DOI: 10.12933/therya_ixmana-25-682
ISSN 2954-3606
Therya *ixmana*, 2025, Vol. 4(2):136-139

DESCIFRANDO SONIDOS NOCTURNOS: ESTUDIEMOS LA ACÚSTICA EN MURCIÉLAGOS

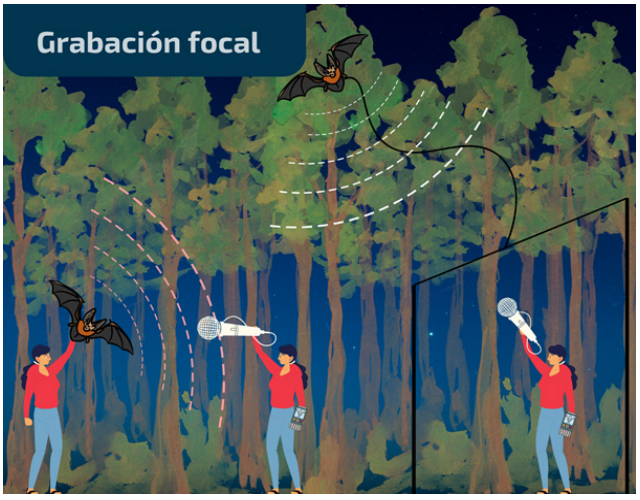
Natalia Ramirez-Ortiz[1]*, M. Cristina MacSwiney G.[1], y Sandra Ospina-Garcés[2]
[1] Centro de Investigaciones Tropicales, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. naraor19@gmail.com (NR–O), cmacswiney@uv.mx (MCMG),
[2] Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación, Universidad Autónoma de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México. ospinagarcess@gmail.com (SO–G)
*Autor de correspondencia

Desde los llamados de alarma de los perritos de las praderas hasta los complejos cantos de las ballenas, existe una fascinante variedad de señales sonoras en los mamíferos. Pero ¿qué sucede con los sonidos imperceptibles para los humanos, como los emitidos por murciélagos?

La apreciación de la naturaleza y de los organismos que habitan en ella no se limita únicamente a la observación; también se enriquece a través de los sonidos que nos rodean. Ya sea en bosques, selvas, desiertos, milpas, o en entornos más urbanos como parques, corredores arbolados o techados verdes, los sonidos siempre están presentes. Estos no solo nos transmiten sensaciones de relajación y tranquilidad, sino también, contienen información muy valiosa sobre el comportamiento, comunicación y la ecología de los seres vivos.

Existe una rama de la biología dedicada a analizar los sonidos producidos por los seres vivos: la bioacústica. Esta disciplina brinda información sobre la diversidad y caracterización de los sonidos, el comportamiento, los aspectos evolutivos, la comunicación entre organismos, así como la producción y percepción sonora. Además, estudia el papel de los sonidos en la ecología, como en la orientación, la caza, la defensa de depredadores, entre otros. Por ejemplo, la bioacústica se aplica al grabar los sonidos emitidos por un individuo o un grupo, como un lobo o una tropa de primates, y suele realizarse de manera focalizada o dirigida.

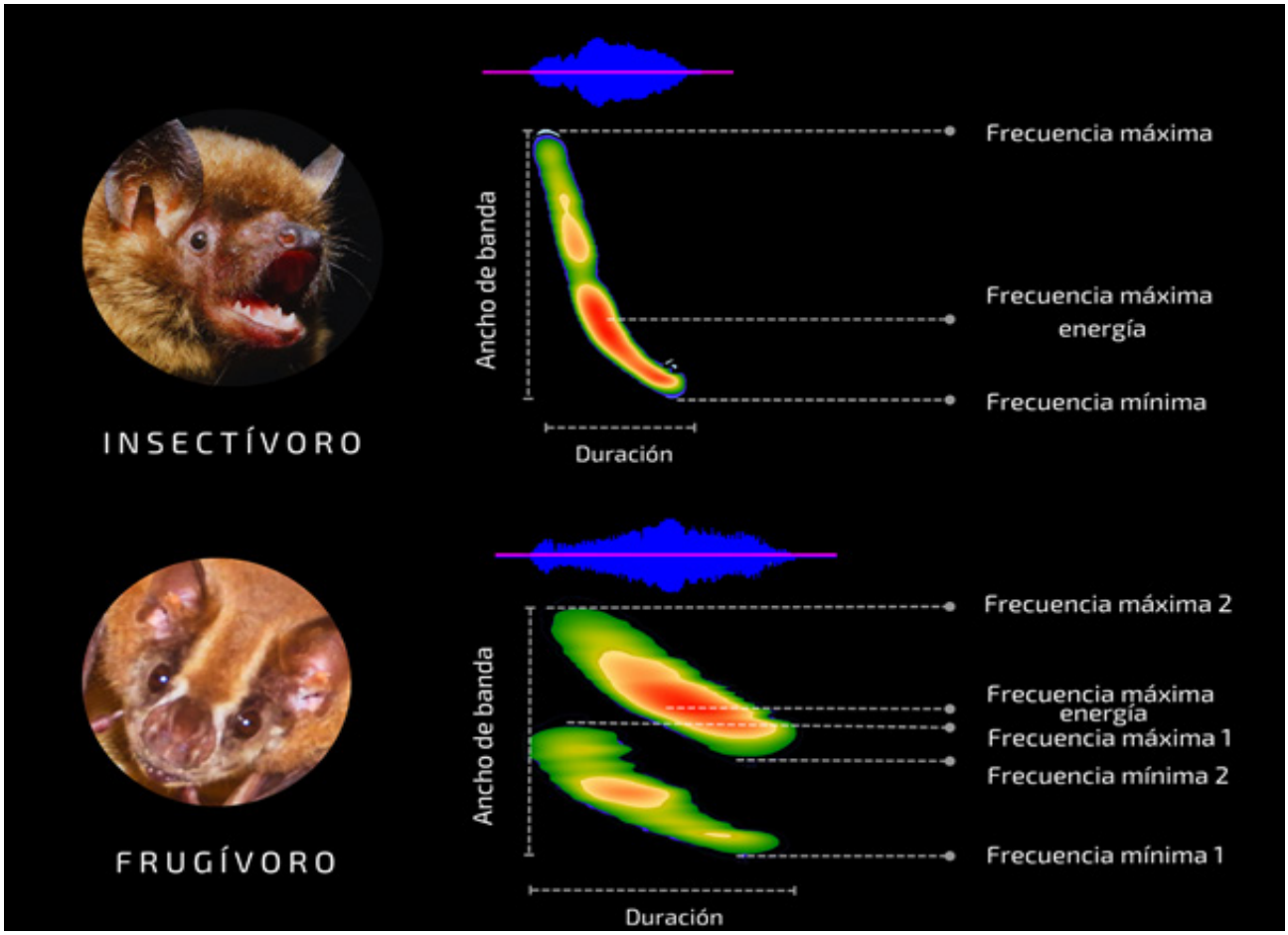
Por otro lado, la ecoacústica se enfoca en el estudio del paisaje sonoro, el cual abarca todos los sonidos presentes en el entorno. Estos incluyen los sonidos producidos por organismos vivos (biofonía), los generados por fenómenos naturales como el viento, la lluvia o las olas del mar (geofonía), e incluso aquellos originados por actividades humanas, como el ruido del tráfico o las construcciones (antropofonía). La ecoacústica es especialmente útil para realizar inventarios de biodiversidad a nivel comunitario, evaluar la salud de los ecosistemas mediante índices acústicos, medir el impacto de las actividades humanas en la diversidad acústica de los organismos, desarrollar tecnologías para la identificación de especies y patrones, entre otras aplicaciones. En esta disciplina, a diferencia de la bioacústica, no se realizan grabaciones focales, sino que existe un registro no invasivo del paisaje sonoro usando grabadoras automatizadas.



Grabación focal: liberación manual (izquierda) y línea de vuelo (derecha). Imagen: Natalia Ramirez-Ortiz.

Grabación pasiva: grabadoras instaladas (izquierda) y grabación libre (derecha). Imagen: Natalia Ramirez-Ortiz.

Therya *ixmana*, 2025, Vol. 4(2):136-139



Medición de pulsos de ecolocalización mediante parámetros espectrales (frecuencia) y temporales (duración). Se encuentran los pulsos de un murciélago insectívoro Miotis (*Myotis* spp.) y el murciélago frugívoro gigante (*Artibeus lituratus*).
Fotografías: Issachar L. López-Cuamatzi y P. Velásquez-Noriega.
Imagen: Natalia Ramirez-Ortiz.

La mayoría de los sonidos que emiten los animales corresponden a la comunicación social. En el caso de los mamíferos, el sonido se utiliza para interactuar tanto con individuos de nuestra misma especie como de otras. La comunicación social en los mamíferos desempeña un papel crucial en actividades como la defensa del territorio (por ejemplo, los monos aulladores del género *Alouatta*), la interacción entre madre y crías (como el ronroneo de los felinos de la familia Felidae), la reproducción (como los cantos de los machos de los misticetos o ballenas barbadas) y muchas otras funciones. Sin embargo, en animales como los murciélagos y los delfines, el sonido no solo cumple un rol de comunicación, sino que también les permite orientarse y percibir el mundo exterior a través de un sistema conocido como ecolocalización. Este mecanismo les facilita navegar, cazar y explorar su entorno mediante la emisión y recepción de ondas sonoras.

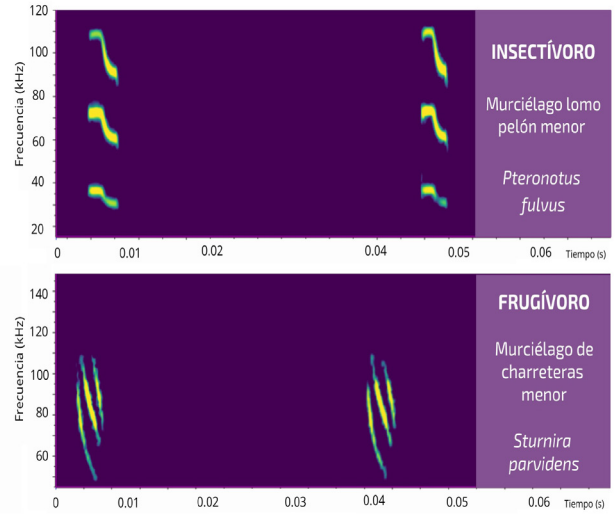
La ecolocalización funciona de manera similar a un sonar: los animales emiten sonidos y obtienen información a partir de las ondas que rebotan en los objetos a su alrededor. Este sistema de orientación es especialmente útil en situaciones donde la visión es limitada, como en el caso de los murciélagos, que en su mayoría son nocturnos, o en entornos acuáticos, donde el sonido se transmite con mayor eficiencia que la luz. Particularmente, muchas especies de murciélagos utilizan la ecolocalización en el rango del ultrasonido, es decir, frecuencias superiores a los 20,000 hercios, lo que hace que estos sonidos sean inaudibles para los humanos. Dado que el sonido es su principal herramienta para orientarse, explorar y cazar, la señal acústica de los murciélagos proporciona información ecológica y comportamental de gran relevancia. Por ejemplo, a través de sus sonidos, es posible identificar especies, estudiar la forma en la que obtienen su alimento, monitorear el estado de conservación de los sitios donde habitan o analizar el impacto del ruido antropogénico en su comportamiento.

Debido a la importancia de estos sonidos, la ciencia ha avanzado rápidamente en el desarrollo de métodos de grabación y análisis de la señal acústica de murciélagos. Hoy en día, tecnologías como los micrófonos ultrasónicos y los programas de procesamiento de audio permiten a los investigadores estudiar a los murciélagos a través de sus vocalizaciones, abriendo una ventana al fascinante mundo nocturno de estos animales y contribuyendo significativamente a su estudio y conservación.

El registro de las señales acústicas de los murciélagos puede realizarse de dos formas: de manera focal o dirigida, y de manera pasiva. Las grabaciones focales se llevan a cabo cuando se registra de manera directa a un murciélago. Esta técnica permite asegurar que la señal acústica obtenida corresponde a un individuo en particular. Este tipo de grabaciones son la base para la creación de bibliotecas acústicas de referencia, como SONOZOTZ, una biblioteca acústica especializada en murciélagos insectívoros de México que resulta de gran utilidad para la identificación correcta de especies a partir del sonido.

Asimismo, la grabación focal o dirigida también se utiliza en investigaciones de comportamiento. Un ejemplo es el estudio de la coordinación en la entrada a los refugios del murciélago de ventosas (*Thyroptera tricolor*), donde un murciélago líder organiza la entrada de su grupo mediante vocalizaciones. Esta técnica también tiene aplicaciones en investigaciones que combinan distintas disciplinas, como el análisis de la mecánica del movimiento alar asociada al sonido, o la diferenciación entre especies crípticas (especies muy similares en apariencia,

Therya *ixmana*, 2025, Vol. 4(2):136-139



Espectrograma del llamado de ecolocalización de un murciélago insectívoro y uno frugívoro.
Imagen: Natalia Ramirez-Ortiz.

pero distintas genéticamente). La grabación focal o dirigida puede realizarse mediante diferentes métodos. Por ejemplo, las grabaciones pueden obtenerse al liberar al murciélago (conocido como liberación de mano o *hand release*), en jaulas de vuelo diseñadas para permitir el registro de vocalizaciones, o utilizando una técnica llamada línea de vuelo o zip line que consiste en usar un sistema de cable deslizante que sujeta al murciélago mientras este vuela y se registran sus sonidos de ecolocalización.

Por otro lado, la grabación pasiva es fundamental para el monitoreo no invasivo de murciélagos. En este caso, se programa una grabadora para activarse durante cierto periodo de tiempo y en intervalos previamente determinados. Estas grabaciones no solo permiten realizar inventarios de especies, sino también analizar la actividad de los murciélagos y la partición de recursos entre distintas especies. Es posible estudiar las diferencias en los horarios de actividad y forrajeo entre especies insectívoras, por ejemplo, se ha detectado que el murciélago mastín común (*Molossus molossus*) sale de su refugio en búsqueda de alimento por breves periodos de tiempo, menores a dos horas por noche, justo después del atardecer y antes del amanecer con el fin de encontrar el mayor número de insectos y evitar al máximo que sean depredados. Adicionalmente, la grabación pasiva facilita estudios sobre el impacto antrópico, como los efectos del ruido o los cambios en la cobertura vegetal, en el comportamiento acústico de los murciélagos.

Una vez obtenidas las grabaciones de ecolocalización, estas se analizan con programas especializados como Avisoft Bioacoustics, BatExplorer, BatSound, Kaleidoscope, o Raven. Muchos de estos ofrecen versiones de prueba o la posibilidad de solicitar licencias profesionales gratuitas para estudiantes de ciertos países, incluidos varios en América Latina, como es el caso de Raven o BatExplorer. También existen programas completamente gratuitos como Audacity u Ocenaudio que permiten editar los audios –por ejemplo, recortarlos o eliminar partes de la grabación– antes de ser analizados en los programas mencionados. Durante este proceso, el sonido se estudia visualmente mediante la representación de la variación de la frecuencia, el tiempo y la intensidad de la señal acústica. La frecuencia indica qué tan agudo o grave es el sonido, la duración mide cuánto tiempo se prolonga y la intensidad indica si es fuerte o débil.

Los murciélagos pueden ajustar sus sonidos dependiendo del clima, la presencia de ruido o el tipo de hábitat donde se encuentren. Estos ajustes se pueden observar al medir diversos parámetros, como la frecuencia y duración. Por ejemplo, en ambientes muy húmedos, los sonidos muy agudos se pierden fácilmente; por lo tanto, algunos murciélagos usan tonos más graves para que sus "ecos" sean más claros. Asimismo, en presencia de ruido generado por actividades humanas, como tráfico o máquinas, los murciélagos tienden a subir la intensidad de sus llamados. Algunas especies, como el murciélago norteamericano (*Myotis lucifugus*), emiten sonidos más cortos y agudos para navegar entre los árboles mientras que en un campo abierto emplean llamados un poco más largos y graves. Así también, el murciélago mastín de Sinaloa (*M. sinaloae*) emite sonidos más cortos y agudos cuando se moviliza en ambientes urbanos, con el fin de compensar el ruido de fondo, en comparación a cuando se moviliza en zonas naturales.

Cabe destacar que el estudio de la acústica avanza a un ritmo acelerado, y constantemente surgen nuevas técnicas, programas y métodos de grabación y análisis. En la actualidad, la medición de los pulsos de ecolocalización se puede realizar de manera automatizada, y la identificación de especies a partir de grabaciones pasivas también puede llevarse a cabo mediante algoritmos y grabaciones de referencia que alimentan sistemas de inteligencia artificial.

A nivel de análisis, ha emergido una nueva alternativa para estudiar las señales acústicas de los murciélagos: la morfometría geométrica. Aunque esta técnica se ha utilizado ampliamente para analizar variaciones anatómicas, como en alas y cráneos, ahora también puede aplicarse a los pulsos de ecolocalización de los murciélagos. Esta técnica permite representar los pulsos en tres dimensiones, mostrando las variaciones en frecuencia, tiempo e intensidad en pulsos con formas similares. De manera detallada, revela cómo la amplitud (intensidad) del pulso varía a lo largo de su duración, mostrando las variaciones sutiles y diferencias finas entre señales acústicas similares que, de otro modo, pasarían desapercibidas con las mediciones tradicionales de frecuencias y duración. Por ejemplo, la morfometría geométrica promedia y evidencia de manera visual en qué parte del pulso de ecolocalización un grupo de murciélagos emplea la mayor energía y cómo varía a lo largo de la forma del pulso.

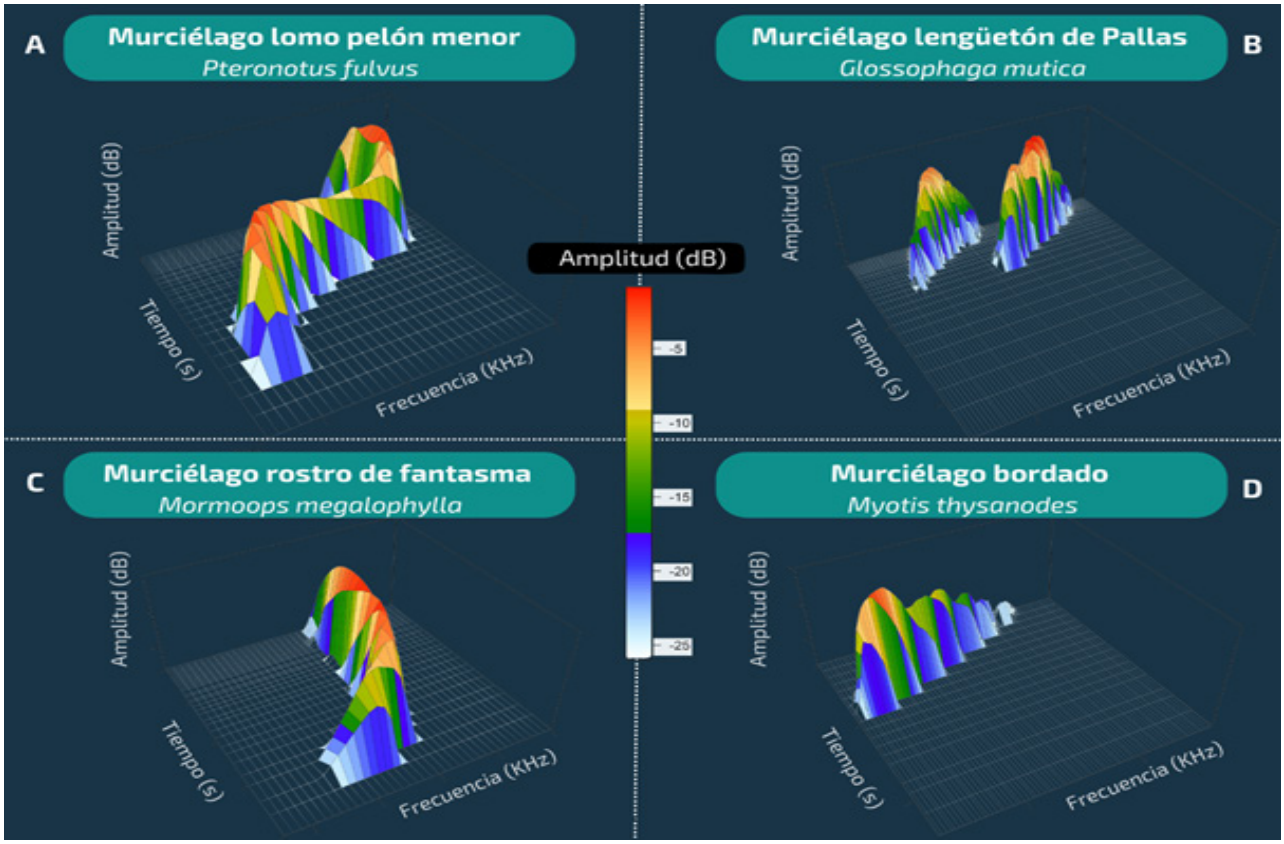
El estudio de la acústica en los seres vivos es de gran relevancia, ya que permite monitorear la biodiversidad y conocer sobre el comportamiento y la ecología de las especies, así como identificar los efectos de las actividades humanas en los organismos. En animales nocturnos y voladores, como los murciélagos, este enfoque es de especial importancia, pues el sonido es su principal forma de orientación y percepción del entorno. Los avances en bioacústica aplicada a murciélagos han sido significativos, tanto en el desarrollo de tecnologías de grabación y programas de análisis, como en las metodologías empleadas para abordar su estudio.

En este contexto, resulta fundamental aprovechar y promover enfoques no tradicionales para el estudio de la biodiversidad, como la acústica, que no solo proporciona información biológica valiosa para la investigación científica, sino que también abre oportunidades para fomentar la ciencia ciudadana, involucrando a la sociedad en el conocimiento, valoración y conservación de la biodiversidad.

AGRADECIMIENTOS

A P. Ahumada-Rueda por su colaboración en el manuscrito y su participación en la investigación de la morfometría geométrica aplicada en el sonido de murciélagos. A I. L. López-Cuamatzi y a P. Velásquez-Noriega por las fotografías y a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por la beca de posgrado otorgada a NR-O.

Therya *ixmana*, 2025, Vol. 4(2):136-139



Medición de pulsos de ecolocalización mediante morfometría geométrica en murciélagos insectívoros (A, C y D) y nectarívoros (B). Gráficas: Natalia Ramirez-Ortiz.

LITERATURA CONSULTADA

Ávila-Flores, R., *et al*. 2022. Construcción a gran escala de una biblioteca acústica de referencia de murciélagos/Construction of a large-scale acoustic reference library of bats. Asociación Mexicana de Mastozoología A. C. Ciudad de México, México.

Chaverri, G., E. H. Gillam, y M. J. Vonhof. 2010. Social calls used by a leaf–roosting bat to signal location. Biology Letters 6:441-444.

Fenton, M. B. 2013. Questions, ideas, and tools: Lessons from bat echolocation. Animal Behaviour 85:869-879.

Hoefer, S., *et al*. 2023. Passive acoustic monitoring in terrestrial vertebrates: a review. Bioacoustics 32:506-531.

Holland, R. A., *et al*. 2011. Emergence time and foraging activity in Pallas' mastiff bat, *Molossus molossus* (Chiroptera: Molossidae) in relation to sunset/sunrise and phase of the moon. Acta Chiropterologica 13:399-404.

MacLeod, N., J. Krieger, y K. E. Jones. 2013. Geometric morphometric approaches to acoustic signal analysis in mammalian biology. Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy 24:110-125.

Martínez-Medina, D., *et al*. 2021. Estándares para registrar señales de ecolocalización y construir bibliotecas de referencia de murciélagos en Colombia. Biota Colombiana 22:3-20.

Lara-Núñez, A. C., J. A. Guerrero, y A. Rizo-Aguilar. 2022. Effect of anthropogenic noise on the echolocation pulses of the bats *Molossus sinaloae* and *Mormoops megalophylla*. Therya 13:235-243.

Rocha, P. C., y P. S. Romano. 2021. The shape of sound: A new R package that crosses the bridge between bioacoustics and geometric morphometrics. Methods in Ecology and Evolution 12:1115-1121.

Schnitzler, H.-U., y E. K. V. Kalko. 2001. Echolocation by Insect–Eating Bats: We define four distinct functional groups of bats and find differences in signal structure that correlate with the typical echolocation tasks faced by each group. BioScience 51:557-569.

Simmons, J. A., M. B. Fenton, y M. J. O'Farrell. 1979. Echolocation and the pursuit of prey by bats. Science 203:16-21.

Wund, M. A. 2006. Variation in the echolocation calls of little brown bats (*Myotis lucifugus)* in response to different habitats. The American Midland Naturalist 156:99-108.

Yoh, N., *et al.* 2020. Echolocation of Central Amazonian 'whispering' phyllostomid bats: Call design and interspecific variation. Mammal Research 65:583-597.

Zamora-Gutiérrez, V., *et al*. 2020. The Sonozotz project: Assembling an echolocation call library for bats in a megadiverse country. Ecology and Evolution 10:4928-4943.

Sometido: 28/mar/2025.
Revisado: 15/abr/2025.
Aceptado: 07/may/2025.
Publicado: 12/may/2025.
Editor asociado: Dra. Susette Castañeda-Rico.