

## NATURAL HISTORY NOTE

# Primer registro de asimetría morfológica en extremidades posteriores en *Lasiurus cinereus* (Chiroptera: Vespertilionidae) en México

Sergio Albino-Miranda<sup>1</sup>, E. Vanessa Díaz-Ortiz<sup>2</sup>, Karla P. Borges-Jesús<sup>1</sup>, José D. Cú-Vizcarra<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup> Red de Biología y Conservación de Vertebrados, Instituto de Ecología, A.C. Carretera Antigua a Coatepec 351, El Haya, C.P. 91073. Xalapa, Veracruz, México.

<sup>2</sup> Biólogos Unidos para la Conservación A. C. Calle Canoas 301. El Paraíso, C.P.62564. Jiutepec Morelos.

<sup>3</sup> División de Posgrado, Instituto de Ecología, A.C., Carretera Antigua a Coatepec 351, El Haya, Xalapa, Veracruz, 91073, México.

\*Corresponding author:  
[jvizcarra104@gmail.com](mailto:jvizcarra104@gmail.com)

DOI: <https://doi.org/10.14709/BarbJ.16.1.2023.01>

**Palabras clave:** anomalía fenotípica, anomalía morfológica, murciélago canoso, uropatagio

**Keywords:** Hoary bat, morphological abnormality, phenotypic abnormality, uropatagium

received: July, 2nd 2022  
 accepted: March, 4th 2023

### RESUMEN

Los reportes sobre las anomalías morfológicas en vertebrados son escasos y apuntan a una mayor frecuencia en zonas anatómicas que no afectan la supervivencia del organismo. En este trabajo reportamos el hallazgo de una hembra adulta del murciélago canoso (*Lasiurus cinereus*), con extremidades posteriores asimétricas debido a una anomalía morfológica en una de sus patas. Las medidas morfológicas del espécimen fueron comparadas con individuos de colección y se analizó si la diferencia entre las medidas de sus extremidades izquierdas y derechas era la esperada bajo un modelo aleatorio. Los datos aquí presentados muestran una menor longitud en la pata izquierda en comparación con su población en Norteamérica. No se observó una variación significativa diferente al azar entre los lados de las extremidades posteriores ni anteriores. Debido a que las anomalías fenotípicas pueden ser evidencia de situaciones de estrés en las poblaciones silvestres, el reporte de estas variaciones es importante dada la escasez de información sobre este tópico.

### ABSTRACT

The records of morphological abnormalities in vertebrates are scarce and most of them have been recorded on anatomic zones that do not affect individual survivorship. In this work, we report the finding of an adult female hoary bat (*Lasiurus cinereus*), with an asymmetric hind limb due to a morphological abnormality. We compared the morphological measurements of the specimen with individuals from the collection and we tested if the difference between forelimbs and hind limbs was the expected under a random model. The data presented here show a lower length in the left foot of the specimen compared to the North American hoary bat populations. No significant variation other than chance was observed between the hindlimb and forelimb sides. Since phenotypic abnormalities can be evidence of stress situations in wildlife populations, reporting these variations is important given the scarcity of information on this topic.

En organismos bilateralmente simétricos, la simetría corporal es una característica fundamental en su composición estructural y funcional (Baguñà et al. 2002), por lo que la falta de simetría, producto de una malformación corporal (originada durante el desarrollo embrionario), es considerada una anomalía morfológica y es definida médicamente como “un fenotipo anatómico que representa una desviación sustancial de la población de referencia” (Hennekam et al. 2013, Palmer 2016). La magnitud de esta desviación determinará si la anomalía morfológica tiene consecuencias menores, es decir, no afectan significativamente la salud o apariencia del individuo, o tener consecuencias mayores repercutiendo negativamente en la salud y apariencia del individuo a corto o largo plazo (Hennekam et al. 2013). A pesar de las implicaciones poblacionales que podrían derivar de estas anomalías, existe un bajo número de reportes de anomalías morfológicas en vertebrados terrestres (Sokos et al. 2018), el cual no refleja la frecuencia con la que estas

podrían ocurrir en vida silvestre, debido a las probabilidades de que muchas de ellas resulten en la muerte del embrión o del individuo, incluso antes de llegar a la edad adulta, principalmente si la malformación afecta su aptitud (Nogueira et al. 2017).

Aunado a la baja probabilidad de localizar organismos con anomalías morfológicas, se encuentra la dificultad para determinar la causa de tales malformaciones. Algunos estudios han encontrado que las anomalías congénitas en vertebrados están asociadas a factores estresantes tales como temperaturas anómalas y exposición a altas concentraciones de pesticidas o productos químicos organofosforados, los cuales pueden producir variaciones fenotípicas durante el desarrollo embrionario e inclusive malformaciones espermáticas (Taylor et al. 2005, Siti-Tafzilmeriam et al. 2006, Gonçalves et al. 2011, Lazić et al. 2014, Robaina et al. 2017). Por lo tanto, las anomalías

morfológicas pueden ser indicadores de estrés ambiental (Zaghloul et al. 2020).

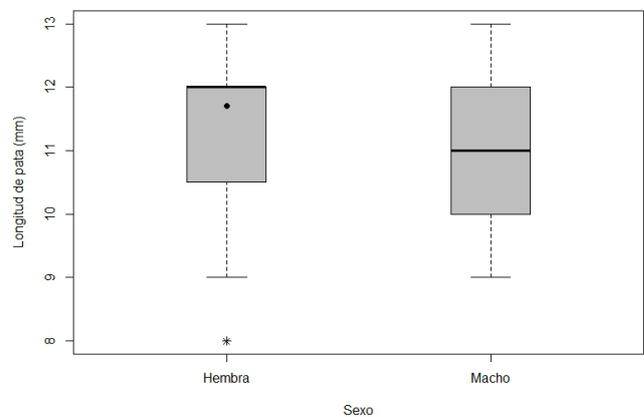
En murciélagos, las anomalías comúnmente reportadas son las relacionadas con desórdenes cromáticos y dentales, para las cuales se han hecho algunas revisiones (López-Aguirre 2014, Zalapa-Hernández et al. 2016, Lucati & López-Baucells 2017, Esquivel et al. 2021), mientras que las morfológicas son las menos reportadas, por lo que carecen de una revisión extensa (Pekins 2009, López-Aguirre 2014, Esquivel-Melo et al. 2017, Martínez-Coronel et al. 2020). Un factor asociado a la escasez de reportes de anomalías morfológicas en murciélagos neotropicales, puede obedecer a la falta de atención en campo, ya que las métricas necesarias para la identificación de las especies consisten principalmente en la medición de la longitud del antebrazo, primera falange y orejas; pero no toman en cuenta otras métricas (p. ej. longitud de la pata) a menos que sea un espécimen destinado a colección biológica.

Por todo lo anterior, el reporte de casos de anomalías morfológicas en fauna silvestre es primordial para estimar la frecuencia de casos y, eventualmente, conocer los mecanismos asociados a su aparición (Lucati & López-Baucells 2017, Nogueira et al. 2017). En este trabajo informamos sobre la asimetría de fémur, tibia y pata izquierdas en una hembra adulta del murciélago canoso *Lasiurus cinereus* (LasCinXal), que fue hallada el 13 de octubre de 2021 en los alrededores de la ciudad de Xalapa, en el estado de Veracruz, México. El individuo se encontró postrado en el suelo dentro del Santuario Bosque de Niebla (19.51° N, -96.94° O, ~1300 m s.n.m.), el cual presenta vegetación de bosque mesófilo de montaña y está incluido dentro del archipiélago de bosques y selvas de Xalapa (MacGregor-Fors et al. 2016). El ejemplar se observó físicamente debilitado y sin presencia de lesiones externas, pero con una anomalía morfológica en la pata izquierda, la cual era notablemente más corta que la derecha. Se le intentó reanimar con agua y alimento vivo (gusanos de harina) sin éxito y, consecuentemente, murió unas pocas horas después de haber sido encontrado. Se tomaron todas las medidas morfológicas convencionales *post mortem* y fue identificado con base en Medellín et al. (2008) y Reid (2009). Adicionalmente, se obtuvieron las medidas de estructuras internas mediante imagen de rayos X digitales con las alas extendidas en vista dorsoventral, por medio de un equipo GeniRay 100 DR (Fig. 1). Con la finalidad de localizar alguna otra malformación se midieron las extremidades anteriores (metacarpos y falanges) y las extremidades posteriores (fémur, tibia y patas) de acuerdo con lo propuesto por Nogueira et al. (2012), con una regla digital del programa Exam viewer v8.1 (Tabla 1). El espécimen fue depositado en la colección de murciélagos de la Red de Biología y Conservación de Vertebrados del Instituto de Ecología A.C. (número de catálogo pendiente).

Se compararon las medidas morfológicas de LasCinXal con las de los individuos de colección, con la finalidad de probar: 1) si la longitud de las patas está dentro del rango esperado para su población en Norteamérica y 2) si la diferencia entre las medidas de las extremidades izquierdas y derechas de LasCinXal era la esperada bajo un modelo aleatorio. Para el primer caso se obtuvieron las medidas de la longitud de las patas derechas de 32 individuos (11 hembras y 21



**Fig. 1** - Radiografía dorsoventral de *Lasiurus cinereus* (LasCinXal). Se muestran las medidas tomadas de las extremidades posteriores en centímetros, notablemente la longitud de la pata y la tibia izquierdas son menores que las de su contraparte derecha (17,5 mm y 8,3 mm vs 20,5 mm y 11,7 mm respectivamente).



**Fig. 2** - Gráfica de cajas que representa el rango de los valores de la longitud de la pata derecha de 32 especímenes de colección (11 hembras y 21 machos) y los valores del individuo LasCinXal (círculo negro = pata derecha, asterisco = pata izquierda). Los bigotes representan los valores mínimos y máximos, mientras que la línea gruesa representa la mediana de los valores. Nótese que el valor de la longitud de la pata izquierda de LasCinXal se encuentra fuera del rango de la población.

machos), provenientes de poblaciones norteamericanas, que fueron consultados en las bases de datos electrónicas de las colecciones de mamíferos de Burke de la Universidad de Washington (UWBM, <https://www.burkemuseum.org/collections-and-research/biology/mammalogy/collections-database/search.php>) y del Museo de Denver de Ciencia y Naturaleza (DMNS, [https://arctos.database.museum/SpecimenSearch.cfm?guid\\_prefix=DMNS%3AMamm](https://arctos.database.museum/SpecimenSearch.cfm?guid_prefix=DMNS%3AMamm)). Para el segundo caso, utilizando los grupos de variables morfométricas obtenidas del espécimen LasCinXal para cada grupo de extremidades (11 variables anteriores y 3 posteriores, ver Tabla 1), probamos si la diferencia observada entre las medidas izquierdas y derechas fueron diferentes a lo esperado por azar, para lo cual se realizó una simulación de Monte Carlo con 9999 permutaciones de donde se obtuvo el *p-value*. Analizamos y presentamos los datos utilizando el entorno R (R Development Core Team 2019) y la paquetería tidyverse (Wickham 2022).

**Tabla 1** - Medidas morfológicas tomadas del espécimen LasCinXal. Todas las medidas están expresadas en milímetros. Las diferencias negativas indican una mayor longitud en el lado derecho.

ID_STR	Extremidades	Variable	Lado izquierdo (mm)	Lado derecho (mm)	Diferencia (mm)
1	Anteriores	Antebrazo	53,49	53,5	-0,01
2	Anteriores	Pulgar	11,2	11,3	-0,1
3	Anteriores	Metacarpo III	62,59	62,09	0,5
4	Anteriores	Metacarpo IV	47,14	47,25	-0,11
5	Anteriores	Metacarpo V	46,2	46,2	0
6	Anteriores	Primera falange del tercer dígito	21,12	21,13	-0,01
7	Anteriores	Primera falange del cuarto dígito	12,75	12,75	0
8	Anteriores	Primera falange del quinto dígito	81	82	-1
9	Anteriores	Segunda falange del tercer dígito	27,09	27,1	-0,01
10	Anteriores	Segunda falange del cuarto dígito	17,26	17,25	0,01
11	Anteriores	Segunda falange del quinto dígito	86	84	2
12	Posteriores	Fémur	21	22	-1
13	Posteriores	Tibia	17,5	20,5	-3
14	Posteriores	Pata	8,3	11,7	-3,4

Se encontró que la longitud de la pata izquierda de LasCinXal fue inferior a los límites de confianza para su población en Norteamérica, tanto para hembras como para machos, mientras que la longitud de la pata derecha se encontró dentro de los valores normales de la muestra (Fig. 2). Las diferencias entre las extremidades izquierda y derecha de LasCinXal, no fueron diferentes a lo esperado por azar para el grupo de extremidades posteriores ( $p$ -value = 0,49) ni para las extremidades anteriores ( $p$ -value = 0,99), pero se observó una mayor variación en los primeros.

Las consecuencias asociadas a las anomalías morfológicas pueden ser mayores cuando afectan significativamente la salud o apariencia del individuo con repercusiones a corto o largo plazo, o pueden ser menores cuando solo tienen un modesto impacto en la apariencia (Hennekam et al. 2013). En este sentido y basados en información previa, LasCinXal podría haber presentado consecuencias menores asociadas a su anomalía debido a que el espécimen era un individuo adulto. Sin embargo, es importante considerar las posibles repercusiones que esta anomalía podría haber tenido en el desarrollo del individuo para llegar a la adultez.

Gracias a los estudios sobre la morfología alar y su influencia en el modo de forrajeo de los murciélagos, hoy se reconoce la importancia que tienen las extremidades

posteriores en las habilidades de vuelo y el forrajeo. Esto puede ser particularmente importante en especies insectívoras, las cuales dependen fuertemente de la bolsa que se forma por la membrana interfemorales (i. e. uropatagio), para la captura de presas en el aire (Webster & Griffin 1962, Neuweiler 2000). Debido a que *L. cinereus* es una especie de murciélago insectívoro aéreo que se alimenta principalmente de polillas (orden: Lepidoptera) que captura y consume en vuelo (Shump & Shump 1982, Perlik et al. 2012), anomalías como las descritas en este trabajo, podrían tener implicaciones en el éxito de captura de presas ya que depende fuertemente de su uropatagio, lo cual ha sido descrito en estudios previos para especies del mismo género (Webster & Griffin 1962).

Aunque no existe certeza sobre el efecto de anomalías morfológicas en el desempeño de individuos de especies migratorias como *L. cinereus*, se podría esperar un efecto negativo en su maniobrabilidad debido a la importancia del uropatagio en la movilidad de los murciélagos insectívoros (Schmieder et al. 2014). Otro elemento por considerar, es el consumo y gasto energético diferencial entre machos y hembras en poblaciones de *L. cinereus*, siendo las hembras las que viajan mayores distancias y, por consecuencia, demandan mayor energía para su movilidad (Clerc et al. 2021). En este sentido, la anomalía morfológica aquí

reportada, podría tener una mayor relevancia para el caso de LasCinXal, ya que se trataba de una hembra.

Estos murciélagos se refugian principalmente en el follaje de árboles, donde llevan a cabo otras actividades esenciales para subsistir como el descanso y la reproducción (Shump & Shump 1982, Kunz & Lumsden 2003). Por esta razón, otro papel fundamental que desempeñan las extremidades posteriores es la de sujetar al individuo durante estas actividades, donde todo el peso del cuerpo es soportado por sus patas (Neuweiler 2000). Sin embargo, dado que LasCinXal era un individuo adulto, suponemos que su anomalía no le presentaba impedimento para su percha. Desconocemos si su condición anatómica afectara su reproducción, ya que, aunque se trata de un individuo adulto, no mostró evidencia de eventos reproductivos previos, como son los pezones pequeños casi inconspicuos cubiertos por pelaje (Sedgely et al. 2012).

Dado que los patrones migratorios y de comportamiento de *L. cinereus*, no son del todo comprendidos (Valdez & Cryan 2009), es difícil determinar si LasCinXal se encontraba migrando o hibernando, ya que se sabe que algunas poblaciones pueden hacer largas migraciones durante el otoño (estación en la que se encontró el individuo), siguiendo una ruta migratoria que va de los Estados Unidos hacia el sureste de México (Cryan 2003). Sin embargo, también en otoño, se ha reportado la presencia de la especie hibernando en México (Marín et al. 2021). Por lo tanto, a pesar de la evidencia aquí presentada, no es posible determinar si la anomalía morfológica afectó la condición física del individuo en su hibernación o migración.

Dada la alta movilidad diaria y estacional que se reporta para la especie *L. cinereus* (~70 km y ~1000 km, respectivamente) (Weller et al. 2016, Morningstar & Sandilands 2019, Salganek et al. 2022), es difícil determinar alguna causa probable asociada a algún factor ambiental estresante que pudiese dar origen a la anomalía morfológica aquí presentada. Sin embargo, el registro de esta, en el futuro ayudará a comprender su impacto en las poblaciones naturales. Nuestro reporte presenta información sobre el primer caso de asimetría morfológica en *L. cinereus*.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los revisores anónimos que con sus comentarios y sugerencias mejoraron el escrito.

## REFERENCIAS

BAGUÑA, J., RUIZ-TRILLO, I., PAPS, J. & RIUTORT, M. (2002). Origen y evolución de los ejes corporales y la simetría bilateral en animales. In: *Evolución: La base de la biología*. ed.: Proyecto Sur de Ediciones. Spain, p.535-548.

CLERC, J., ROGERS, E. J. & MCGUIRE, L. P. (2021). Testing predictions of optimal migration theory in migratory bats. *Front Ecol Evol*, 9: 686379. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.686379>

CRYAN, P. M. (2003). Seasonal distribution of migratory tree bats (*Lasiurus* and *Lasionycteris*) in North America. *J Mammal*, 84(2): 579-593. [https://doi.org/10.1644/1545-1542\(2003\)084<0579:SDOMTB>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1644/1545-1542(2003)084<0579:SDOMTB>2.0.CO;2)

ESQUIVEL-MELO, D., CAMELO-PINZON, D. & RODRIGUEZ-BOLAÑOS, A. (2017). New record of bilateral hyperdontia in *Carollia brevicauda* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Therya*, 8(1): 71-73. <https://doi.org/10.12933/therya-17-440>

ESQUIVEL, D. A., MAESTRI, R. & SANTANA, S. E. (2021). Evolutionary implications of dental anomalies in bats. *Evolution*, 75(5): 1087-1096. <https://doi.org/10.1111/evo.14211>

GONÇALVES, F., FISCHER, E., CARVALHO, L. F. A. D. C. & FERREIRA, C. M. M. (2011). Polydactyly in the largest New World fruit bat, *Artibeus lituratus*. *Mammal Rev*, 42(4): 304-309. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.2011.00198.x>

HENNEKAM, R. C., BIESECKER, L. G., ALLANSON, J. E., HALL, J. G., OPITZ, J. M., TEMPLE, I. K., CAREY, J. C. & ELEMENTS OF MORPHOLOGY CONSORTIUM. (2013). Elements of morphology: general terms for congenital anomalies. *Am J Med Genet A*, 161(A): 2726-2733. <https://doi.org/10.1002/ajmg.a.36249>

KUNZ, T. H. & LUMSDEN, L. F. (2003). Ecology of cavity and foliage roosting bats. In: *Bat ecology*. ed.: The University of Chicago Press. Chicago, Illinois, USA, p.3-89. <http://doi.org/10.5281/zenodo.4655329>

LAZIĆ, M., CARRETERO, M. A., CRNOBRNJA-ISAILOVIĆ, J. & KALIONTZOPOULOU, A. (2014). Data from: effects of environmental disturbance on phenotypic variation: an integrated assessment of canalization, developmental stability, modularity and allometry in lizard head shape. Dryad, Dataset. <https://doi.org/10.5061/dryad.9jq7j>

LÓPEZ-AGUIRRE, C. (2014). Dental anomalies: new cases of *Artibeus lituratus* from Colombia and a review of these anomalies in bats (Chiroptera). *Chiropt Neotrop*, 20(1): 1271-1279.

LUCATI, F. & LÓPEZ-BAUCELLS, A. (2017). Chromatic disorders in bats: a review of pigmentation anomalies and the misuse of terms to describe them. *Mammal Rev*, 47(2): 112-123. <https://doi.org/10.1111/mam.12083>

MACGREGOR-FORS, I., ESCOBAR, F., RUEDA-HERNÁNDEZ, R., AVENDAÑO-REYES, S., BAENA, M. L., BANDALA, V. M., CHACÓN-ZAPATA, S., GUILLÉN-SERVENT, A., GONZÁLEZ-GARCÍA, F., LOREA-HERNÁNDEZ, F. et al. (2016). City "green" contributions: the role of urban greenspaces as reservoirs for biodiversity. *Forests*, 7(7): 146. <https://doi.org/10.3390/f7070146>

MARÍN, G., RAMOS-H, D., CAFAGGI, D., SIERRA-DURÁN, C., GALLEGOS, A., ROMERO-RUIZ, A. & MEDELLÍN, R. A. (2021). Challenging hibernation limits of hoary bats: the southernmost record of *Lasiurus cinereus* hibernating in North America. *Mamm Biol*, 101: 287-291. <https://doi.org/10.1007/s42991-020-00080-4>

MARTÍNEZ-CORONEL, M., VERONA-TREJO, M. I. & HORTELANO-MONCADA, Y. (2020). Anomalías morfológicas y cromáticas en murciélagos de Chiapas, México. *RMM*, 10(2): 33-39. <https://doi.org/10.22201/ie.20074484e.2020.10.2.307>

MEDELLÍN, R. A., ARITA, H. T. & SÁNCHEZ-HERRERA, O. (2008). Identificación de los murciélagos de México: clave de campo. 2ª edición. ed.: Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. Mexico, D. F., Mexico, 79 pp.

MORNINGSTAR, D. & SANDILANDS, A. (2019). Summer movements of a radio-tagged Hoary Bat (*Lasiurus cinereus*) captured in southwestern Ontario. *Can Field Nat*, 133(2): 125-129. <https://doi.org/10.22621/cfn.v133i2.2148>

NEUWEILER, G. (2000). The biology of bats. ed.: Oxford University Press. New York, USA, 309 pp.

- NOGUEIRA, M. R., LIMA, I. P., PERACCHI, A. L. & SIMMONS, N. B. (2012). New genus and species of nectar-feeding bat from the Atlantic Forest of southeastern Brazil (chiroptera: Phyllostomidae: Glossophaginae). *Am Mus Novit*, 2012(3747):1-30. <https://doi.org/10.1206/3747.2>
- NOGUEIRA, M. R., VENTURA, A., DA VEIGA, C. C. P., MONTEIRO, L. R., PINHEIRO, N. L. & PERACCHI, A. L. (2017). Dicephalic parapagus conjoined twins in a large fruit-eating bat, genus *Artibeus* (Chiroptera, Phyllostomidae). *Anat Histol Embryol*, 46(4): 319-324. <https://doi.org/10.1111/ahe.12271>
- PALMER, A. R. (2016). What determines direction of asymmetry: genes, environment or chance? *Philos T R Soc B*, 371(1710): 1-16. <https://doi.org/10.1098/RSTB.2015.0417>
- PEKINS, C. E. (2009). Polydactyly in the cave myotis (*Myotis velifer*) in north-central Texas. *Southeast Nat*, 54(2): 222-225. <https://doi.org/10.1894/CLG-13.1>
- PERLIK, M. K., MCMILLAN, B. R. & KRENZ, J. D. (2012). Food habits of the hoary bat in an agricultural landscape. *JMAS*, 75(2): 1-6.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. (2019). R: a language and environment for statistical computing. ed.: R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- REID, F. A. (2009). A field guide to the mammals of central america and southeast Mexico. 2nd edition. Oxford University Pres. New York, USA, 346 pp.
- ROBAINA, Z., DENIS, D. & SÁNCHEZ-LOZADA, M. (2017). ¿Son regulados los niveles de asimetría fluctuante según la función de las estructuras morfológicas? Estudio de caso en *Phyllonycteris poeyi* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Poeyana*, 505(1): 15-21.
- SALGANEK, S., WELLER, T. J. & SZEWCZAK, J. M. (2022). Autumn roost-site selection by male hoary bats (*Lasiurus cinereus*) in northern California. *J Mammal*, 103(5): 1103-1111. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyac055>
- SCHMIEDER, D. A., ZSEBŐK, S. & SIEMERS, B. M. (2014). The tail plays a major role in the differing manoeuvrability of two sibling species of mouse-eared bats (*Myotis myotis* and *Myotis blythii*). *Can J Zool*, 92(11): 965-977. <https://doi.org/10.1139/cjz-2014-0104>
- SEDGELEY, J., O'DONNELL, C., LYALL, J., EDMONDS, H., SIMPSON, W., CARPENTER, J., HOARE, J. & MCINNES, K. (2012). DOC best practice manual of conservation techniques for bats. Version 1.0. ed.: New Zealand Government. eBook, 172 pp.
- SHUMP, K. A. & SHUMP, A. U. (1982). *Lasiurus Cinereus*. *Mamm Species*, 185: 1-5. <https://doi.org/10.2307/3503878>
- SITI-TAFZILMERIAM, S. A. K., AZILA, M. Y. R., SHARENA, S., KAMIS, A. B. & ZUBAID, A. (2006). A preliminary assessment of sperm abnormalities in insectivorous bats from Peninsular Malaysia. *Malays Appl Biol*, 35(1): 75-78.
- SOKOS, C., KOLLARIS, N., PAPASPYROPOULOS, K. G., POIRAZIDIS, K. & BIRTSAS, P. (2018). Frequency of abnormalities in wildlife species: is there a relation with their ecology? *Zool Ecol*, 28(4): 389-394. <https://doi.org/10.1080/21658005.2018.1537905>
- TAYLOR, B., SKELLY, D., DEMARCHIS, L. K., SLADE, M. D., GALUSHA, D. & RABINOWITZ, P. M. (2005). Proximity to pollution sources and risk of amphibian limb malformation. *Environ Health Perspect*, 113(11): 1497-1501. <https://doi.org/10.1289/EHP.7585>
- VALDEZ, E. W. & CRYAN, P. M. (2009). Food Habits of the Hoary Bat (*Lasiurus cinereus*) during spring migration through New Mexico. *Southwest Nat*, 54(2): 195-200. <https://doi.org/10.1894/PS-45.1>
- WEBSTER, F. A. & GRIFFIN, D. R. (1962). The role of the flight membranes in insect capture by bats. *Anim Behav*, 10(3-4): 332-340. [https://doi.org/10.1016/0003-3472\(62\)90056-8](https://doi.org/10.1016/0003-3472(62)90056-8)
- WELLER, T. J., CASTLE, K. T., LIECHTI, F., HEIN, C. D., SCHIRMACHER, M. R. & CRYAN, P. M. (2016). First Direct evidence of long-distance seasonal movements and hibernation in a migratory bat. *Sci Rep-UK*, 6: 34585. <https://doi.org/10.1038/srep34585>
- WICKHAM, H. (2022). Easily install and load the “tidyverse”. R package tidyverse version 1.3.2.
- ZAGHLOUL, A., SABER, M., GADOW, S. & AWAD, F. (2020). Biological indicators for pollution detection in terrestrial and aquatic ecosystems. *Bull Natl Res Cent* 44: 127. <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00385-x>
- ZALAPA-HERNÁNDEZ, S. S., GUERRERO, S., ROMERO-ALMARAZ, M. D. L. & SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, C. (2016). Coloración atípica en murciélagos: frecuencia y fenotipos en Norte y Centroamérica e islas del Caribe y nuevos casos para México y Costa Rica. *Rev Mex Biodivers*, 87(2): 474-482. <https://doi.org/10.1016/J.RMB.2016.04.007>