

MAMÍFEROS URBANOS Y LAS AMENAZAS DEL CAMBIO GLOBAL

Pablo César Hernández-Romero^{1*}, Jimena Cruz-Cruz¹ y David A. Prieto-Torres^{1,2}

¹Laboratorio de Biodiversidad y Cambio Global (LABIOCG); Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla de Baz, Estado de México, México. pablohernandez@iztacala.unam.mx (PCH-R), jime641150@gmail.com (JCC) y davidprietorres@gmail.com (DAP-T)

²Laboratorio Nacional CONAHCyT de Biología del Cambio Climático, México.

*Autor de correspondencia

Los mamíferos de la Megalópolis mexicana son especies muy importantes para el funcionamiento de los ecosistemas naturales y urbanos. Lamentablemente, los efectos de la pérdida de hábitat y el cambio climático futuro pueden poner en riesgo la presencia de estas especies en la región.

La Megalópolis mexicana es un área urbana y suburbana conformada por los estados de Ciudad de México, Estado de México, Hidalgo, Morelos, Puebla, Querétaro y Tlaxcala. En ella hay grandes ciudades que en conjunto contienen casi 42 millones de habitantes, lo que la convierte en una de las zonas más pobladas del mundo. Esta área constituye un mosaico diverso conformado por al menos 11 tipos de ecosistemas, los cuales albergan una notable biodiversidad de flora y fauna. De hecho, a pesar de la alta densidad poblacional, el acelerado proceso de urbanización y cambio de uso de suelo a la que ha sido expuesta en las últimas décadas, la región todavía ofrece importantes entornos naturales que sirven de refugio a numerosas especies muy carismáticas para la sociedad como son los mamíferos. En esta región, a pesar de que presenta una alta degradación ambiental, aun podemos encontrar poco más del 27 % de las especies de mamíferos reportadas para todo el país. Algunos ejemplos muy emblemáticos para la sociedad en general son las nutrias (*Lontra annectens*), que habitan los ríos y humedales, los tlacuaches (*Didelphis virginiana*), adaptados a la vegetación arbustiva y suburbana, los cacomixtles (*Bassariscus astutus*), que recorren los bosques y zonas periurbanas, así como venados cola blanca (*Odocoelus virginianus*), en algunas zonas con menor intervención humana.

Los mamíferos presentes en la Megalópolis mexicana no son sólo importantes por el valor estético o cultural que los humanos les hemos dado, sino también por el papel que desempeñan en el mantenimiento de los ecosistemas y en la provisión de servicios ecológicos. De hecho, los mamíferos son vitales para procesos esenciales como la dispersión de semillas, el control de poblaciones de insectos, roedores y otras especies que podrían tornarse plagas, y la mejora de la calidad del suelo. Sin embargo, como sociedad hemos implementado modelos de desarrollo económico que perjudican a estas especies, y a la biodiversidad en general, dado el cambio de uso del suelo, la fragmentación del hábitat y el incremento de la contaminación. Por estos motivos, gran parte de la riqueza de mamíferos terrestres del mundo se encuentran amenazados y en peligro de extinción, mientras que cerca de la mitad de las especies presentan tendencias de declive en sus poblaciones.

En la actualidad, otra creciente amenaza que plantea serios desafíos para los mamíferos y sus hábitats es el cambio climático. La evidencia científica de los últimos 20 años señala que los cambios en el clima --incluyendo la frecuencia y duración de eventos extremos como sequías-- están alterando de manera significativa la dinámica de las poblaciones de estas especies, así como las interacciones biológicas y los procesos en los que se ven involucradas. Los mamíferos de la Megalópolis mexicana no están exentos a estos impactos. Estudios recientes indican que la temperatura media en la Megalópolis mexicana ha aumentado (> 1.8° C) en las últimas décadas, lo cual ha ocasionado cambios en la distribución y la abundancia de varias especies de mamíferos.

En el contexto de cambios acelerados en el ambiente, la adaptación y la resiliencia de los mamíferos son cruciales para su supervivencia a largo plazo. Desde esta perspectiva, es fundamental implementar estrategias de conservación basadas en una comprensión integral de las necesidades ecológicas de las especies, así como los impactos del cambio climático y en el uso de las tierras. El desarrollo de estudios que permitan incrementar la información sobre la presencia, la abundancia e incluso los patrones de diversidad de estas especies en la región es una tarea fundamental para evaluar cómo sus comunidades responden a todos estos cambios ambientales. Estudios de este tipo no sólo permitirían identificar los niveles de afectación en diferentes áreas, sino también determinar las especies clave o las zonas de alta diversidad que requieren acciones de protección inmediata.

Para abordar estos puntos de interés, en nuestro equipo de investigación hemos trabajado en compilar la información sobre 155 especies (incluyendo 9 órdenes y 22 familias) de mamíferos, y sus localidades de presencia, reportadas en la Megalópolis mexicana. Posteriormente, utilizamos estos datos junto a técnicas de modelación espacial (es decir, el uso de ecuaciones matemáticas para identificar las condiciones ambientales idóneas para la presencia de las especies) para crear mapas individuales de las áreas de distribución geográfica de cada especie bajo escenarios de cambio climático global para los próximos 20 y 50 años. A partir de esta información identificamos los patrones espaciales de distribución y riqueza de especies (es decir, sitios con mayor o menor concentración de especies) en el presente y cómo estos podrían verse amenazados en el futuro por los nuevos climas, así como por la pérdida y fragmentación del hábitat.

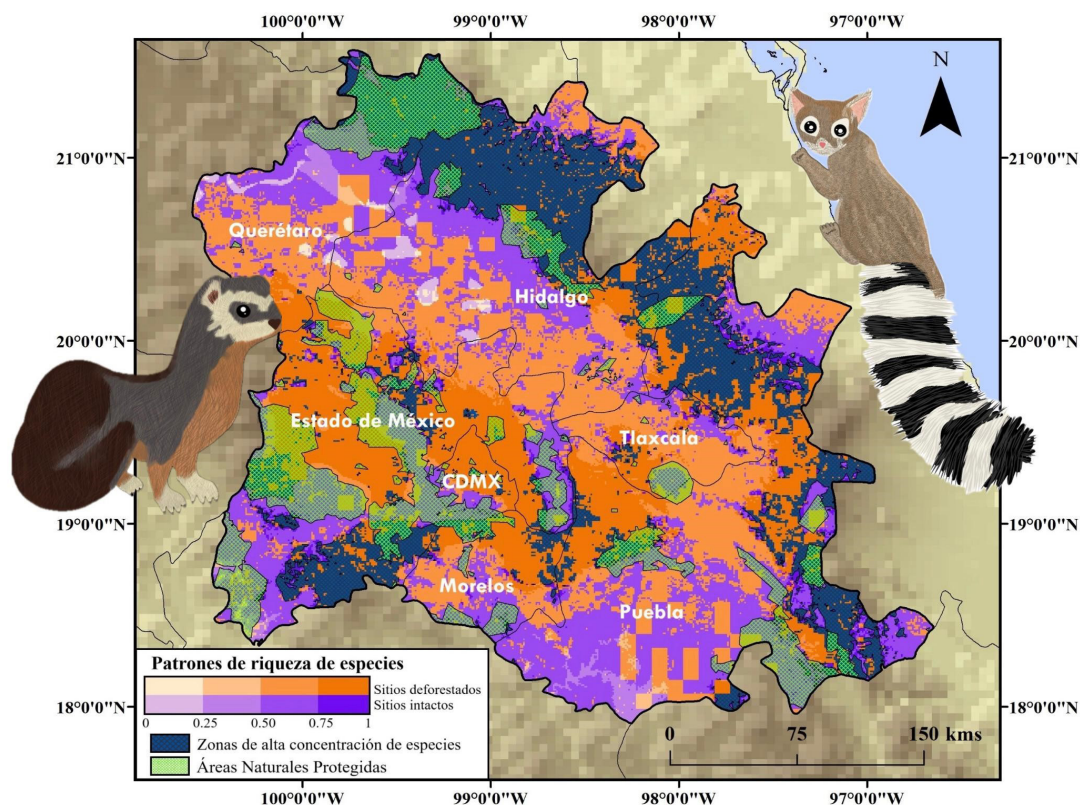
Nuestros hallazgos sugieren que el 56.8 % (88) de las especies presentan una distribución potencial que abarcaría al

menos un 50 % de la superficie de la Megalópolis. En términos de número de especies, los sitios pueden albergar entre 1 y 97 especies de mamíferos en una misma localidad de 3 km². En promedio, cada sitio tiene alrededor de 70 especies, lo que representa casi la mitad de las especies analizadas en este estudio, y muestran importantes grados de diferenciación de las especies que se encuentra entre las diferentes zonas de la Megalópolis, lo que quiere decir que cada área tendría especies y funciones ecológicas particulares. Las zonas con mayor concentración de especies están principalmente en la zona de la Sierra Madre Oriental que se encuentra entre los estados de Hidalgo, Puebla y Querétaro, así como en el sur de la Ciudad de México y las zonas del norte de Morelos, la Sierra de Chichinautzin y el sur de Estado de México. Para 29 especies se observó que existe una superposición (en promedio mayor al 33 %) entre sus áreas de distribución potencial y las zonas que se consideran con un alto impacto o huella humana. De hecho, el 27 % de las áreas de alta concentración de especies (con más de 75 especies por sitio) se encuentran en sitios con alta intervención humana. Todo esto indica que más de la mitad de las especies tienen un alto grado de zonas ya altamente degradadas en términos ambientales dentro de sus áreas de distribución conocidas.

Por otro lado, para el futuro se sugiere que el cambio climático global podría reducir las áreas de distribución de casi 150 de las 156 especies de mamíferos. Esta reducción se estima pueda ser entre un 13.5 % (en escenarios favorables de dispersión para las especies) y 16.9 % (en escenarios de no dispersión para las especies). De hecho, hasta 10 especies podrían llegar a perder más del 40 % de su distribución en el futuro. Algunas especies, especialmente aquellas con áreas de distribución actualmente restringidas, podrían ser particularmente vulnerables a los impactos del cambio climático y la alteración del hábitat. Algunos ejemplos de esto

serían la rata algodónera oreja blanca (*Sigmodon leucotis*), la musaraña coluda oaxaqueña (*Sorex ventralis*), el murciélago lengua larga (*Hylonycteris underwoodi*) y la tuza de la Cuenca de México (*Cratogeomys merriami*). En contraste, especies consideradas generalistas, como el murciélago frugívoro gigante (*Artibeus lituratus*) y el coati (*Nasua narica*), podrían no verse afectadas de manera negativa por las nuevas condiciones climáticas. Además, es probable que también se reduzca el número de especies (en promedio de 3 a 6 especies por sitio en los escenarios más favorables y entre 5 y 8 especies por sitio en los escenarios más desfavorables) que viven en esta zona, lo que causaría que se conformen nuevas comunidades biológicas en el futuro. Al comparar los listados de especies para un mismo sitio en el presente y las estimaciones del futuro, se observó un promedio potencial de recambio de casi 8 % de las especies en diferentes regiones de la Megalópolis, lo que tiene implicaciones en el funcionamiento y resiliencia de los ecosistemas de la región.

Más preocupante aún, del área de distribución predicha para las especies en el futuro se estima que, en promedio, un 25 % correspondan a zonas con un alto impacto o huella humana. De manera preocupante, se estima que aproximadamente el 25 % del área remanente predicha para las especies en el futuro se ubicará en zonas con un alto impacto o huella humana. Esto podría llevar a un proceso de homogenización biótica (simplificación de la biodiversidad) en el paisaje pues los valores de recambio de especies estimados en el futuro tienden a ser menores que los mostrados en el presente, es decir que los sitios tenderían a tener pocas especies y todas ellas cumplirían las mismas funciones ecológicas (dispersores, depredadores, etc.). Todo esto apunta a un futuro bastante delicado para los mamíferos de la región, colocando en riesgo el funcionamiento y la estabilidad de los ecosistemas. Esto pone en evidencia la necesidad urgente de estrategias de conservación y mitigación para contrarrestar



Distribución geográfica de la Megalópolis mexicana y los patrones de riqueza potencial de especies de mamíferos terrestres estimados en escenarios climáticos y deforestación de hábitat en el presente, así como las áreas naturales protegidas existentes a través del paisaje. Mamíferos en el mapa: a la izquierda la comadreja (*Neogale frenata*) y a la derecha el cacomixtle (*Bassariscus astutus*). Ilustraciones: Jimena Cruz-Cruz.

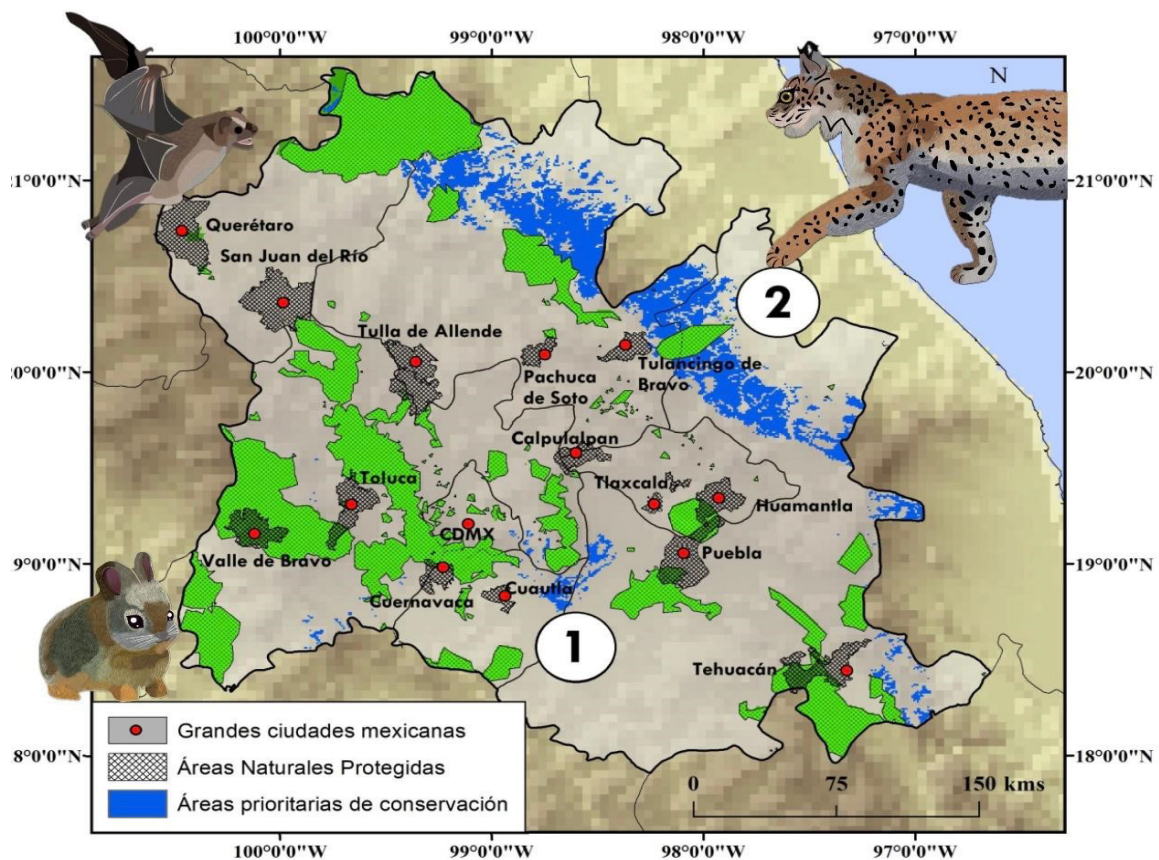
estos impactos a mediano y largo plazo, en especial en las zonas urbanas y sus alrededores como la creación de áreas protegidas, corredores verdes y sensibilización sobre la importancia de los mamíferos a la sociedad.

Es importante señalar que las Áreas Naturales Protegidas (ANP) que existen en la zona hoy en día podrían no estar exentas de estos impactos negativos estimados en el futuro. Si bien la actual red de ANP abarca cerca de un 18 % de la superficie del área de estudio y representa, en promedio, un 12 % de las áreas de distribución de estas especies, es necesario resaltar que existen importantes limitaciones a considerar para futuros planes de manejo y conservación. Por ejemplo, cerca de un 28 % de las especies presentan menos de un 10 % de su distribución dentro de una ANP de la Megalópolis mexicana y que casi el 84 % de las áreas con una gran riqueza de mamíferos no están ubicadas en las ANP. Por otro lado, para el futuro las especies que habitan dentro de las ANP podrían reducir sus áreas de distribución entre un 2 % y 52 % dentro de estas zonas de conservación, lo cual compromete su grado de protección en un futuro. Finalmente, el número promedio de especies que están dentro de las ANP en el presente es de 73 mamíferos por sitio, pero este valor podría reducirse en el futuro desde 4 especies por sitio (en el mejor escenario) hasta 15 especies por sitio (en el peor escenario). Por ello, es imperativo optimizar los esfuerzos para salvaguardar a largo plazo la mayor representatividad posible de estas especies.

Curiosamente, de las áreas de alta concentración de especies y resiliencia (capacidad de los sistemas biológicos de hacer frente a las perturbaciones ambientales) ante el cambio

global identificadas en nuestros estudios, sólo un 20.6 % se encuentran dentro de ANP. Esta situación no es trivial, pues estas áreas se localizaron en zonas donde se estiman que los impactos negativos del cambio climático sean menores y, al mismo tiempo, que el uso de las tierras para las actividades humanas podrían no generar conflictos directos en términos de conservación. Estas zonas prioritarias resaltan la importancia de proteger incluso dos corredores biológicos existentes entre ANP: i) el Corredor Biológico Chichinautzin, en Morelos, y el Parque Nacional Izta-Popo Zoquiapan, en Morelos y Puebla; y ii) en el corredor Ecológico de Sierra Madre Oriental (CESMO), desde San Luis Potosí hasta Veracruz. Es necesario que estas zonas sean consideradas como prioridades a conservar, destacando además la necesidad de destinar más recursos y esfuerzos para su preservación. De esta manera podríamos reducir los grados de vulnerabilidad de las especies y asegurar el funcionamiento de los ecosistemas tan importantes para el bienestar del ser humano en estas zonas urbanas y periurbanas.

Dada la complejidad socio-ecológica de los espacios urbanos, los esfuerzos futuros deben enfocarse en aquellas áreas donde puedan lograrse los mayores beneficios para la conservación integral. Esto incluye la promoción de procesos de restauración ecológica y la implementación de programas de ordenamiento territorial que permitan salvaguardar de manera más efectiva estas especies y mantener la salud de los ecosistemas de la región. Así mismo, estos esfuerzos son cada vez más necesarios para aumentar la sustentabilidad y resiliencia de las ciudades y sus alrededores, logrando establecer un equilibrio entre la conservación y las necesidades humanas.



Mapa de la distribución geográfica del actual sistema de Áreas Naturales Protegidas (verde), los sitios prioritarios de conservación para los mamíferos (azul) a largo plazo identificados en la Megalópolis mexicana bajo escenarios futuros de cambio global. Números en la figura corresponden a los corredores biológicos existentes entre Áreas Naturales Protegidas: 1) el Corredor Biológico Chichinautzin, en Morelos, y el Parque Nacional Izta-Popo Zoquiapan, en Morelos y Puebla; y 2) en el corredor Ecológico de Sierra Madre Oriental (CESMO), desde San Luis Potosí hasta Veracruz. Mamíferos en el mapa: esquina superior izquierda corresponde al murciélago vampiro (*Desmodus rotundus*), en la esquina inferior izquierda se encuentra el teporingo (*Romerolagus diazi*) y a la derecha el linco o gato montés (*Lynx rufus*).

Ilustraciones: Jimena Cruz-Cruz

La pérdida de hábitat naturales y el cambio climático es un fenómeno que nos afecta a todos. Es necesario desarrollar estrategias de conservación a largo plazo para los mamíferos de la Megalópolis mexicana y, consecuentemente, permitan salvaguardar el funcionamiento de los ecosistemas en un futuro para esta importante zona social del país.

AGRADECIMIENTOS

Al programa de “Estancias Posdoctorales por México, Modalidad 3 y 4” del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT), el cual otorgó una beca académica al primer autor para poder realizar su estancia en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Además, agradecemos al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica de la UNAM (PAPIIT-DGAPA-UNAM; proyectos IA202822 y IA208824), al Programa de Investigación sobre Cambio Climático (PINCC; Proyectos PINCC-06-2021 y PINCC-08-2023) y al CONAHCYT (Proyecto CF-2023-I-1078) por el apoyo económico recibido para la realización de estas investigaciones. Así mismo, gracias a D. Remolina-Figueroa, S. Hernández De La Fuente y V. Escalera Sánchez, quienes colaboraron con la realización de los análisis de modelación para las especies incluidas en el estudio, así como a M. Juárez, V. Lievano, X. A. Cruz, J. P. Ramírez y C. Ordoñez por su participación en el desarrollo de los análisis espaciales.

LITERATURA CONSULTADA

- Ceballos, G., *et al.* 2019. Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science Advances* 1:1-5.
- Chakraborty, T., y Lee, X. 2019. A simplified urban-extent algorithm to characterize surface urban heat islands on a global scale and examine vegetation control on their spatiotemporal variability. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 74: 269-280.
- García, A., E. Mendoza, A. Estrada, y R. Dirzo. 2020. Functional roles of mammals in tropical ecosystems: A review. *Biological Reviews* 95:1202-1219.
- Hernández-Romero P. C., y D. A. Prieto-Torres. 2022. Más que roedores, la diversidad de la diversidad de mamíferos de la ciudad mamíferos de la Ciudad de México. *Therya ixmana* 2:10-11.
- Peterson, A. T., Y. Nakazawa, y P. Escalante. 2021. Predicting the potential geographic distribution of the rat species *Neotomodon alstoni*. *Ecological Applications* 31:e2406.
- Schipper, J. *et al.* 2008. The Status of the World's Land and Marine Mammals: Diversity, Threat and Knowledge. *Science* 322:225-230.

Sometido: 26/nov/2024.

Revisado: 28/nov/2024.

Aceptado: 24/dic/2024.

Publicado: 03/ene/2025.

Editor asociado: Dra. Leticia Cab-Sulub.