impuestas por el ambiente. Con el movimiento migratorio no nada más se mueven los individuos, sino también sus genes y así, las variantes de esos genes que cada individuo porta.

Un comportamiento que es opuesto a la migración es el conocido como filopatría. Éste hace referencia a la permanencia de un individuo en su lugar de nacimiento, incluso después de haber alcanzado la edad de madurez e independencia parental. A pesar de que los recursos son el elemento central alrededor del cual los individuos interactúan entre sí y con su medio, un individuo filopátrico no se desplaza grandes distancias en su búsqueda, sino que hace uso y se beneficia de los que se encuentran a su alrededor (como territorio, alimento, humedad, luz, refugio, sitios de crianza, parejas sexuales, etc.). Esto parece contradictorio, considerando que los recursos no se encuentran disponibles uniformemente en el ambiente y es imperativo salir a buscarlos. Por otro lado, para algunas especies la distribución espacial y temporal de los recursos no es igual de crítica para hembras y machos, por hacer uso de éstos de manera diferente. Así, adicionalmente, al determinar los patrones de distribución de ambos sexos promueve la evolución de diferentes sistemas de apareamiento (la manera en que los individuos se aparean con la finalidad de reproducirse).

A lo largo del tiempo, se han propuesto diferentes ideas que pretenden explicar el sentido del comportamiento filopátrico en vertebrados. Resalta la que considera que es mayor el beneficio al que un individuo se hace acreedor al permanecer en un sitio familiar o conocido, respecto al costo de migrar en busca de recursos. Las razones son que en el camino puede ser depredado, atacado por otros conespecíficos o simplemente no encontrar sitios con recursos disponibles o de calidad, disminuyendo su probabilidad de supervivencia.

De forma general, el comportamiento filopátrico exhibe un sesgo dirigido hacia alguno de los sexos y se encuentra estrechamente relacionado con los sistemas de apareamiento mencionados previamente. Entonces, el sexo filopátrico será aquél que obtenga mayor beneficio del estar familiarizado con los recursos del área que ha habitado y entre los mamíferos, las hembras son, en su mayoría, las que tienen este beneficio. Al ser las que invierten mayor energía y esfuerzo en la reproducción y cuidado de las crías, les resulta muy redituable permanecer en un sitio conocido. Entre las excepciones están los gorilas (primates de la familia Hominidae, distribuidos en África central), en este caso los machos son el sexo que permanece filopátrico, mientras que las hembras, al alcanzar la madurez sexual, migran en busca de algún grupo que las acoja. Es claro que los machos no se involucran de manera directa en el cuidado y crianza de las crías, más bien se encargan de la seguridad del grupo y de patrullar los linderos del territorio que resguarda los recursos. A menudo, intrusos de otros grupos incursionan en los dominios del grupo vecino con el objeto de amenazar, hacerse con porciones de territorio ajeno o robar alimento e incluso, hembras, para copular con ellas. Frecuentemente, los conflictos pueden escalar y convertirse en enfrentamientos muy agresivos en los que los intrusos llegan a matar a los integrantes del grupo local, incluyendo a las crías. A largo plazo, tales actividades obligan a los machos a tener buen conocimiento del área en la que habitan, por lo que optan por



Ardilla terrestre de Columbia (*Urocyon columbianus*). Cría saliendo de la madriguera.
Fotografía: Thomas Quine en Animalia
(<https://animalia.bio/es/columbian-ground-squirrel>).

el comportamiento filopátrico. El éxito en las tareas requiere de cooperación y de la formación de alianzas entre individuos, que se verán más fortalecidas entre aquellos con parentesco.

El estudio del comportamiento filopátrico se ha realizado en diversos vertebrados, no obstante, destacan los trabajos que se han centrado en diferentes y muy variados grupos de mamíferos como delfines, leones marinos, ciervos, lobos, zorros, osos, primates y roedores. De estos, los estudios llevados a cabo con ratas canguro, ratones de abazones, ratones de campo, ratones domésticos, ratas topo desnudas, topillos, ardillas, marmotas, perritos de la pradera, por mencionar algunos, sobresalen por su cantidad, calidad, alcances, pero sobre todo por las conclusiones obtenidas, dirigidas a explicar no sólo las causas de este comportamiento, sino también sus consecuencias.

La compleja interacción de ciertos elementos ha sido propuesta como la causa de filopatría entre roedores. En primer lugar, podemos mencionar las variables en las historias de vida de los individuos como, por ejemplo, el tiempo que le toma a un individuo alcanzar la independencia parental. Se ha propuesto que crías altriciales (crías poco desarrolladas al nacer), como las de la ardilla terrestre de Columbia (*Urocyon columbianus*), con distribución en Canadá y Estados Unidos de América, tengan que retrasar la migración natal (movimiento que realiza un individuo inmaduro antes de su primera reproducción) y permanecer filopátricas para recibir los cuidados necesarios por parte de sus madres, mismas que tampoco podrán migrar por este hecho. La longevidad es otro ejemplo, uno que frecuentemente se ha vinculado con la saturación del hábitat. A medida que los individuos son más longevos o aumentan su esperanza de vida, habrá una disminución de espacio vacante para migrantes, volviendo prohibitiva la dispersión. En segundo lugar, están las restricciones ecológicas. Las cualidades del hábitat son un elemento crucial a la hora de decidir migrar o quedarse. Se ha propuesto que los ambientes áridos fomentan la conducta filopátrica, ya que la distribución poco uniforme de los recursos, las extremas condiciones climáticas, la impredecible y escasa precipitación, impondrán severas restricciones para la migración. Es posible que estas características sean las promotoras de la formación de grupos de individuos, dando lugar a la evolución de sociedades sólidamente estructuradas como el caso del que posiblemente sea el mamífero social más estudiado, la rata topo desnuda (*Heterocephalus glaber*), de las zonas áridas de África.

Finalmente, como tercer elemento podemos mencionar los beneficios que trae consigo la filopatría. Uno de los más sobresalientes es la herencia de territorios. En este caso, la progenie permanecería en un sitio con recursos de calidad a su alrededor, sin tener que enfrentar los riesgos de la migración e incurrir en costos de sobrevivencia. El 15% de las hembras con crías de la ardilla roja de Norteamérica (*Tamiasciurus hudsonicus*), heredan o ceden parte de su territorio a su progenie. El resultado es el aumento de la eficacia biológica (la capacidad de un individuo de reproducirse y transmitir su material genético a su progenie) tanto de las madres como de las mismas crías. Entre las ratas canguro cola de bandera (*Dipodomys spectabilis*), los juveniles que adquieren la madriguera materna después de la migración de su madre tienen una tasa de sobrevivencia mayor a los juveniles que no la han heredado. Un estudio, llevado a cabo con el ratón de abazones de Cerralvo (*Chaetodipus siccus*), evidenció la presencia de múltiples variantes genéticas en un área de aproximadamente 200 km², lo que sugiere que los individuos de esta especie permanecen filopátricos, impidiendo que las variantes que surgen a partir de cambios al azar en el material genético de los individuos se distribuyan geográficamente o se "diluyan" y exista uniformidad genética en la población. El carácter filopátrico reconocido en esta población de ratones,



Rata topo desnuda (*Heterocephalus glaber*). Hembra con su cría fuera de la madriguera en Bioparc, Valencia. Fotografía: Daniel Pellicer en La Razón, España (https://www.larazon.es/ciencia/rata-topo-desnuda-podria-descubrir-claves-fertilidad-infinita_2023022263f65723b3856000015a44d1.html).

no sólo corresponde a las hembras, sino también a los machos. Posiblemente las condiciones ambientales en los ambientes áridos de la Península de Baja California sean tan extremas para estos animales que ambos sexos se beneficien al quedarse "en casa". Sin embargo, para poder afirmar sin temor a equivocarse que tanto hembras como machos tienen un comportamiento filopátrico estricto, serían necesarios estudios más profundos, que combinen perspectivas variadas, como la molecular, la conductual, la ecológica, entre otras. Aunque la permanencia de progenies en territorios parentales se haya evidenciado en diversos grupos de mamíferos, a la fecha es un tema controvertido.

Los estudios de las causas y consecuencias del comportamiento filopátrico en roedores han proporcionado un gran cúmulo de información. Esta información representa una base sólida para entender la evolución de fenómenos sociales entre mamíferos como la monogamia, la territorialidad, la organización para la crianza y cuidado de los recién nacidos, la formación de núcleos familiares estables, las jerarquías de dominancia y tolerancia, cooperación para vigilancia y la obtención de alimento, entre otros.

Han habido muchos avances en el estudio y comprensión de las causas y consecuencias del comportamiento animal. Por ende, se ha podido reflexionar que gran parte del comportamiento humano tiene su base evolutiva en las manifestaciones conductuales de diversos grupos biológicos. Los datos obtenidos hasta ahora presentan información invaluable que permitirá el planteamiento de preguntas más estructuradas y dirigidas a la reflexión de fenómenos complejos de nuestro comportamiento.

Hoy sabemos que la filopatría no solamente depende de un rasgo biológico, de la calidad del hábitat o del beneficio ganado al no migrar, por el contrario, tendrán que conjugarse múltiples elementos para que un individuo elija "quedarse en casa".

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al grupo de mamíferos del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. por el apoyo recibido en la realización del estudio de variantes genéticas del ratón de Cerralvo, así como al Dr. S.T. Álvarez-Castañeda por su invaluable dirección a lo largo de siete años.

LITERATURA CONSULTADA

- Aguilera-Miller, E. F., y S. T. Álvarez-Castañeda. 2019. Review of philopatry and its strategy in xeric environments. *Therya* 10:39-44.
- Adler, G. H. 2011. Spacing patterns and social mating systems of echimyid rodents. *Journal of Mammalogy* 92:31-38.
- Arnaud, C. M., F. S. Dobson, y J. O. Murie. 2012. Philopatry and within-colony movements in Columbian ground squirrels. *Molecular Ecology* 21:493-504.
- Breed, M. D., y J. Moore. 2022. Mating Systems. Pp 377-414 en *Animal Behavior* (Breed, M. D., y J. Moore, eds.). 3ra ed., Academic Press. EE.UU.
- Eisenberg, J. F., y D. G. Kleiman. 1983. Advances in the study of mammalian behavior. Special publications No. 7 American Society of Mammologists. EE.UU.
- Emlen, S. T., y L. W. Oring. 1977. Ecology, sexual selection, and the evolution of mating systems. *Science* 197:215-223.
- Greenwood, P. J. 1980. Mating systems, philopatry and dispersal in birds and mammals. *Animal Behaviour* 28:1140-1162.
- Jarvis, J. U. M., y N. C. Bennett. 1991. Ecology and behavior of the family Bathyergidae. Pp. 66-96 en *The Biology of the Naked Mole-rat* (Sherman, P. W., J. U. M. Jarvis, y R. D. Alexander, eds.). Princeton University Press. New Jersey, EE.UU.
- Jones, W. T. 1986. Survivorship in philopatric and dispersing kangaroo rats (*Dipodomys spectabilis*). *Ecology* 67:202-207.
- Waser, P. M., y W. T. Jones. 1983. Natal philopatry among solitary mammals. *The Quarterly Review of Biology* 58:355-390.

Sometido: 22/jun/2023.

Revisado: 06/jul/2023.

Aceptado: 13/jul/2023.

Publicado: 20/jul/2023.

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

¿VECINOS INCÓMODOS? MURCIÉLAGOS ARTROPODÓFAGOS NUESTROS VECINOS VIGILANTES

Rosa María Gómez-Ugalde^{1*} y Rosa María Martínez-Gómez²

¹Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Tecnológico Nacional de México, Nazareno Xoxocotlán, Oaxaca, México. rosa.gu@voaxaca.tecnm.mx

² Independiente. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. profundulusoaxacae@gmail.com

*Autor de correspondencia

En los ecosistemas urbanos aun podemos encontrar remanentes de vegetación donde habitan animales silvestres que podemos ver y/o escuchar con cierta facilidad como las aves, sin embargo, si ponemos atención, también podemos encontrar a los murciélagos, los vigilantes nocturnos.

En el México Precolombino, el murciélago fue considerado tanto un ser del inframundo y la oscuridad como parte del culto al maíz y la fertilidad. Por ejemplo, para los mixtecos y zapotecos, el murciélago representaba la conexión entre el suelo y el agua que permite el crecimiento del maíz. En las culturas mesoamericanas, se reconocía su importancia y eran venerados como seres que causaban temor y admiración. Esta cosmovisión del murciélago evitaba causarles daño, así como alterar los lugares en donde se les veía, conservado así la biodiversidad con la que cohabitaba. Con la llegada de los conquistadores españoles, la forma en cómo se percibía a los murciélagos cambió; la introducción del concepto del vampirismo asociada a la existencia de tres especies de murciélagos con una dieta basada en el consumo de sangre transformó la cosmovisión prehispánica. Se les asoció a seres demoniacos, magnificando el temor hacia ellos, eliminando el respeto y admiración por nuestros amigos de la noche. A pesar de lo anterior, aun podemos observar en nuestros días algunos vestigios de cuando se les consideraba seres míticos, capaces de traer las lluvias como es el caso de los yaquis del estado de Sonora o cuando son utilizados como fuente de inspiración para la creación de alebrijes en el estado de Oaxaca. ¿Qué sería de los artesanos que utilizan la fauna silvestre en general y a los murciélagos en particular como inspiración para sus creaciones si éstos no existieran?



Alebrije de murciélago, artesanía oaxaqueña tallada en madera.
Fotografía: R. M. Gómez-Ugalde

Los murciélagos en ocasiones son considerados “vecinos incómodos” por la creencia de que todos se alimentan de sangre (hematófagos) y transmiten enfermedades. Adicionalmente, se piensa que no proporcionan un beneficio económico y ni siquiera nos alegran la vista; pero lo cierto es que a estos amigos de la noche rara vez los vemos porque cuando nosotros descansamos ellos trabajan. Durante las horas de actividad nocturna estos “vecinos incómodos” se alimentan en los remanentes de vegetación natural, áreas de cultivo, parques y jardines, donde su tipo de alimentación les confiere la capacidad de polinizar cultivos, regenerar bosques y especialmente controlar poblaciones de mosquitos.

Pensemos en todo lo que realizan estos pequeños mamíferos voladores; por ejemplo, se alimentan del néctar de las plantas de agave que solo abren su flor por las noches, contribuyendo en la industria del tequila y mezcal, participando en la producción de materia prima de calidad. Por otra parte, los murciélagos consumidores de frutos, como el murciélago zapotero *Artibeus jamaicensis* toma su alimento de algunos árboles frutales que al momento de defecar expulsan las semillas de los frutos que consumieron. Las semillas, al pasar por el tracto digestivo de nuestros amigos de la noche, se encuentran listas para germinar.

Como ya mencionamos los murciélagos tienen dietas diferentes entre los cuales se encuentran los artrópodos, organismos consumidores de artrópodos (animales invertebrados provistos de apéndices “patas”, compuestos de artejos -piezas articuladas- como los mosquitos, mariposas y arañas, entre otros), que actúan como controladores de plagas. Estos vecinos nocturnos son considerados insecticidas naturales ya que pueden consumir entre 400 y 600 artrópodos por hora. En los ambientes modificados por el hombre con presencia de actividades agrícolas, el murciélago cola suelta mexicana *Tadarida brasiliensis* realiza su principal función, comer artrópodos; su menú del día incluye insectos adultos del gusano cogollero del algodón (*Helicoverpa zea*), cuyas larvas se sabe afectan el desarrollo del cultivo. Cuando nuestros amigos cola suelta mexicana consumen la fase adulta del gusano cogollero, se rompe su ciclo de vida reduciendo el número de individuos en los cultivos de algodón. Es tan reconocida la participación de los murciélagos en las actividades agrícolas que, en el Delta del Ebro, en La Isla de Buda, un humedal de Cataluña, España, los agricultores colocan cajas refugio para favorecer la permanencia de los murciélagos en los cultivos de arroz para reducir el uso de agroquímicos.



Murciélago zapotero *Artibeus jamaicensis* su alimentación preferida son los frutos.
Fotografía: A. Jiménez-Añorve.

La dieta de estos murciélagos no solo reduce la utilización de agroquímicos, también disminuye los riesgos a la salud al ser parte de su dieta organismos considerados transmisores de enfermedades. En las últimas décadas, la aparición de enfermedades como zika, chikungunya, dengue y fiebre amarilla, resalta la importancia de cuidar a nuestros "vecinos incómodos". En este contexto la persistencia de especies de murciélagos artropodófagas, con poblaciones saludables permite mantener las funciones que estos organismos proporcionan al ser humano coadyuvando en el control de artrópodos considerados vectores (transmisores) de enfermedades.



Rostro del murciélago cola suelta mexicano *Tadarida brasiliensis* que se alimenta de artrópodos. Fotografía: R. M. Gómez-Ugalde.

Por otra parte, a pesar de que se han considerado a los murciélagos como reservorios (organismos portadores) de agentes causantes de enfermedades como el ébola y la rabia, su participación se debe más a un manejo inadecuado de animales silvestres y de compañía que a un ataque intencionado de éstos hacia al ser humano. Con respecto a la incidencia de la rabia, en México, la Organización Mundial de la Salud, declaró en el 2019 a México "libre de rabia humana transmitida por perros"; sin embargo, debido a la aparición de casos recientes relacionados con fauna doméstica (gatos y perros) y mamíferos silvestres (murciélagos y zorros), se emitió una alerta epidemiológica al respecto.

La rabia afecta a mamíferos domésticos o silvestres incluido el humano, y se transmite por el contacto directo con la saliva del mamífero infectado, lo que puede ocurrir por mordeduras o arañazos. Por lo anterior es prioritario vacunar a todo animal de compañía como medida efectiva de prevención de la rabia. En México, se realiza la semana nacional de vacunación masiva contra la rabia (gratuita), la que de acuerdo

con la Secretaría de Salud se ha realizado sin interrupción desde 1990. Adicionalmente, y no menos importante hay que evitar tener contacto con mamíferos silvestres y no realizar actividades con el propósito de controlar sus poblaciones ya que en muchas ocasiones los métodos utilizados terminan siendo contraproducentes llegando a poner en riesgo a los participantes.

Por lo anterior en caso de interactuar con un murciélago, porque éste entre a tu domicilio, trata de guiarlo hacia un punto de salida exterior cerrando otras vías de escape. Nunca trates de agarrarlo sin protección, en caso de contacto directo lava con agua abundante y jabón la zona afectada y si te llegaron a morder o rasguñar o tienes dudas al respecto acude a los servicios de urgencias médicas de tu localidad.

El murciélago cola suelta mexicano es una de las especies de quirópteros (murciélagos) con más amplia distribución; lo podemos encontrar desde Estados Unidos de América hasta Argentina, y aparentemente ha sobrevivido a los cambios de su hábitat aprovechando infraestructuras creadas por el hombre como puentes, casas abandonadas y techos de tejas, donde si las condiciones de temperatura y humedad son propicias, las utiliza como vivienda. En ocasiones, sin saberlo hemos coexistido con estos murciélagos artropodófagos, quienes, a pesar de su pequeño tamaño, recorren durante la noche grandes distancias atravesando parques y jardines en áreas urbanizadas y/o cultivares en agroecosistemas.

Algunos de nosotros hemos habitado a escasos metros de ellos de forma rutinaria; han sido nuestros inquilinos en los techos cubiertos por tejas de nuestras casas y edificios abandonados, recibiendo los beneficios que su actividad nocturna nos proporciona sin darnos cuenta de su existencia. En esos espacios en ocasiones los podemos encontrar con otras especies artropodófagas como el murciélago moreno *Eptesicus fuscus* con quien se organiza y divide el espacio como dice el dicho "juntos, pero no revueltos". Es curioso ver como se organizan para salir de los sitios donde cohabitan, pareciera que tienen un estructurado sistema de tránsito para no tener accidentes. En un sitio de descanso nocturno compartido por el murciélago cola suelta mexicano y el murciélago moreno hemos podido observar que cada especie toma por decirlo así su carril en extremos opuestos del techo de tejas que les proporciona cobijo en los ambientes urbanizados.



Edificio con tejas habitado por el murciélago cola suelta mexicano *Tadarida brasiliensis* y el murciélago moreno *Eptesicus fuscus*.
Fotografía: Rosa María Gómez-Ugalde

El murciélago cola suelta mexicano llega a formar agrupaciones de millones de individuos conocidas como colonias, aunque también los podemos encontrar formando grupos de apenas unos cientos de ejemplares. Las colonias más numerosas las encontramos en ambientes más conservados al norte de México, en tanto que en áreas con diferente grado de urbanización el número de individuos puede variar en

función del espacio disponible y el efecto que el crecimiento de la mancha urbana tiene sobre ellos. La reducción de sitios adecuados para su descanso, protección y reproducción, así como la utilización de agroquímicos e insecticidas, son algunos factores que reducen el tamaño de sus poblaciones.

En este sentido se ha registrado que los murciélagos que habitan viviendas y edificios presentan con mayor frecuencia coloraciones anómalas en su pelaje (variaciones en el patrón de coloración del pelaje) que van de pequeños mechones de pelo blanco en diferentes partes del cuerpo hasta una coloración de pelaje completamente blanquecina. Las causas del por qué ocurren aún están en discusión, sin embargo, se les relacionan con una expresión de baja diversidad genética, condición esperada en poblaciones pequeñas. Esta condición puede afectar el éxito reproductivo y sobrevivencia de los individuos ya que pueden ser más fácilmente depredados en sus vuelos nocturnos al perder su camuflaje natural en la oscuridad de la noche.



Ejemplares del murciélago cola suelta *Tadarida brasiliensis* con manchas blanquecinas en el cuerpo, consideradas atípicas (anormales). Fotografías: R. M. Gómez-Ugalde.

Actualmente, existen diferentes grupos que promueven una convivencia sana con nuestros vecinos nocturnos. La Red Latinoamericana y del Caribe para la Conservación de los Murciélagos (RELCOM), por ejemplo, agrupa profesionales de México, Guatemala, Brasil, Costa Rica y Bolivia que trabajan de forma coordinada en estrategias que coadyuvan en la preservación de nuestros amigos de la noche. La RELCOM ha generado material accesible que te permite conocerlos, apreciarlos y convertirte en un aliado en la conservación de la naturaleza. En su página web (<https://www.relcomlatinoamerica.net/>) existe la "Murcîteca" (biblioteca digital con información sobre los murciélagos), donde podemos leer cuentos, como por ejemplo "Horacio y la leyenda de la espada mágica" y "Marcelo el murciélago", que narran las andanzas de murciélagos vigilantes nocturnos. Además, se encuentran disponibles libros, folletos, videos y cápsulas de radio que son utilizados en estrategias de conservación en diferentes países. Por otra parte, el Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca recibe, a solicitud, de forma regular al público en general y estudiantes de los diferentes niveles educativos, que estén interesados en conocer sobre la biodiversidad que alberga el estado. Particularmente, el Laboratorio de Biología de la Conservación, proporciona tanto información sobre los murciélagos como orientación que permita resolver conflictos con nuestros "vecinos incómodos", y pone en contacto con toda una red de apoyo para la conservación de estos amigos alados.

Después de leer acerca de estos pequeños pero fuertes seres extraordinarios mal llamados "vecinos incómodos" ¿no crees que un mejor nombre para los murciélagos artropodófagos sería "vecinos vigilantes nocturnos"? Los murciélagos contribuyen al mantenimiento de los ecosistemas naturales y los modificados por el hombre, trabajan cada noche en actividades que benefician al ser humano, sería un buen momento para hacer lo mismo por ellos.

LITERATURA CONSULTADA

- Arita, H. T y J. Ortega R. 2005. *Tadarida brasiliensis* (I. Geoffroy, 1824). Pp. 335-337 in Los mamíferos silvestres de México (Ceballos, G. y G. Oliva, eds.). Fondo de Cultura Económica. México. Distrito Federal, 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.
- Galarza, M. I., L. F. Aguirre y P. Sosa-Moya. 2011. Horacio y la leyenda de la espada mágica. PCM Bolivia. <https://www.relcomlatinoamerica.net/images/PDFs/Cuentos/HORACIO2.pdf>. Consultado el 24 de julio del 2023.
- Guevara-Chumacero. L. M., y A. Sainoz Aguirre. 2012. Murciélagos: controladores naturales de plagas agrícolas. *ContactoS* 83:29-35.
- Hernández-Huerta. A. 2015. Murciélagos: Sombras voladoras nocturnas. Secretaría de Educación de Veracruz. Veracruz, México.
- Navarro, L., y J. Sebastián. 1997. Marcelo el murciélago. PCM México. Bat International Conservation Inc. Texas, EE.U.U. <https://www.relcomlatinoamerica.net/images/PDFs/Cuentos/-CuentoMarcelo.pdf>. Consultado el 24 de julio del 2023.
- PECMA. 2022. Programa de Conservación de Murciélagos de Argentina: Cartilla educativa 43. <https://www.relcomlatinoamerica.net/images/PDFs/Cartilla-Educativa-PCMA-2022.pdf>. Consultado el 01 de junio del 2023.
- Puig-Montserrat, X., *et al.* 2020. Experiencia: Arrozales del delta del Ebro, Tarragona 2.9. Cajas refugio en arrozales y humedales del delta del Ebro (Cataluña) Pp. 49-51 in Cajas refugio para murciélagos: recomendaciones para su correcta colocación y revisión. Experiencias realizadas. (Alcalde, J.T., *et al.*, eds.). *Journal of Bat Research and Conservation*. Número especial 13, Asociación Española para la Conservación y el Estudio de los Murciélagos.
- Retana-Guascón, O. G. y M. L. Navarrijo-Ornelas. 2019. Los valores culturales de los murciélagos. *Revista Mexicana de Mastozoología Nueva época* 2:18-26.
- Secretaría de Salud. 2023. Manual de Procedimientos Estandarizados para la Vigilancia Epidemiológica de Rabia humana. Versión 2023. Secretaría de Salud, Dirección General de Epidemiología. Ciudad de México, México.
- Segura-Trujillo, C. A. 2017. Letter to the editor Arthropodophagy vs "insectivory" in bats. *Therya* 8: 89-90.
- Uieda, W. 2000. A review of complete albinism in bats with five new cases from Brazil. *Acta Chiropterologica* 2:97-105

Sometido: 02/jul/2023.

Revisado: 24/jul/2023.

Aceptado: 25/jul/2023.

Publicado: 27/jul/2023.

Editor asociado: Dr. Juan Pablo Ramírez-Silva

EL ÚLTIMO VUELO DEL MYOTIS

Sergio Ticul Álvarez-Castañeda

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.

La Paz. Baja California Sur, México. sticul@cibnor.mx

Las islas son ambientes muy particulares para los estudios de los seres vivos en particular del grupo de los mamíferos, pero primero hay que llegar a ellas.

La exploración de las islas del Golfo de California, el área de Norteamérica con posiblemente la mayor cantidad de especies endémicas de islas del continente. Se realizó durante la primera mitad del siglo XX. Los viajes se hacían en embarcaciones de vela y a partir de la segunda mitad se comenzaron a usar embarcaciones con motor. Sean en grandes buques o en pequeñas embarcaciones. Los viajes a las islas permitieron descubrir muchos taxa endémicos, que incluyen desde roedores hasta venados y registros de varios que posteriormente serían considerados como extintos. En las islas del Golfo de California y el Pacífico noroeste de México, se tienen un alto número de islas, que suman más de 800 y como muchas de ellas son próximas a las regiones continentales, sea del macizo de México o de la península de Baja California fueron invadidas por taxa de mamíferos durante la Última Glaciación Máxima, hace aproximadamente 21,000 años. Hay que considerar que durante la Última Glaciación Máxima se registró que el nivel medio del mar debió de haber descendido aproximadamente 120 metros por debajo del nivel medio actual. Un nivel tan bajo del mar permitió que la península y su plataforma continental tuvieran un área muchísimo más amplia y que varias de las islas formaran parte de todas las tierras emergidas.

Las especies de mamíferos de la región del noroeste de México ocuparon todas las tierras posibles con los ambientes adecuados del noroeste. En el momento en que el nivel medio del mar se comenzó a elevar, las partes bajas se inundaron paulatinamente y las altas comenzaron un proceso de aislamiento, por lo que las poblaciones se aíslan de las de tierra firme y se suspende el flujo genético entre la isla y la parte continental.

Los taxa que invadieron las islas durante este periodo presentan características morfológicas que permiten diferenciarlos de las de la región continental, pero la diferenciación genética es mínima, por lo que siguen siendo subpoblaciones de las continentales a pesar de su aislamiento reproductivo. Existen islas que no son consideradas como islas-puente (islas próximas a continente a las que las especies pudieran llegar sobre objeto flotante) y que su aislamiento geográfico ha sido por más tiempo, por lo que las poblaciones de estas islas tienen además de las diferenciaciones morfológicas también genéticas que permiten su diferenciación a nivel de especie. Hay que considerar que a pesar de la reducción en el nivel medio del mar en el centro del Golfo de California existe un borde de divergencia por una dorsal oceánica. Lo que se explica que en la parte más profunda del Golfo de California hay una falla geológica que proporciona material incandescente (magma) al suelo marino, por lo que ambos lados de la falla se separan. Esto produce que la península de Baja California dentro de la Placa Tectónica del Pacífico se esté separando del continente en la Placa Tectónica de Norteamérica.

La presencia de la dorsal oceánica en el Golfo de California en conjunto con el Río Colorado provoca una barrera fisiográfica muy importante para la dispersión de los mamíferos terrestres y sobre todo para las especies de menor tamaño, por lo que

existen varias especies que tienen sus límites de distribución en esta barrera. En contraparte, las condiciones climáticas a ambos lados de la barrera Río Colorado-Golfo de California son muy similares, excepto en la parte sur, donde la región continental es más húmeda que en la peninsular, que es un desierto cálido. Esta amalgama que combina factores ambientales, geológicos y de distintas elevaciones en el nivel del mar, ha causado una alta variación de condiciones diferenciales entre poblaciones, islas, fisiografía de las islas y el efecto latitudinal que hace que se tenga una polirepresentación de los taxa de las especies. Se tienen especies con una presencia constante en diferentes islas como es el caso de los roedores *Chaetodipus spinatus* (ratón de abazones espinoso) o *Peromyscus gambelii* (ratón común del Pacífico). En contraparte hay especies que se encuentran en la región próxima de la península de Baja California y sus especies evolutivamente más cercanas están en la región del macizo continental como es el caso de *Peromyscus eremicus* (ratón común del desierto) con *P. guardia* (ratón común de isla Ángel de la Guarda) o *P. interparietalis* (ratón común de la isla Salsipuedes). O de especies en las que las otras subespecies se ubican en regiones montañas como el caso de *Peromyscus boylii* (ratón común de las montañas). Esta combinación de factores implica que algunas de las especies ubicadas en las islas son en realidad la representación historia de la paleodistribución de diferentes especies durante el Pleistoceno Superior que llegaron hasta nuestros días.

El hecho de considerar que algunas de las especies de las islas representan una paleodistribución, implica que en la actualidad no se encuentran en zonas con las condiciones óptimas de distribución y posiblemente de hábitat de la especie. Los cambios ambientales se han realizado en un periodo muy corto, menos de 20,000 años, por lo que la capacidad de adaptación puede no ser suficiente para estar plenamente aptos para el nuevo y cambiante ecosistema.

Las islas del noroeste de México no han sido pobladas por humanos de manera permanente, pero si han sido habitadas temporalmente. Las dos causas de habitación principales de las islas son la de minas de extracción de guano, en la que se explotan los depósitos de guano de las aves en los sitios de anidación y el uso de las islas como campamentos pesqueros en los que una colonia de pescadores se establece por una temporada para hacer aprovechamiento de los recursos pesqueros de la región como pueden ser de escama, moluscos o langosta. Bajo ambas condiciones los campamentos llevan de manera accidental a las islas, algunas especies invasoras como los roedores domésticos como las ratas (*Rattus rattus*) o los ratones de casa (*Mus musculus*). Estas especies se convierten en una plaga para los mismos campamentos, por lo que después llevan gatos (*Felis catus*) para su control, además de cabras (*Capra aegagrus*) para poder tener un alimento fresco que no sea pescado. Al final de cuentas los gatos, cabras y roedores se salen del control de los humanos, se convierten en ferales y son competencia o predadores de la fauna nativa, que en 11 casos han llevado a la extinción de diferentes taxa.

En la actualidad, se han registrado como taxa extintos del noroeste de México a los roedores: *Chaetodipus baileyi fornicaus* (ratón de abazones de isla Montserrat), *Peromyscus guardia mejiae* (ratón común de isla Mejía), *P. g. harbinsoni* (ratón común de isla Granito), *P. g. guardia* (ratón común de isla Ángel de la Guarda), *P. pembertoni* (ratón de isla San Pedro Nolasco),

P. maniculatus cineritius (ratón común de isla San Roque), *P. slevini* (rata de isla Santa Catarina), *Neotoma anthonyi* (rata de isla Todos Santos), *N. martinensis* (rata de isla San Martín), *N. bunkeri* (rata de isla Cedros), y *N. insularis* (rata de isla Ángel de la Guarda).

En todos los casos mencionados anteriormente solamente en el de *Peromyscus slevini* (ratón común de isla Santa Catarina) se ha detectado que la disminución de la población nativa es por la introducción accidental de la especie nativa más común de *Peromyscus* de la región peninsular, que es una especie con características evolutivamente más desérticas mientras que la de *P. slevini* tienden a ser más méxicas (de clima más templado). El incremento de la temperatura y la presencia de *P. fraterculus* (ratón común de la península de Baja California) es la causa probable por la que suceda una sustitución ecológica, especies adaptadas a ambientes similares y nativas de la región.

Se debe de mencionar que en los últimos años se han realizado campañas exitosas de control de fauna introducida en las islas con especial énfasis en los roedores, gatos y cabras y que en varias de las islas se ha tenido éxito, hasta llegar a la erradicación de las mismas. Desafortunadamente, para muchos de los taxa estas acciones llegaron muy tarde y ya se encontraban extintas. Las islas del noroeste de México son un muy buen laboratorio natural para el estudio de trabajos que van desde la taxonomía hasta la evolución, adaptación y ecología, en la que el único límite es la capacidad de poder plantear preguntas académicas adecuadas en la que las diferentes poblaciones sea una condición del laboratorio natural a examinar.

La exploración de las islas tiene que ver mucho con la historia de la navegación y muchas de esas prospecciones se realizaron en embarcaciones de vela que circunnavegaron todo el mundo. Es por ello que en este escrito se hace también puntador a un pequeño bajel, nombrado "Myotis" en honor a los murciélagos que habitan en las islas rodeadas de las aguas que surca las aguas y que alude a las faenas de la navegación a vela. La historia de mar en la que este tipo de navegación se realizaba con paños y cabos, donde hay que encontrar el barlovento (dirección de donde llega el viento) y con él poder dominar desde el navegar ciñendo hasta el tocar por la aleta. En las épocas que se tenían que considerar las mareas lunares y las corrientes marinas, casi tanto como a los vientos. La propulsión de la embarcación era por la experiencia de dominar las fuerzas de la naturaleza para al final del día al llegar a la isla y poder encontrar un abrigo donde fondear al socaire en un buen tenedero, para poder bajar la yola (embarcación pequeña) y arribar a la isla.



Foto del último vuelo de "Myotis", embarcación de vela que ha navegado en múltiples ocasiones el mar de Cortés.
Fotografía: Sergio Ticul Álvarez-Castañeda.

Las islas son ecosistemas muy frágiles en las que cambios menores pueden modificar las interacciones entre las diferentes especies, pero la introducción de especies es probable que en corto plazo cause la extinción de las poblaciones nativas, como se ha registrado en repetidas ocasiones.

LITERATURA CONSULTADA

- Álvarez-Castañeda, S. T., G. Arnaud, P. Cortés-Calva, y L. Méndez. 2010. Invasive migration of a mainland rodent to Santa Catalina Island and its effect on the endemic species *Peromyscus slevini*. *Biological Invasions* 12:437-439.
- Álvarez-Castañeda, S. T., P. Cortés-Calva, L. Méndez, y A. Ortega-Rubio. 2006. Development in Sea of Cortés calls for mitigation. *BioSciences* 56:825-829.
- Álvarez-Castañeda, S. T., y C. Lorenzo. 2016. Genetic evidence supports *Sylvilagus mansuetus* (Lagomorpha: Leporidae) as a subspecies of *S. bachmani*. *Zootaxa* 4196:289-295.
- Álvarez-Castañeda, S. T., y R. W. Murphy. 2014. The endemic insular and peninsular species *Chaetodipus spinatus* (Mammalia, Heteromyidae) breaks patterns for Baja California. *PlosOne* 9:e116146:1-26.
- Álvarez-Castañeda, S. T., y L. A. Nájera-Cortazar. 2020. Does islands populations change in size and form in relation to mainland counterparts? *Journal of Mammalogy* 101:373-385.
- Álvarez Castañeda, S. T. y J. L. Patton. 2000. Mamíferos del Noroeste Mexicano II. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., 2:584-873.



Patrulla de la Armada de México utilizada por el grupo del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. (CIBNOR) para la exploración de las islas.
Fotografía: Sergio Ticul Álvarez-Castañeda.

Sometido: 11/jul/2023.

Revisado: 27/jul/2023.

Aceptado: 01/ago/2023.

Publicado: 02/ago/2023.

Editor asociado: Dra. Mariana Munguía Carrara.

CAFETALES: UN HOGAR ALTERNATIVO PARA LOS MURCIÉLAGOS

Nohema A. López-Flores, Jorge E. Morales-Mávil y Edgar Ahmed Bello-Sánchez*

Laboratorio de Biología del Comportamiento, Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana. Xalapa de Enríquez, Veracruz, México.

nohema_if@hotmail.com (NAL-F), jormorales@uv.mx (JEM-M) y ebello@uv.mx (EAB-S)

*Autor de correspondencia

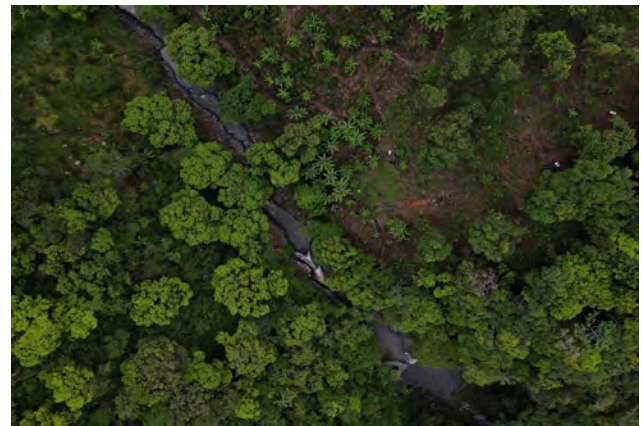
Los cafetales bajo sombra, por su diseño y estructura, brindan a los animales silvestres beneficios similares a los bosques originales. Los murciélagos son uno de los grupos que más se han beneficiado de este cultivo al ofrecerles refugio y alimento.

En algún lugar de la zona montañosa de Veracruz, México, el sol se oculta con lentitud, colándose sutilmente por los pequeños arbustos verdes de cafeto. Los árboles que les dan sombra se mueven pausadamente debido al viento, entre ellos se reconoce una higuera y ¡oh!... algunas siluetas voladoras se mueven velozmente alrededor del árbol. ¿Qué son? ¿Qué hacen? ¡Son murciélagos!, y están comiendo las frutillas de la higuera más grande que hay en ese cafetal, pero... ¿Qué hacen los murciélagos en los cafetales? ¿Se han mudado del bosque?

Desafortunadamente, el hogar de muchos animales y plantas silvestres se está perdiendo, debido a la transformación de los ecosistemas por el ser humano. Por ejemplo, la agricultura y la ganadería que, aunque nos permiten obtener alimentos y otros beneficios económicos, su incremento da como resultado la reducción de la superficie que originalmente estaba cubierta por bosques. Evidentemente, los daños se ven reflejados en casi todos los tipos de ecosistemas, por ejemplo, en desiertos, matorrales, bosques templados y tropicales, de los cuales, los dos últimos son de los ecosistemas más afectados.

Los ecosistemas tropicales tienen características que los vuelven sitios atractivos para establecer áreas dedicadas a la producción agropecuaria. Esto se debe principalmente, a que la inversión económica para los productores es baja, debido a que ofrecen una alta disponibilidad de recursos por las condiciones de temperatura y humedad que existen en ellos. Sin embargo, como resultado de la transformación de estos ecosistemas se presenta un panorama de hectáreas de paisajes compuestos de pequeños fragmentos de bosque y mosaicos de campos agrícolas y ganaderos. En este nuevo escenario, vemos con más frecuencia fauna silvestre viviendo o visitando ocasionalmente las plantaciones y otros campos destinados a la producción agrícola.

Entonces, ante el gran problema al que nos enfrentamos, es difícil no llegar a preguntarse; ¿es posible establecer un balance entre la producción agrícola y la conservación de la biodiversidad? Entre las diferentes actividades de producción, algunos cultivos y plantaciones han tomado relevancia debido a la complejidad de su estructura, lo que los ha llevado a ser considerados importantes reservorios de biodiversidad, debido a que al perderse o reducirse los bosques, muchos animales han encontrado refugio y/o alimento en estos ambientes.



Fragmentos de selva mediana subperennifolia y cultivos de café, plátano y bambú en Monte Blanco, Teocelo, Veracruz, México. Fotografía: Alejandro Sánchez Barradas.

Profesionales de la biología han realizado diversos estudios para corroborar la función de los agroecosistemas en la conservación de la biodiversidad y registrar qué especies son las que los están utilizando, cómo y para qué. Algunos ejemplos de agroecosistemas son las plantaciones de hule, cacao y café; particularmente, el cultivo del café es de los más extendidos y estudiados en muchos países de América. Además, su cultivo es una actividad económica muy importante, por ejemplo, en México pese a no ser originario del país, forma parte fundamental para la sociedad humana tanto en el contexto económico, cultural y ambiental.

El cultivo del café puede brindar múltiples servicios, no obstante su importancia ambiental depende del tipo de producción. En términos generales, el café se siembra de dos maneras; una de ellas es donde las plantas de café se encuentran expuestas al sol (monocultivo) y, una segunda, manteniendo las plantas de café bajo la sombra de árboles de diferentes especies (policultivo bajo sombra), entre las más comunes se encuentran chalahuites, jinicuiles, naranjos, macadamias e incluso, mangos y zapotes. También, es frecuente encontrar plátanos, árboles de palo mulato, higueras y arbustos de hierba santa, además de pequeñas plantas herbáceas que forman parte importante de nuestra dieta, como el chile y el tomate.

Gracias a la sombra que se genera en los cafetales, se brindan algunos servicios ambientales similares a los ecosistemas originales; por ejemplo, retienen humedad, mantienen una buena captación de carbono, recargan los mantos acuíferos, proporcionan materia orgánica al suelo y, muy importante, brindan disponibilidad de refugios, sitios para anidación y alimentación para diferentes grupos de animales, entre los que se encuentran los murciélagos. Es por todos estos beneficios ambientales que los cafetales se han denominado verdaderos agroecosistemas.



Murciélago de cara arrugada (*Centurio senex*) perchado sobre una rama mientras se alimenta de un fruto.
Fotografía: Erick Rodrigo Ocaña Díaz.

Los murciélagos son un grupo fascinante de animales; como seguro ya haz escuchado, son los únicos mamíferos que pueden volar. Esta habilidad única, les da la ventaja de poder desplazarse decenas de kilómetros en una sola noche, explotando una gran diversidad de recursos para alimentarse. En este grupo de mamíferos, los hay artrópodófagos y carnívoros, que consumen grandes cantidades de presas en un corto periodo y pueden controlar poblaciones de artrópodos en particular insectos, anfibios, reptiles, aves e incluso otros mamíferos.

También, existen murciélagos frugívoros, que facilitan la dispersión de las semillas de los frutos de los que se alimentan. Estos murciélagos son considerados como los jardineros de los ecosistemas. Otros murciélagos son eficientes polinizadores; de hecho, nos permiten disfrutar de bebidas culturalmente muy importantes como el tequila, el mezcal y el pulque, ya que polinizan las plantas de agave.

Por otro lado, un grupo de murciélagos del que seguramente ya has escuchado hablar y que mucha gente les atribuye una mala reputación, es el de los hematófagos, es decir, los que se alimentan de sangre. Los cuales son poco apreciados pese a los beneficios que también nos brindan. La investigación de estos murciélagos es importante en el contexto médico; debido a que se ha encontrado que en su saliva se encuentran activadores (desmoteplasa) y proteínas (draculina) que actúan como potentes inhibidores de la agregación plaquetaria y anticoagulantes que tienen aplicación en terapias contra accidentes cerebrovasculares y ataques cardíacos.

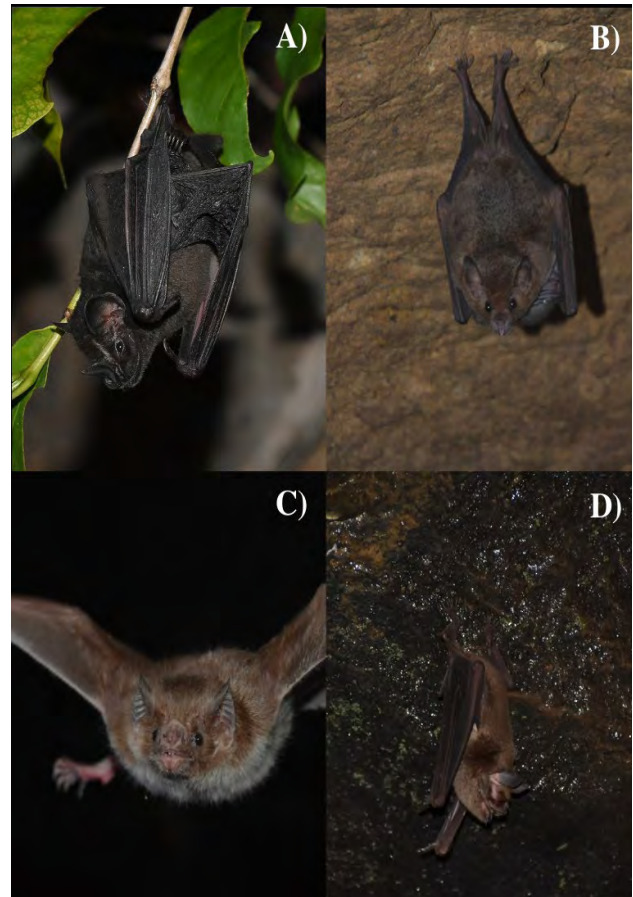
Y entonces, ¿es posible encontrarse con todos estos grupos de murciélagos en los cafetales bajo sombra? Para los frugívoros, alimentarse en este tipo de vegetación es relativamente fácil, ya que suelen encontrar una gran variedad de frutos; asimismo, también encuentran protección en los cafetales, algunos suelen construir sus refugios en el envés de hojas grandes como las de plátano. Así, es posible que si vas a un cafetal y buscas entre estas plantas, tal vez encuentres murciélagos acampando en ellas. Aunque para estos animales, construir su propia tienda de campaña no es la única manera de encontrar hogar entre los cafetales, también pueden refugiarse en los troncos huecos de los árboles viejos que se encuentran en el cultivo. Con su presencia, los murciélagos frugívoros retribuyen a los productores; su papel como jardineros de los ecosistemas ayuda a mantener los paisajes conectados y los cafetales en buen estado; eliminando plagas y contribuyendo a la dispersión de semillas.

Otro grupo de murciélagos que puede encontrar alimento en los cafetales es el de los polinizadores. Algunos de estos suelen buscar y encontrar alimento en sitios donde el ambiente está compuesto principalmente por arbustos.

Evidentemente, en un cafetal bajo sombra, hay muchos arbustos de donde alimentarse. De esta manera, al consumir el polen de las flores, aportan un granito de arena o mejor dicho, granitos de polen a la restauración y mantenimiento de estos agroecosistemas.

Para los murciélagos artrópodófagos es un poco más difícil encontrar alimento en los cafetales, sobre todo cuando se aplican herbicidas o insecticidas, ya que se reduce la cantidad de alimento disponible. Se han realizado estudios donde se ha evaluado la eficiencia en el control de plagas entre los murciélagos y los productos químicos, los resultados son sorprendentes; los murciélagos realizan un trabajo impecable reduciendo las poblaciones de plagas sin generar gastos económicos. Específicamente, en los cafetales se ha visto que algunos murciélagos insectívoros son cazadores incansables, por lo que el ahorro que aportan se extiende a este cultivo. Los cafetales bajo sombra, también brindan protección contra depredadores para este grupo de murciélagos, permitiéndoles aventurarse a recorrer grandes distancias al utilizar estos cultivos como sitios de conectividad para extender sus recorridos en búsqueda de alimento.

Por último, los murciélagos hematófagos también se benefician de los cafetales de manera similar a los artrópodófagos; utilizan la densa vegetación que ofrecen estas plantaciones para desplazarse sin ser observados. De las tres especies de murciélagos que consumen sangre, solo una de ellas se alimenta de animales domésticos, como el ganado ovino, bovino, los caballos o las aves de corral. Las otras especies hematófagas prefieren alimentarse de la sangre de animales silvestres, sin embargo, en ocasiones las podemos encontrar en los cafetales bajo sombra porque, al igual que otros murciélagos, los animales de los que se alimentan, han encontrado refugio en estos cultivos.



Hábitos alimenticios de murciélagos presentes en cafetales bajo sombra: A) frugívoro (*Dermanura tolteca*), B) nectarívoro (*Glossophaga morenoi*), C) hematófago (*Desmodus rotundus*), D) artrópodófago (*Pteronotus mesoamericanus*).
Fotografías: Nohema A. López-Flores (A, C y D) y Orlando R. Vivanco Montañé (B).

De esta manera, gracias a que los productores mantienen los cultivos de café del tipo bajo sombra, podemos encontrarnos con murciélagos de casi todos los hábitos alimenticios, principalmente, con aquellos que no tienen preferencias específicas en su alimentación. Sin embargo, existen algunas especies de murciélagos que se encuentran con muchos límites dentro de los cafetales y para ellas es muy difícil, o imposible, encontrar un hogar entre las áreas dedicadas al cultivo del café, nos referimos a los murciélagos carnívoros. Esto se debe a que generalmente estas especies de murciélagos necesitan grandes extensiones de territorio cubiertos por bosques para alimentarse y refugiarse. Por ello, los cafetales no son una buena opción de hogar para estos murciélagos.

Estos héroes con alas son indispensables en el funcionamiento de los ecosistemas y, aunque los cafetales no son bosques tropicales, son sitios donde algunos murciélagos pueden mudarse para vivir o alimentarse. Por esto, es importante, si se cultiva café, que sea bajo sombra.

AGRADECIMIENTOS

Extendemos un cordial agradecimiento a los habitantes de la comunidad de Monte Blanco, Veracruz, México, por el apoyo y hospitalidad que nos brindaron al realizar nuestro monitoreo de murciélagos en sus cafetales. A los Mtros. A. Sánchez Barradas, E. R. Ocaña Díaz y O. R. Vivanco Montané por la donación de sus fotografías para este escrito.

LITERATURA CONSULTADA

- Castro-Luna, A. A., V. J. Sosa, y G. Castillo-Campo. 2007. Quantifying phyllostomid bats at different taxonomic levels as ecological indicators in a disturbed tropical forest. *Acta Chiropterologica* 9:219-228.
- Contreras-Hernández, A. 2010. Los cafetales de Veracruz y su contribución a la sustentabilidad. *Estudios Agrarios* 45:143-161.
- Ligabue-Braun, R., H. Verli, y C. R. Carlini. 2012. *Venomus mammals: A review*. *Toxicon* 59:680-695.
- López-Gómez, A. M., G. Williams-Linera, y R. H. Manson. 2008. Tree species diversity and vegetation structure in shade coffee farms in Veracruz, México. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 12:160-172.
- Manson, R. H., A. Contreras-Hernández, y F. López-Barrera. 2008. Estudios de la biodiversidad en cafetales. Pp. 1-14 *in* Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación (Manson, R. H. et al., eds.). Instituto de Ecología A.C. (INECOL) e Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), Distrito Federal, México.

Sometido: 10/jul/2023.

Revisado: 27/jul/2023.

Aceptado: 01/ago/2023.

Publicado: 02/ago/2023.

Editor asociado: Dra. Natalia Martín-Regalado.

¿CÓMO CONSIGO PAREJA SI NO SE QUEDA QUIETA?

Ricardo J. Ortíz Zárate

Primate Behavioral Ecology Lab, Instituto de Neuro-etología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. rickran@live.com.mx

La reproducción es fundamental para que los genes de los individuos persistan mediante sus descendientes. El éxito reproductivo depende de la localización y elección de la pareja, entre otras conductas. Sin embargo, el reto se complica si hay competencia entre machos mientras las hembras se desplazan.

Los mamíferos se reproducen sexualmente. Sin embargo, el sexo tiene costos. Por ejemplo: 1) Al tener dos sexos diferentes generar machos es costoso ya que sólo las hembras son capaces de generar descendientes. De forma contraria, en la reproducción asexual, los individuos no necesitan de otro (macho) para reproducirse, por lo que sus poblaciones pueden crecer más rápido. 2) La meiosis (división celular que reduce la cantidad de cromosomas en los gametos) y la fecundación requieren de energía y recursos, las cuales no son necesarias para la reproducción asexual. 3) Muchas veces hay competencia por parejas. 4) Los individuos tienen que encontrarse con la pareja, para lo cual deben invertir tiempo y energía en desplazarse y/o emitir una señal para ser localizados.

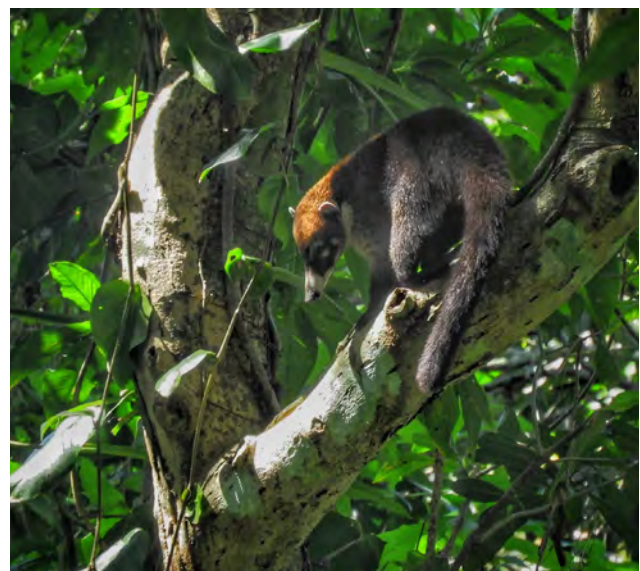
Una parte importante de la reproducción sexual son los sistemas de apareamiento. Dentro de los sistemas de apareamiento se incluyen la localización de la pareja, elección de pareja y las conductas necesarias para que los individuos consigan el éxito reproductivo. Los sistemas de apareamiento se clasifican en monogamia, poliginia, poliandria y poliginandria. La poliginia se considera el sistema de apareamiento más común entre los mamíferos, la cual se subdivide en poliginia de defensa de los recursos, poliginia de defensa de las hembras y poliginia de dominación de machos.

Un *lek* es un área de exhibición compartida donde los machos se reúnen con el propósito exclusivo de atraer y cortejar a las hembras. Es probable que a palabra *lek* provenga del sueco "*leka*", la cual significa "jugar". Los *leks* se forman cuando los machos se agrupan en áreas determinadas, realizan despliegues sexuales y compiten por tener un estatus dominante. Este sistema de apareamiento está incluido en la poliginia de dominación de machos ya que los machos no son capaces de defender los recursos ni las hembras. Las hembras acuden a estas áreas para seleccionar pareja y aparearse. Se han sugerido cuatro criterios para identificar un *lek*, los cuales son: 1) No hay cuidado parental por parte de los machos. 2) Hay una arena a la que las hembras acuden y ocurre la mayoría del apareamiento. En dicha arena los machos se agregan y no forma parte del hábitat que normalmente utiliza la especie para otras actividades. 3) La arena donde los machos se exhiben no contiene recursos requeridos por las hembras más allá de los propios machos. 4) Las hembras seleccionan pareja cuando visitan la arena. Dentro del *lek* las posiciones centrales suelen estar ocupadas por los machos más dominantes, quienes son los que consiguen más cópulas o apareamientos. Por otro lado, las hembras visitan el *lek* cuando están sexualmente receptivas y, después de la cópula, proceden a criar a su descendencia sin

ayuda del macho. Se ha observado el sistema de apareamiento de *lek* para varias especies de insectos, peces, ranas, aves, y algunos mamíferos. Sin embargo, este sistema de apareamiento no es común en mamíferos y es casi exclusivo de los ungulados, aunque también se ha registrado en el murciélago frugívoro de cabeza de martillo (*Hypsignathus monstrosus*), el lobo marino sudamericano (*Otaria flavescens*), la foca moteada (*Phoca vitulina richardii*), la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) y el coatí de nariz blanca (*Nasua narica*).

Justo en este último, el coatí de nariz blanca o pizote, se ejemplifica un sistema de apareamiento de *lek* particular entre los mamíferos, el cual se observó en un estudio realizado en el Parque Nacional Tikal, Guatemala. El coatí de nariz blanca se distribuye desde Arizona, Estados Unidos de América, a través de México, llegando en América Central hasta Panamá y a América del Sur en áreas al oeste de la cordillera de Los Andes, especialmente en Colombia. Esta especie es principalmente insectívora/frugívora, aunque también consume algunos vertebrados pequeños que captura de manera oportunista.

Las hembras adultas viven en grupos llamados bandas junto con sus crías inmaduras la mayor parte del año, mientras que los machos adultos son solitarios. El periodo de apareamiento de los coatíes de nariz blanca abarca solamente de dos a cuatro semanas por año. En dicho periodo los machos se acercan a las bandas, lo cual es no es una conducta habitual en ellos ya que, además de ser solitarios, son extremadamente intolerantes con la presencia de otros machos. Una vez que los machos localizan a una banda realizan exhibiciones, las cuales consisten en vocalizaciones desde perchas en el dosel de los árboles, mientras que los miembros de la banda se alimentan de la hojarasca. El coatí de nariz blanca produce una variedad amplia de sonidos, los cuales produce en diferentes contextos.



Coatí de nariz blanca (*Nasua narica*) sobre una rama en el dosel.
Fotografía: R. J. Ortíz Zárate.

Por ejemplo, producen vocalizaciones como los “chirridos” en contextos no agresivos, “graznidos” en contextos agresivos, y gruñidos de alarma (“ha ha”) ante depredadores. Sin embargo, las vocalizaciones de los machos desde perchas son especiales ya que se realizan durante el periodo de apareamiento y en presencia de las bandas. Estas vocalizaciones son similares a las vocalizaciones de alarma, aunque éstas se repiten constantemente durante varios minutos a la vez, lo cual difiere con las vocalizaciones de alarma que se dan en ráfagas de varios segundos. Estas vocalizaciones no tienen la función de alejar a otros machos de la banda ya que varios machos pueden vocalizar simultáneamente desde árboles vecinos. Aunque, no se ha observado que dos machos vocalicen desde el mismo árbol. No obstante, una vez que la banda se desplaza buscando alimento, los machos descienden del sitio desde el que vocalizan para alcanzarla y subir a un nuevo árbol para vocalizar de nuevo. Los machos suelen ser fieles a las bandas, es decir que no cambian la banda que visitan en la temporada de apareamiento.

Ante estas exhibiciones por parte de los machos, las hembras parecen ser libres de elegir a sus compañeros, lo cual lo hacen ascendiendo al árbol donde se encuentra el macho cuando están listas para aparearse. Las cópulas pueden durar hasta una hora. Además, cuando los machos se acercan a las hembras de las bandas, éstas son capaces de rechazar avances no deseados. Posterior al apareamiento, las hembras preñadas abandonan su banda para tener a las crías de forma aislada, manteniéndose separadas de la banda para alimentarse durante seis a ocho semanas hasta que las crías son móviles. Las hembras anidan y dan a luz a sus crías en árboles a una altura promedio de 9.8 a 30.2 m sobre el suelo. El periodo de gestación es de 70 a 77 días y las hembras pueden tener camadas que van desde una a seis crías.

Los machos no proporcionan recursos a las hembras en el momento del apareamiento ni proveen de cuidado parental. Conociendo lo anterior, el sistema de apareamiento del coatí de nariz blanca cumple con la mayoría de los criterios para identificar un *lek*. Sin embargo, los coatíes de nariz blanca no tienen arenas donde se agreguen los machos y las hembras acuden con el propósito de aparearse. Aunque, en su sistema de apareamiento son los machos los que se reúnen donde se encuentran las hembras, siguiéndolas hacia donde se desplacen, resultando en un “*lek móvil*”.

El sistema de apareamiento del coatí de nariz blanca tipo *lek* puede explicarse mediante la hipótesis del “hotspot”, la cual considera que los machos se agregan en los sitios donde es más probable que se encuentren las hembras, ya sea por disponibilidad de recursos, superposición de territorio, o patrones de movimiento. Aunque, en el caso del coatí de nariz blanca, los machos llegan al grado de agruparse alrededor de las propias hembras en lugar de algún área específica.



Coatí de nariz blanca (*Nasua narica*) forrajeando en la hojarasca.
Fotografía: R. J. Ortiz Zárate.

El coatí de nariz blanca es muy adaptable respecto a su hábitat. Típicamente habita en bosques tropicales y abiertos, pero también se encuentran en áreas urbanas y periurbanas, y rara vez se encuentra en pastizales abiertos o desiertos. En México se han llegado a registrar coatíes de nariz blanca dentro de cenotes mediante cámaras trampa en la península de Yucatán. El sistema de apareamiento del coatí de nariz blanca podría variar en diferentes hábitats debido a las características de éste. Probablemente el “*lek móvil*” observado en el Parque Nacional Tikal tenga características diferentes para los individuos observados en áreas urbanas, periurbanas, y los cenotes de Yucatán, tomando en cuenta que, en el Parque Nacional Tikal, los machos vocalizan cerca de las bandas desde perchas en el dosel de los árboles, mientras que los miembros de la banda se alimentan de la hojarasca. Incluso podrían no tener un sistema de apareamiento de *lek* del todo.

Las características del hábitat pueden llegar a modificar los costos de adecuación biológica (supervivencia y reproducción) para las especies. Esto resulta relevante para los coatíes de nariz blanca que habitan en diferentes hábitats, en especial porque, generalmente, las hembras sólo tienen un ciclo reproductivo por año, y rara vez tienen un segundo ciclo si la gestación no se lleva a término. Además, su periodo de apareamiento es breve. Las características de su hábitat seguramente tienen algún efecto en su sistema de apareamiento, por ejemplo, la localización de la pareja y, en el caso del “*lek móvil*”, las conductas necesarias a desplegar para conseguir el éxito reproductivo.

Actualmente la reproducción sexual es común, ya que la mayoría de los animales y plantas producen machos y hembras. Los retos de este tipo de reproducción tienen implicaciones en el éxito reproductivo de los individuos. Las conductas para la localización y elección de la pareja pueden ser afectadas tanto por características de ambos sexos como por la relación de la especie con su hábitat. Para comprender mejor cómo estas relaciones afectan a especies que se encuentran en distintos tipos de hábitats el coatí de nariz blanca pueden ser un modelo mamífero óptimo.

El éxito reproductivo de los individuos está vinculado a las conductas de ambos sexos. Sin embargo, las características del hábitat también juegan un rol importante. Este conjunto de variables termina influyendo en los sistemas de apareamiento, lo cual termina afectando la manera de conseguir pareja.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a un árbitro anónimo por la revisión realizada a una versión anterior del manuscrito.

LITERATURA CONSULTADA

- Booth-Binczik, S. D., G. A. Binczik, y R. F. Labisky. 2004. Lek-like mating in white-nosed coatis (*Nasua narica*): Socio-ecological correlates of intraspecific variability in mating systems. *The Zoological Society of London* 262:179-185.
- Bradbury, J. W. 1981. The evolution of leks. Pp 138-169 *in* Natural selection and social behavior (Alexander, R. D., y D. W. Tinkle, eds.). Chiron Press. New York, EE.UU.
- Crow, J. F. 1994. Advantages of sexual reproduction. *Developmental Genetics* 15:205-213.
- Emlen, S. T., y L. W. Oring. 1977. Ecology, sexual selection, and the evolution of mating systems. *Science* 197:215-223.
- Vernes K., y F. Devos. 2022. Use of cenotes and the cave environment by mammals on the Yucatán Peninsula, Mexico. *Biotropica* 54:881-892.

Sometido: 30/jul/2023.

Revisado: 01/ago/2023.

Aceptado: 02/ago/2023.

Publicado: 03/ago/2023.

Editor asociado: Dr. Francisco Botello.

DIENTES QUE HABLAN

Issac Camargo

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.
La Paz, Baja California Sur, México. issaccamargo@gmail.com

Los fósiles son las evidencias de organismos que vivieron en el pasado y pueden ser dientes, huesos, rastros, entre otros

Los fósiles han tenido el denominado proceso de fosilización que permite su preservación. Existen diferentes tipos de fosilización, entre los más comunes es la mineralización, en la que los restos orgánicos son reemplazados por minerales, preservando su estructura tridimensional. La permineralización donde hay un llenado de los poros de los huesos y los espacios internos con minerales, proceso que fortalece y los convierte en roca, permitiendo preservar detalles microscópicos y la estructura interna. La carbonización donde los restos orgánicos se someten a altas temperaturas en ausencia de oxígeno, el material orgánico se descompone, libera gases y líquidos volátiles, conservando una película de carbono. La inclusión, como el caso del ámbar, en que los organismos son atrapados en la resina fosilizada de los árboles.

El conocimiento de las especies fósiles es importante porque proporciona un registro de la historia florística y faunística de un sitio, su análisis permite inferir la historia evolutiva, relaciones, diversificación de los grupos, y el desarrollo de diversas adaptaciones anatómicas y fisiológicas. El hecho de poder relacionar una especie a un grupo de condiciones climáticas y la presencia de varias especies en determinado estrato permite la reconstrucción de ecosistemas y condiciones climáticas antiguas en diferentes capas geológicas, así como rastrear cómo han cambiaron con el tiempo.

Los fósiles de dientes son muy comunes debido a la dureza del esmalte y la dentina. Su tamaño pequeño y su forma compacta los hace menos propensos a romperse en comparación con huesos grandes y delgados. Los molares de muchos mamíferos, incluyendo las musarañas, tienen corona de forma compleja, con múltiples cúspides, muescas (hendiduras en la superficie de los dientes), y cíngulos (estructuras en forma de crestas o prominencias alrededor de la corona del diente), lo que los hace ideales para analizar su forma desde diferentes perspectivas evolutivas. La forma distintiva y en ocasiones única, sirve para determinar la especie de mamífero de la que se trata y al ser piezas utilitarias pueden ser un mejor reflejo del fenotipo de las especies en comparación con otros elementos óseos.

Al caracterizar los dientes fósiles, en relación a su función, desarrollo y edad relativa con base en el desgaste, es posible investigar la historia evolutiva de las especies y reconstruir las relaciones filogenéticas entre diferentes grupos de organismos. Los dientes son útiles para reconstrucciones del tamaño corporal, variación de su forma y comparaciones con especies relacionadas. Se pueden establecer relaciones entre las dimensiones de los dientes y el tamaño de los animales actuales lo que permite estimar el tamaño del fósil y conocer otros aspectos sobre la biología de la especie a la que correspondían.

Las piezas dentarias también se pueden examinar en su estructura y patrones de desgaste. Los patrones de desgaste se pueden utilizar para realizar aproximaciones sobre cómo fue su mordedura, dieta, posibles enfermedades, y aspectos

de variación entre y dentro de las poblaciones de una especie. Incluso podemos conocer las categorías de edad relativa a partir de su desgaste dental, examinando los cambios en la apariencia y condición a medida que los individuos envejecen.

Las musarañas son los mamíferos terrestres más pequeños del mundo. Las especies pertenecientes a este grupo tienen un desgaste dental rápido debido a que su alimentación se basa principalmente en invertebrados, algunos con partes duras en su exoesqueleto (estructura que se encuentra en el exterior del cuerpo de algunos artrópodos, como insectos y arácnidos), y a la necesidad de masticar grandes cantidades de alimento por su metabolismo tan acelerado. El desgaste de los dientes en las musarañas más viejas hace que se adapten a incrementar su fuerza de mordida o que modifiquen su dieta para consumir alimentos más blandos. El estudio del desgaste de los dientes se lleva a cabo mediante métodos que incluyen análisis morfológicos detallados, estudios comparativos de los dientes de las especies actuales con dietas conocidas y análisis estadísticos para evaluar las diferencias en la forma y el patrón de desgaste. Además, se utilizan técnicas microscópicas y de isótopos estables para investigar las propiedades físicas y químicas y la datación de los dientes fósiles.

En el caso de las musarañas, los fósiles han sido registrados prácticamente en todo el mundo (América, África, Asia y Europa), proporcionando evidencia de su existencia, diversificación, adaptaciones, evolución, y distribución geográfica histórica. Incluso, muchas de las especies y géneros son solamente conocidas por su registro fósil como los géneros *Beckiasorex* y *Hesperosorex*, y las especies *Notiosorex dalquesti* y *N. jacksoni*.

El registro paleontológico de las musarañas es altamente informativo en varios aspectos. La identificación taxonómica de los dientes, incluso cuando están aislados, a menudo se puede determinar con precisión debido a la complejidad de sus diferentes formas. Este registro fósil proporciona evidencia directa sobre el origen, ubicación geográfica y ambientes habitados por las musarañas. Es destacable que el grupo de las musarañas han persistido a lo largo de múltiples ciclos glaciares (aproximadamente 65 millones de años). Sus fósiles son las evidencias que han permitido trazar sus áreas de distribución en el tiempo y la relación entre las especies, así como ayudar a entender los procesos geológicos que marcaron su distribución y causaron la formación de nuevas especies. La formación de nuevas especies ocurre cuando existe la interrupción del flujo genético (movimiento de genes de una población a otra) entre dos partes de la distribución de la especie original, lo que provoca la acumulación de diferencias genéticas en una de ellas y eventualmente tienden a la diversificación morfológica. Este proceso de especiación se ve facilitado por los efectos de aislantes de las barreras geográficas.

Los registros fósiles de las musarañas desérticas del género *Notiosorex* revelan su existencia desde finales del Mioceno (aproximadamente hace 11 millones de años) hasta la actualidad, lo que coincide con el desarrollo de los desiertos en Norteamérica. Posiblemente una especie se adapta a las nuevas condiciones ambientales de los prodesiertos y se distribuye ampliamente, pero debido a la extensión tectónica,

cambios climáticos y formación de ríos, se forman barreras infranqueables para los organismos, por lo que el flujo génico se limita entre áreas. Estos cambios ambientales desencadenaron procesos de especiación, conduciendo a la formación de diferentes poblaciones aisladas a lo largo de millones de años. Debido al aislamiento geográfico, estas poblaciones evolucionaron y se diversificaron, dando origen a distintas especies que existen actualmente.

Los paleontólogos que estudian fósiles de mamíferos pequeños tienen algunas dificultades. En ocasiones es difícil saber exactamente a qué especie pertenecen los fósiles encontrados, especialmente si las especies son muy parecidas entre sí en su tamaño y forma. Adicionalmente, por lo general los fósiles están incompletos, lo que dificulta aún más su identidad taxonómica. Por lo tanto, los paleontólogos agrupan los fósiles en categorías más amplias, como géneros (una categoría superior a especie que reúne a varias especies emparentadas), para tener una aproximación de como las especies pudieron clasificarse en el pasado.

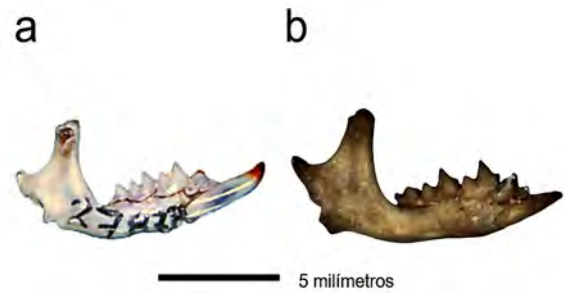
El género *Notiosorex* era conocido por una sola especie *Notiosorex crawfordi*, sin embargo, basados en características distintivas en el tamaño y forma de la mandíbula ahora se reconocen cuatro especies fósiles (*N. dalquesti*, *N. harrisi*, *N. jacksoni*, y *N. repenningi*) y cinco especies que viven en la actualidad (*N. cockrumi*, *N. crawfordi*, *N. evotis*, *N. tataticuli* y *N. villai*). Los paleontólogos analizan los restos fósiles encontrados en diferentes estratos geológicos y utilizan técnicas de análisis comparativos para identificar las similitudes y diferencias en la morfología de los fósiles. Estos datos se combinan con la información de especies de existentes para construir un árbol filogenético que muestra las relaciones históricas entre las diferentes especies.

La forma de los dientes se puede medir tanto en muestras recientes como paleontológicas, y se han estudiado como indicador de las relaciones entre las especies musarañas fósiles y actuales. Las diferencias en la forma de los dientes son un reflejo de la divergencia genética debido a que su forma es el resultado de la interacción entre los genes y el entorno durante el desarrollo. Los genes controlan el crecimiento y la estructura de los dientes, lo que da lugar a variaciones dentales entre individuos y especies. Estas variaciones morfológicas pueden ser heredadas y persistir en las poblaciones a lo largo del tiempo.

A través de los fósiles, podemos aprender sobre la vida en el pasado y descubrir más sobre estos pequeños animalitos prehistóricos y sus parientes contemporáneos. Es sorprendente saber que a través de los dientes se puede conocer a los parientes a través del tiempo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a S. T. Álvarez-Castañeda por los comentarios y sugerencias para mejorar el manuscrito. A P. D. Polly y A. Routrey por las facilidades para el acceso al fósil de *Notiosorex dalquesti* depositado en la colección University of Michigan Museum of Paleontology. Al CONAHcyT (CVU 579618) por la beca posdoctoral otorgada.



Comparación entre mandíbulas de musarañas de especies actuales y extintas del género *Notiosorex* a) mandíbula de *Notiosorex evotis* registrada en 2015. Fotografía: Issac Camargo, b) mandíbula de la especie extinta *Notiosorex dalquesti* cuyo registro fósil data que vivió hace más de 5 millones de años. Fotografía: Adam Routrey.

LITERATURA CONSULTADA

- Camargo, I., et al. 2022. Molecular phylogenetic and taxonomic status of the large-eared desert shrew *Notiosorex evotis* (Eulipotyphla: Soricidae). *Journal of Mammalogy* 103:1422-1430.
- Carraway, L. N. 2010. Fossil history of *Notiosorex* (Soricomorpha: Soricidae) shrews with descriptions of new fossil species. *Western North American Naturalist* 70:144-163.
- Gingerich, P. D. 1979. Paleontology, phylogeny, and classification: an example from the mammalian fossil record. *Systematic Zoology* 28:451-464.
- Polly, P. D. 2001. On morphological clocks and paleophylogeography: towards a timescale for *Sorex* hybrid zones. *Genetica* 111:339-357.
- Polly, P. D. 2003. Paleophylogeography of *Sorex araneus* (Insectivora, Soricidae): molar shape as a morphological marker for fossil shrews. *Mammalia* 67:233-243.
- Weller, J. M. 1968. Evolution of mammalian teeth. *Journal of Paleontology* 42:268-290.

Sometido: 12/jun/2023.

Revisado: 29/jun/2023.

Aceptado: 08/ago/2023.

Publicado: 10/ago/2023.

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

¿CIERVOS O RATONES? CONOCE A LOS PECULIARES TRAGÚLIDOS

Hendrick Cabrera-del Sol* y Fernando A. Cervantes

Colección Nacional de Mamíferos, Pabellón Nacional de la Biodiversidad, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, Ciudad de México, México. peltoro38@mail.com (HC-S); fac@ib.unam.mx (FAC)

*Autor de correspondencia

La biodiversidad de mamíferos a menudo nos sorprende, dentro de ella hay especies, desconocidas para algunos, de las que vale la pena saber más.

Los tragúlidos son una familia de mamíferos artiodáctilos pertenecientes al suborden de los rumiantes (donde también se encuentran los ciervos, bovinos, jirafas y antílopes). Comúnmente reciben el nombre de “chevrotain” o “ciervo ratón” debido a la similitud corporal que tienen con algunos roedores. La aparición de estos mamíferos data del periodo Oligoceno (hace 34 millones de años), hasta el periodo Mioceno (23 millones de años atrás) y son considerados como los rumiantes vivos más primitivos y menos diversos. Incluso se han llegado a denominar como “fósiles vivientes”. Es debido a esto último que se han utilizado frecuentemente para el estudio de la evolución del suborden al que pertenecen.

Aunque se han descrito varias especies de tragúlidos extintos, destacando las pertenecientes al género *Dorcatherium*, en la actualidad se conocen de diez especies vivientes, distribuidas en tres géneros: *Hyemoschus*, *Tragulus* y *Moschiola*. Éstos se distribuyen únicamente en África y Asia. Del género *Hyemoschus* solo se conoce una especie viviente: *H. aquaticus*, conocido comúnmente como antílope almizclero acuático y habita exclusivamente en las selvas del centro y del oeste de África. Los otros dos géneros, *Tragulus* y *Moschiola*, se distribuyen principalmente en el sur y el sureste del continente asiático, incluyendo los archipiélagos aledaños a esa región.

La morfología de los tragúlidos es peculiar. Al igual que algunos rumiantes como los camélidos (camellos, dromedarios, llamas y guanacos), poseen tres cavidades estomacales funcionales: rumen, retículo y abomaso. Presentan también

un cráneo, que a diferencia de los machos de algunos cérvidos americanos como el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), carece de astas, es decir, estructuras ramificadas recubiertas de epidermis que sobresalen de los huesos frontales del cráneo y que se mudan anualmente. Poseen una dentición selenodonte (con cúspides redondeadas en forma de media luna) y en el caso de los machos, presentan dos largos caninos superiores que se encuentran en continuo crecimiento y a menudo sobresalen del hocico. Se han realizado estudios que demuestran que la manera de realizar el proceso de masticación se diferencia significativamente de las especies de las otras familias del mismo suborden, dando paso a que su alimentación sea más selectiva. Poseen también extremidades pequeñas y delgadas con los dos metapodios (huesos largos del extremo final) fusionados en la zona central y completos en la zona lateral, además de cuatro dedos completamente desarrollados.



Comparación entre especies a: ciervo ratón de Java (*Tragulus javanicus*), b: Temazate rojo (*Mazama temama*) y c: Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*). La primera, una especie del continente asiático y las dos últimas, americanas. Se pueden observar diferencias en el tamaño y la presencia de astas además de los dos caninos en *T. javanicus*. Fotografías: Joachim S. Müller, editada, bajo licencia CC BY-NC-SA 4.0 (a), pfaucher, editada, bajo licencia CC BY-NC 4.0 (b) y jefferykarafaka, editada, bajo licencia CC BY-NC 4.0 (c).



Antílope almizclero acuático (*Hyemoschus aquaticus*).
Fotografía: David Fasbender bajo licencia CC BY-NC 4.0.

Los tragúlidos son de talla pequeña. Su longitud varía entre los 45 y los 80 cm. Son considerados como los mamíferos con pezuñas más pequeños en la actualidad; la especie de menor tamaño llega a pesar entre 1.5 a 2.0 kg, únicamente. Su tamaño es incluso menor al del temazate rojo (*Mazama temama*), uno de los ciervos más pequeños de América, que posee una longitud de entre 90 y 120 cm y un peso entre los 10.0 y 39.0 kg. La mayoría de los tragúlidos presentan un pelaje de color pardo con patrones de manchas o rayas, como en el caso del chevrotain indio (*Moschiola indica*); también puede tener un patrón de pelaje liso como el del chevrotain malayo (*Tragulus kanchil*). Poseen un lomo arqueado y una cabeza con orejas redondeadas, ojos grandes y una nariz pequeña, es por ello que su apariencia suele ser asociada, a menudo, más con la de un roedor que con la de un rumiante. Esto los vuelve un grupo fascinante para quienes observan por primera vez a estos curiosos animales.



Ciervo ratón de Java (*Tragulus javanicus*).
Fotografía: Joachim S. Müller, bajo licencia CC BY-NC-SA 4.0.

El hábitat de los tragúlidos es variado, se encuentran principalmente en los bosques tropicales con abundante vegetación, aunque la especie *H. aquaticus* prefiere también los ambientes semiacuáticos. En su medio natural se alimentan de bayas, hongos, brotes, raíces y materia animal que encuentran en el suelo, prefiriendo solamente los alimentos altos en proteínas y que requieran una fermentación mínima para ser digeridos. Debido a tales hábitos de alimentación, juegan un papel ecológico importante como dispersores de semillas, favoreciendo a las especies vegetales de las que se alimentan. Adicionalmente, se han documentado hábitos carnívoros; particularmente en el antílope almizclero acuático, que además de tener una dieta vegetal, se alimenta de pequeños insectos y crustáceos que encuentra en los sitios donde habita.

Normalmente los tragúlidos son de hábitos nocturnos o crepusculares, con algunas excepciones como el chevrotain de lomo plateado (*T. versicolor*), a quien se le considera como una especie mayormente diurna. La mayoría de las especies marca su territorio mediante secreciones producidas por glándulas ubicadas debajo de la barbilla. Los machos también poseen tales glándulas en la zona del prepucio del pene, las cuales frotan contra la densa vegetación y demás objetos. Alcanzan



Chevrotain malayo (*Tragulus kanchil*).
Fotografía: Julien Renault, bajo licencia CC BY 4.0.

la madurez sexual entre los nueve y los veinte meses de edad, dependiendo la especie. Pueden llevar una vida solitaria y en ocasiones en pareja, variando este comportamiento incluso dentro de una misma especie. Una vez que se reproducen, según la especie, pueden parir una o dos crías. Aún no hay estudios detallados que sugieran indicios de monogamia en los tragúlidos, aunque se cree que algunas especies como *T. javanicus* mantienen este hábito de reproducción.

El comportamiento de estos rumiantes es un tanto escurridizo y debido al espesor y la inmensidad de los bosques tropicales donde habitan algunas especies, suele ser difícil estudiarlos. En la actualidad, la manera en que la comunidad científica puede estudiar su biología y comportamiento, es por medio de individuos criados en cautiverio, ejemplares capturados por cazadores o mediante el uso de cámaras trampa colocadas en su medio silvestre. Los resultados de estos estudios, han permitido conocer su disposición cromosómica, la variabilidad de la estructura ósea entre especies, la determinación de las características del pelaje, la caracterización de la estructura y tejidos de sus órganos sexuales, los estudios inmunológicos y de las enfermedades que pueden afectarlos. Debido a la dificultad de estudiarlos, la mayoría de las investigaciones se enfocan en el estudio y caracterización de los registros fósiles encontrados en Europa y Asia de especies ancestrales de tragúlidos.



Ciervo ratón filipino (*Tragulus nigricans*). Se puede apreciar que es un macho, debido a la presencia de dos caninos que sobresalen del hocico.
Fotografía: Klaus Rudloff, bajo licencia CC BY-SA 4.0.

Según las categorías de riesgo (estados de amenaza a la que se enfrentan las especies) establecidas en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés), la mayoría de las especies de tragúlidos se encuentra en la categoría de "Preocupación Menor" o no se encuentran enlistadas. Sin embargo, la IUCN también señala que las poblaciones de las especies registradas están decreciendo actualmente. Una de ellas, el ciervo ratón filipino (*T. nigricans*), ya se encuentra en la categoría "En peligro" lo cual significa que enfrenta un riesgo de extinción muy alto en vida silvestre.

Existen varios factores de riesgo que provocan la disminución de las poblaciones de tragúlidos. Entre estos factores están la pérdida de su hábitat causada por la deforestación y el crecimiento de las poblaciones humanas, la cacería generalizada e intensiva y el comercio ilegal de fauna silvestre en países del sudeste asiático, principalmente.

Aunque los tragúlidos no enfrentan actualmente un grave riesgo de extinción, es necesario llevar a cabo medidas que favorezcan su conservación y detener el avance de las actividades dañinas para la biodiversidad. Solo así se podrá seguir obteniendo valioso conocimiento de las especies que nos rodean. Los "ciervos ratón" son en verdad fascinantes e importantes tanto por su papel ecológico, como por su rol como un grupo que permite entender la evolución de los artiodáctilos.

Por sus características tan especiales, los tragúlidos siempre despertarán el interés, tanto de la comunidad científica, como el de todas las personas que los lleguen a conocer.



Ciervo ratón indio (*Moschiola indica*).
Fotografía: Pjeganathan, bajo licencia: CC BY-SA 4.0.

Sometido: 23/jul/2023.

Revisado: 06/ago/2023.

Aceptado: 10/ago/2023.

Publicado: 11/ago/2023.

Editor asociado: Dr. Eduardo Felipe Aguilera-Miller.

LITERATURA CONSULTADA

- Agungpriyono, S., *et al.* 1994. Immunohistochemical Study of the distribution of endocrine cells in the gastrointestinal tract of the Lesser Mouse Deer (*Tragulus javanicus*). *Cells Tissues Organs* 151:232-238.
- Bello, J., R. Reyna-Hurtado, y J. Wilham. 2010. Central American Red Brocket Deer *Mazama temama* (Kerr 1972). Pp. 166-171 in *Neotropical cervidology and medicine of Latin American deer*. (J. M. Duarte y S. Gonzalez, eds.) Neotropical cervidology and medicine of Latin American deer. IUCN/FUNEP. Jaboticabal, Brasil.
- Burgin, C. J., J. P. Colella, P.L. Kahn, y N. S. Upham. 2018. How many species of mammals are there? *Journal of Mammalogy* 99:1-14.
- Ceballos, G., y G. Oliva. 2005. *Los Mamíferos Silvestres de México*. CONABIO y Fondo de Cultura Económica. Distrito Federal, México.
- Dubost, G. 2016. Reproductive characteristics of the water chevrotain, *Hyemoschus aquaticus*. *Mammalia* 80:601-612.
- Gentry, A.W. 1979. Tragulidae and Camelidae. Pp. 536-539 in *Evolution of African Mammals* (Maglio, V.J., y H.B.S. Cooke, eds.). Harvard University Press, Massachusetts, EE.UU.
- Groves, C. P., y E. Meijaard. 2005. Interspecific variation in *Moschiola*, the Indian chevrotain. *Raffles Bulletin of Zoology* 12:413-421.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature). 2023. Tragulidae Family. The IUCN Red List of Threatened Species. <https://www.iucnredlist.org/es/search?taxonomies=101294&searchType=species>. Consultado el 14 de julio 2023.
- Janis, C. 1984. Tragulids as Living Fossils. Pp. 87-94 in *Living Fossils* (Eldredge, N., y S. M. Stanley, eds). Casebooks in Earth Sciences. New York, EE.UU.
- Kalina, J., y M. A. Adams. 1984. Intermandibular Gland Secretions of Larger Malayan Mouse-Deer (*Tragulus napu*). *Journal of Mammalogy* 65:715-718.
- Khan, M. A., M. Akhtar, y G. Iliopoulos. 2012. Tragulids (Artiodactyla, Ruminantia, Tragulidae) from the Middle Siwaliks of Hasnot (Late Miocene), Pakistan. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* 118:325-341.
- Khan, M. A., *et al.* 2017. Dorcatherium (Mammalia: Tragulidae) from lower siwaliks of Dhok Bun Amir Khatoon, Punjab, Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology* 49:883-888.
- Metais, G., e I. Vislobokova. 2007. Basal ruminants. Pp. 189-212 in *The evolution of artiodactyls* (Prothero D. R., y S. E. Foss, eds.). Johns Hopkins University Press. Baltimore, EE.UU.
- Nguyen, A., *et al.* 2019. Camera-trap evidence that the silver-backed chevrotain *Tragulus versicolor* remains in the wild in Vietnam. *Nature Ecology & Evolution* 3:1650-1654.
- Nowak, R. M. 1991. Chevrotains, or mouse deer. Pp. 1359-1362 in *Walker's mammals of the World*, vol. 2. (Nowak, R. M. ed.). Johns Hopkins University Press. Baltimore, EE.UU.
- O'Brien, H. D. 2015. Cranial arterial pattern of the Sri Lankan spotted chevrotain, *Moschiola memmina*, and comparative basicranial osteology of the Tragulidae. *PeerJ* 3:e1451.
- Oleg I. *et al.* 2022. Sleep in the lesser mouse-deer (*Tragulus kanchil*). *Sleep* 45:zsab199.
- Prothero, D. R., y S. E. Foss. 2007. *The Evolution of Artiodactyls*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore, EE.UU.
- Ramesh, T., R. Kalle, K. Sankar, y Q. Qureshi. 2012. Dry season factors determining habitat use and distribution of mouse deer (*Moschiola indica*) in the Western Ghats. *European Journal of Wildlife Research* 59:271-280.
- Rössner, G. E. 2007. Family Tragulidae. Pp. 213-220 in *The evolution of artiodactyls* (Prothero, D. R. y S. E. Foss, eds.). The Johns Hopkins University Press. Baltimore, EE.UU.
- Uttenenthal, Å. *et al.* 2006. Vertical transmission of bovine viral diarrhoea virus (BVDV) in mousedeer (*Tragulus javanicus*) and spread to domestic cattle. *Archives of Virology* 151:2377-2387.
- Wilson D. E., y R. A. Mittermeier. 2011. Cervidae. Pp. 350-443 in *Handbook of the Mammals of the World*, vol. 2 Hoofed Mammals (Wilson D. E., y R. A. Mittermeier, eds.). Lynx Edicions. Barcelona, España.

TLACUACHES Y HEPATOZOON, ¿QUÉ HAY CON ESTA RELACIÓN?

Alix Fernanda Rivera Sánchez¹ y Antonio Acini Vásquez-Aguilar^{2*}

¹Centro de Investigaciones Tropicales, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. zS22000498@estudiantes.uv.mx

²Red de Biología Evolutiva, INECOL, A.C. Xalapa, Veracruz, México. acini.vasquez@inecol.mx

*Autor de correspondencia

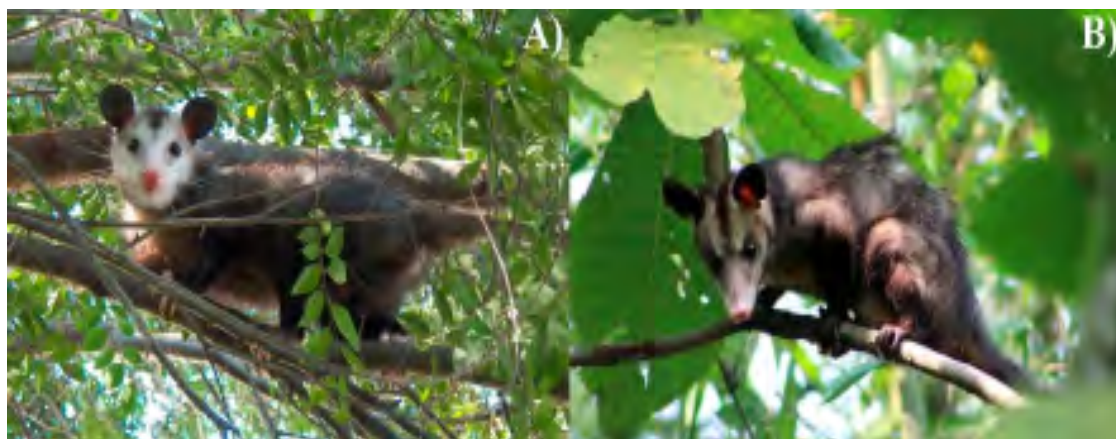
La mayoría de las veces pensamos que los animales silvestres pueden ser transmisores de enfermedades hacia nosotros o hacia nuestras mascotas, pero pocas veces pensamos que nosotros o nuestras mascotas les podemos transmitir enfermedades a ellos. Los tlacuaches no son la excepción y podrían estar interactuando con nuestras mascotas y sus patógenos.

La fauna silvestre es considerada uno de los principales reservorios de agentes patógenos zoonóticos a nivel mundial, se estima que el 75% de las enfermedades infecciosas emergentes recientes tienen un origen zoonótico, es decir, se han transmitido de animales a humanos. Entre las causas principales para el surgimiento de una enfermedad zoonótica se encuentran la pérdida y fragmentación del hábitat y el cambio en el uso del suelo que conducen a la invasión de muchos hábitats de fauna silvestre, provocando un cambio en las interacciones entre las especies y sus diversos patógenos y dando lugar a situaciones que en condiciones naturales no se presentarían, como la competencia por el hábitat y los recursos alimenticios, contacto con heces y contacto directo. En muchos casos, la fauna silvestre es considerada la causante de muchos “males”; sin embargo, pocas veces nos ponemos a pensar en los agentes patógenos hospedados por los humanos o sus mascotas que pueden afectar a las especies silvestres, cuyos procesos de infección y transmisión pueden ser exacerbados por los impactos antrópicos y las malas prácticas llevadas a cabo por las personas.

Los tlacuaches (*Didelphis virginiana* y *D. marsupialis*) son los marsupiales más comunes de México y son un ejemplo de especies que han quedado inmersas en algunas ciudades, sobre todo en las consideradas ciudades verdes como Aguascalientes, la Ciudad de México, Guadalajara, Monterrey y Xalapa, ya que los archipiélagos de vegetación les sirven como refugio. Estos pequeños mamíferos son animales omnívoros, es decir, se alimentan de una gran variedad de insectos, frutas, semillas y pequeños vertebrados como anfibios y reptiles, por lo que juegan un papel significativo en las redes tróficas, en la distribución y reciclaje de nutrientes y en el control de plagas. No obstante, es precisamente su dieta omnívora y sus hábitos generalistas, los que hacen que sea frecuente verlos dentro de botes de basura, ya que pueden alimentarse también de desechos y desperdicios producidos por los humanos.

La capacidad de sobrevivir y adaptarse a diferentes ambientes, incluso a aquellos altamente perturbados, permite que los tlacuaches puedan vivir en gran variedad de hábitats, que van desde las selvas tropicales hasta las zonas urbanas. Sin embargo, es en las zonas verdes dentro de las ciudades, como parques o jardines, en donde los tlacuaches pueden interactuar con especies domésticas como los perros y los gatos que viven en proximidad, con las que normalmente no entrarían en contacto en hábitats menos perturbados o en vida silvestre.

La interacción entre los tlacuaches y los animales domésticos puede tener diversas consecuencias, por ejemplo; se han observado tlacuaches con heridas concordantes con mordeduras de perro. Las heridas ocasionadas por los perros no se limitan al daño físico inmediato, sino que aumenta el



Tlacuache o Zorro pelón. A) *Didelphis marsupialis*; B) *D. virginiana*. Fotografías: A) Diana Foreman, Licencia CCO. <https://www.naturalista.mx/photos/2443004>. B) Raúl Álvarez Mora, Licencia CC BY-NC. <https://www.naturalista.mx/observations/23262192>.

riesgo de transmisión de agentes patógenos como la rabia, sobre todo si no se tiene un plan de medicina preventiva como vacunas y desparasitaciones en los animales domésticos. Este riesgo existe también cuando los perros y gatos no están controlados y se encuentran como animales ferales, ya que depositan sus heces a ras de suelo lo que aumenta el riesgo de transmisión de agentes infecciosos por la vía fecal-oral como parvovirus canino, distemper canino, *Leptospira* spp, *E. coli*, etc.

Entre los patógenos que se pueden transmitir de los perros a los tlacuaches se encuentran los ectoparásitos (parásitos que infectan solo las capas superficiales de la piel), como las garrapatas; incluyendo la garrapata café del perro (*Rhipicephalus sanguineus*). Esta garrapata es el vector principal de la hepatozoonosis canina, considerada una enfermedad emergente principalmente en fauna silvestre, ya que cada vez hay más reportes de dicho hemoparásito (organismo que llega al torrente sanguíneo a través de vectores) en diversas especies de fauna silvestre, incluyendo a los tlacuaches.

La hepatozoonosis canina es una enfermedad provocada por el parásito intracelular *Hepatozoon canis* (Apicomplexa: Hepatozoidae), que requiere tanto de un hospedero como de un vector para completar su ciclo de vida. Las garrapatas, piojos y pulgas infectadas con oocistos esporulados maduros (o huevos), fungen como vectores, es decir, transmiten a los parásitos de un animal a otro al ser consumidas por el hospedero. Los principales hospederos del parásito intracelular *H. canis* son los perros, sin embargo, puede afectar a una amplia variedad de fauna silvestre, por ejemplo, chacales, zorros, capibaras y tlacuaches. Los hospederos susceptibles a la infección pueden presentar graves problemas de salud, como pérdida de apetito, pérdida progresiva de peso, debilidad, letargo, anemia, fiebre y debilidad muscular, lo que facilita la entrada de otros patógenos debido a la inmunosupresión. Además, en casos graves la enfermedad puede incluso ser fatal.

Los tlacuaches, al estar en estrecho contacto con los perros pueden ser hospederos o reservorios de *Hepatozoon canis*, sin embargo, se desconoce cuáles podrían ser los efectos de la infección, si están desarrollando enfermedad o cuál es su papel como hospedero intermediario. Hasta el momento las investigaciones enfocadas en *H. canis* en tlacuaches son escasas en México, la infección por este hemoparásito puede tener un impacto significativo en la salud de sus poblaciones y por lo tanto en los servicios ecosistémicos que nos ofrecen. Por lo anterior, es importante entender la dinámica de transmisión de este parásito en la interfase animales domésticos–animales silvestres–ecosistemas, para dar posibles soluciones a esta problemática desde el concepto de una salud, es decir, con un enfoque integral para abordar las amenazas para la salud en la interfaz entre los seres humanos, los animales y el medioambiente.



Garrapatas (*Ixodes* spp.) en el tlacuache (*Didelphis virginiana*).
Fotografía: Antonio Acini Vásquez-Aguilar.

Estudios epidemiológicos previos en tlacuaches, desarrollados principalmente en Brasil, han mostrado que *H. canis* podría tener un impacto en diversas áreas de la salud animal en caso de que se desarrolle la enfermedad, por ejemplo, en la motricidad, en la susceptibilidad a infecciones secundarias y por lo tanto en la mortalidad de los animales infectados. Con respecto a la motricidad, los hospederos infectados se pueden ver afectados debido a la debilidad muscular provocada por la hepatozoonosis y si bien es posible que el animal sobreviva a la infección, pueden quedar secuelas en su capacidad de movimiento, lo que a su vez reduciría sus habilidades para la búsqueda de alimento y su destreza para ocultarse de depredadores, lo que podría ocasionar la muerte prematura del individuo. Por otra parte, las infecciones secundarias suelen presentarse debido a la afectación que genera el parásito en las células inmunitarias, permitiendo la entrada de otros patógenos como virus o bacterias, obligando al organismo a intentar defenderse de dos o más enfermedades a la vez, provocando un alto estrés fisiológico. Estos hallazgos sugieren que la infección por *H. canis* puede tener un impacto importante en la capacidad de los tlacuaches para mantener sus poblaciones a largo plazo y puede ser un factor de relevancia para el desequilibrio ecológico.

En cuanto a los métodos de diagnóstico, hay varias técnicas que se pueden utilizar para detectar la presencia del *H. canis*, uno de los más comunes es la microscopía que implica la observación de una muestra de sangre en un frotis sanguíneo (técnica que consiste en la extensión de una gota de sangre sobre la superficie de un portaobjetos), bajo un microscopio para detectar la presencia de los parásitos dentro de las células sanguíneas. La microscopía es una técnica que puede ser poco efectiva para detectar la infección en animales silvestres, debido a que los parásitos pueden ser difíciles de encontrar porque la cantidad en sangre puede ser muy baja si la infección no es severa. Otro método de diagnóstico es la prueba serológica, la cual consiste en la detección de anticuerpos contra el parásito en la sangre; esta técnica es útil para detectar infecciones pasadas o presentes, y puede ser especialmente útil en casos en los que la microscopía de sangre no haya sido concluyente; sin embargo, en ocasiones puede producir falsos positivos o falsos negativos. Además de las anteriores, también se pueden utilizar las técnicas de biología molecular como la reacción en cadena de la polimerasa (PCR por sus siglas en inglés), para detectar el ácido desoxirribonucleico (ADN) del parásito en la sangre del hospedero. Esta técnica puede ser muy específica y sensible, lo que la convierte en una herramienta útil para el diagnóstico de la infección por *H. canis* en cualquier especie.

La prevención de la infección por *H. canis* en las especies silvestres es la principal línea de acción para reducir el impacto de este parásito en el ecosistema, e implica un enfoque integral que aborda los factores que contribuyen a la propagación de la enfermedad. La reducción de la población de vectores, es decir las garrapatas, es una medida clave para prevenir la transmisión de *H. canis* a los tlacuaches y otros animales, además de mantener el control de perros y gatos mediante la tenencia responsable, por ejemplo, el uso de correa, aplicación oportuna de vacunas, desparasitaciones, recolección de heces y supervisión de estos animales domésticos en áreas naturales, así como en parques y jardines.

Finalmente, lo expuesto en este texto permite concluir que las investigaciones enfocadas en el control de la infección por *Hepatozoon*, a través de conductas de prevención, es esencial para la conservación de la fauna silvestre en zonas tropicales. La comprensión de los mecanismos de transmisión y los factores que contribuyen a la propagación del parásito, así como la identificación de nuevas especies de hospederos y la evaluación de los impactos en las poblaciones de tlacuaches, son clave para el desarrollo de estrategias de

prevención y tratamiento efectivas. Además, se requiere una mayor conciencia pública sobre la importancia de mantener hábitats saludables para reducir el riesgo de infección. En definitiva, la investigación en esta área tiene el potencial de mejorar la salud y el bienestar de los tlacuaches y en general de la vida silvestre, así como de promover la conservación de los ecosistemas tropicales. Actualmente, empleando métodos de diagnóstico molecular, estamos realizando un trabajo de investigación para conocer cuál es la prevalencia de *H. canis* en los tlacuaches que habitan distintas áreas verdes de la ciudad de Xalapa en el estado de Veracruz, México y conocer si se está llevando a cabo la transmisión de dicho hemoparásito entre perros y tlacuaches. Los resultados que se obtengan ayudarán a proponer medidas de control enfocadas en las enfermedades infecciosas que afectan a estos marsupiales para contribuir en la difícil tarea de la conservación de especies.

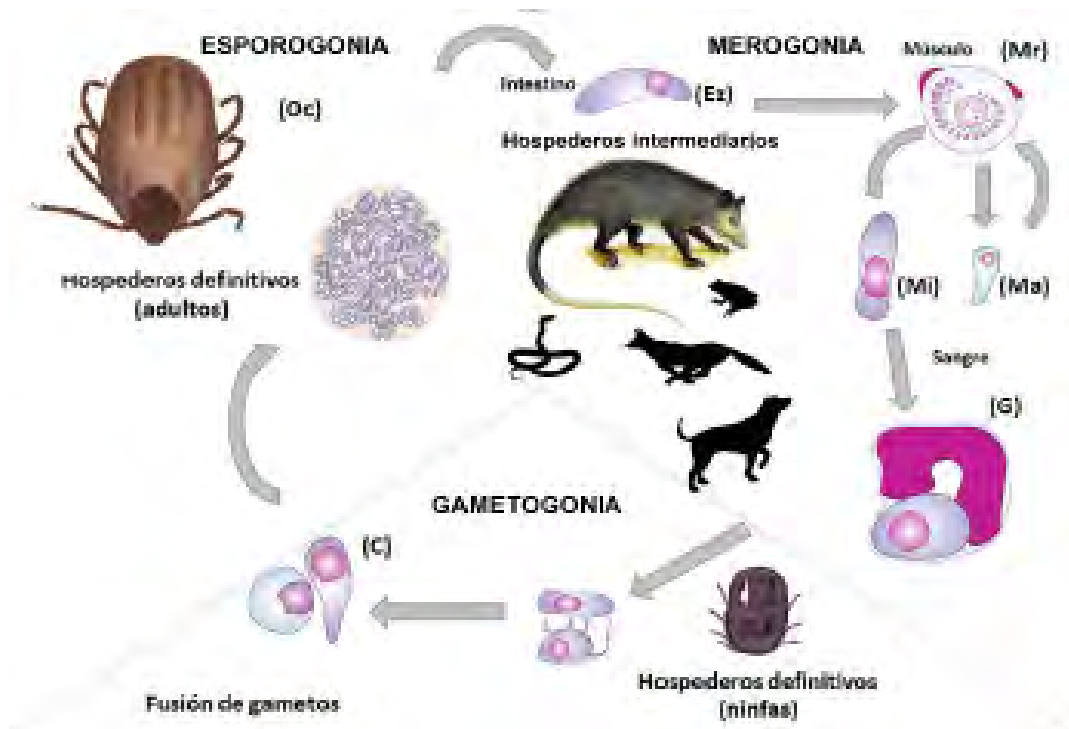
Aunque los tlacuaches se han adaptado bien a la urbanización, la interacción con especies domésticas los ha expuesto a nuevos riesgos, incluyendo la exposición a patógenos, por lo que la transmisión de enfermedades debe considerarse en las estrategias de conservación.

AGRADECIMIENTOS

A Dolores Hernández Rodríguez y a Rodolfo Martínez Mota por la revisión y sus valiosos comentarios al manuscrito, así como al árbitro de la revista por la revisión realizada al manuscrito y por sus valiosos comentarios y sugerencias.

LITERATURA CONSULTADA

- André, M. R., *et al.* 2022. Novel *Ehrlichia* and *Hepatozoon* genotypes in white-eared opossums (*Didelphis albiventris*) and associated ticks from Brazil. *Ticks and Tick-borne Diseases* 13:102022.
- Attipa, C., *et al.*, 2018. *Hepatozoon canis* in three imported dogs: a new tickborne disease reaching the United Kingdom. *Veterinary Record* 183:716-716.
- da Silva, M. R. L., *et al.* 2017. *Didelphis albiventris* naturally infected with *Hepatozoon canis* in southeastern Brazil. *Ticks and Tick-borne Diseases* 8:878-881.
- Álvarez Mora, R. 2019. *Didelphis marsupialis*. *in*: Naturalista, CONABIO 2023. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <https://www.naturalista.mx/observations/23262192>. Consultado el 19 de julio de 2023.
- Foreman, D. 2015. *Didelphis virginiana*. *in*: Naturalista, CONABIO 2023. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <https://www.naturalista.mx/photos/2443004> Consultado el 19 de julio de 2023.
- Jarquín-Díaz, V. H., *et al.* 2016. First molecular evidence of *Hepatozoon canis* in domestic dogs and ticks in fragmented rainforest areas in Mexico. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports* 6:4-8.
- Vásquez-Aguilar, A. A., A. Barbachano-Guerrero, D. F. Angulo, D. F., y V. H. Jarquín-Díaz. 2021. Phylogeography and population differentiation in *Hepatozoon canis* (Apicomplexa: Hepatozoidae) reveal expansion and gene flow in world populations. *Parasites & Vectors* 14:1-14.
- Vásquez-Aguilar, A. A. 2021. Hepatozoonosis Canina: Entre Perros, Garrapatas y Cánidos Silvestres. *Actualidades en Medicina Veterinaria y Zootecnia México* 9:42-48.



Ciclo de transmisión de *Hepatozoon canis*. Etapa 1: Merogonia, formación de micromicetos (Mi), macromerocitos (Ma) y gamezocitos (G). Etapa 2: Gametogonia, formación de cigotos (C) a partir de la fusión de gametos. Etapa 3: Esporogonia, formación de esporozoítos (Ez) por división sexual dando lugar a un oocisto (Oc). Imagen modificada de Vásquez-Aguilar, 2021.

Sometido: 21/jul/2023.

Revisado: 07/ago/2023.

Aceptado: 14/ago/2023.

Publicado: 15/ago/2023.

Editor asociado: Dra. Leticia Cab-Sulub.

¡ESPERA! ... ¿UN TLACUACHE “MUERTO” EN XOCHIMILCO?

Luis Deyvi García-González^{1, 2*}, Angélica Antonio Trinidad² y Víctor Manuel Macedonio Sánchez³

¹Maestría en Biología de la Reproducción Animal, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. Ciudad de México, Ciudad de México, México. lgarcia.exsga@gmail.com

²Área Natural Protegida con Categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco, Dirección General de Áreas Naturales Protegidas y Áreas de Valor Ambiental. Xochimilco. Ciudad de México, Ciudad de México, México. angelica.exsga@gmail.com

³ World Wildlife Fund México. Ciudad de México, Ciudad de México, México. vmacedonio@wwfmex.org

*Autor de correspondencia.

La Ciudad de México es la ciudad más grande de la República Mexicana en superficie y número de habitantes por ello se podría pensar que no hay espacio para zonas dedicadas a la conservación, pero aún cuenta con áreas para este propósito y en ellas viven representantes de mamíferos emparentados con los canguros australianos, los tlacuaches.

En todo el mundo podemos diferenciar básicamente tres subclases de mamíferos; los Prototheria (monotremas y equidnas; organismos ovíparos que completan su desarrollo embrionario dentro de un huevo). Theria (marsupiales; organismos vivíparos que presentan un desarrollo incompleto al nacer, el cual finaliza dentro del marsupio o bolsa ventral de la madre). Finalmente, los Eutheria (placentarios “*sensu stricto*”; organismos vivíparos que completan su desarrollo embrionario dentro de la madre antes de nacer); en México encontramos estas dos últimas subclases de mamíferos. Existen ocho especies del grupo de los marsupiales distribuidas a lo largo del país (*Caluromys derbianus*, *Chironectes minimus*, *Didelphis marsupialis*, *D. virginiana*, *Marmosa mexicana*, *Metachirus nudicaudatus*, *Philander vossi* y *Tlacuatzin canescens*), la mayoría asociada a clima tropical. Sin embargo, una de esas especies es la que ha tenido una mayor distribución, adaptabilidad y resiliencia a modificaciones de hábitat por acción antropogénica, es el tlacuache norteamericano o de Virginia (*D. virginiana*) y por ello ha sido una de las especies que más ha sido estudiada.

Como se mencionó, un rasgo distintivo de todos los marsupiales es que no tienen un desarrollo embrionario completo y este lo terminan en una bolsa de piel ventral o marsupio que la madre presenta, al cual se dirigen las crías después del parto. Dentro del marsupio permanecen resguardadas, se mantienen ancladas y amamantándose exclusivamente de leche materna entre 50 y 65 días posteriores al nacimiento. Después de este periodo, las crías hacen excursiones “fuera de

mamá” explorando su entorno, colgados del pelo o espalda de su progenitora; alrededor de los 100 días postparto, las crías dejan de lactar y se alimentan de sólidos (desde que sueltan el pezón de la madre son capaces de alimentarse de sólidos) hasta convertirse en juveniles independientes.

A pesar de que en la Ciudad de México (CDMX) existe una población de más de 9,200,000 de personas, son pocos los habitantes de esta ciudad quienes conocen la existencia y decretos de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) a nivel federal y a nivel estatal de las Áreas Naturales Protegidas y Áreas de Valor Ambiental (ANPAVA), estas últimas suman 25 áreas protegidas decretadas en menos de 100 años; de ellas, 15 son administradas por la Secretaría de Medio Ambiente a nivel estatal y 10 por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas a nivel federal. Las áreas protegidas ocupan el 14.61% del territorio de la CDMX, la mayoría se encuentran en la zona sur de la misma, en las alcaldías de Álvaro Obregón, Cuajimalpa de Morelos, Iztapalapa, Magdalena Contreras, Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco. En los estudios realizados dentro de las áreas protegidas se ha registrado al tlacuache norteamericano,



Tlacuache norteamericano (*Didelphis virginiana*) fotografiado dentro del Parque Ecológico de Xochimilco, durante un recorrido de monitoreo de aves.
Fotografía: Francisco Pavel Pérez Martínez.

pero ¡no en todas! (p.e. en el Parque Nacional Desierto de los Leones, el Parque Nacional Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla, la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Bosques de las Lomas, la Zona de Conservación Ecológica Ecoguardas, la Reserva Ecológica Comunitaria San Miguel Topilejo y en la Reserva Ecológica Comunitaria San Bernabé Ocotepéc). A lo largo del tiempo, en estas áreas se ha realizado un trabajo de conservación y amortiguamiento de los impactos generados por la mancha urbana.

Una de las áreas protegidas más sobresalientes por su extensión y representación es “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco”, la cual es importante por ser el único sistema de humedales naturales de la CDMX decretado como ANP bajo un esquema de conservación y por presentar chinampas que son áreas de cultivo inmersas en el agua creadas por el humano; también existe una zona terrestre la cual tiene distintos tipos de vegetación primaria y secundaria que proveen a los tlacuaches norteños de alimento y refugio necesarios para subsistir. En diferentes localizaciones de ella existen registros de la presencia del tlacuache norteño. Las diferentes localizaciones van desde las zonas de conservación (Laguna de San Gregorio Atlapulco, Ciénega Grande y Ciénega Chica), pasando por el Parque Ecológico de Xochimilco hasta las zonas chinamperas de San Gregorio Atlapulco y San Luis Tlaxialtemalco.

El “tlacuache” cuyo nombre proviene del náhuatl *tlacuatzin* (*tla*, fuego; *cua*, mordisquear o comer; y *tzin*, chico o pequeño; “el pequeño que come fuego”). Se le nombró de esta manera debido a una vieja leyenda que al igual que la leyenda griega de Prometeo; fue este pequeño animal quien, al ver la necesidad de los humanos, robó y les entregó el poder del fuego para calentarse y cocinar sus alimentos.

A diferencia de su pariente que sabe nadar (*Chironectes minimus*); el tlacuache norteño, no disfruta de un buen chapuzón (aunque tiene la capacidad física de hacerlo) pues evita entrar en los grandes cuerpos de agua, debido a que pueden poner en riesgo su vida. Sin embargo, aunque se aleje de ellos, sigue bajo peligro cuando se encuentra con animales ferales o algunas mascotas de dueños distraídos que pueden atacarlos con la intención de divertirse o matarlos, aunque, como diría el “Chapulín Colorado” aquel icónico personaje de Roberto Gómez Bolaños “No contaban con su (mi) astucia”; el tlacuache finge estar muerto para evitar que animales e incluso humanos lo atacan sigan haciéndolo, al pensar que está muerto ya no vale la pena seguir “divirtiéndose” con él. No solamente las especies ferales o mascotas pueden ponerlo en riesgo, al ser estas zonas donde habitan humanos, ellos también pueden ser un riesgo potencial para los tlacuaches norteños en muchos sentidos. Lo más común es que algunos humanos los tengan como mascotas, los atrapen para tomarse selfies para presumir tener un lindo tlacuache bebé, también se usa como alimento a lo largo del país o simplemente por matar una “rata” gigante como muchos lo ven.

Lo que no saben algunas personas; y que ha sido el trabajo de mucha gente dedicada a la conservación de la fauna silvestre, es la importancia biológica, ecológica y económica que puede tener un animal como el tlacuache norteño, aunque la percepción de muchos es que es un animal de tamaño pequeño-mediano, feo y fácil de confundir con una rata doméstica. Su importancia biológica radica en que es parte de las 270 especies de marsupiales conocidas en el mundo actualmente. La ecológica se refiere a que es un controlador de plagas y dispersor de semillas, debido a su dieta. Finalmente, la económica va encaminada a sus hábitos alimentarios omnívoros; y las percepciones de la gente pueden ser negativas o positivas. Se percibe de manera negativa debido



Cría de tlacuache norteño (*Didelphis virginiana*) rescatada del marsupio de su madre después de haber sido encontrada muerta dentro del Área Natural Protegida Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco en la Ciudad de México.
Fotografía: Francisco Pavel Pérez Martínez.

a que consume y afecta la siembra de hortalizas, legumbres y frutas de las zonas donde habita, así como de productos avícolas como huevos, pollos o gallinas. En contraste, se le ve en sentido positivo, ya que contribuye al control de plagas como caracoles e insectos que pueden dañar los cultivos de campesinos que coexisten con los tlacuaches.

Entonces ¿los tlacuaches son dañinos para el ser humano? La respuesta a esta pregunta podría responderse con una afirmación, pero en sentido inverso (¿Los humanos son dañinos para los tlacuaches?); porque dejando de lado algunas enfermedades “de importancia zoonótica” (la más importante enfermedad de Chagas propagada por la chinche *Tripanosoma cruzi*, la cual puede ser albergada por diferentes especies de mamíferos) la posibilidad de infección y riesgo es baja por los hábitos nocturnos de los tlacuaches que rara vez conviven durante los mismos horarios de actividad de los humanos. Además, como muchos de los animales silvestres, su comportamiento es evasivo, el cual responde a su sentido de supervivencia ante un organismo que puede ser un peligro para ellos. En realidad, los tlacuaches solamente representan un riesgo para los humanos y es que pueden ser vectores de transmisión de enfermedades.

Aunque el tlacuache norteño es una especie común y ampliamente estudiada, en la actualidad, no conocemos con exactitud el estado actual de las poblaciones que habitan las áreas protegidas de la Ciudad de México. Sin embargo, se ha encontrado que las zonas urbanas pueden mermar la salud de la fauna silvestre, poniéndolos en riesgo. En cierta medida, existen propuestas para favorecer el cuidado de su salud y por ende la conservación de los individuos y sus poblaciones, como lo son promover la conservación de áreas verdes con la menor intervención humana posible, tratar de evitar el incremento de la mancha urbana e invasión de territorio destinado a la conservación, entre otras. Éstas se han implementado por el equipo técnico del ANP Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco desde su decreto en 1992, se sigue trabajando en ellas y varias más en las diferentes ANPAVA para el cuidado del entorno, las especies presentes, las relaciones intra e interespecíficas y su preservación a corto, mediano y largo plazo.

En un megamonstruo de asfalto como la Ciudad de México podríamos imaginar que son pocos los tlacuaches que viven en ella, sin embargo; algunas poblaciones han sabido adaptarse y perpetuarse pasando desapercibidos a quienes disfrutamos de la ciudad durante el día; pero ¿están ahí, existen y viven junto a nosotros!

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo de los técnicos Francisco Avelino Sánchez Solorio por los comentarios y valiosas críticas a la realización de este manuscrito; de igual forma agradecemos a Francisco Pavel Pérez Martínez por las fotografías que fueron utilizadas para enriquecer este trabajo.

LITERATURA CONSULTADA

- Ceballos, G., y J. Arroyo-Cabrales. 2012. Lista Actualizada de los Mamíferos de México 2012. Revista Mexicana de Mastozoología. Nueva Época 2:27-80.
- Flores-Martínez, J., V. Sánchez-Cordero y J. V., Rojas-Sánchez. 2022. Abriéndose paso entre los ríos y lagos, el tlacuache acuático *Chironectes minimus*. *Therya ixmana* 2:15-17.
- Gaona Ramírez, S., et al. 1989. Elaboración de un diagnóstico y prognosis de las condiciones ambientales del Parque Nacional Cerro de la Estrella. Reporte técnico final (inédito). Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Distrito Federal, México.
- Glebskiy, Y., R. Acosta-Gutiérrez y Z. Cano-Santana. 2022. Effect of urbanization on the opossum *Didelphis virginiana* health and implications for zoonotic diseases. *Journal of Urban Ecology* 8:juac015.
- Gutiérrez, A. R. J. 2016. Los mamíferos silvestres de la Zona Lacustre de Xochimilco. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Iztapalapa. Ciudad de México, México.
- Hernández-Romero, P. C., y D. A. Prieto-Torres. 2023. Más que roedores, la diversidad de mamíferos de la Ciudad de México. *Therya ixmana* 2:10-11.
- Hortelano-Moncada Y., F. A. Cervantes y R. Rojas-Villaseñor. 2016. Riqueza y conservación de los mamíferos silvestres de la Ciudad de México, México. Pp. 179-220 in Riqueza y Conservación de los Mamíferos en México a Nivel Estatal (Briones-Salas, M., Y. Hortelano-Moncada, G. Magaña-Cota, G. Sánchez-Rojas, y J. E. Sosa-Escalante, eds.). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Asociación Mexicana de Mastozoología A. C. y Universidad de Guanajuato, Ciudad de México, México.
- INEGI 2023. Consulta de indicadores sociodemográficos y económicos por área geográfica. Versión 14 de febrero de 2023. www.inegi.org.mx. Consultado el 31 de julio de 2023.
- Miranda, S., E. López-Tello y A. González-Romero. 2022. El tlacuache y sus primos mexicanos. *Therya ixmana* 1:89-91.
- McManus, J. J. 1974. *Didelphis virginiana*. *Mammalian Species* 40:1-6.
- PAOT, Procuraduría Ambiental del Ordenamiento Territorial del DF. 2009. Estudio sobre la superficie ocupada en áreas naturales protegidas del Distrito Federal. Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del DF. Distrito Federal, México.

Sometido: 02/ago/2023.

Revisado: 12/ago/2023.

Aceptado: 17/ago/2023.

Publicado: 21/ago/2023.

Editor asociado: Dra. Alina Gabriela Monroy-Gamboa.

¡SANTOS VENTILADORES, BATMAN!: ENERGÍA EÓLICA Y MURCIÉLAGOS

Izchel Vargas-Jiménez¹ *, Alejandro Flores-Manzanero^{2,3} y Yessica Rico¹

¹Instituto de Ecología, A.C., Red de Diversidad Biológica del Occidente Mexicano, Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro, Michoacán, México. izchel.vargas@posgrado.ecologia.edu.mx (IV-J) yessica.rico@inecol.mx (YR)

² Universidad Autónoma de Tlaxcala, Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta-Estación Científica La Malinche, Tlaxcala, México. afloresm@uatx.mx (AF-M)

³ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma "Benito Juárez" de Oaxaca, Oaxaca, México.
*Autor de correspondencia.

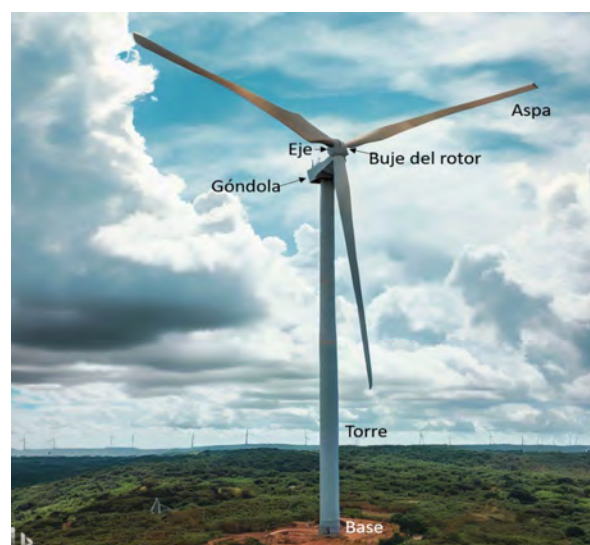
La energía eólica es reconocida como un tipo de "energía verde" o "amigable con el ambiente". Sin embargo, provoca un impacto negativo a los murciélagos, por lo que se requieren acciones que reestructuren la actual legislación en México.

Como parte de los esfuerzos internacionales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas al calentamiento global, provenientes del uso de combustibles fósiles, la producción de energía a partir de fuentes renovables ha tenido un gran impulso y crecimiento. Muestra de ello es que una cuarta parte de la electricidad que actualmente se produce proviene de energías denominadas "limpias" que aprovechan la luz solar, el agua y el viento. Una de ellas es la energía eólica, en la cual se obtiene electricidad a partir de la transformación de la fuerza del viento mediante el uso de los aerogeneradores, estructuras que recuerdan a ventiladores grandes y muy altos, generalmente con tres aspas. Sin embargo, existen modelos con una, dos y hasta 24 aspas, el número dependerá de la orientación del eje del rotor. Para utilizar de manera eficiente la energía del viento se instalan un gran número de aerogeneradores distribuidos a lo largo de varias líneas o transectos, y el espacio que ocupa todo este conjunto se conoce como parque eólico.

Los parques eólicos se construyen en áreas con mucho viento, es decir, ricas en potencial eólico, y para 2021, estos parques ya producían 936 gigawatts (GW equivale a mil millones de watts, y el watt es la unidad con que se mide la potencia eléctrica) en todo el mundo. Se han instalado en diferentes ambientes, como zonas áridas y semiáridas, lugares destinados a la agricultura y ganadería, y sitios cercanos a la costa y en proximidad a manchones de vegetación natural, abarcando una amplia variedad de ecosistemas, y su funcionamiento ayudó a evitar la emisión de 336 millones de toneladas de dióxido de carbono (CO₂) en el año 2022. Para México, la Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE) reporta que los parques eólicos que operan en el país evitan una emisión de 10.3 millones de toneladas de CO₂ cada año. Además, México tiene una capacidad reportada de 7.312 GW, de los cuales 2.758 se obtienen de parques instalados solamente en la región del Istmo

de Tehuantepec, en el estado de Oaxaca, 1.715 en Tamaulipas y 0.793 en Nuevo León.

Pese a representar una alternativa al uso de los combustibles fósiles y ser considerada amigable con el ambiente, debido a la reducción en la emisión de gases hacia la atmósfera, la instalación de los parques eólicos implica la transformación del hábitat, proceso que en ocasiones involucra la deforestación de extensiones de bosques para abrir caminos e instalar los aerogeneradores, que adicionalmente contribuyen con contaminación auditiva y visual. Su construcción y funcionamiento han causado graves afectaciones para varios grupos de fauna silvestre, en especial aquellos que tienen la capacidad de volar, ya que colisionan (o chocan) con las aspas de los aerogeneradores. Uno de estos grupos es el de los murciélagos. La mayoría de los parques eólicos han sido instalados en zonas que, por exhibir fuertes corrientes de aire, funcionan también como corredores migratorios para diferentes especies de este grupo de mamíferos, representando una de sus principales causas de muerte a nivel mundial.



Estructura de un aerogenerador con tres aspas y de eje horizontal paralelo al suelo. Elaboró: Izchel Vargas-Jiménez, realizado con Bing el 17 de julio 2023.



Vista del parque eólico "La Ventosa" desde el mirador Panorámico La Mata "Puerta del Pacífico", Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. Fotografía: Izchel Vargas-Jiménez.

Por ejemplo, se sabe que un alto porcentaje (¡el 90%! de murciélagos que mueren por chocar contra los aerogeneradores en el sur de Europa (se han registrado hasta 6,429 individuos muertos, pertenecientes a 27 especies), son murciélagos migratorios de larga distancia como el murciélago de Cabrera (*Pipistrellus pygmaeus*); mientras que, en el norte de Europa, los murciélagos más afectados por colisionar son las especies que migran distancias cortas y viven en la zona (residentes), como el murciélago noctúlo común (*Nyctalus noctula*). Es importante mencionar que para conocer qué especies mueren en cada parque eólico, se realizan búsquedas de cadáveres (también llamados carcasas) en un área mínima equivalente al diámetro de las aspas del aerogenerador, lo cual puede hacerse con ayuda de perros para optimizar la búsqueda y/o con ayuda de drones. Sin embargo, en todos los parques eólicos existen diferentes factores que complican la labor de buscar carcasas, estos incluyen entre otros a los animales carroñeros que llegan a alimentarse de las carcasas, la cobertura vegetal abundante que puede hacer la búsqueda más complicada, la periodicidad con la que realizan las búsquedas de carcasas que es distinta entre parques (no siempre se realiza durante todo el año o en las mismas temporadas) y el estado de descomposición de las carcasas que puede impedir la identificación de la especie y determinación de la causa de su muerte. En conjunto, todos estos factores dificultan tener información exacta de cuáles especies y a cuántos (número de individuos por especie) murciélagos están afectando los parques eólicos.

La gravedad de la situación aumenta cuando se considera el estado de riesgo de las especies de murciélagos que chocan contra los aerogeneradores, es decir, qué tan amenazadas o en peligro de extinción están. Uno de los organismos internacionales que evalúa el estado de riesgo de las especies es la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés), y precisamente en ésta, se tienen datos sobre la afectación a especies como el murciélago falso pipistrello del este (*Falsistrellus tasmaniensis*) en Australia, y el murciélago dedos largos (*Myotis capaccinii*) en Israel. En el continente americano, las especies que chocan más contra los aerogeneradores incluyen, en Estados Unidos de América y Canadá, al murciélago canoso de cola peluda (*Lasiurus cinereus*), al murciélago ratón de Indiana (*Myotis sodalis*), al murciélago cola peluda rojizo Hawaiano (*Lasiurus cinereus semotus*) y al murciélago cola libre mexicano (*Tadarida brasiliensis*). Para Brasil, Uruguay y Chile se ha reportado a *Tadarida brasiliensis* como la especie más afectada, mientras que para Argentina es el murciélago orejudo de Thomas (*Histiotus laephotis*).

En México, de la zona con mayor número de parques eólicos instalados, que es el Istmo de Tehuantepec, se sabe que los murciélagos que más colisionan corresponden a especies residentes, particularmente aquellas que tienen alas grandes y que se alimentan de insectos en espacios abiertos. Así, de 203 carcasas registradas durante cinco años (2009-2013), la lista la encabezan el murciélago espalda desnuda menor (*Pteronotus davyi*) y el murciélago con cara arrugada (*Mormoops megalophylla*), con un 40.2% y 11.9%, respectivamente. Además, en una visita reciente a los parques eólicos y a los refugios (cuevas donde descansan los murciélagos) de la región, se encontraron otras especies como el murciélago gris de alas de saco (*Balantiopteryx plicata*) y el murciélago frugívoro de Jamaica (*Artibeus jamaicensis*), las cuales también colisionan. En el país, las especies de todos los grupos de seres vivos que se encuentran en algún estado de riesgo se clasifican siguiendo los criterios de la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, la cual asigna a las especies en alguna de las siguientes categorías: probablemente extinta en el medio silvestre (E), en peligro de extinción (P), amenazada (A) y sujeta a protección especial (Pr). Sin embargo, el panorama se torna oscuro para estos "caballeros de la noche", debido a que ninguna de las especies anteriores que mueren por colisionar contra los aerogeneradores se encuentran en alguna categoría de riesgo en las normas internacionales (como la lista roja de la IUCN) o en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y, por consiguiente, darían la impresión de no requerir cuidado o atención por parte de las instancias encargadas del monitoreo y vigilancia de sus poblaciones.

Es importante mencionar que en México, además de la NOM-059-SEMARNAT-2010 hay otros instrumentos legales que ayudan a proteger a los murciélagos potencialmente afectados por parques eólicos, entre los que destacan la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y la guía para la presentación de las Manifestaciones de Impacto Ambiental (MIA), esta última propuesta por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en la sección V Evaluación del Impacto Ambiental, cuya importancia radica en que solicita, a aquellos que pretendan instalar un parque eólico, una evaluación de impacto ambiental del proyecto, para así determinar si el proyecto es viable y, sobre todo, conocer las afectaciones a la biodiversidad. De manera paralela, otro instrumento es el proyecto de norma PROY-NOM-151-SEMARNAT-2006, el cual especifica los cuidados al medio ambiente durante la construcción, operación y abandono de los parques eólicos para prevenir y mitigar los impactos ambientales en las zonas donde son instalados.



Murciélago cara arrugada (*Mormoops megalophylla*), especie que colisiona frecuentemente contra los aerogeneradores del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. Fotografía: Izchel Vargas-Jiménez.

Con base en lo anterior, se infiere que la instalación y operación de parques eólicos proceden porque cumplen los requerimientos legales necesarios, considerando también la presencia de las especies en riesgo, particularmente de murciélagos. Las carcasas encontradas en los parques eólicos, sin embargo, indican que los instrumentos legales y procedimientos que se tienen actualmente no son ni serán suficientes. En principio, porque los monitoreos de poblaciones de murciélagos en parques eólicos son escasos a nivel nacional, a pesar de ser un requisito para la continuidad de sus operaciones. Además de registrar la presencia (y en caso de información previa, también la ausencia) de especies, también se deberían realizar seguimientos a largo plazo para saber si cambian o no las especies presentes en estos parques, así como el número estimado de individuos de cada una, lo cual incidiría directamente en la posible modificación de su clasificación en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Con esto serían aún más visibles las afectaciones hacia los murciélagos como consecuencia de la instalación de parques eólicos.

Por su parte, los representantes del sector de energía eólica han afirmado que la producción de este tipo de energía tiene prioridades distintas a la protección de la biodiversidad, argumentando que el calentamiento global es más crítico que la desaparición de especies. Considerando la aceptación que ha tenido esta energía a nivel mundial a partir de sus números favorables en términos de producción, el panorama luce alarmante y desolador para los murciélagos... ¡recórcholis, Batman!

Lo anterior deja claro que, para que la energía eólica sea realmente amigable con el ambiente y en particular con los murciélagos, se deben realizar una serie de acciones que involucren su cuidado. Un buen comienzo sería recabar e integrar la información de las especies afectadas en todos los parques eólicos, considerando las etapas de pre-construcción, en-construcción y operación (es decir, ya en funcionamiento) de los parques eólicos, para así llenar los vacíos de información que actualmente se tienen. Vale la pena señalar que, aunque en países de Europa (como España y Alemania) y de América (como Uruguay y Estados Unidos de América), si se considera la búsqueda de carcasas, México necesita sus propias directrices, por lo que el diseño de estos protocolos sería otra acción para realizar. Lo más importante será que toda la información generada esté disponible al público, lo cual será útil para que a partir de esta, sea posible mejorar la normatividad relacionada a la instalación de futuros parques eólicos, y así, se logre proteger a los murciélagos y a otros animales voladores. En este sentido, será necesario modificar el proyecto de norma PROY-NOM-151-SEMARNAT-2006, en donde se deben incluir las recomendaciones anteriormente mencionadas.

En resumen, podemos decir que la energía eólica no es ni tan verde ni tan limpia para los murciélagos, y que es necesario llenar los vacíos de información en México para tratar de mitigar esta problemática pronto.

AGRADECIMIENTOS

Al CONAHCyT por la beca otorgada a Izchel Vargas Jiménez (717220), al programa de Doctorado en Ciencias del Instituto de Ecología A. C. A Rufford Foundation por el financiamiento otorgado, a la USPAE INECOL (Dr. Rafael Villegas-Patracca, William Ramos, Fidel López, Christian Alavez Tadeo, Fátima García Salinas, Manuel Cameras Flores, Juan Méndez, Dania García y Xochitl Zárate) y a vivero Valeria (Wilber Velásquez Sánchez y Ramiro Sánchez Luis) por su apoyo en campo, a las comunidades del Istmo de Tehuantepec, que nos brindaron el apoyo para los muestreos realizados.



Carcasa de *Balantiopteryx plicata*, murciélagos artropodófago que colisiona en los parques eólicos del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. Fotografía: Izchel Vargas-Jiménez.

LITERATURA CONSULTADA

- Agudelo, S. M., T. J. Mabee., R. Palmer., y R. Anderson. 2021. Post-construction bird and fatality monitoring studies at wind energy projects in Latin America: A summary and review. *Helyon* 7:e07251.
- Alcalde, J. T., y J. Sáenz. 2004. First data on bat mortality in wind farms of Navarra (northern Iberian peninsula). *Le Rhinolophe* 17:1-5.
- Arnett, E.B., et al. 2016. Impacts of wind energy development on bats: a global perspective. Pp. 295-323 in: *Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World* (Voigt, C. C., y T. Kingston, eds.). Springer, International Publishing. Cham Heidelberg New York Dordrecht London.
- Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE). 2023. Mapas eólicos. amdee.org/mapas-eolicos.html. Consultado el 18 de julio 2023.
- Barros, M. A. S., R. Gastal de Magalhaes., y A.M. Rui. 2015. Species composition and mortality of bats at the Osorio Wind Farm, southern Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 50: 31-39.
- Bernard, E., A. Paese., R. B. Machado., y L. M. de S. Aguiar. 2014. Blown in the wind: bats and wind farms in Brazil. *Natureza & Conservação*, Brazilian Journal of nature Conservation 12:106-111.
- Bolívar-Cimé, B., et al. 2016. Bats in a tropical wind farm: species composition and importance of the attributes of vegetation cover on bat fatalities. *Journal of Mammalogy* 97:1197-1208.
- Briones-Salas, M., M. C. Lavariega., y C. E. Moreno. 2017. Effects of a wind farm installation on the understory bat community of a highly biodiverse tropical region in Mexico. *PeerJ* 5:e3424.
- Cabrera-Cruz, S. A., et al. 2020. Estimates of aerial vertebrate mortality at wind farms in a bird migration corridor and bat diversity hotspot *Global Ecology and Conservation* 22:e00966.
- Cryan, M. P., et al. 2014. Behavior of bats at wind turbines. *PNAS*. 11:15126-15131.
- Davalos, L., et al. 2019. *Mormoops megalophylla*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T13878A22086060.
- DOF. Diario Oficial de la Federación. 2019. Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. Ciudad de México, México.
- García-Luis M., y Briones-Salas, M. 2017. Composición y actividad de la comunidad de murciélagos artropodívoros en parques eólicos del trópico mexicano. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 88:888-898.
- González, F., J. T. Alcalde., y C. Ibáñez. 2013. Directrices básicas para el estudio del impacto de instalaciones eólicas sobre poblaciones de murciélagos en España. *SECEMU. Barbastella* 6: 1-31.
- Ledec, G.C., R. W. Kennan., y R. G. Aiello. 2011. Greening the wind: environmental and social considerations for wind power development. *World Bank Study*. The World Bank, Washington, DC., EE.UU.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). 2023. Sección V Evaluación de Impacto Ambiental, Artículo 28-35 BIS 3. Establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar un desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el medio ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas.
- Lumsden, L. F., M. Pennay., T. B. Reardon., y K. N. Armstrong. *Falstirellus tasmaniensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021:e.T17367A22123618.
- Paunović, M. 2016. *Myotis capaccinii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T14126A22054131.
- Ritchie, H., M. Roser., y Rosado, P. 2022. Energy. in: *Our World in Data*. <https://ourworldindata.org/energy>. Consultado el 10 de julio 2023.
- Rodríguez-Durán, A., y W. Feliciano-Robles. 2015. Impact of wind facilities on Bats in the Neotropics. *Acta Chiropterologica* 17: 365-370.
- Sarmento Do Amaral, I., et al. 2020. Wind farm bat fatalities in southern Brazil: temporal patterns and influence of environmental factors. *Hystrix the Italian Journal of Mammalogy* 31:40-47.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2006. PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-151-SEMARNAT-2006. Establece las especificaciones técnicas para la protección del medio ambiente durante la construcción, operación y abandono de instalaciones eléctricas en zonas agrícolas, ganaderas y eriales.
- Solari, S., y L. Davalos. 2019. *Pteronotus davyi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T18705A22077399.
- Thaxter, C.B., et al. 2017. Bird and bat species' global vulnerability to collision mortality at wind farms revealed through a trait-based assessment. *Proceedings of the Royal Society B* 284: 20170829.
- Voigt, C. C., T. M. Straka., y M. Fritze. 2019. Producing wind energy at the cost of biodiversity: A stakeholder view on a green-dilemma. *Journal of Renewable and Sustainable Energy* 11:063303.

Sometido: 03/ago/2023.

Revisado: 16/ago/2023.

Aceptado: 31/ago/2023.

Publicado: 04/sep/2023.

Editor asociado: Dra. Tania Anaid Gutiérrez-García.

¡VIVA MÉXICO! ¡VIVAN SUS MAMÍFEROS!

Leticia Cab-Sulub^{1*} y Luis Daniel Moreno-Figueroa²

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A. C. San Luis Potosí, San Luis Potosí, México. lety.cs90@gmail.com

²Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. La Paz, Baja California Sur, México. morenofidaniel@gmail.com

*Autor de correspondencia

Sabemos que México es un país megadiverso, pero poco conocemos sobre la diversidad biológica que le proporciona este título. En este breve texto indagaremos en la diversidad y distribución de los mamíferos mexicanos terrestres.

México es un territorio que se extiende por casi dos millones de kilómetros cuadrados, dividido en 32 estados. Cuenta con casi todos los ecosistemas que existen en el mundo, a excepción de unos pocos como la tundra y la sabana; esto gracias a su fisiografía, geología y clima. Por dicha razón, ocupa el 4° lugar entre los países con mayor diversidad biológica conocida, a nivel mundial. Si hablamos por grupos taxonómicos, ocupa el 5° lugar en diversidad de especies de plantas, el 3° en diversidad de mamíferos y el 2° lugar en diversidad de reptiles.

Enfocándonos únicamente en el grupo de los mamíferos, en la superficie continental (territorio nacional que está articulado con el continente americano e incluye las islas del país) de México podemos encontrar 509 especies clasificadas en 162 géneros, 35 familias y 11 órdenes. Los roedores (orden Rodentia) tienen el mayor número de especies con 259, seguido por los murciélagos (orden Chiroptera) con 137, las musarañas (orden Eulipotyphla) con 38, los carnívoros (orden Carnivora) con 33, los conejos y liebres (orden Lagomorpha) con 13, los marsupiales (orden Didelphimorphia) con 12, los artiodáctilos o ungulados de dedos pares (orden Artiodactyla) con 9, los monos (orden Primates) con 3, los armadillos (orden Cingulata) con 2, los osos hormigueros (orden Pilosa) con 2 y finalmente una especie de tapir (orden Perissodactyla).

El top 10 de los estados con mayor diversidad de mamíferos son Oaxaca, Chiapas, Jalisco, Veracruz, San Luis Potosí, Michoacán, Chihuahua, Sonora, Tamaulipas y Coahuila, donde se encuentran 175, 165, 153, 150, 121, 120, 118, 117, 108 y 101 especies, respectivamente. Las especies más comunes (con mayor número de localidades registradas) para los tres estados con mayor diversidad de mamíferos son: en Oaxaca, el murciélago de lengua larga (*Glossophaga mutica*), el ratón silvestre mexicano (*Peromyscus mexicanus*) y el murciélago frugívoro de Jamaica (*Artibeus jamaicensis*); estas tres especies también son las más comunes en Chiapas, pero en orden distinto siendo el ratón silvestre mexicano el más popular, seguido del murciélago de lengua larga y del murciélago frugívoro de Jamaica. En Jalisco, las especies más comunes son el ratón pigmeo norteño (*Baiomys taylori*), el ratón venado del sur (*Peromyscus labecula*) y el ratón cosechero leonado (*Reithrodontomys fulvescens*). Esto coincide proporcionalmente con el número de especies de los órdenes con mayor diversidad, es decir los roedores y murciélagos.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en México se encuentran 20 tipos de clima; por extensión predominan los tipos cálido subhúmedo (en regiones del sur y sureste del país), templado subhúmedo (en las regiones del centro y de la Sierra Madre Occidental) y muy seco semicálido (en regiones desérticas del norte y noroeste de México). En el clima cálido subhúmedo podemos encontrar 255 especies de todos los órdenes presentes en México. Los más comunes son los murciélagos *Glossophaga mutica*, *Artibeus jamaicensis*, *Desmodus rotundus*, *Artibeus lituratus* y *Dermanura phaeotis*. En el clima templado subhúmedo se distribuyen 308 especies de nueve órdenes (exceptuando los órdenes Pilosa y Primates). Los más populares son los roedores *Baiomys taylori*, *Peromyscus labecula*, *Reithrodontomys fulvescens*, *Peromyscus gratus* y *Reithrodontomys sumichrasti*. En el clima muy seco semicálido se distribuyen 142 especies pertenecientes a siete órdenes (sin presencia de armadillos, tapir, monos y osos hormigueros). Las especies más frecuentes en el clima muy seco semicálido son los roedores *Dipodomys merriami*, *Chaetodipus spinatus*, *C. arenarius*, *C. rudinoris* y *Neotoma bryanti*. Cabe aclarar que no todas especies mencionadas son exclusivas de algún tipo de clima, algunos se distribuyen en más de un tipo climático.

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) ha clasificado los ecosistemas de nuestro país en siete grandes ecorregiones: California Mediterránea, Desiertos de América del norte, Elevaciones Semiáridas Meridionales, Grandes Planicies, Selvas Cálido-Húmedas, Selvas Cálido-Secas y Sierras Templadas. Si analizamos la diversidad de mamíferos mexicanos por ecorregiones, obtenemos los siguientes datos. La ecorregión con mayor extensión en México es el Desierto de Norteamérica, que incluye los desiertos Chihuahuense, Sonorense y de Baja California en el norte y noroeste del país. En esta ecorregión podemos encontrar 181 especies, siendo la rata canguro de Merriam (*Dipodomys merriami*), el ratón de bolsillo espinoso (*Chaetodipus spinatus*)



Mamíferos representativos de México.
Imagen: Leticia Cab-Sulub y Luis Daniel Moreno-Figueroa.

y el ratón del cactus (*Peromyscus eremicus*) las especies más comunes. La segunda ecorregión con mayor extensión son las sierras templadas, donde se incluyen la Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental, Sistema Neovolcánico Transversal, Sierra Madre del Sur, Sierra Madre Centroamericana y Altos de Chiapas. En estas regiones podemos encontrar 343 especies de mamíferos, siendo los más comunes el ratón meteorito mexicano (*Microtus mexicanus*), el ratón venado del sur (*Peromyscus labecula*) y el ratón cosechero de montaña (*Reithrodontomys sumichrasti*). La tercera ecorregión de mayor extensión en México le corresponde a las Selvas Cálido-Secas, que incluye la planicie costera y cañones del occidente, lomeríos secos del Golfo de México, la sierra y planicies de El Cabo, la planicie noroccidental de la Península de Yucatán, las depresiones intermontanas y las planicies costeras y lomeríos del Pacífico sur. En esta ecorregión se encuentran 303 especies, donde destacan el murciélago de lengua larga (*Glossophaga mutica*), el murciélago frugívoro de Jamaica (*Artibeus jamaicensis*) y murciélago vampiro común (*Desmodus rotundus*).

Ya que hemos descrito el panorama general de cuántos hay y dónde se encuentran, ahora podemos escribir sobre el estado de conservación. En México existe un documento oficial que enlista las especies en riesgo, bajo diferentes categorías, la NOM-059-SEMARNAT-2010 con última modificación en el 2019. En este listado encontramos 281 mamíferos, de los cuales 239 son mamíferos terrestres, de estos, 148 son endémicos, es decir, solamente se distribuyen en México. El orden con mayor número de mamíferos terrestres en riesgo es el de los roedores (Rodentia), con 123 especies en diferentes categorías (71 amenazadas, 7 probablemente extinta en el medio silvestre, 15 en peligro de extinción y 30 sujetas a protección especial). Las especies de roedores en riesgo representan el 47.4% del total del orden Rodentia presente en México. Sin embargo, este orden no es el que se encuentra en mayor peligro, por ejemplo, los lagomorfos (liebres, conejos) y las musarañas tienen en riesgo el 76.9% y 76.3% de sus especies, respectivamente. Mas aún, los órdenes de los monos, el tapir y osos hormigueros tienen el 100% de sus especies en riesgo.

Por otro lado, el instrumento más importante en México para la protección de la biodiversidad son las Áreas Naturales Protegidas (ANP). Hasta el 2023 se encuentran 203 ANP de carácter federal en México, estas protegen 720,132.982 km² de la superficie marítima y 208,854.302 km² de la superficie continental e insular. En las ANP de la superficie continental e insular se pueden encontrar 359 especies de las 509 presentes en México, es decir el 70.5% de los mamíferos mexicanos terrestres. Y se pueden encontrar los once órdenes,



Algunos mamíferos mexicanos: 1) cría de ratón de abazones arenero (*Chaetodipus arenarius*) en el Desierto de Baja California. 2) Musaraña desértica (*Notiosorex crawfordi*) encontrada en las planicies de El Cabo. 3) Ardillón de las rocas (*Otospermophilus variegatus*) encontrada en San Luis Potosí. 4) Zarigüeya común (*Didelphis marsupialis*) de la Península de Yucatán. 5) Rata canguro (*Dipodomys simulans*) del Desierto de Baja California.

Fotografías: Leticia Cab-Sulub y Luis Daniel Moreno-Figueroa.

32 de las 35 familias presentes en nuestro país y 137 de los 162 géneros. Por lo que, mantener, aumentar y respetar las ANP puede garantizar la protección de gran parte de la diversidad de mamíferos mexicanos y otras especies.

Los datos que hemos descrito provienen de fuentes de acceso libre y particulares como VertNet (<http://vertnet.org/>) GBIF (Global Biodiversity Information Facility, <https://www.gbif.org/es/>) y colecciones mastozoológicas (Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste e Instituto de Biología-Universidad Nacional Autónoma de México, <http://www.ibiologia.unam.mx/cnma/>). Para realizar este estudio, se creó una base de datos con los registros de los mamíferos de México desde el año 1800 hasta el 2018. Con esta base de datos y las capas del territorio mexicano provenientes del INEGI, CONABIO y CONANP se respondieron diferentes interrogantes a lo largo del texto.

Antes de concluir, para conocer un poco más acerca de los mamíferos mexicanos enlistamos algunos datos curiosos: el mamífero más grande es el bison americano (*Bison bison*) que mide casi dos metros y pesa alrededor de una tonelada, actualmente se reintrodujo en el estado de Coahuila, después de estar ausente por más de 100 años. El bison suele habitar en las planicies del Desierto Chihuahuense. El mamífero más pequeño es la musaraña tropical mexicana (*Cryptotis mexicanus*) que mide entre 6 y 7 centímetros y pesa alrededor de 8 gramos y se puede encontrar en las Sierras Templadas de los estados de Tamaulipas, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Veracruz y Oaxaca. El mamífero más rápido es el berrendo (*Antilocapra americana*) que puede alcanzar hasta 95 km por hora y en México se puede encontrar en los Desiertos de Norteamérica.

Para concluir con este texto, resaltamos la importancia de conocer cuántos, cuales, y dónde están los mamíferos de México, dado que no podemos conservar y cuidar lo desconocido. Si bien, algunos han sido muy emblemáticos desde tiempos ancestrales como el jaguar, otros permanecen recónditos o con mala fama, como algunas especies de roedores, murciélagos o marsupiales.

AGRADECIMIENTOS

LC-S (CVU 636320) y LDM-F (CVU 336817) agradecen al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías por las becas postdoctorales otorgadas y al Dr. Sergio Ticul Álvarez Castañeda por compartir enseñanzas mastozoológicas.

LITERATURA CONSULTADA

- Álvarez-Castañeda, S. T., Álvarez, T., y N. González-Ruiz. 2017. Guía para la identificación de los mamíferos de México. Johns Hopkins University Press. Baltimore, EE.UU.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2008. Ecorregiones terrestres de México. <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/ecort08gw.html>. Consultado el 12 de septiembre del 2023.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2023. <http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/listanp/>. Consultado el 12 de septiembre del 2023.
- DOF. Diario Oficial de la Federación. 2019. Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. Ciudad de México, México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2021. Diccionario de datos de clima. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825199258>. Consultado el 12 de septiembre del 2023.
- Vilchis-Conde, J. M., y L. Guevara. 2022. La musaraña tropical mexicana: una pequeña excavadora en los bosques de niebla. *Therya ixmana* 1:107-108.

Sometido: 13/sep/2023.

Revisado: 13/sep/2023.

Aceptado: 14/sep/2023.

Publicado: 14/sep/2023.

Editor asociado: Dra. Alina Gabriela Monroy-Gamboa

DEPREDADORES EN LA CIUDAD

Rafael O. Sánchez Vidal

Primate Behavioral Ecology Lab, Instituto de Neuro-etología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. mvz.rsv@gmail.com (ROSV)

La lucha entre presas y depredadores consiste en superar a su adversario. El éxito de uno representa el fracaso del otro, por lo tanto, ambos deben superarse en términos de eficacia y supervivencia. Pero hoy las reglas del juego han cambiado y ahora no solamente deben superarse entre sí; ahora también deben adaptarse a un ambiente perturbado por los seres humanos.

La depredación va mucho más allá de la muerte de un animal como consecuencia del ataque de un depredador que busca alimento. La interacción entre depredadores y presas tiene implicaciones en diversos procesos biológicos y ecológicos como la polinización, el control natural de plagas, los ciclos de nutrientes y hasta aspectos de salud pública. Estas relaciones se han alterado de forma importante y los desafíos a los que se enfrentan son cada vez mayores debido a los cambios ambientales derivados de las actividades humanas.

Actividades como la urbanización, deforestación, degradación de los ecosistemas, cacería indiscriminada, etc. han ocasionado, entre otras consecuencias, una alarmante disminución en la distribución y abundancia de la fauna nativa. Entre las diferentes especies de mamíferos, los carnívoros son quienes experimentan de las mayores afectaciones por los cambios antropogénicos debido a que, en general, requieren de grandes extensiones de territorio para satisfacer sus actividades cotidianas, entre ellas la de buscar presas para alimentarse, y con frecuencia entran en conflictos con el ser humano. De acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, se calcula que de todos los carnívoros que existen en el mundo el 26.9% se encuentran en riesgo de extinción y que el 48.3% de estas especies están experimentando disminuciones importantes en sus poblaciones. La conservación de los carnívoros es prioritaria debido a que la desaparición de estas especies de su sitio de distribución natural genera cambios ecológicos.

Cuando un ecosistema pierde a una especie de carnívoro ocurre una reacción en cascada que puede iniciar con un incremento en las poblaciones de los herbívoros al dejar de ser cazados. En estos escenarios las plantas pueden modular a las poblaciones de los herbívoros desarrollando hojas con sabores desagradables y poco digeribles. Sin embargo, hay casos de proliferación desmedida de herbívoros sin depredadores. En algunos fragmentos de bosque que quedaron aislados después de la construcción de una presa hidroeléctrica en Venezuela, las poblaciones de roedores crecieron hasta 35 veces más en comparación de los sitios con presencia de sus depredadores. El consumo de elementos vegetales por parte de estas poblaciones inusualmente grandes puede escalar a niveles insostenibles. Uno de los casos más conocidos fue

la ausencia durante décadas del lobo gris (*Canis lupus*) en el Parque Nacional Yellowstone, Estados Unidos de América, consecuencia de una campaña de erradicación de este cánido. El resultado de esta ausencia causó que la población de alces (*Cervus elaphus*) se incrementara a tal grado que los sauces y álamos no podían proliferar al ser su alimento preferido. Al disminuir el número de estos árboles, algunos mamíferos asociados comenzaron a desaparecer como los castores (*Castor canadensis*) y varias especies de aves rapaces. Sin embargo, y contrario a lo que muchos podríamos intuir, la supervivencia de todos los herbívoros no es obligatoriamente mayor cuando viven sin depredadores naturales.

Un ejemplo de cómo los herbívoros pueden no tener poblaciones crecientes a pesar de no tener la presión de depredadores ocurre en el noreste de Estados Unidos de América, donde la abundancia y distribución del puma (*Puma concolor*) y lobo gris han ido en decremento en sitios cercanos a las ciudades. Una de las presas preferidas de estas dos especies son los alces. Si bien podríamos pensar que los alces al vivir en un área sin estos carnívoros podrían reproducirse y aumentar el tamaño de sus poblaciones, la realidad es bastante distinta; debido a la cacería por humanos. La mortalidad de los alces adultos y sus crías es mayor en sitios cercanos a las ciudades. Lo que significa que, aún con la amenaza que el lobo gris y el puma representan, los alces pueden reproducirse y prosperar en sitios alejados de las ciudades debido al equilibrio natural entre presas y depredadores.



Algunos carnívoros como los pumas (*Puma concolor*) son más susceptibles a la fragmentación de su hábitat comparado con las especies que tienen una dieta omnívora. San Luis Potosí, México.
Fotografía: Jorge Castro Urbíola.

En el otro extremo, es posible observar cambios en las conductas antipredatorias de las presas como consecuencia de la extinción local de sus depredadores en sitios urbanizados. Algunos estímulos ambientales característicos de las ciudades como los sonidos de motores, la presencia de humanos en áreas verdes y objetos en movimiento rápido como los vehículos, pueden causar que algunos animales respondan de forma similar a como lo hacen ante sus depredadores. Las marmotas de vientre amarillo (*Marmota flaviventris*) dedican más tiempo a vigilar su entorno y menos tiempo a la búsqueda y consumo de su alimento (forrajeo) cuando habitan en sitios donde hay una alta afluencia de vehículos como automóviles y bicicletas. Este aumento en la vigilancia responde a la necesidad de las marmotas de evaluar los posibles riesgos que están ocurriendo a su alrededor. Sin embargo, para que un animal pueda aumentar el tiempo dedicado a la vigilancia necesita hacer un ajuste en otras conductas y, generalmente, disminuyen sus conductas de alimentación, reproducción y cuidado parental, lo cual tiene un impacto grave en su condición corporal (salud), su supervivencia y la de su descendencia.

A pesar de que las condiciones ambientales de las ciudades implican cambios importantes para la fauna nativa (e.g. diferencias en temperatura, exposición a la luz, vegetación, disponibilidad de agua, ruido) algunas especies han mostrado una mayor tolerancia a estos sitios. Los zorros rojos (*Vulpes vulpes*) habitan actualmente en algunas áreas urbanas que proliferaron durante el periodo Entreguerras en el Reino Unido. Estos barrios cuentan con jardines amplios donde los zorros rojos pueden excavar madrigueras y arbustos que les brindan una cobertura apropiada. Además, estas casas tienden a ser habitadas por adultos mayores y la presencia de jóvenes y niños es baja. Esto implica una menor perturbación para los animales ya que los hábitos cotidianos de este sector de la población se caracterizan por tener una menor actividad en exteriores, menor tránsito de vehículos como motocicletas y bicicletas y tienden a ser diurnos. Otros elementos urbanos como los sistemas de drenaje, líneas de distribución eléctrica y vías ferroviarias construidos entre diferentes áreas suburbanas han resultado ser vías de desplazamiento para diferentes especies.

La urbanización es una de las principales causas antropogénicas que han modificado las dinámicas entre presas y depredadores. Algunos depredadores que pueden modificar sus hábitos de alimentación han explotado de manera eficiente los recursos provistos por los asentamientos humanos. Algunos cánidos con dietas omnívoras han aprovechado los diferentes alimentos asociados a las áreas urbanizadas. Se han encontrado restos de los diferentes frutos en el 73% de las heces analizadas de coyotes (*C. latrans*) que habitan en el área metropolitana de California, Estados Unidos de América. Los zorros rojos también se han favorecido gracias a los restos de carne, alimento para mascotas, desechos de frutos, cultivos de huertos caseros y composta, entre otros desechos humanos. El alimento de fuente antropogénica llega a representar hasta el 71% de la dieta de los zorros rojos que habitan en sitios urbanos de Zúrich, Suiza. En contraparte, existen algunos depredadores con dietas más especializadas, quienes dependen de una buena disponibilidad de presas y que enfrentan un mayor desafío para adaptarse a estas nuevas condiciones. Por esta razón, los felinos como los pumas y linceos americanos (*Lynx rufus*) son particularmente sensibles a la fragmentación de su hábitat ya que su alimentación depende de una buena disponibilidad de presas de tallas particulares, la cual, aunque la complementen con otros alimentos como insectos o plantas no les aportan el mismo valor nutricional.



El coyote (*Canis latrans*) es uno de los carnívoros que mejor se ha adaptado a los sitios urbanizados debido a su dieta oportunista y omnívora. Zoológico de San Juan de Aragón, CDMX. Fotografía: Rafael O. Sánchez Vidal.

La presencia de carnívoros en las ciudades no son necesariamente buenas noticias. Una de las principales preocupaciones respecto a la cercanía de carnívoros silvestres con los seres humanos es la transmisión de enfermedades infecciosas. Los humanos podemos transmitirles enfermedades que tienen efectos graves para las poblaciones locales. Un caso muy sonado fue un brote de giardiasis (ocasionado por un parásito intestinal) en un grupo de licaones (*Lycan pictus*), una especie amenazada, y que se sospecha fueron contagiados por un grupo de turistas en África. En sentido opuesto, la potencial transmisión de rabia, tuberculosis y parásitos a humanos, animales de compañía y ganado representa un problema de salud pública. Además, algunos carnívoros se han habituado a la presencia y cercanía de los humanos y sus animales de compañía, lo que en ocasiones puede derivar en ataques directos a la fauna nativa por parte de humanos y mascotas y viceversa.

En el norte de México los avistamientos de oso negro (*Ursus americanus*) en zonas urbanas son cada vez más frecuentes debido al crecimiento constante de las ciudades y de su cercanía con áreas naturales. Los osos negros habituados a los humanos no suelen desplegar conductas agresivas. Sin embargo, cuando son atraídos por un alimento llegan a ocasionar daños en las casas y lesiones en humanos. Si bien, una medida de resolución de estos conflictos es el manejo letal de los animales, se han desarrollado alternativas para evitar su muerte. Una de las técnicas propuestas es el condicionamiento aversivo, el cual, a través de estímulos que provocan miedo, dolor o malestar interno (e.g. náuseas, vómito, dolor estomacal) logra que los animales se mantengan alejados de los asentamientos humanos. El condicionamiento aversivo ha demostrado ser una alternativa viable para reducir temporalmente estos conflictos. Algunos de los osos que han sido parte de un programa de condicionamiento aversivo requieren de varias intervenciones antes de que dejen de acercarse a los asentamientos humanos y con frecuencia requieren de intervenciones anuales. Lo anterior conlleva a diferentes limitaciones en términos de logística y presupuesto que esta medida requiere para ser efectiva.

Actualmente, vivimos en un momento clave para evitar la extinción de numerosas especies. La persistencia de fauna nativa dentro y fuera de las zonas urbanizadas depende del desarrollo de estrategias viables que aseguren la convivencia segura entre humanos y animales silvestres.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Ricardo Jesús Ortiz Zárate por su contribución en la revisión y sugerencias para mejorar el manuscrito de este artículo y a Jorge Castro Urbiola por autorizar el uso de una de las fotografías que acompañan esta publicación. Asimismo, agradezco a un revisor anónimo quien contribuyó de forma importante para la mejora del manuscrito.

LITERATURA CONSULTADA

- Ceballos, G., y J. Arroyo-Cabrales. 2012. Lista Actualizada de los Mamíferos Bateman, P. W., y P. A. Fleming. 2012. Big city life: carnivores in urban environments. *Journal of Zoology* 287:1-23.
- Brodie, J. *et al.* 2013. Relative influence of human harvest, carnivores, and weather on adult female elk survival across western North America. *Journal of Applied Ecology* 50:295-305.
- Fernández-Sepúlveda, J., y C. A. Martín. 2022. Conservation status of the world's carnivorous mammals (order Carnivora). *Mammalian Biology* 102:1911-1925.
- Mazur, R. L. 2010. Does Aversive Conditioning Reduce Human—Black Bear Conflict? *The Journal of Wildlife Management* 74:48-54.
- Morey, P.S., Gese, E.M., y S. Gehrt. 2007. Spatial and temporal variation in the diet of coyotes in the Chicago metropolitan area. *American Midland Naturalist Journal* 158:147-161.
- Terborgh, J. 2001. Ecological Meltdown in Predator-Free Forest Fragments. *Science* 294:1923-1926.

Sometido: 01/sep/2023.

Revisado: 07/sep/2023.

Aceptado: 20/sep/2023.

Publicado: 20/sep/2023.

Editor asociado: Dra. Alina Gabriela Monroy-Gamboa.

EL SURGIMIENTO DE LOS MAMÍFEROS DEL DESIERTO SONORENSE

José Ángel Ortega-Borchardt*, Isai David Barba-Acuña y Juan Pablo Gallo-Reynoso

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Guaymas, Sonora, México.

jangelortegab@gmail.com (JÁO-B), isai.barba@ciad.mx (IDB-A),

jpgallo@ciad.mx (JPG-R).

*Autor de correspondencia

A lo largo del tiempo en la escala geológica, los mamíferos han jugado un papel importante en nuestros ecosistemas. Además, muchos de ellos han mostrado una gran capacidad y diversidad de adaptaciones para sobrevivir en las condiciones en el desierto más tropical de Norteamérica: el Desierto Sonorense.

En algún momento, hace aproximadamente 14,500 años, el Sol se escondió sobre un vasto paisaje semidesértico en lo que hoy conocemos como el condado de Pima, en Arizona, Estados Unidos de América. Las últimas masas de hielo permanentes a gran altura se estaban derritiendo rápidamente y el clima regional se estaba volviendo más árido, este último cambio climático marcó la expansión del moderno ecosistema del desierto de esta región. El silencio reinaba en el aire, sólo interrumpido por el murmullo de un arroyo cuyas corrientes se encontraban bloqueadas por palos y rocas.

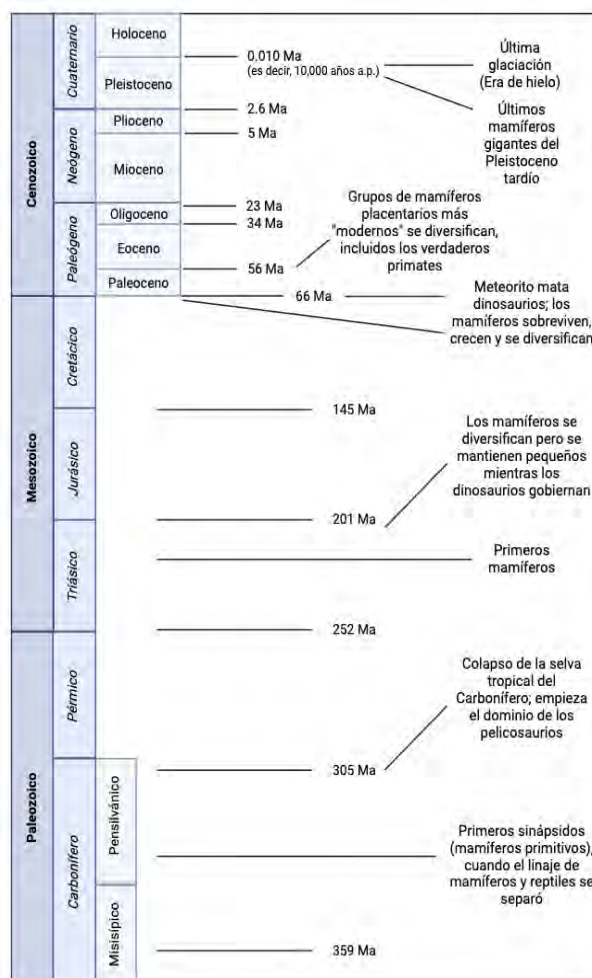
Luego, debajo de un mezquite (*Prosopis* sp.), se escuchó un sonido suave. Eran chasquidos y pasos rápidos. Entre la hierba alta, una pequeña nariz amarilla se asomó vacilante, como si tuviera miedo de avanzar. Sus bigotes temblaban en anticipación al peligro, pero no encontraron ninguno. Era el momento de abandonar su escondite. Saltó fuera y se escabulló cerca del arroyo. Esta rata algodonera nariz amarilla (*Sigmodon ochrognathus*) hizo una breve pausa, se frotó el pelaje del cuello, miró a su alrededor y luego avanzó en silencio a cuatro patas. Se movía rápida y metódicamente, sus pequeñas patas firmemente plantadas debajo de su pequeño cuerpo.

De pronto, la pequeña bola de pelos se detuvo en seco y se escondió de nuevo entre la hierba alta. En el arroyo estaba un animal más grande que ella, tomando agua sin haberse inmutado por su presencia. Era un cervatillo bura (*Odocoileus hemionus*) que miraba y olfateaba en todas direcciones buscando posibles depredadores, ya que se había separado de su madre para hidratarse. De pronto, se escucharon unos gruñidos. Venían del otro extremo del arroyo, y tanto el cervatillo como la rata algodonera voltearon en suspenso hacia el rumbo de los sonidos. Entre la maleza y las cactáceas, diez individuos de pecarías de collar (*Pecari tajacu*), de tamaño mediano y de piernas cortas, se acercaron para tomar agua y comer "péchantas" (vainas) de mezquite que había en el suelo. A pesar de desconocerse entre sí, la serenidad estaba en el aire.

En una de las ramas del mezquite sobre estos animales, los observaba con curiosidad las pupilas ovaladas de una zorra del desierto (*Vulpes macrotis*), de tamaño pequeño y cuya cola tiene una punta negruzca. Sus grandes orejas giraban de un lado a otro. Algo se acercaba y no podía descifrar qué era. Lo que ninguno de estos animales sabía es que eran acechados desde la maleza por cuatro cánidos grandes y hambrientos, los ahora

extintos lobos gigantes (*Aenocyon dirus*). Esta escena descrita, representa una pequeña interacción que pudo haber ocurrido en la vasta diversidad de la mastofauna en el Pleistoceno tardío en el Desierto Sonorense, la fase final de una época geológica cuyos límites se sitúan entre los 129,000 y 11,700 años a.p. (antes del presente).

Para explicar el surgimiento de los mamíferos del Desierto Sonorense, tenemos que retroceder aún más en el tiempo, aproximadamente hace 305 millones de años, en el período Carbonífero. Durante este período, tuvo lugar un evento de extinción conocido como el colapso de la selva tropical del



Línea del tiempo de los mamíferos. Ma: millones de años. Esquema: J. A. Ortega-Borchardt.

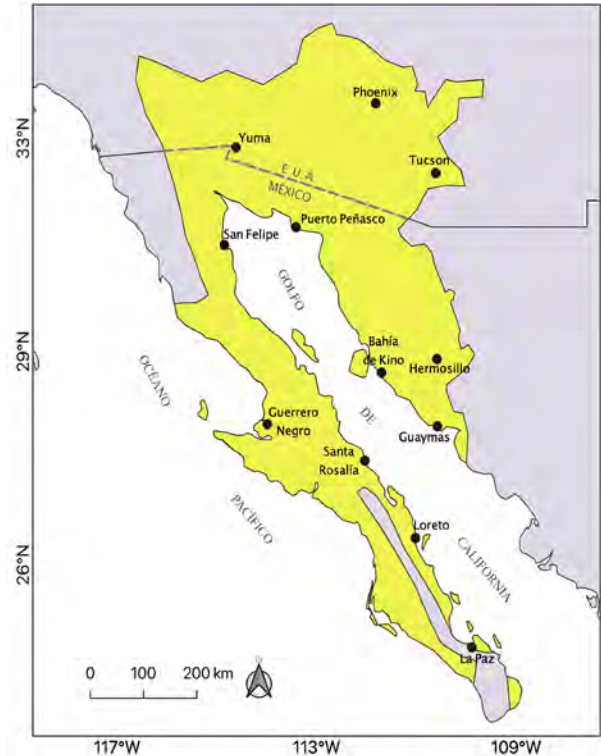
Carbonífero, el cual tuvo un gran impacto en la biodiversidad del planeta. Con el desarrollo del siguiente período geológico, el Pérmico (entre 299 y 252 millones de años a.p.), la Tierra experimentó un cambio significativo a medida que los bosques, que antes estaban llenos de árboles de gran altura como *Calamites*, *Lepidodendron* y *Sigillaria*, se transformaban en paisajes cada vez más abiertos y áridos. Estos árboles fueron posteriormente reemplazados por coníferas, cícadas y otras plantas con semillas que eran más resistentes a las sequías. En el caso de los tetrápodos, que son animales vertebrados con cuatro extremidades, algunos de ellos lograron adaptarse a las temperaturas secas y desarrollaron la capacidad de dispersarse mucho más lejos. En este nuevo escenario, los pelicosaurios, un grupo extinto de amniotas sinápsidos, dominaron el planeta. Nada personifica mejor la nueva era del dominio de los pelicosaurios que *Dimetrodon*, ese icónico animal con su vela dorsal (similar a una aleta) conocido por docenas de esqueletos encontrados en Norteamérica y que, aunque faltan más estudios al respecto, es posible que habitara en parte de la región de lo que hoy es el Desierto Sonorense. *Dimetrodon* tenía un cuerpo grande y robusto, una cola larga y en la mandíbula tenía dientes afilados. Aunque sus extremidades eran cortas y extendidas, no era capaz de moverse rápidamente. A veces puede ser confundido con un dinosaurio debido a su apariencia "reptiliana", sin embargo, *Dimetrodon* no era un reptil ni evolucionó a partir de los reptiles.

Las características "reptilianas" de *Dimetrodon* son simplemente rasgos primitivos que aún no había perdido. En cambio, él y otros pelicosaurios son lo que llamamos "mamíferos primitivos": especies extintas en la línea evolutiva que conduce hacia los mamíferos modernos. A lo largo de la línea evolutiva de los mamíferos, las criaturas tenían aún apariencia de reptil, ¡aunque no eran reptiles! Luego, evolucionaron hacia mamíferos, radiando a diversos tamaños y adquiriendo sus peculiares características como el pelo, un cerebro grande y la capacidad de regular por sí mismos su temperatura corporal. ¿Y qué significa esto? Que *Dimetrodon* está más estrechamente relacionado con nosotros que con *Tyrannosaurus rex* o *Brontosaurus* sp.



A pesar de tener apariencia de reptil, *Dimetrodon* se encuentra más relacionado con los mamíferos que con cualquier reptil de la era moderna.
Ilustración: J. R. Bran Sarmiento (@BranArtworks).

En un tiempo más reciente, hace aproximadamente unos 66 millones de años, cuando el período Cretácico llegó a su fin, ocurrió otra catástrofe que es considerada una de las más conocidas extinciones masivas en la historia de la Tierra. Más allá de la órbita de Marte, un meteorito (o quizá un cometa) se dirigió a nuestro planeta desde las regiones exteriores del sistema solar. Este objeto cósmico colisionó en la zona en donde ahora se localiza la Península de Yucatán, en México, generando un impacto equivalente a más de mil millones de bombas nucleares. Entre los efectos a corto plazo, la explosión del meteorito provocó tsunamis de cientos de metros de altura, y el polvo que levantó hacia la atmósfera ocultó la luz del Sol durante meses. Un resultado final de la colisión fue la formación de un cráter en la corteza terrestre con más de 160 km de ancho y 40 km de profundidad. El cráter



Región del Desierto Sonorense. Específicamente, esta región abarca la zona sur de Arizona y el sureste de California (E.U.A.), así como la región del estado de Sonora y la península de Baja California, incluyendo también las islas del Golfo de California (México). Mapa: J. A. Ortega-Borchardt.

de Chicxulub, ubicado en la costa del Golfo de México y no muy lejos del popular destino turístico de Cancún, representa una huella visible de esta colisión que acabó con todo rastro de vida en miles de kilómetros a la redonda, incluyendo a la que habitaba en la región que ahora es el Desierto Sonorense.

Los impactos a largo plazo del meteorito tuvieron que ser enfrentados por cualquier organismo que hubiera sobrevivido a sus efectos inmediatos. No hay duda en nuestra mente: este período fue uno de los más peligrosos para estar vivo en los últimos cuatro mil millones de años de existencia de nuestro planeta. Aproximadamente el 75% de las especies perecieron, convirtiendo este evento en una de las mayores extinciones de la historia. Los dinosaurios fueron unas de las víctimas principales, terminando así su dominancia sobre las demás especies. ¿Y los mamíferos? Increíblemente, el impacto del meteorito fue la gran oportunidad de los mamíferos para expandirse en la Tierra.

La diversidad de mamíferos en el Desierto Sonorense durante el Paleógeno (entre 66 y 23 millones de años a.p.), que corresponde al período posterior al Cretácico, requiere de registros adicionales y estudios más intensivos para lograr nuestra comprensión de forma significativa. Lo que sí sabemos es que los mamíferos, en términos generales, estuvieron al borde de la extinción junto con los dinosaurios. Todo lo que habían logrado hasta ese período: su historia evolutiva de lactancia y desarrollo de pelaje, la transformación de huesos de la mandíbula en huesos del oído y la diversificación de diferentes tipos de dientes, casi se perdió. Estuvo muy cerca, y todo dependía de lo que sucediera en los días, años y milenios posteriores al impacto del meteorito. Esto plantea la pregunta: ¿Qué fue lo que permitió que algunos mamíferos perduraran durante el Paleógeno? Los mamíferos sobrevivientes de este período eran más pequeños que la mayoría de los mamíferos del Cretácico. Sus dientes indican que eran generalistas y omnívoros. Esto significa que podían aprovechar su hábito alimenticio flexible para consumir cualquier cosa que estuviera disponible, probablemente principalmente semillas y carne o vegetación en descomposición. También parece que las especies que habitaron áreas más extensas eran más abundantes en sus ecosistemas y tenían una mayor probabilidad de sobrevivir. Además, sus cerebros eran grandes



Paisajes actuales del Desierto Sonorense. a) Bosque de sahuaros en las laderas de Catalina Mountains, en el lado norte de Tucson, Arizona. b) Paisaje desértico de la Reserva de la Biosfera Isla San Pedro Mártir, Golfo de California. c) Matorral desértico cerca del ejido Rodolfo Campodónico, Sonora. d) Oasis en Rancho Nuevo, San Carlos, Sonora. Fotografías: I. D. Barba-Acuña y J. A. Ortega-Borchardt.

en comparación con los de los reptiles y anfibios, pero en comparación con los mamíferos modernos de tamaño similar, las especies del Paleógeno tenían cerebros notablemente pequeños. Uno pensaría que fue la inteligencia y los agudos sentidos de estos mamíferos lo que los ayudó a prosperar después de la extinción masiva del Cretácico final, pero no fue así. Fue la fuerza y la resistencia a la adversidad lo que explica el éxito de los mamíferos en el Paleógeno.

Posterior a este período de tiempo, los mamíferos experimentaron una liberación repentina después de más de 100 millones de años de su confinamiento en nichos corporales pequeños, incapaces de crecer más grandes que lo que ahora es una nutria neotropical (*Lontra longicaudis*). La razón de esto es obvia: los dinosaurios habían desaparecido. Nada pudo detener a los mamíferos, y en un lapso de tiempo de unos pocos cientos de miles de años en la historia de la Tierra, los mamíferos placentarios, como los creodontos, condilartros y pantodontos, asumieron la dominancia que antes ocupaban *Triceratops*, *Hadrosaurus* y *Velociraptor*. Excepto que, decir que los dinosaurios habían desaparecido no es del todo cierto. Un grupo representativo de los dinosaurios sobrevivió: las aves. En Nuevo México, se pueden encontrar huesos diminutos y delgados de aves del Paleógeno junto a los mamíferos. Sin embargo, aunque las aves sin duda constituyen un grupo zoológico muy diversificado de nuestro planeta, no tienen un dominio en las redes tróficas comparable al de los mamíferos. En este sentido, podemos decir que los roles evolutivos habían cambiado. Los mamíferos se hacían más grandes mientras que las aves se hacían más pequeñas. Los mamíferos no sólo habían reemplazado a los dinosaurios ocupando los nichos vacíos que habían dejado estos, sino que, se habían convertido en los sucesores de los dinosaurios.

Nos alejamos del Desierto Sonorense por un momento y avanzamos en el tiempo hasta casi los tiempos modernos, específicamente el 25 de octubre de 1831, cuando un joven inglés subió a una embarcación y se preparó mentalmente para dar la vuelta al mundo. Charles Darwin emprendió una expedición que cambiaría la forma en que la humanidad se ve a sí misma y su relación con el resto del universo viviente. En

su viaje a bordo de la embarcación *Beagle*, pasó la mayor parte de su tiempo en Sudamérica examinando y registrando rocas, así como aprendiendo sobre la formación de los lugares que estaba visitando. Las rocas estaban acompañadas de fósiles que incluían desde numerosas conchas hasta árboles petrificados y restos de mamíferos enormes. Es difícil estimar el impacto que tuvo en el joven naturalista, poco después de su llegada a la costa de Argentina, al descubrir y excavar los enormes cráneos y huesos de mamíferos gigantes claramente extintos. En una carta a su hermana Caroline le escribió cómo sus antiguos pasatiempos quedaban en insignificancia: "El placer de la primera jornada de caza de faisanes no se puede comparar con encontrar un grupo de huesos fósiles en excelente estado que cuentan su historia de tiempos pasados con casi una viva voz".

Entre los fósiles de mamíferos gigantes que Darwin encontró estaban los gliptodontes como *Neosclerocalyptus* sp. (ancestros de los armadillos), los gonfoterios como *Notiomastodon platensis* (ancestros de los elefantes) y los perezosos gigantes, como *Megatherium americanum* y *Myodon darwini*. Estos son ejemplos de grandes mamíferos que vivieron en nuestro planeta durante cientos de miles de años hasta finales del Pleistoceno tardío. Otros mamíferos notables que vivieron en esa época incluyen a los capibaras gigantes (*Neoshoerua aesopi*), camellos americanos (*Camelops hesternus*), gonfoterios de Cuvier (*Cuvieronius tropicus*), leones americanos (*Panthera atrox*) y tigres dientes de sable (*Smilodon* sp.). Lo que estos últimos mamíferos extintos mencionados tienen en común no es solo su gran tamaño en comparación con sus descendientes modernos, sino también el hecho de que, según los registros fósiles, habitaron lo que hoy conocemos como el Desierto Sonorense.

De acuerdo con la perspectiva del tiempo geológico, el Desierto Sonorense y los otros desiertos de Norteamérica (los desiertos de Chihuahua, la Gran Cuenca y Mojave) son algunos de los ecosistemas bióticos más jóvenes que tenemos. Hace aproximadamente 8 millones de años, a finales del Mioceno (entre 23 y 5.3 millones de años a.p.), la aparición de los climas regionales distintivos y la evolución de plantas y animales reconocibles adaptados al desierto se combinaron para generar un proto-desierto (o desierto primitivo) Sonorense. A principios de la siguiente época, el Plioceno (entre 5.3 y 2.6 millones de años a.p.), fuerzas geológicas volvieron a alterar los paisajes y los climas a nivel global, resultando en climas más cálidos. Con esta nueva circulación tropical realzada por océanos más cálidos, es probable que los bosques tropicales de México se expandieran, alcanzando regiones más al norte, como las que hoy se encuentran en el estado de Sonora. Del mismo modo, el Desierto Sonorense en Arizona y California se extendió, posiblemente hasta el sur de Nevada en los Estados Unidos de América.

En Norteamérica, la glaciación de Wisconsin se desarrolló aproximadamente entre 75,000 y 11,700 años a.p., representando el período glacial más reciente del conjunto de glaciaciones cuaternarias del continente americano. Durante este período, se produjeron cambios sustanciales en la estructura y composición de las comunidades de los mamíferos del Desierto Sonorense. Este desierto ha sufrido cambios en diferentes ocasiones en respuesta al enfriamiento y calentamiento de las variaciones climáticas regionales (particularmente a lo largo de los ciclos glacial e interglacial del Pleistoceno). Las poblaciones modernas de animales se establecieron hace aproximadamente 4,500 años después de la expansión más reciente del Desierto Sonorense en el noroeste de Sonora, en el sur de Arizona, el sureste de California y la mayoría de la superficie en la península de Baja California, que tuvo lugar a partir de hace unos 9,000 años.

Ahora, adentrándonos en la era moderna: la actualidad. Existen diversos tipos de mamíferos habitando y coexistiendo en el Desierto Sonorense, y son muy diferentes a *Dimetrodon* y a los mamíferos gigantes del Pleistoceno. Entre los mamíferos de diferentes tallas y hábitats se encuentran el berrendo (*Antilocapra americana*), el borrego cimarrón (*Ovis canadensis*),

el chichimoco (*Neotamias dorsalis*), el conejo de cola blanca (*Sylvilagus audubonii*), el gato montés (*Lynx rufus*), la zorra del desierto (*V. macrotis*), el venado bura (*O. hemionus*), en islas del Golfo de California el lobo marino de California (*Zalophus californianus*), el murciélago pescador (*Myotis vivesi*) y muchas especies más. Todos estos mamíferos desempeñan un papel importante en las redes tróficas (o alimentarias), tanto como depredadores o como presas. Los mamíferos pueden ocupar diversos niveles dentro de estas redes, ya sea como herbívoros, insectívoros, carnívoros u omnívoros. Además, muchos de estos depredadores también cumplen la función de ser indicadores de la salud y del estado de conservación de los ecosistemas. Son en verdad animales increíbles, y más interesante es que a través de mucho tiempo pudieron generar una variedad de adaptaciones para resistir y dominar en uno de los desiertos más conocidos de nuestro continente.

Una de estas adaptaciones fue la de mantener una temperatura corporal equilibrada, sin importar si la temperatura oscila entre extremos, desde temperaturas bajo cero hasta más de 40 °C. Añadamos a esto el desafío principal de la supervivencia en el Desierto Sonorense (y en cualquier otro desierto): un organismo necesita más agua a medida que la temperatura aumenta, pero normalmente hay menos agua disponible cuando la temperatura se eleva debido a su rápida evaporación. Entonces, los mamíferos del desierto han desarrollado una variedad de tácticas de adaptación para enfrentar las fluctuaciones de temperatura y la escasez de agua. Ser crepuscular o nocturno, es decir, estar activo al amanecer o al anochecer, permite a muchos animales evitar las altas temperaturas diurnas. Por ejemplo, el gato montés (*L. rufus*) tiende a ser más activo al anochecer y al amanecer, mientras que el pecarí de collar (*P. tajacu*) no está activo durante el día en verano, pero sí puede estarlo en invierno.

Desde hace bastante tiempo, es un hecho que la temperatura del planeta está aumentando, y el Desierto Sonorense no ha sido ajeno a este cambio climático. Si bien la temperatura ha aumentado en el pasado, lo que es diferente hoy en día es la velocidad a la que está ocurriendo este incremento. Los aumentos de temperatura que antes tomaban decenas de miles de años (como la aridificación en el colapso de la selva tropical del Carbonífero, el cual, recordemos, ¡provocó extinciones!), ahora están ocurriendo en cambios generacionales. Es probable que en el próximo siglo alcancemos un estado climático similar al del Plioceno. No podemos hacer predicciones precisas, ya que nos adentramos en un territorio sin precedentes con estos cambios drásticos. No sabemos qué depara el futuro para los mamíferos de la región, ya que en los últimos siglos hemos registrado extinciones de varias especies de mamíferos en Norteamérica. No obstante, lo que sí sabemos es que tenemos la capacidad de pensar y trabajar en equipo para encontrar soluciones para la protección y conservación de los mamíferos del Desierto Sonorense.

Los mamíferos del Desierto Sonorense son las criaturas más carismáticas y queridas de esa región, sin menospreciar a las aves, los reptiles y las otras cientos de miles de especies animales que no son mamíferos. Quizás esto se deba a que muchos de estos mamíferos poseen una gracia visual, pero también creemos que, en un nivel más profundo, podemos relacionarnos con ellos y vernos a nosotros mismos en ellos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar sus agradecimientos a la Dra. M. C. Peñalba-Garmendia del Laboratorio de Recursos Naturales de la Universidad de Sonora y al Dr. J. Arroyo-Cabrales del Laboratorio de Arqueozoología del Instituto Nacional de Antropología e Historia por sus valiosos comentarios y revisiones del manuscrito. También un agradecimiento a U. Gómez-Cabrales y a L. M. Magallanes-Encinas.



Ejemplos de mamíferos que habitan actualmente en el Desierto Sonorense: a) borrego cimarrón (*Ovis canadensis*), b) liebre cola negra (*Lepus californicus*), c) chichimoco (*Neotamias dorsalis*) y d) lobo marino de California (*Zalophus californianus*) en islas del Golfo de California.

Fotografías: J. Á. Ortega-Borchardt y E. Fernández-Reza.

LITERATURA CONSULTADA

- Aitchison, S. 2010. The Desert Islands of Mexico's Sea of Cortez. The University of Arizona Press. Tucson, AZ, EE.UU.
- Arroyo-Cabrales, J., O. J. Polaco, y E. Johnson. 2005. La mastofauna del Cuaternario tardío en México. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No. G012. México, D.F.
- Brussatte, S. 2022. The Rise and Reign of the Mammals: A New History from the Shadow of the Dinosaurs to Us. HarperCollins Publishers. New York, NY, EE.UU.
- Castillo-Gómez, R. A., J. P. Gallo-Reynoso, J. Égido-Villarreal, y W. Caire. 2010. Mamíferos. Pp. 421-436 in Diversidad biológica de Sonora (Molina-Freaner, F. E., y T. R. Van Devender, Eds). Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, México.
- Dimmit, M. E., P. Wentworth Comus, y L. M. Brewer (Eds). 2015. A Natural History of the Sonoran Desert. Arizona-Sonora Desert Museum Press. Tucson, AZ, EE.UU. University of California Press. Oakland, CA, EE.UU.
- Ferrusquía-Villafranca, I., *et al.* 2010. Pleistocene mammals of Mexico: A critical review of regional chronofaunas, climate change response and biogeographic provinciality. Quaternary International 217:53-104.
- Hernández, H. M. 2006. La vida en los desiertos mexicanos. Fondo de Cultura Económica. Distrito Federal, México.
- Lister, A. 2018. Darwin's Fossils: The Collection that Shaped the Theory of Evolution. Smithsonian Books. Washington, D.C., EE.UU.
- White, R. S., J. I. Mead, A. Baez, y S. L. Swift. 2010. Localidades de vertebrados fósiles del Neógeno (Mioceno, Plioceno y Pleistoceno): una evaluación preliminar de la biodiversidad del pasado. Pp. 51-72 in Diversidad biológica de Sonora (Molina-Freaner, F. E., y T. R. Van Devender, Eds). Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, México.

Sometido: 07/sep/2023.

Revisado: 18/sep/2023.

Aceptado: 20/sep/2023.

Publicado: 21/sep/2023.

Editor asociado: Dra. Alina Gabriela Monroy-Gamboa.

LAS HUELLAS COMO HERRAMIENTA PARA LA EDUCACIÓN AMBIENTAL

Gabriela Méndez-Saint Martin^{1*}, Yulisenia Lourdes Díaz-Ruíz¹,
Jorge Francisco Cortes-García²

¹ World Wildlife Fund Inc México, Calakmul, Campeche, México.

mendez.blue90@hotmail.com (GM-SM); yuliseniad@gmail.com (YLD-R)

²Grupo de Monitoreo Socioambiental, Palenque, Chiapas, México. franjcor89@gmail.com

*Autor de correspondencia

Las huellas de mamíferos, esas marcas en el suelo que a menudo dejamos pasar desapercibidas, son tesoros ocultos en la naturaleza que no cualquiera logra ver. Pero, ¿y son mucho más que simples marcas en el suelo?

En México, albergamos una alta diversidad de mamíferos; sin embargo, es sorprendente que muchos mexicanos desconozcan las especies que habitan en nuestro país. Esto puede atribuirse a diversas razones, como el desinterés, la falta de información o el simple desconocimiento. Las personas que viven en áreas rurales, los agricultores y ganaderos, están más familiarizadas con la riqueza de especies, ya que conviven con ellas a diario. En contraste, si nos acercamos a alguien de la ciudad, como a un niño de educación primaria, y le preguntamos acerca de los animales que conoce, es probable que pueda mencionar más sobre la fauna africana que la local. Esto se debe, en parte, a la mayor difusión de programas y películas infantiles que destacan la vida salvaje africana en comparación con la fauna mexicana.

Las huellas son las impresiones dejadas por las manos y patas de los animales en el suelo. Muchas especies cuentan con almohadillas o cojinetes en sus extremidades (por ejemplo, el jaguar (*Panthera onca*) y la zorrilla gris (*Urocyon cinereoargenteus*)) compuestas por tejido elástico y graso, y cubierto por una capa de queratina sólida y flexible, que se encuentra debajo de las falanges o metápodos (huesos que forman parte de los dedos de las manos o pies). La visibilidad de estas huellas puede variar dependiendo de las condiciones del terreno, como la humedad del suelo, su rugosidad, la presencia de hojarasca y



Colecta de huellas con yeso odontológico.
Fotografía: Jorge Francisco Cortes-García.

otros factores. Incluso cuando un individuo sigue un mismo patrón de marcha, la forma de las huellas puede diferir. Uno de los lugares óptimos para encontrar huellas son los terrenos lodosos, como los alrededores de cuerpos de agua, ya que el lodo húmedo permite que se marquen claramente todos los dedos de los animales, facilitando así su identificación.

Existen varios métodos para recolectar huellas de mamíferos, siendo las fotografías y los moldes de yeso los más comunes. Cuando tomamos una fotografía de una huella, es importante seleccionar las huellas que se puedan apreciar mejor, para que las personas que las vean puedan identificarlas con precisión. Contar con un banco de imágenes de diferentes especies resulta útil al crear presentaciones o informes. Es importante siempre recordar incluir una referencia junto a la huella para apreciar su tamaño; esto puede lograrse mediante el uso de una regla, GPS, navaja, u otros objetos de referencia. Sin embargo, es recomendable usar objetos con medidas estandarizadas, pues los objetos como GPS o navajas pueden variar de tamaño.

Cuando se trata de hacer moldes de yeso de huellas de mamíferos, el proceso es sencillo y económico; se necesitan algunos materiales básicos, como un recipiente (puede ser la mitad de una pelota de hule), una cuchara, agua y yeso. Es importante mencionar que el yeso odontológico es especialmente adecuado para este tipo de moldes, ya que es más resistente y se seca rápidamente, en comparación con el yeso convencional que se vende en las ferreterías. El primer paso es seleccionar la huella que deseas reproducir, es recomendable elegir una huella completa y nítida, que muestre todos los dedos y su forma claramente. Con un lápiz o un palo se puede marcar una referencia hasta donde se desea que llegue el molde. El siguiente paso es la preparación del yeso: se coloca el yeso en el recipiente y se añade agua, con la cuchara



Huella de tapir (*Tapirella bairdii*) en un sendero dentro de la Reserva de la Biosfera Calakmul.

Fotografía: Gabriela Méndez-Saint Martin.

se mezclan los ingredientes hasta obtener una consistencia libre de grumos y burbujas. Una vez obtenida la mezcla, esta se vierte sobre la huella, asegurándose de cubrirla completamente hasta donde quedó la marca. El tiempo de endurecimiento del yeso dependerá del tipo de sustrato y el tamaño de la huella. Es importante no intentar retirar el molde antes de tiempo, ya que podría romperse. El molde estará listo cuando esté tibio al tacto y no deje residuos al tocarlo. Si el molde está sucio, se puede lavar con un cepillo y agua. Estos moldes de yeso, además de ser herramientas excelentes para actividades de educación ambiental, se pueden integrar a colecciones científicas, a este tipo de colecciones de huellas se les conoce como colecciones accesorias. Para depositar las huellas en dichas colecciones se necesitan tomar los datos de campo: localidad, fecha, tipo de vegetación, colector, especie etc. Por ejemplo, al hablar sobre felinos, se puede exhibir una colección de huellas para que el público pueda observar las diferencias en tamaño y forma. Incluso se puede demostrar cómo se hace un molde de yeso para que las personas se lleven uno como recuerdo.

Las huellas son una herramienta valiosa en la educación ambiental, ya que permite sumergirnos en la naturaleza y aprender sobre la biodiversidad que nos rodea. Al fomentar la observación, la conexión con la naturaleza y la participación activa, podemos inspirar a las personas a convertirse en defensoras apasionadas del medio ambiente y la conservación de la vida silvestre. Despiertan la curiosidad y alientan la observación cuidadosa del entorno natural. Al aprender a reconocer huellas, las personas pueden sentir una conexión más profunda con la naturaleza y su fauna. La búsqueda y el registro de huellas pueden convertirse en actividades interactivas que fomentan la participación activa y el aprendizaje práctico. Además, estas huellas representan una valiosa herramienta de enseñanza que genera un proceso de aprendizaje significativo y logra la comprensión de la importancia de los organismos presentes en el medio ambiente.

Podemos utilizar moldes de huellas en talleres y actividades prácticas para que niños y adultos experimenten un enriquecedor proceso de aprendizaje. Además de talleres en entornos controlados se pueden organizar emocionantes excursiones al aire libre en busca de huellas de mamíferos y de otras especies. Estas excursiones permiten a los participantes adentrarse en la naturaleza, donde pueden encontrar huellas en su hábitat natural y aprender sobre la fauna local de una manera directa y memorable. Esta experiencia práctica no solo educa, sino que también inspira un profundo respeto por el entorno natural y sus habitantes.

La educación basada en huellas de mamíferos va más allá de la curiosidad y la observación, debido a que está teniendo un

impacto real en la conservación de la vida silvestre. En muchas áreas, esta educación ha llevado a la adopción de prácticas más sostenibles. Por ejemplo, los ganaderos que aprenden a reconocer las huellas de depredadores en sus tierras pueden tomar medidas para proteger al ganado de manera más efectiva sin dañar a los carnívoros, como el jaguar y el puma.

Las huellas de mamíferos no son solo marcas en el suelo, son ventanas que nos permiten observar la vida silvestre de manera indirecta, pero efectiva. Al aprender a identificar estas huellas, las personas pueden desentrañar el misterio de qué especies habitan a su alrededor. Desde las elegantes huellas de los venados hasta las poderosas huellas del jaguar, cada una nos cuenta una historia sobre la fauna que comparte nuestro mundo. En algunas culturas indígenas, las huellas de mamíferos tienen un significado cultural profundo. A menudo, estas huellas están entrelazadas con mitos y leyendas que resaltan la importancia de respetar la fauna y su hábitat. La educación ambiental basada en huellas de mamíferos puede ser una forma de preservar y compartir este conocimiento tradicional.

En conclusión, las huellas de mamíferos son una herramienta valiosa en la educación ambiental y la conservación. Nos permiten conectar con la naturaleza de manera profunda, aprender sobre la biodiversidad y, lo más importante, inspirarnos a proteger el medio ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto "Salvando al Jaguar: embajador de América", el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), al Dr. Fernando M. Contreras Moreno y al M. en C. Marcelo Aranda Sánchez.

LITERATURA CONSULTADA

- Aranda-Sánchez, J. M. 2012. Manual para el rastro de mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Distrito Federal, México.
- Martínez Castillo, R. 2010. La importancia de la educación ambiental ante la problemática actual. *Revista Electrónica Educare* 14:97-111.
- Méndez-Saint Martin, G. *et al.*, 2022. Perception of ranchers about the predator attack insurance in the Calakmul region, Campeche, Mexico. *Agro Productividad* 15:143-152.
- Rosas-Rosas, O. C. *et al.*, 2015. Monitoreos comunitarios para la conservación e investigación participativa en Áreas Naturales Protegidas. *Agro Productividad* 8: 56-61.

Sometido: 07/sep/2023.

Revisado: 22/sep/2023.

Aceptado: 22/sep/2023.

Publicado: 24/sep/2023.

Editor asociado: Dra. Natalia Martín Regalado.



Estudiantes del curso "capacitación en técnicas de seguimiento de mamíferos en ambientes selváticos" con sus moldes de yeso de huellas de pecarí de labios blancos (*Tayassu pecari*).

Fotografía: Gabriela Méndez-Saint Martin.