Nota Científica

Diversidad de mamíferos en Oaxaca: más allá del número de especies

Mammal diversity in Oaxaca: beyond the number of species

Cintia Natalia Martín Regalado[1]*, Miguel Briones Salas[1]

[1]Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR-Oaxaca) Instituto Politécnico Nacional

Autor de correspondencia:
*cmartinr@ipn.mx, mbriones@ipn.mx

Recibido: 26-06-2023 Aceptado: 26-02-2024 (Artículo Arbitrado)

Resumen

El estudio de la biodiversidad va más allá de contar cuántas especies habitan un área. Sin embargo, esta medida ha sido la más utilizada en estudios ecológicos. No obstante, la diversidad filogenética (medida del parentesco evolutivo de las especies) y la diversidad funcional (variedad de funciones de las especies) ofrecen otras perspectivas que tienen que ver con la resiliencia y el funcionamiento de los ecosistemas. En este estudio, estimamos la riqueza de especies, diversidad funcional y filogenética, considerando como objeto de estudio a los mamíferos de Oaxaca. Los resultados indican que el mayor número de especies se presenta en ecosistemas templados en la subprovincia fisiográfica Sierra Madre de Oaxaca, mientras que la mayor diversidad funcional se presenta en ecosistemas templados de la Sierra Madre de Oaxaca y selvas húmedas de la Sierra Madre de Oaxaca y Chiapas; en contraparte, la mayor diversidad filogenética se concentra en selvas húmedas de la Planicie Costera del Golfo y selvas bajas caducifolias de la Planicie Costera de Tehuantepec. Estos resultados revelan el gran desafío para lograr una planificación más efectiva de la conservación de distintas perspectivas de la diversidad de mamíferos en Oaxaca.

Palabras clave: Conservación, diversidad filogenética, diversidad funcional, riqueza de especies.

Abstract

The study of biodiversity goes beyond counting how many species inhabit an area. However, this measure has been the most commonly used in ecological studies. Nevertheless, phylogenetic diversity (a measurement of the evolutionary relatedness of species) and functional diversity (variety of species' functions) offer other perspectives related to the resilience and functioning of ecosystems. In this study, we estimated species richness, functional and phylogenetic diversity, considering the mammals of Oaxaca as the object of study. The results indicate that the greatest number of species occurs in temperate ecosystems in the physiographic subprovince Sierra Madre de Oaxaca, while the highest functional diversity occurs in temperate ecosystems of the Sierra Madre de Oaxaca and humid forests of the Sierra Madre de Oaxaca y Chiapas; in contrast, the highest phylogenetic diversity is concentrated in humid forests of the Planicie Costera del Golfo and deciduous forests of the Planicie Costera de Tehuantepec. These results reveal the great challenge to achieve more effective conservation planning from different perspectives of mammal diversity in Oaxaca.

Keywords: Conservation, functional diversity, phylogenetic diversity, species richness.

Introducción

Tradicionalmente, los estudios de diversidad han incluido únicamente la riqueza de especies (número de especies que se encuentran en una comunidad ecológica); sin embargo, esta medida asigna el mismo valor a todas las especies, sin brindar información de las diferencias evolutivas y ecológicas entre ellas (Safi et al., 2011). Recientemente, la diversidad funcional y la diversidad filogenética han sido propuestas como medidas alternativas para superar estas limitaciones. La diversidad funcional cuantifica la variedad de roles funcionales que cumplen las especies en los ecosistemas (Naeem, Bunker, Hector, Loreau y Perrings, 2009), mientras que la diversidad filogenética revela cuál es la historia evolutiva, es decir, el tiempo que comparten las especies que coexisten en una comunidad (Dreiss et al., 2015). Tanto la diversi-

dad funcional como la filogenética han cobrado gran relevancia dentro de los estudios de conservación de la diversidad biológica.

Un grupo ideal para abordar aspectos integrales de conservación son los mamíferos, dado que estos tienen una alta diversidad taxonómica (número de especies) diferentes patrones de distribución, historia evolutiva bien conocida y gran importancia ecológica (Wilson y Reeder, 2005). Los mamíferos son importantes depredadores, polinizadores, dispersores de frutas y semillas, consumidores de insectos y artrópodos, y base fundamental de la dieta de otros vertebrados; por lo tanto, tienen un efecto significante en los servicios importantes que contribuyen al bienestar humano (Lacher et al., 2019).

Por lo anterior, este trabajo aborda dos temas importantes para futuros estudios de diversidad y conservación de mamíferos en Oaxaca: 1) describir los patrones de distribución espacial de tres perspectivas de la diversidad de mamíferos y 2) describir las implicaciones de la conservación de mamíferos en el estado de Oaxaca.

Desarrollo

Sitio de estudio

Este trabajo está enfocado en el estado de Oaxaca, al sur de México, esta región alberga el mayor número de especies de mamíferos en el país, con 217 especies. Oaxaca está localizada entre las coordenadas geográficas 15°39' y 18°39' N y 93°52' y 98°32' O. Cuenta con una superficie de 95,364 km^2, que representa el 4.8 % del territorio nacional (García-Mendoza, 2004). La topografía es heterogénea, con un gradiente altitudinal que va desde el nivel del mar hasta los 3,600 m s. n. m. Por su compleja orografía se reconocen en el estado 12 subprovincias fisiográficas que se distinguen por presentar rasgos geomorfológicos estructurales propios (Ortiz-Pérez, Hernández-Santana y Figueroa-Mah-Eng, 2004).

Recopilación de datos

Se utilizaron modelos de distribución potencial de 217 especies de mamíferos terrestres que se distribuyen en el estado de Oaxaca, disponibles en el portal de geoinformación del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2023). Se obtuvieron comunidades potenciales en celdas de 100 km^2. Cada celda fue considerada como una comunidad ecológica en la que potencialmente pueden coexistir las especies. Así la riqueza de especies por celda es la suma de todas las especies cuyo modelo de distribución potencial incluye, al menos parcialmente, dicha celda.

Selección de rasgos funcionales y cálculo de la diversidad funcional

Un rasgo funcional es una característica biológica que puede ser fisiológica, morfológica, anatómica, bioquímica o conductual de los organismos, y que es determinante en la respuesta de los organismos frente a cambios en su ambiente y/o por el efecto que éstos ejercen sobre los procesos del ecosistema (Violle et al., 2007). Para este estudio, se seleccionaron 16 rasgos funcionales: seis correspondieron a rasgos morfológicos (longitud total, longitud de la cola, longitud de la pata, longitud de la oreja, longitud del antebrazo y peso), nueve fueron rasgos ecológicos (dieta, actividad, hábitat, presencia de saco alar [bolsa pequeña que se encuentra en el borde anterior de la membrana alar en algunos murciélagos], presencia de hoja nasal [estructura en forma de hoja que se encuentra en la parte nasal de algunos murciélagos], forma del uropatagio [membrana que se extiende entre las extremidades traseras de los murciélagos], tamaño de la cola, presencia de marsupio [bolsa que poseen algunos mamíferos en la región ventral], y presencia de abazones [bolsas que se encuentran a los lados de la boca en algunos roedores]), y un rasgo reproductivo (número de crías). La información de los rasgos funcionales fue obtenida de literatura publicada (Ceballos y Oliva 2005; Ortega, Siney, MacSwiney y Zamora-Gutiérrez, 2022).

Una vez obtenidos los rasgos, se calculó el índice de diversidad funcional (FD) de Petchey y Gaston (2006) para cada comunidad ecológica, este índice suma la longitud total de las ramas que unen a todas las especies en un dendrograma (diagrama en forma de árbol) funcional de la comunidad (Petchey y Gaston, 2006).

Filogenia y diversidad filogenética

Se utilizó el árbol filogenético de mamíferos de Upham, Esselstyn y Jetz (2019). La diversidad filogenética se estimó utilizando el índice filogenético (PD) de Faith, el cual mide las longitudes (distancia total) de las ramas filogenéticas de las especies que coexisten en una comunidad (Faith, 1992).

Tamaños de efecto estandarizados (SES) de la diversidad funcional y filogenética

El índice FD y algunos índices de diversidad filogenética tienden a estar estrechamente asociados con la riqueza de especies. Para eliminar el efecto de la riqueza en la diversidad funcional y filogenética se calculó el tamaño del efecto estandarizado (SES). Los resultados de SES son valores positivos y negativos que indican una diversidad funcional y filogenética mayor y menor, respectivamente, de lo esperado dada la riqueza de especies. Todos los análisis se realizaron en el lenguaje de programación y entorno computacional R.

Resultados y Discusión

La distribución de la riqueza de mamíferos fue mayor en la Sierra Madre de Oaxaca, donde predominan ecosistemas templados como bosques mesófilos de montaña y bosques de pino-encino. En contraparte, los valores más bajos se concentraron en las Montañas y Valles del Occidente, donde se encuentran principalmente paisajes áridos, como matorrales, pastizales y bosques de pino-encino en las partes altas (ver la Figura 1). Estos resultados coinciden con lo reportado para Oaxaca por Briones-Salas, Cortés-Marcial y Lavariega (2015).

Los valores más altos de diversidad funcional se encontraron en algunas zonas de la Sierra Madre de Oaxaca y la Sierra Madre de Oaxaca y Chiapas, esta última subprovincia fisiográfica se caracteriza por la presencia de selvas húmedas, muchas de ellas, medias y altas. Mientras que, los valores más bajos se concentraron en zonas que se ubican, principalmente, en la Sierra Madre del Sur y las Montañas y Valles del Occidente (ver la Figura 2). Martín-Regalado, Briones-Salas, Moreno y Sánchez-Rojas (2022) reportaron que la mayor diversidad funcional de ratones en Oaxaca se encuentra, principalmente, en las Montañas y Valles del Centro y la menor en las Montañas y Valles del Occidente, revelando así una incongruencia de patrones con este estudio que incluye todos los mamíferos de Oaxaca.

Las celdas con la mayor diversidad filogenética se concentraron en la Planicie Costera del Golfo y la Planicie Costera de Tehuantepec, la primera subprovincia incluye tierras bajas de la vertiente del Golfo y selvas húmedas, y la segunda presenta en su totalidad selvas bajas caducifolias. En tanto que, las celdas con menor diversidad filogenética se ubicaron mayormente en las Montañas y Valles del Occidente (ver la Figura 3). Este patrón de diversidad filogenética es muy similar a lo reportado por Martín-Regalado et al. (2022) para ratones en Oaxaca.

Los patrones espaciales de la diversidad taxonómica (riqueza de especies), funcional y filogenética de los mamíferos en Oaxaca fueron diferentes entre ellos, es decir, áreas con alta diversidad taxonómica no presentan altos niveles de diversidad funcional o filogenética; esta incongruencia espacial se ha reportado en otros estudios (e.g., Oliveira et al., 2016;

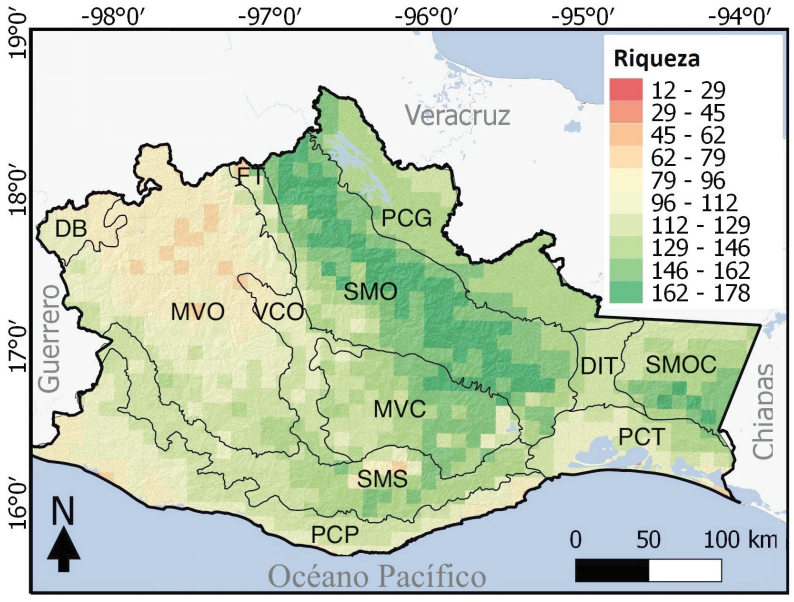

Figura 1. Patrones espaciales de la riqueza de especies de mamíferos, en celdas de 100 km² en el estado de Oaxaca. Las subprovincias fisiográficas corresponden a:

Depresión del Balsas (DB)
Montañas y Valles del Occidente (MVO)
Fosa de Tehuacán (FT)
Sierra Madre de Oaxaca (SMO)
Valles Centrales de Oaxaca (VCO)
Montañas y Valles del Centro (MVC)
Sierra Madre del Sur (SMS)
Planicie Costera del Pacífico (PCP)
Planicie Costera de Tehuantepec (PCT)
Depresión del Istmo de Tehuantepec (DIT)
Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas (SMOC)
Planicie Costera del Golfo (PCG).

Fuente: Elaboración propia

Gómez-Ortiz, Domínguez-Vega y Moreno, 2017), y se le ha atribuido a factores como la heterogeneidad del ambiente, alta riqueza y redundancia de especies.

Las tres perspectivas analizadas en este estudio son igualmente importantes y se complementan entre ellas; sin embargo, dada la incongruencia espacial encontrada, la decisión de qué conservar se vuelve difícil. Por lo tanto, se sugiere que la priorización de la conservación de una diversidad sobre las demás dependerá de las necesidades y prioridades de cada región. Por ejemplo, en Oaxaca hay regiones donde las comunidades indígenas impulsan actividades de ecoturismo, por lo tanto, la conservación de la riqueza de especies de mamíferos será prioridad para ellas. Por otro lado, existen regiones que cada temporada de sequía sufren de incendios forestales, por lo tanto, la conservación de la diversidad funcional, es decir de los roles funcionales de las especies, como dispersoras de semillas, polinizadoras y herbívoras serían prioridad, ya que las especies que cumplen estas funciones ayudan a regenerar rápidamente los bosques y selvas. Por último, la conservación de la diversidad filogenética se sugiere en regiones dónde no se presentan los escenarios mencionados.

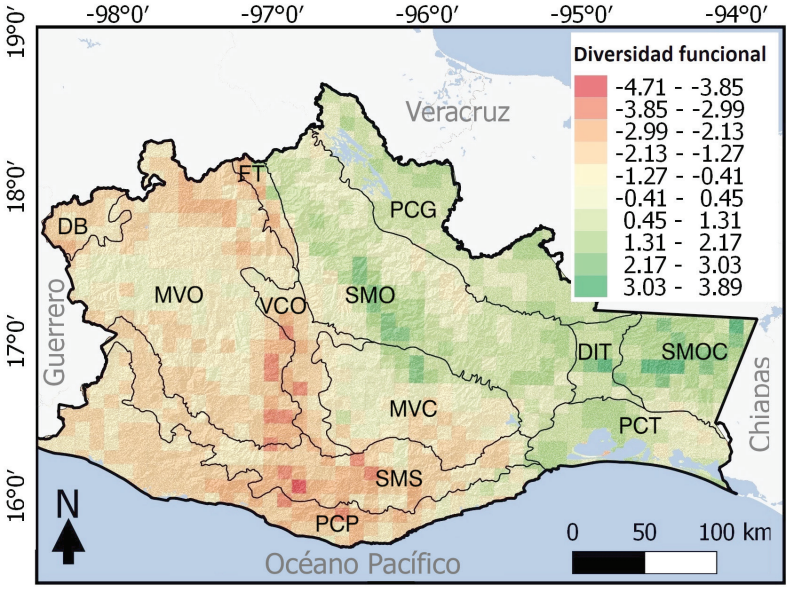

Figura 2. Patrones espaciales de la diversidad funcional de mamíferos, en celdas de 100 km² en el estado de Oaxaca. Las subprovincias fisiográficas corresponden a:

Depresión del Balsas (DB)
Montañas y Valles del Occidente (MVO)
Fosa de Tehuacán (FT)
Sierra Madre de Oaxaca (SMO)
Valles Centrales de Oaxaca (VCO)
Montañas y Valles del Centro (MVC)
Sierra Madre del Sur (SMS)
Planicie Costera del Pacífico (PCP)
Planicie Costera de Tehuantepec (PCT)
Depresión del Istmo de Tehuantepec (DIT)
Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas (SMOC)
Planicie Costera del Golfo (PCG).

Fuente: Elaboración propia

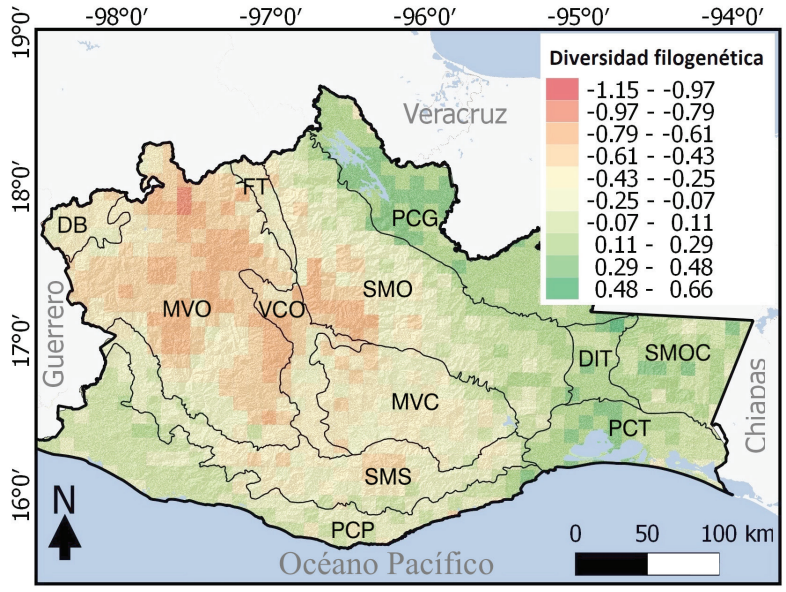

Figura 3. Patrones espaciales de la diversidad filogenética de mamíferos, en celdas de 100 km² en el estado de Oaxaca. Las subprovincias fisiográficas corresponden a:

Depresión del Balsas (DB)
Montañas y Valles del Occidente (MVO)
Fosa de Tehuacán (FT)
Sierra Madre de Oaxaca (SMO)
Valles Centrales de Oaxaca (VCO)
Montañas y Valles del Centro (MVC)
Sierra Madre del Sur (SMS)
Planicie Costera del Pacífico (PCP)
Planicie Costera de Tehuantepec (PCT)
Depresión del Istmo de Tehuantepec (DIT)
Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas (SMOC)
Planicie Costera del Golfo (PCG).

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Nuestros resultados muestran la importancia de zonas ambientalmente complejas, como Oaxaca, donde podemos encontrar sitios que se distinguen por su riqueza de especies, su papel como reservorios de rasgos funcionales y su compleja historia evolutiva. El estudio de los patrones espaciales de distintas perspectivas de la diversidad de mamíferos permite comprender mejor la distribución de éstas y proveer información para el desarrollo de estrategias adecuadas para su conservación. Recomendamos que, cuando sea posible, se seleccionen sitios que maximicen la diversidad taxonómica, funcional y filogenética, permitiendo así una conservación multidiversa. Finalmente, esperamos que este estudio pueda ayudar a los nuevos trabajos de diversidad y conservación en Oaxaca, una región biológica y culturalmente diversa.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca posdoctoral (CVU 504386). A la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas (COFAA) y al Programa de Estímulos al Desempeño de los Investigadores (EDI) del IPN. Finalmente, al Sistema Nacional de Investigadores.

Referencias

Briones-Salas, M., Cortés-Marcial, M., Lavariega, M.C. (2015). Diversidad y distribución geográfica de los mamíferos terrestres del estado de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad 86*, 685-710.

Ceballos, G., Oliva, G. (2005). *Los mamíferos silvestres de México*. México: Fondo de Cultura Económica.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2023). Portal de Geoinformación. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB). Recuperado de http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/.

Dreiss, L.M., Burgio, K.R., Cisneros, L.M., Klingbeil, B.T., Patterson, B.D., Presley, S.J., Willig, M.R. (2015). Taxonomic, functional, and phylogenetic dimensions of rodent biodiversity along an extensive tropical elevation gradient. *Ecography 38*: 1-13.

Faith, DP. (1992). Conservation evaluation and phylogenetic diversity. Biological Conservation 61:1-10.

García-Mendoza, A.J. (2004). Integración del conocimiento florístico del estado. En A. J. García-Mendoza, M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (Eds.) *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Found, Oaxaca, México.

Gómez-Ortiz, Y., Domínguez-Vega, H., Moreno, C.E. (2017). Spatial variation of mammal richness, functional and phylogenetic diversity in the Mexican transition zone. *Community Ecology 18*: 121-127.

Lacher, Jr., T.E., Davidson, A.D., Fleming, T.H., Gómez-Ruiz, E.P., McCracken, G.F., Owen-Smith, N., Peres, C.A., Vander Wall, S. B. (2019). The functional roles of mammals in ecosystems. *Journal of Mammalogy 100*, 942-964.

Martín-Regalado, C.N., Briones-Salas, M., Moreno, C.E., Sánchez-Rojas, G. (2022). Identifying areas for multidimensional biodiversity conservation, with a case study in Oaxaca, Mexico. *Perspectives in Ecology and Conservation 20*(4): 369-376.

Naeem, S., Bunker, D.E. Hector, A., Loreau, M., Perrings, C. (2009). *Biodiversity, ecosystem, functioning, and human wellbeing: an ecological and economic perspective*. New York: Oxford University Press.

Oliveira, B.F., Machac, A., Costa, G.C., Brooks, T.M., Davidson, A.D., Rondinini, C., Graham, C.H. (2016). Species and functional diversity accumulate differently in mammals. *Global Ecology and Biogeography 25*: 1119-1130.

Ortega, J., Siney, G., MacSwiney, M.C., Zamora-Gutiérrez, V. (2022). *Compendio de los llamados de ecolocalización de los murciélagos insectívoros mexicanos*. Ciudad de México: Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C., Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Ortiz-Pérez, M.A., Hernández-Santana, J.R., Figueroa-Mah-Eng, J.M. (2004). Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico. En A. J. García-Mendoza, M. J Ordóñez y M. Briones-Salas (Eds.) *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Found, Oaxaca, México.

Petchey, O.L., Gaston, K.L. (2006). Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecology Letters 9*: 741-758.

Safi, K., Cianciaruso, M.V., Loyola, R.D., Brito, D., Armour-Marshall, K., Diniz-Filho, J. A.F. (2011). Understanding global patterns of mammalian functional and phylogenetic diversity. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 366*: 2536-2544.

Upham, N.S., Esselstyn, J.A., Jetz, W. (2019). Inferring the mammal tree: species-level sets of phylogenies for questions in ecology, evolution, and conservation. *PLoS biology 17*(12): e3000494.

Violle, C., Navas, M.L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., Garnier, E. (2007). Let the concept of trait be functional! *Oikos 116*(5): 882-892.

Wilson, D.E., Reeder, D.M. (2005). *Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference*. Baltimore, Maryland: The Johns Hopkins University Press.