

# ¿CÓMO LOS MURCIÉLAGOS ESCUCHAN EL MUNDO INVISIBLE?

Daniela Iraís Hernández-Díaz, Pedro Adrián Aguilar-Rodríguez\* y Beatriz del Socorro Bolivar-Cimé

Instituto de Investigaciones Forestales. Xalapa, Veracruz, México.  
dani.hd2803@gmail.com (DIH-D), pedroaguilarr@gmail.com (PAA-R),  
bolivar\_cime@yahoo.com (BSB-C).

\*Autor de correspondencia

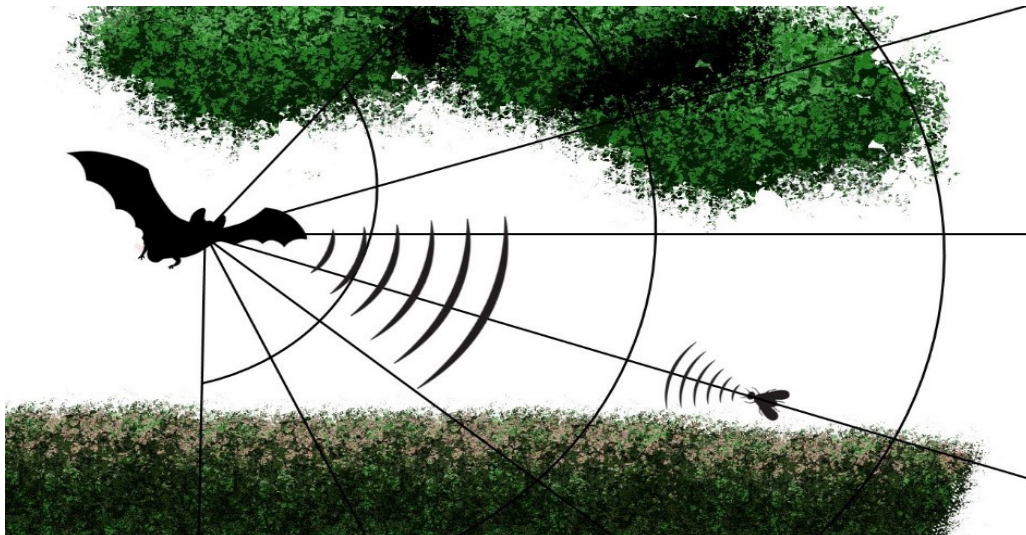
La noche es fascinante y trae consigo deslumbrantes y enigmáticos animales nocturnos, entre ellos a los murciélagos, los cuales son capaces de producir sonidos ultrasónicos con una alta intensidad, pero ¿cómo logran escuchar el mundo "invisible"?

Los murciélagos son animales voladores que, al ser nocturnos, han desarrollado la habilidad –al menos en la mayoría de las especies– de valerse de otros sentidos para volar en condiciones de penumbra, siendo el oído el más destacado. A través de este sentido, los murciélagos pueden percibir su entorno. De alguna manera, podemos decir que pueden "ver" usando sus oídos y utilizando el eco que producen sus propios "gritos". Hablemos de cómo ocurre este proceso y de las múltiples adaptaciones que les permiten percibir su entorno por medio de sonidos.

Imaginemos poder "ver" con nuestros oídos y que nuestro cerebro interpretara los ecos que rebotan en los objetos como "imágenes" para identificar lo que tenemos delante nuestro. Un mundo sin colores, pero con tonos y frecuencias de sonidos que nos dieran detalles de nuestro entorno (obstáculos, distancias, texturas, llamados de otros afines, etc.). Los murciélagos son capaces de crear estas "imágenes de ecos" de su entorno, usando un sonar ultrasónico, proceso conocido como ecolocalización.

Así, ellos "gritan", produciendo sonidos con tan alta intensidad, que no podemos escucharlos, y que, por ello, los catalogamos como ultrasónicos. Para generar estos ecos, la mayoría de las especies de murciélagos utilizan sonidos de muy alta frecuencia (muy agudos – >20,000 Hertzios – Hz), que están sobre las frecuencias que los humanos podemos escuchar (de 20 a 20,000 Hz). Estos sonidos o "pulsos" de ondas de sonido son muy intensos, pues desplazan una gran cantidad de moléculas del aire, cuya intensidad es medida en una unidad que llamamos decibelios (dB). Entonces podríamos decir que los Hz miden la frecuencia del sonido, la cual se relaciona con el tono que percibimos los humanos, mientras que los dB miden la intensidad del sonido.

Algunos murciélagos emiten sonidos ultrasónicos que tienen una intensidad muy alta, por ejemplo, más de 135 dB (como pueden ser los murciélagos pescadores/insectívoros *Noctilio leporinus* y *Noctilio albiventris*). En comparación, con aquellos que producen pulsos de 77 y 85 dB, como puede ser el murciélago oreja larga *Myotis evotis* (el cual come insectos) y el falso vampiro mayor, *Lyroderma lyra* (un murciélago que come artrópodos y pequeños vertebrados). Por ejemplificar, los sonidos con intensidad sobre los 70 dB dañan el oído humano, ya que podemos percibir intensidades muy altas de sonido aunque no podamos oír frecuencias superiores a 20,000 Hz; una aspiradora (80 dB), el tráfico vehicular (85 dB o más), una secadora de cabello (90 dB), una motocicleta que arranca (100 dB), una sirena de ambulancia (110-120 dB), y un taladro (130 dB) son algunos sonidos "comparables" a la intensidad de los



Emisión de sonidos ultrasónicos en búsqueda de una fuente de alimento en un medio con obstáculos.  
Imagen: Fridali García-Islas.

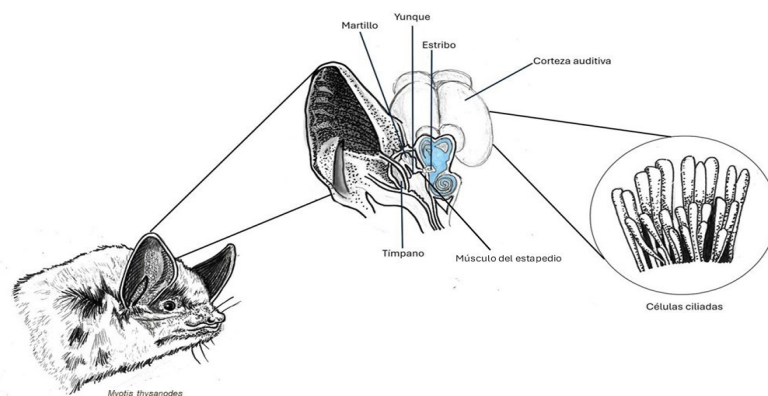
pulsos de sonido que pueden generar algunos murciélagos, pero ¿cómo pueden emitir sonidos con una intensidad tan alta y no fallar en el intento?, bueno lo explicaremos por partes...

En primer lugar, la producción de los sonidos ultrasónicos es, en su mayoría, producida por la laringe de los murciélagos (en su garganta), por la contracción de músculos llamados cricotiroideos y laríngeos. Sin embargo, existe una especie, que puede producir estos sonidos haciendo "clicks" con la lengua o tronando los huesos de sus alas, el murciélago frugívoro egipcio, *Rousettus aegyptiacus*. El sonido no se emite directamente desde la laringe, sino que se canaliza a través de la boca abierta o las fosas nasales, por lo que algunas especies tienen en sus narices pliegues de piel para que funcionen como un altavoz (p.ej., los murciélagos "bigotones", *Pteronotus*, y los "cara de fantasma", *Mormoops*, de la familia Mormoopidae). Así, la mayor parte de la energía sonora se concentra en la dirección en la que vuela el murciélago, creando un haz en forma de cono, que es el área de detección que tiene el sonar de los murciélagos. La emisión del sonido tiene una duración aproximada de seis milisegundos, y después se contraen los músculos de la laringe, el estapedio (que es un músculo situado en el oído medio, que se origina atrás de la cavidad timpánica), se contrae y separa al estribo, uno de los tres "huesecillos" que transmiten las vibraciones del tímpano al oído interno. Al hacer esto, los murciélagos quedan sordos durante unas milésimas de segundos mientras "gritan". Al llevar a cabo este proceso, se llega a reducir una intensidad de entre 20 o 30 dB del sonido del exterior, protegiéndolos de quedar sordos permanentemente.

En este proceso de emisión y recepción de ecos, al igual que los pliegues de las narices, las orejas también juegan un papel fundamental, ya que éstas les permiten direccionar y filtrar los sonidos entrantes de manera eficiente, aparte de que les ayudan a mejorar la precisión de la ecolocalización y a proteger al oído interno. Entre las distintas especies de murciélagos, la diversidad de sus pulsos, su dependencia a la ecolocalización para atrapar su alimento y orientarse en su entorno, se reflejan en la gran diversidad de orejas y rostros que caracteriza a este grupo. Por ejemplo, las orejas grandes con hocicos cortos en una especie que caza insectos en el vuelo y que tiene una ecolocalización muy bien desarrollada como el murciélago mula mexicano, *Corynorhinus mexicanus*, o el murciélago pinto, *Euderma maculatum*, cuyas orejas pueden medir la mitad de su longitud corporal. En contraste, los murciélagos que comen frutas o el néctar de las flores (familia Phyllostomidae) tienen orejas pequeñas, hocicos más robustos o alargados, y ojos más grandes.

En cuanto al proceso de recepción de ecos (los cuales llevan información del medio), éstos inciden en los oídos del murciélago. Sus oídos tienen músculos, huesecillos especializados y células ciliadas (con una forma parecida a un bastón), las cuales cuentan en su superficie con "cilios" y son pieza clave para la formación de "imágenes", ya que éstos se encargan de moverse y transmitir toda la información sonora en señales eléctricas para que el cerebro pueda interpretar, permitiendo así la construcción de la "imagen sonora" que necesita el murciélago. Un dato interesante que se lleva a cabo durante la recepción de ecos es que, aproximadamente entre 2 y 8 milisegundos luego de "gritar", el músculo del oído medio se relaja y regresa los huesecillos del oído a su lugar, lo que le permite al murciélago escuchar el eco que regresa. En el oído interno se encuentra la cóclea (palabra griega para referirse a un caracol), la cual es una cavidad con forma de espiral alojada en una cámara ósea, y en ella se albergan las células ciliadas. La cóclea y las células ciliadas desempeñan un papel fundamental en la ecolocalización. Cuanto más grande y con un enroscamiento más pronunciado esté la cóclea, mayor será la sensibilidad de esa especie a frecuencias más altas (más Hz). Esto significa que cada murciélago es sensible a diferentes frecuencias, dependiendo de las características de su cóclea. Aunado a esto, la cubierta ósea de la cóclea se ha usado (junto con la presencia de una apófisis grande del hueso martillo, y una conexión entre el hueso hioides de la garganta con el tímpano) para determinar si las especies de murciélagos fósiles podían o no orientarse mediante la ecolocalización, como en el caso de *Onychonycteris finneyi* (encontrado en EE. UU.), de aproximadamente 52 millones de años de antigüedad, y del cual se propuso podía orientarse por ecolocalización.

Como podemos observar, los murciélagos son animales que protegen sus oídos durante la ecolocalización para evitar la sordera. Sin embargo, no son inmunes a quedar sordos; de hecho, van perdiendo su audición a un ritmo de 1 dB por año, similar al ritmo de los humanos. No obstante, están protegidos de la sordera causada por sus gritos. Lo más interesante es que este mecanismo de protección a sus oídos es más común en los murciélagos que suelen ecolocalizar de manera constante (como el murciélago de patas grandes de Rickett, *Myotis pilosus*) en comparación con aquellos que no ecolocalizan de una manera tan frecuente y se ayudan de otros sentidos (como la vista o el olfato) para ubicarse o encontrar alimento (como los murciélagos que se alimentan de frutas o néctar, llamados frugívoros y nectarívoros, respectivamente).



Recepción de ecos en los oídos de los murciélagos.  
Ilustración: Fridali García-Islas.

Pero no todo es tan sencillo, ya que producir un sonido ultrasónico de alta intensidad es complejo, y requiere mucha energía. Y entonces, ¿por qué los murciélagos los utilizan? Desde el punto de vista anatómico, los animales de talla pequeña pueden generar ultrasonido más fácilmente porque no requieren estructuras corporales grandes para producir sonidos de frecuencias más bajas. Sin embargo, el ultrasonido se atenúa rápidamente en el aire, ya que las moléculas absorben más la energía de las ondas de sonido de mayor frecuencia. Esto resulta en una "percepción" limitada del sonar de los murciélagos, de ahí que deba ser un sonido con mayor intensidad. Como comparación, los elefantes producen infrasonido (por debajo de las frecuencias que escucha el ser humano) de 1 a 20 Hz, lo que les permite ser escuchados a 10 km de distancia, pues la atenuación de este sonido es muy poca a esa distancia (120 dB), mientras que un murciélago usando ultrasonido de 80,000 Hz, la intensidad de sus pulsos se pierde aproximadamente 3 dB por cada metro. Sin embargo, el ultrasonido, aunque costoso y de poco alcance, tiene sus ventajas. Por ejemplo, el ultrasonido tiene una longitud de onda mayor que otras frecuencias de sonido, lo que le confiere mayor definición a la ecolocalización. Sin embargo, el murciélago debe decidir si emite sonidos de largo alcance o de corto, ya que los de largo alcance le confieren una menor definición del medio, por ejemplo, un sonido de frecuencia de 170,000 Hz da una definición de 2 mm, comparado con un sonido de 17,000 Hz que da una definición de 2 cm. Podemos decir que los murciélagos cambiaron el alcance de su sonar por mejorar la calidad de imagen que reciben de este, lo cual es crítico cuando te alimentas de insectos diminutos en pleno vuelo.

Además, el sonido de alta intensidad y larga duración no solo afecta los oídos de los murciélagos, también altera su comportamiento, especialmente en lugares donde se emiten sonidos o ruidos muy altos y constantes, como en las ciudades. Estas urbes presentan una frecuente producción de ruido, vinculado a un incremento en las actividades humanas y al movimiento de transportes. La afectación en el comportamiento se puede traducir en que los murciélagos evitan los sitios en donde existe un elevado nivel de ruido, ya que este afecta su éxito en la búsqueda de alimento. El ruido también puede interferir con las señales que los murciélagos utilizan para ecolocalizar, haciendo que sea muy difícil obtener información de su entorno. Por otro lado, el ruido presente en un sitio puede perjudicar de distintas formas a los murciélagos; desde generar afectaciones en los órganos hasta cambiar el comportamiento que suelen presentar en distintos hábitats y generar una ausencia de las especies. A pesar de esto, existen murciélagos que se han logrado adaptar a estos sitios con una alta intensidad y constancia de ruido, pudiendo explotar los recursos que les proporcionan, como los murciélagos mastines negro, *Molossus nigricans*.

Es importante reconocer que los murciélagos se han adaptado a un mundo cambiante a lo largo de muchísimos años y estas "adaptaciones" en su oído puede ser producto de eso. Por suerte, los estudios de la ecolocalización en murciélagos están avanzando muy rápido y nos están dando respuestas de cómo ocurre el cambio en el comportamiento de los murciélagos ante diferentes entornos o condiciones.

Aun así, debemos cuidar los lugares donde viven y se alimentan, respetándolos y protegiéndolos, ya que, si los perdemos como especie, también perderíamos los importantes servicios ecosistémicos (p. ej., el control de plagas dañinas a sectores agrícolas) que nos proporcionan nuestros amigos nocturnos y gritones.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a F. García-Islas por colaborar con nosotros y realizar las ilustraciones, y al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías por las becas otorgadas a DIH-D (posgrado) y a PAA-R (posdoctoral).

#### LITERATURA CONSULTADA

- Bennett, V. J. y A. A. Zurcher. 2012. When corridors collide: Road-Related Disturbance in Commuting Bats. *Journal of Wildlife Management* 77:93-101.
- Garstang, M. 2010. Elephant infrasounds: long-range communication. Pp. 57-67 in: *Handbook of Behavioral Neuroscience* (Brudzynski, S. M., ed.). Elsevier. Países Bajos, Ámsterdam
- Kurabi, A., et al. 2016. Cellular mechanisms of noise-induced hearing loss. *Hearing Research* 349:129-137.
- Liu, Z., et al. 2021. Cochlear hair cells of echolocating bats are immune to intense noise. *Journal of Genetics and Genomics* 48:984-993.
- Neuweiler, G. 2000. *The biology of Bats*. Oxford University Press. New York, EE. UU.
- Pye, J. D. 1979. Why ultrasound? *Endeavour* 3:57-62.
- Suga, N. y P. H. Jen. 1975. Peripheral control of acoustic signals in the auditory system of echolocating bats. *Journal of Experimental Biology* 62:277-311.
- Tarnovsky, Y. C., et al. 2023. Bats experience age-related hearing loss (presbycusis). *Life Science Alliance* 6: e202201847.
- Veselka, N., et al. 2010. A bony connection signals laryngeal echolocation in bats. *Nature* 463:939-942.
- Yantén, A. V., A. Cruz-Roa, y F. A. Sánchez. 2022. Traffic noise affects foraging behavior and echolocation in the Lesser Bulldog Bat, *Noctilio albiventris* (Chiroptera: Noctilionidae). *Behavioural Processes* 203:104775.

Sometido: 10/sep/2024.

Revisado: 04/oct/2024.

Aceptado: 08/nov/2024.

Publicado: 11/nov/2024.

Editor asociado: Dra. Susette S. Castañeda-Rico.