



Música alta y murciélagos insectívoros aéreos: cambios en sus señales de ecolocalización

Bayron Daza^{1*} , Jairo Porras² , Francisco Sánchez³ 

¹ Semillero Mamíferos Silvestres-Unillanos, Programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia

² Programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia

³ Grupo ECOTONOS, Programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia

* Correspondencia: badaza@unillanos.edu.co

Resumen

La ecología de los murciélagos insectívoros aéreos depende de la ecolocalización. En el neotrópico se realizan conciertos al aire libre en áreas rurales o naturales que generan contaminación acústica y pueden impactar negativamente a los murciélagos. Proponemos que los murciélagos al estar expuestos a la música alta de estos eventos cambian sus señales de ecolocalización. Evaluamos esta idea grabando murciélagos insectívoros aéreos en un humedal de una reserva en la altillanura colombiana mientras estaban expuestos a una mezcla de canciones propias de los festivales de la región y cuando no había música. Encontramos que las características espectrales y temporales de los pulsos de ecolocalización de un murciélago vespertilionido cambiaron debido a la exposición a la música. Esto sugiere que, debido al ruido antropogénico, los murciélagos deben ajustar sus señales de ecolocalización para continuar forrajeando en un lugar y que los festivales de música son fuente de perturbaciones acústicas con un impacto negativo para los murciélagos.

Palabras clave: bioacústica, contaminación acústica, festivales de música, Orinoquía.

Abstract

The ecology of aerial-insectivorous bats depends on echolocation. In the Neotropics, open-air concerts in rural or natural areas generate noise pollution, which may negatively impact bats. We propose that bats change their echolocation signals when exposed to the loud music played at these events. We evaluated this idea by recording aerial-insectivorous bats in a wetland, within a nature reserve in the Colombian highlands, while they were exposed to a mix of songs typical of the region's festivals and when there was no music. We found that both spectral and temporal characteristics of the echolocation pulses of a vespertilionid bat changed when exposed to the music. This suggests that, due to anthropogenic noise, bats must adjust their echolocation signals to continue foraging at a site and that music festivals are a source of acoustic disturbance with a detrimental impact on them.

Key words: acoustic pollution, bioacoustics, music festivals, Orinoquía.

Las señales acústicas y el sonido ambiental pueden ayudar a los animales a encontrar recursos, orientarse espacialmente, provocar comportamientos antidepredatorios y/o atraer una posible pareja (Bradbury & Vehrencamp 2011). Se ha sugerido que la contaminación acústica generada por actividades de entretenimiento, como los eventos de música al aire libre, está entre las mayores producidas por la actividad humana (Parnell & Sommer 2018). En los festivales de música al aire libre se utilizan niveles sonoros altos, >80 dB, que pueden tener impactos negativos en la eficacia biológica de los animales (Hooker et al. 2023). En países neotropicales como Colombia, los festivales de música se realizan incluso en áreas naturales adyacentes a ríos y bosques, donde los niveles permitidos para la emisión de ruido no deben superar los 55 dB (Min. Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial 2006) y estos eventos musicales han aumentado su frecuencia en los últimos años (DANE 2023). Sin embargo, hasta donde sabemos, no hay evaluaciones sobre cómo estos eventos afectan a la biodiversidad.

Los murciélagos insectívoros aéreos emiten pulsos ultrasónicos y escuchan los ecos de retorno que se reflejan en los objetos del entorno para ubicarse espacialmente y encontrar recursos (Griffin 1958). Algunas especies usan las señales ultrasónicas para detectar presas en el aire, mientras que otras localizan sus presas escuchando sonidos subultrasónicos (Fenton 1984). Por tanto, la ecología de los murciélagos depende estrechamente de la capacidad de utilizar señales acústicas. El biosonar actúa como modalidad sensorial primaria en los murciélagos insectívoros, aunque su respuesta ante la contaminación acústica puede variar entre especies. La contaminación acústica puede interferir con las señales de ecolocalización (Bunkley et al. 2015; Bunkley & Barber 2015), disminuir la atención de los individuos y provocar errores en el procesamiento correcto de la información (Domer et al. 2021) y/o causar el abandono del sitio para evitar el ruido (Luo et al. 2015; Hooker et al. 2013). Algunos murciélagos pueden modificar las características de sus señales de ecolocalización para aminorar los efectos de las perturbaciones acústicas, cambiando las características espectrales y temporales de sus pulsos, como se ha registrado en *Molossus sinaloae* (Lara-Núñez et al. 2022) y *Noctilio albiventris* (Yantén et al. 2021) que aumentan sus frecuencias al ser expuestos a ruido antropogénico. *Tadarida brasiliensis* aumenta la duración de los pulsos y el ancho de banda en condiciones ruidosas (Tressler & Smotherman 2009; Vosbigian et al. 2024). *Phyllostomus discolor* realiza cambios menores en la duración y frecuencia de la llamada expuesto a ruido (Gomes & Goerlitz 2020) y *Rhinolophus ferrumequinum* aumenta la frecuencia del pulso (Hage et al. 2014; Hage et al. 2013). Por tanto, la perturbación acústica del paisaje sonoro natural puede afectar la recepción de información de las señales de ecolocalización de los murciélagos. Con base en lo anterior, planteamos la siguiente pregunta ¿Afecta la música alta de los festivales que ocurren en la Orinoquia colombiana las características de los pulsos de ecolocalización de los murciélagos?

Grabamos murciélagos en un humedal de la Reserva Natural El Amparo, vereda La Serranía, municipio de Puerto López, departamento del Meta, Colombia; 4,01119, -72, 60194, 233 msnm. El clima de la zona se caracteriza por un régimen de precipitación monomodal, con una época de altas precipitaciones entre abril y noviembre, y una época de bajas precipitaciones entre diciembre y marzo (IDEAM 2022). El humedal tiene un espejo de agua de forma subcircular con un área de aproximadamente 40,33 m², que solía ser usado por el ganado antes que El Amparo se convirtiera en reserva. En sus orillas crecen árboles de 6-10 m de altura.

Al atardecer observamos murciélagos insectívoros forrajeando en el humedal donde no hay perturbaciones humanas y los únicos sonidos que se escuchan son los propios de la naturaleza de la altillanura. Grabamos los murciélagos con un micrófono Echo Meter Touch 2 Pro (Wildlife Acoustics®) utilizando su modo activo conectado a un celular Android con una tasa de muestreo de 256 kHz y sensibilidad de “trigger media”. Durante dos noches realizamos diez estaciones de grabación en la misma ubicación entre las 18h00 y las 21h00. Utilizamos dos tratamientos experimentales: con y sin música alta. Para el tratamiento con música alta usamos un altavoz LAZZER, modelo LZ-PS2532BT, configurado para sonar a 80 dB, que es el valor permitido en Colombia para espectáculos públicos al aire libre (Min. Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial 2006). Reproducimos una secuencia de cuatro canciones de géneros musicales escuchados con frecuencia en los eventos musicales de la región, i.e., joropo, salsa, vallenato, norteña. Seleccionamos 25 s de una canción de cada tipo para consolidar una mezcla que duró un minuto y se reprodujo dos veces seguidas (Domer et al. 2021). La frecuencia máxima de la música usada fue de 18,17 kHz. Una estación de grabación comenzó con dos minutos sin música, i.e., tratamiento control, seguidos de dos minutos con música alta. Por tanto, cada estación fue de cuatro minutos de grabación. Posteriormente, esperamos cinco minutos sin grabar o reproducir ningún sonido antes de iniciar una nueva estación; en total, en cada una de las noches de muestreo grabamos 20 minutos sin música y 20 minutos con música alta. Utilizamos el programa Raven Pro v.1.6 para visualizar y analizar características espectrales (frecuencia mínima, frecuencia máxima, frecuencia de máxima energía, ancho de banda) y temporales (duración del pulso, intervalo entre pulsos). Visualizamos los espectrogramas con una transformación rápida de Fourier de 520 muestras y una ventana tipo Hanning. Registramos las medidas de estas características de acuerdo con el protocolo presentado por Martínez-Medina et al. (2021). Con base en las características de los pulsos, concluimos que los murciélagos registrados pertenecían a una especie de la familia Vespertilionidae; probablemente del género *Lasiurus* (Arias-Aguilar et al. 2018). Este sonotipo se registró en siete estaciones de grabación; cuatro estaciones sin y tres con música alta. Medimos 56 y 65 pulsos respectivamente; los pulsos eran parte de fases de búsqueda, ya que sus características varían menos que las que se emiten durante las fases de aproximación o terminal (Bunkley et al. 2015). Este estudio se llevó a cabo siguiendo las indicaciones de la American Society of Mammalogist (Sikes et al. 2016) y no se manipularon o recolectaron especímenes como parte del trabajo.

Usamos pruebas de U de Mann-Whitney para comparar cada una de las características espectrales y temporales en relación con el tratamiento experimental, i.e., con o sin música. Esto porque los datos no cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza (Zar 2013). Utilizamos el programa Jamovi v.2.3 para correr las pruebas y utilizamos como nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

Con música alta, la frecuencia de máxima energía y la frecuencia mínima disminuyeron, mientras que la frecuencia máxima y el ancho de banda aumentaron significativamente con respecto al tratamiento control. Además, con música alta, la duración de los pulsos aumentó y el intervalo entre pulsos disminuyó significativamente con respecto a los momentos sin música (Figura 1, 2).

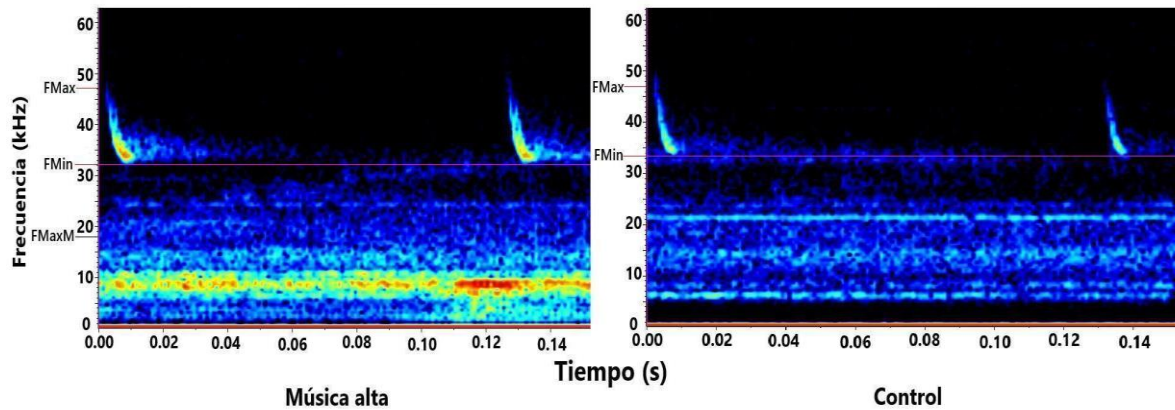


Figura 1. Espectrogramas de los pulsos de ecolocalización de un vespertiliónido con y sin música alta (Control) durante la fase de búsqueda mientras forrajeaba en una reserva en la altillanura colombiana. Las variables espectrales y temporales de los pulsos fueron afectadas por la música alta. Fmax: frecuencia máxima. FMin: frecuencia mínima. FMaxM: frecuencia máxima de la música.

El ajuste simultáneo de aumentar la frecuencia mínima y disminuir la frecuencia máxima provocó un aumento en el ancho de banda. Las señales de banda ancha de los ecos de retorno transportan más información a los murciélagos, por lo que ampliar el ancho de banda en condiciones de ruido podría ayudar a obtener información estructural más detallada del entorno (Boonman & Ostwald 2007). Por otra parte, aumentar la duración de los pulsos contribuye a que los murciélagos puedan mantener y mejorar la detectabilidad del eco de las señales en entornos ruidosos (Luo et al. 2015). Los cambios en la duración y el ancho de banda pueden ser subproductos de un aumento en la amplitud (Tressler & Smotherman 2009). Por tanto, esto puede ser un ejemplo de efecto Lombard, que consiste en el aumento tanto de la frecuencia como de la amplitud vocal en respuesta al aumento del ruido de fondo para reducir el posible enmascaramiento acústico causado por la música a alto volumen (Hage et al. 2014). Así mismo, los murciélagos para intentar captar más información del entorno ruidoso disminuyen la duración del intervalo entre pulsos, debido a que le permite detectar los cambios del entorno (Gomes et al. 2016), lo que refleja un aumento en la tasa de emisión de pulsos, ya que se ha argumentado que los murciélagos aumentan la tasa de emisión y la duración de pulsos para mejorar la relación señal/ruido y obtener información de forma eficiente (Amichai et al. 2015).

Realizamos un experimento en condiciones similares a las de eventos cortos con música alta. Sin embargo, los eventos musicales pueden durar varios días y estudios futuros deben aumentar la duración de cada tratamiento y también considerar otras variables presentes en eventos musicales que pueden afectar a los murciélagos, como la contaminación lumínica y otras fuentes de ruido. Por otra parte, en diferentes contextos ambientales, los murciélagos pueden modular sus señales de ecolocalización, por lo que se deben tener en cuenta factores ambientales como temperatura, humedad y complejidad de la vegetación que pueden influir en los resultados (Brinkløv et al. 2010; Goerlitz 2018). Por tanto, aunque los resultados son sólidos, al encontrarse cambios en todos los parámetros considerados, el diseño de muestreo que usamos en este trabajo limitó obtener réplicas temporales independientes, y los resultados encontrados pueden corresponder a un grupo limitado de individuos. Por otro lado, el tamaño de muestra en nuestro trabajo podría incrementarse e incluir otras especies, dado que puede haber respuestas especie-específicas a los ruidos antropogénicos (Hooker et al. 2023).

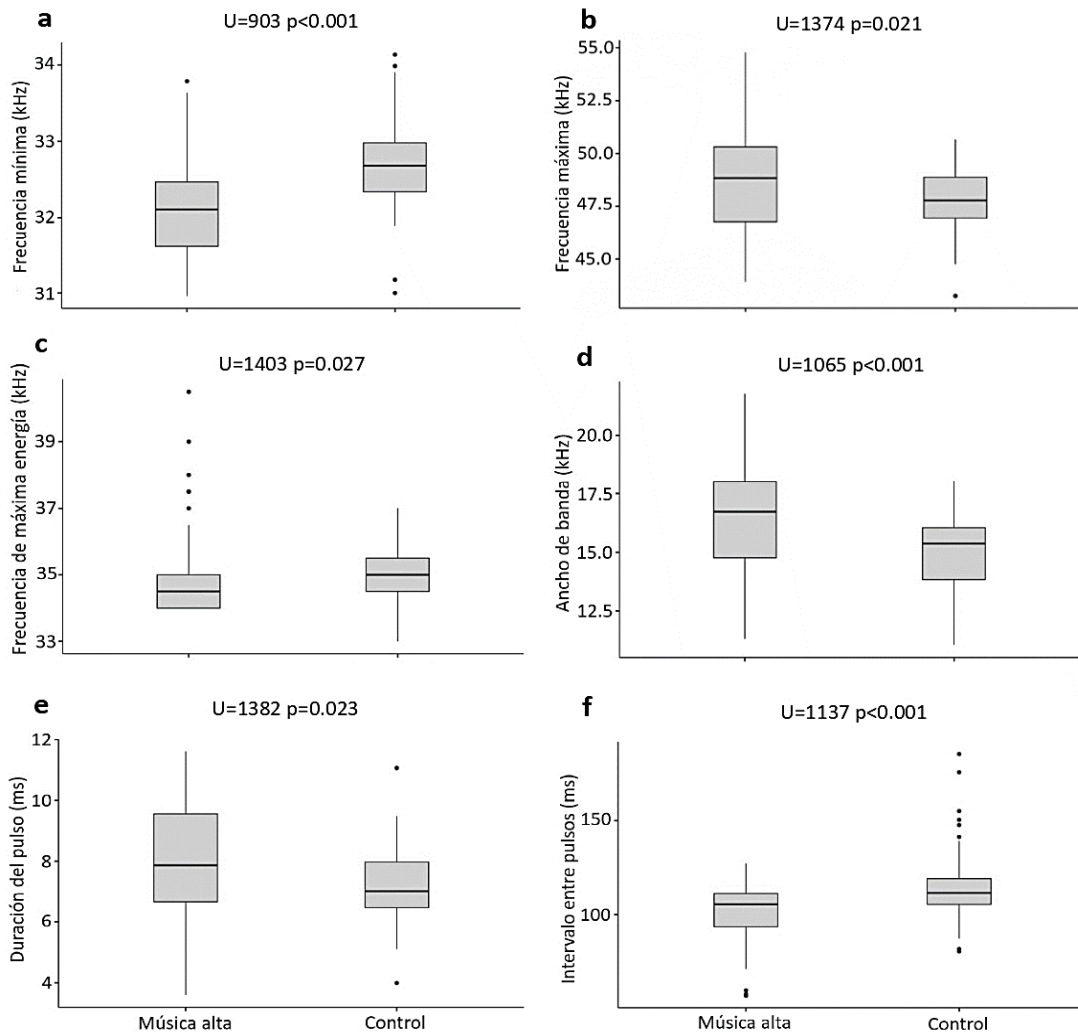


Figura 2. Variación de las características espectrales y temporales de los pulsos de ecolocalización de una especie de vespertilionido expuesto a música alta y sin ella (control) en una reserva de la altillanura colombiana. En todos los casos hubo diferencias significativas entre las características medidas con y sin música ($P<0,05$, pruebas U de Mann-Whitney). La línea dentro de cada caja corresponde a la mediana, sus extremos son el primer y tercer cuartil, y los puntos son valores atípicos.

Hasta donde sabemos, esta es la primera vez que se evalúa el posible efecto del desarrollo de eventos musicales al aire libre sobre los mamíferos colombianos. Como indicamos antes, aunque no tenemos certeza sobre la identidad taxonómica de los murciélagos grabados, encontramos que todas las variables de sus señales de ecolocalización cambiaron, lo que sugiere que, ante la exposición a música alta, deben ajustar las señales emitidas para obtener más información sobre su ubicación en el entorno y el de las presas. La necesidad de estos ajustes puede implicar un incremento de los costos de forrajeo para los murciélagos (Yantén et al. 2022). Sin embargo, debe tenerse en cuenta la respuesta diferencial de las especies y que algunas parecen tolerar la música, posiblemente debido a la limitada superposición espectral entre las señales de ecolocalización y las frecuencias

de la música (Hooker et al. 2023). En conclusión, nuestros resultados sugieren que los festivales de música son fuente de perturbaciones acústicas con un posible impacto negativo para los murciélagos, pero futuros estudios deben evaluar con más detalle esta posibilidad.

AGRADECIMIENTOS

A los dueños de la Reserva Natural El Amparo por el permiso para desarrollar el experimento y facilitar las coordenadas del humedal. Dos evaluadores anónimos y los editores realizaron aportes para mejorar el documento. Gracias también a los comentarios de los compañeros del Semillero Mamíferos Silvestres-Unillanos. Este trabajo deriva del proyecto C10-F02-001-2024 financiado por Unillanos.

REFERENCIAS

- Amichai E, Blumrosen G, Yovel Y. 2015. Calling louder and longer: how bats use biosonar under severe acoustic interference from other bats. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 282(1821):20152064. <https://doi.org/10.1098/rspb.2015.2064>
- Arias-Aguilar A, Hintze F, Aguiar M, Rufray V, Bernard E, Pereira R. 2018. Who's calling? Acoustic identification of Brazilian bats. *Mammal Research* 63:231-253. <https://doi.org/10.1007/s13364-018-0367-z>
- Boonman A, Ostwald J. 2007. A modeling approach to explain pulse design in bats. *Biological Cybernetics* 97: 159-172. <https://doi.org/10.1007/s00422-007-0164-2>
- Bradbury J, Vehrencamp S. 2011. Principles of animal communication. *Animal Behaviour* 83(3):865-866. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2011.12.014>
- Brinkløv S, Kalko V, Surlykke A. 2010. Dynamic adjustment of biosonar intensity to habitat clutter in the bat *Macrophyllum macrophyllum* (Phyllostomidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 64:1867-1874. <https://doi.org/10.1007/s00265-010-0998-9>
- Bunkley J, McClure C, Kleist N, Clinton F, Peluqueria J. 2015. Anthropogenic noise alters bat activity levels and echolocation calls. *Global Ecology and Conservation* 3:62-71. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2014.11.002>
- Bunkley J & Barber J. 2015. Noise reduces foraging efficiency in pallid bats (*Antrozous pallidus*). *Ethology* 121(11):1116-1121. <https://doi.org/10.1111/eth.12428>
- DANE. Boletín Técnico. Producto Interno Bruto (PIB) II trimestre 2023 preliminar <https://www.dane.gov.co/files/operaciones/PIB/bol-PIB-IItrim2023.pdf>
- Domer A, Korine C, Slack M, Rojas I, Mathieu D, Mayo A, Russo D. 2021. Adverse effects of noise pollution on foraging and drinking behaviour of insectivorous desert bats. *Mammalian Biology* 101(4):497-501. <https://doi.org/10.1007/s42991-021-00101-w>
- Fenton M. 1984. Echolocation: implications for ecology and evolution of bats. *The Quarterly Review of Biology* 59(1):33-53. <https://doi.org/10.1086/413674>
- Griffin D. 1958. Listening in the dark: the acoustic orientation of bats and men. Reino Unido: Yale University Press.

- Goerlitz R. 2018. Weather conditions determine attenuation and speed of sound: Environmental limitations for monitoring and analyzing bat echolocation. *Ecology and evolution* 8(10):5090-5100. <https://doi.org/10.1002/ece3.4088>
- Gomes D, Goerlitz H. 2020. Individual differences show that only some bats can cope with noise-induced masking and distraction. *PeerJ*, 8:e10551 <https://doi.org/10.7717/peerj.10551>
- Gomes D, Page R, Geipel I, Taylor R, Ryan M, Halfwerk W. 2016. Bats perceptually weight prey cues across sensory systems when hunting in noise. *Science* 353(6305):1277-1280. <https://doi.org/10.1126/science.aaf7934>
- Hage S, Jiang T, Berquist S, Feng J, Metzner W. 2013. Ambient noise induces independent shifts in call frequency and amplitude within the Lombard effect in echolocating bats. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110(10):4063-4068. <https://doi.org/10.1073/pnas.1211533110>
- Hage R, Jiang T, Berquist W, Feng J, Metzner W. 2014. Ambient noise causes independent changes in distinct spectro-temporal features of echolocation calls in horseshoe bats. *Journal of Experimental Biology* 217(14):2440-2444. <https://doi.org/10.1242/jeb.102855>
- Hooker J, Daley E, Stone E, Lintott P. 2023. Assessing the impact of festival music on bat activity. *Ecological Solutions and Evidence* 4(2):e12250. <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12250>
- IDEAM. 2012. Características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C.
- Lara-Nuñez, Guerrero J, Rizo A. 2022. Effect of anthropogenic noise on the echolocation pulses of the bats *Molossus sinaloae* and *Mormoops megalophylla*. *Therya* 13(2):235-243. <https://doi.org/10.12933/therya-22-1168>
- Luo J, Siemers M, Koselj K. 2015. How anthropogenic noise affects foraging. *Global Change Biology* 21(9):3278-3289. <https://doi.org/10.1111/gcb.12997>
- Martínez-Medina D, Sánchez J, Zurc D, Sánchez F, Otálora-Ardila A, Restrepo-Giraldo C, Acevedo-Charry O, Hernández-Leal F, Lizcano D. 2021. Estándares para registrar señales de ecolocalización y construir bibliotecas de referencia de murciélagos en Colombia. *Biota Colombiana* 22(1):36-56. <https://doi.org/10.21068/c2021.v22n01a03>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Colombia. Resolución 0627 (7, abril, 2006). Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. Bogotá D.C.: Diario oficial. Bogotá, D.C., 2006. No. 46239 <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Resolucion-0627-de-2006.pdf>
- Parnell J, Sommer R. 2018. Setting noise objectives for outdoor music festivals in rural locations. *Proceedings of Acoustics* 7(9).
- Sykes R, the Animal Care and Use Committee of the American Society of Mammalogists. 2016. 2016 Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research and education. *Journal of Mammalogy* 97(3):663-688. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyw098>
- Tressler J, Smotherman M. 2009. Context-dependent effects of noise on echolocation pulse characteristics in free-tailed bats. *Journal of Comparative Physiology* 195:923-934. <https://doi.org/10.1007/s00359-009-0468-x>
- Vosbigian R, Wardle R, Rempel H, Brauer E, Huggins M, West S, Willems J, Francis C. 2024. Natural and anthropogenic noise shape bat activity and sonar behavior. *Ecosphere* 15(12):e70106. <https://doi.org/10.1002/ecs2.70106>

Yantén A, Cruz-Roa A, Sánchez F. 2022. Traffic noise affects foraging behavior and echolocation in the Lesser Bulldog Bat, *Noctilio albiventris* (Chiroptera: Noctilionidae). Behavioural Processes 203:104775. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2022.104775>

Zar H. 2014. Biostatistical analysis. Reino Unido: Prentice Hall.

Editor: Aída Otálora-Ardila

Received: 2024-07-24

Reviewed: 2024-07-30

Accepted: 2025-08-26

Published: 2025-11-07