

¿PUEDES OÍRME?: LOS SONIDOS NO AUDIBLES EN MAMÍFEROS

Marcial Alejandro Rojo-Cruz y Luis Ignacio Iñiguez-Dávalos*

Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa Sur, Departamento de Ecología y Manejo de Recursos Naturales. Autlán de Navarro, Jalisco, México. liniguez@academicos.udg.mx (LIID), marcial.rojo@academicos.udg.mx (MARC)

*Autor de correspondencia.

¿Qué tienen en común los chirridos de una maquinaria oxidada y una sinfonía de Mozart? Ambos están compuestos de sonidos que podemos escuchar. Sin embargo, hay sonidos que los humanos no podemos escuchar.

El sonido se define como una vibración que se transmite en forma de ondas, que viajan a través de un medio sólido, líquido o gaseoso. El sonido es captado por los humanos y los animales, generalmente mediante órganos especializados, como pueden ser los oídos, los huesos de la mandíbula de las ballenas y los hipopótamos, y las patas y la punta de la trompa de los elefantes. El cerebro traduce las señales vibratorias que llegan a los órganos auditivos, y las procesa para obtener información del entorno.

En la vida silvestre, cada especie posee la habilidad de reconocer las variaciones en el sonido, lo que le permite captar eventos externos, pero también comunicarse y tener identidad. En los mamíferos, de acuerdo con las características anatómicas y funcionales de la especie, destacan dos tipos de sonidos: los audibles (a escala humana), que el animal puede captar e interpretar, y los inaudibles, conocidos como infrasonidos y ultrasonidos.

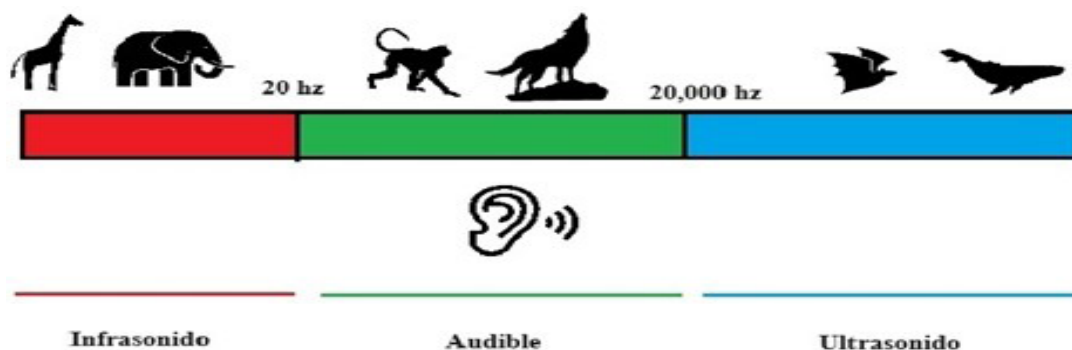
Los sonidos se definen como ondas de presión cuyas características principales son dos: la frecuencia y la amplitud. Esta última se relaciona con la intensidad del sonido y se mide en decibeles (dB). La frecuencia es la cantidad de ondas por unidad de tiempo, y se mide en número de ciclos por segundo o hertzios (Hz). En el caso de los humanos, nuestro rango de sonidos audibles va de 20 Hz a 20,000 Hz (o 20 kilohertzios, kHz).

Por debajo del espectro audible para los humanos se encuentran los infrasonidos, con menos de 20 Hz. En el otro extremo encontramos los ultrasonidos, que tienen frecuencias

muy altas, por arriba del espectro audible humano, con más de 20 kHz. En ambos casos, hay animales que si escuchan estos sonidos y aprovechan sus características para adaptarse eficientemente a su medio ambiente. Veamos algunos ejemplos:

Infrasonidos. Una de las características principales de los sonidos de baja frecuencia es que pueden viajar grandes distancias sin disiparse y rodear los obstáculos del terreno, por lo que permiten detectar objetos grandes. Así mismo, pueden ser escuchados desde lejos por otros animales de la misma especie, que contestarán de la misma forma, estableciendo comunicación de larga distancia para diferentes fines (por ejemplo, interacciones sociales, apareamiento, cuidado parental e información sobre alimento o agua). En los mamíferos, existen algunas especies (generalmente de tamaño grande, como ballenas, elefantes, rinocerontes y okapís) que han desarrollado este mecanismo de comunicación. Los elefantes generan infrasonidos por la vibración de las cuerdas vocales, pero para su emisión no se requiere tensar de forma periódica los músculos de la laringe. El uso de este tipo de llamados silenciosos permite a estos animales mantener el contacto en distancias de hasta 10 kilómetros, y son usadas para aparearse, guiar al grupo o encontrar a las crías. Los tigres también producen infrasonidos para comunicación, pero se piensa que, además, las vibraciones de baja frecuencia podrían aturdir a las presas y facilitar su captura. Los machos de las ballenas de barbas (o misticetos) emiten infrasonidos con fines reproductivos, en busca de atraer y aparearse con las hembras, así como para orientación de larga distancia. Su alcance es de cientos de kilómetros.

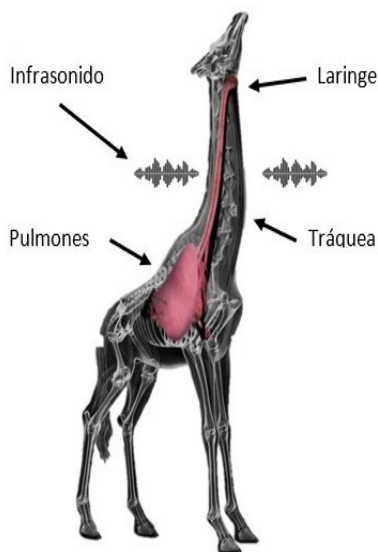
Otro caso particular son los hipopótamos. Aunque no se sabe con certeza cuales son las funciones de los infrasonidos para estos organismos, se ha registrado que la producción y recepción de los mismos se da en la mandíbula, la cual es capaz de captar las ondas sonoras inaudibles. Algunos autores mencionan que la mayor cantidad de infrasonidos son



Escala de sonido donde se representan los valores límite de los infrasonidos, sonidos audibles y ultrasonidos. Imagen: Marcial Alejandro Rojo-Cruz.

producidos bajo el agua (medio en el cual pasan una gran cantidad de tiempo), lo cual hace sospechar que gracias a esto pueden mantener una comunicación constante.

El caso de las jirafas es uno muy especial. A diferencia de los dos anteriores que pueden también producir sonidos audibles, estos animales solo tienen la capacidad de producir infrasonidos. Estos animales realizan vocalizaciones que van de los 14 a los 250 Hertz, lo que prácticamente es inaudible para muchos organismos. La producción de estos sonidos se da en gran medida gracias al largo cuello de las mismas, el cual estiran y alinean con la laringe y la boca levantando la cabeza, y haciendo pasar el aire de los pulmones por este "tubo". Esto genera un efecto de vibración del aire mediante un fenómeno físico llamado "resonancia de Helmholtz", (que es como cuando soplamos aire por la boca de una botella y se produce un silbido); por la longitud del cuello de la jirafa las vibraciones son de baja frecuencia, produciendo infrasonidos.



El cuello de las jirafas funciona como cámara para producir una resonancia de Helmholtz infrasonica.
Imagen: Marcial Alejandro Rojo-Cruz.

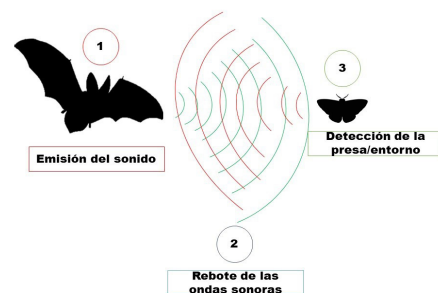
Ultrasonidos: En lo que respecta al ultrasonido, este tampoco tiene propiedades diferentes de las ondas audibles, excepto que los humanos no podemos captarlas. Muchos animales emiten sonidos que van de los 20 a 200 kHz, aunque algunos cetáceos pueden llegar casi a 300 kHz. En el caso de los mamíferos, particularmente cetáceos y murciélagos, lo utilizan de forma parecida a un sonar para su orientación; a este fenómeno se lo conoce como ecolocalización. Este proceso consiste en la emisión de pulsos de alta frecuencia, que son producidos a través de un conjunto de órganos y estructuras nasales y laríngeas, y en la propagación de estas señales acústicas a través de un medio elástico (aire o agua) las cuales, al llegar a un objeto, producen un eco que rebota hacia el emisor del sonido; este eco es captado por el oído del animal y analizado e interpretado en el cerebro del mismo. Sabemos que las ondas emitidas por estos animales "rebotan" fácilmente en todos los objetos alrededor de ellos, permitiéndoles crear una "imagen acústica" de lo que está a su alrededor para orientarse fácilmente.

En los cetáceos, particularmente los odontocetos (ballenas con dientes), el uso de ecolocalización es indispensable para mantener sus sistemas sociales, así como la búsqueda de alimento. La producción y recepción de sonidos es variable entre los miembros de este grupo. Estas ballenas y delfines se caracterizan por la producción de sonidos repetidos, que son conocidos como "trenes de pulsos (*click trains*)". Estos

son secuencias de pulsos acústicos, también llamados clics, que se repiten a lo largo del tiempo. Cada pulso individual dura alrededor de 50 milisegundos (μ s), con frecuencias pico variables de 5-150 kHz. La tasa de repetición de estos pulsos dentro de un tren de pulsos puede variar desde uno o dos a varios cientos por segundo.

Para la producción de sonidos ultrasónicos utilizados para la ecolocalización y la búsqueda de presas en los odontocetos, destaca la existencia de labios fónicos situados en los pasajes nasales superiores. Todos los integrantes de este grupo generan el sonido cuando el aire es forzado a pasar a través de los labios fónicos, los cuales se abren y cierran haciendo variar su tensión. Otro órgano importante para este mecanismo es el "melón", el cual es un órgano oleoso localizado en la frente de los animales de este suborden. La principal función de este es la de transmitir el sonido a distintas velocidades al medio acuoso, actuando como "lente acústica". La recepción del sonido en odontocetos se da a través de las partes posteriores de las mandíbulas inferiores, conocidas como "huesos de cacerola (*pan bones*)" o ventanas acústicas. Éstas resultan ser muy delgadas y translúcidas, y dentro de ellas existe una cavidad llena de tejido graso que conecta directamente con la pared lateral de la bula auditiva (estructura ósea que alberga el oído medio e interno); el sonido provoca la vibración del hueso timpánico y el fluido del oído interno, gracias a una cadena de huesos pequeños.

En el caso de los murciélagos, estos organismos poseen la capacidad de producir frecuencias ultrasónicas que van de los 25 a los 175 kHz y pueden ser generadas a través de las narinas o la laringe. Para este grupo, el uso de la ecolocalización es indispensable para sus actividades de alimentación y desplazamiento, las cuales pueden ser variables de acuerdo a las características de su entorno o su gremio trófico. Mediante este mecanismo, los murciélagos pueden recolectar información de su entorno para evitar riesgos de colisiones, así como localizar a sus presas y discriminar ecos del alimento con los del entorno.



Ejemplo del funcionamiento de los llamados de ecolocalización. Los murciélagos y otros organismos emiten sonidos para la obtención de información de su entorno a través de ecos.
Imagen: Marcial Alejandro Rojo-Cruz.

Los sonidos emitidos por los murciélagos se clasifican en tres tipos, los de frecuencia modulada (FM), frecuencia constante (FC) y pulsos combinados con segmentos de ambos tipos de sonidos en un solo pulso (denominados FM-FC o FC-FM, dependiendo del orden en que se emitan los segmentos). Los sonidos FM se caracterizan por iniciar en una frecuencia alta y descienden en un periodo corto de tiempo; estos pulsos producen una firma espectral que es útil para determinar formas de objetos y la discriminación de los mismos, y suelen ser emitidos por organismos que viven en ambientes con densas coberturas vegetales. Los pulsos FC son utilizados generalmente como secuencias de búsqueda y su característica principal es que la frecuencia de los mismos se mantiene invariable, pero son muy intensos, por lo que tienen más largo alcance. Sin embargo, tienen la limitante de que no

dan información a detalle, solo distancia y dirección del objeto; por lo tanto, suelen ser utilizados por animales que forrajean en sitios con muy poca o nula vegetación. Los pulsos combinados son señales más complejas que combinan una porción de FM y otra de FC; al poseer ambos componentes, este tipo de llamados permite una buena detección e información a detalle del entorno. Este tipo de sonidos es útil en zonas con densidad media de la vegetación, donde se necesita identificar si la presa está en movimiento, y no tanto la discriminación con el entorno.

Para la producción de estos tipos de pulsos, los murciélagos presentan adaptaciones principalmente en la laringe, la cual es una estructura muy rígida comparada con otros vertebrados, además de presentar adaptaciones en los músculos que recubren esta estructura. Los sonidos emitidos por este grupo se originan mediante la acumulación de aire bajo la glotis, el cual crea una presión por debajo de este órgano, lo cual incrementa la fuerza de salida del aire al expirar. En cuanto a la audición, los murciélagos presentan adaptaciones en el tamaño y forma de la oreja y el trago (una pequeña proyección cartilaginosa ubicada en el lado interno de las orejas, enfrente del canal auditivo), así como la estructura ósea llamada bula auditiva, los cuales se relacionan con la capacidad auditiva de los mismos. También destaca la alta sensibilidad del órgano de Corti en el oído interno, que recibe el estímulo de los ecos y manda la señal al cerebro para su posterior interpretación.

En la actualidad, el uso de sonidos para la identificación de especies o patrones de comportamiento de los mismos se ha vuelto una herramienta valiosa en el campo de la ecología y la conservación biológica. Un caso particular es la construcción de una sonoteca nacional de referencia de murciélagos mexicanos (Proyecto SonoZotz, llevado a cabo por varios investigadores miembros de la Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. - AMMAC), la cual es un gran paso para conocer mejor a estos organismos a partir de sus llamados de referencia. Finalmente, otros mamíferos silvestres que utilizan ultrasonidos son algunas especies de musarañas y roedores, así como un par de grupos muy particulares, los ternecs y los solenodontes (endémicos de Madagascar y del Caribe, respectivamente). Y no olvidemos a nuestros mamíferos domésticos, perros y gatos, que también pueden escuchar ultrasonidos, posiblemente como una antigua adaptación originada en su estado silvestre, para detectar presas como los roedores.

Sin duda, aunque no podemos oírlos, están allí. ¡Los sonidos no audibles son una excelente fuente de información de la vida de algunos mamíferos!

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCyT), que apoyo a través de la beca posdoctoral I1200/320/2022 a M. A. Rojo-Cruz. A la Universidad de Guadalajara, por el apoyo logístico y financiero para la realización de este trabajo

LITERATURA CONSULTADA

- Barklow, W. E. 2004. Amphibious communication with sound in hippos, *Hippopotamus amphibius*. *Animal Behavior* 68:1125-1132.
- Fenton, M. B. 1984. Echolocation: implications for ecology and evolution of bats. *The Quarterly Review of Biology* 59:33-53.
- García-Rojas, A. y C. López-González. 2018. La ecolocalización en murciélagos. *Vidsupra* 10:6-12.
- Gragstan, M. 2010. Elephant infrasounds: long range communication. Pp. 57-67 in *Handbook of Behavioral Neuroscience* (Brudzynski, S. M. ed.). Elsevier. Londres, Reino Unido.
- Mourlam, M. y M. J. Orliac. 2017. Infrasonic and ultrasonic hearing evolved after the emergence of modern whales. *Current Biology* 27:1776-1781.
- Vu, E., *et al.* 2012. Humpback whale song occurs extensively on feeding grounds in the western North Atlantic Ocean. *Aquatic Biology* 14:175-183.
- Von-Muggenthaler, E. 2013. Giraffe Helmholtz resonance. *Proceedings of Meeting on Acoustics* 19:2-7.

Sometido: 01/ago/2024.

Revisado: 04/ago/2024.

Aceptado: 09/ago/2024.

Publicado: 12/ago/2024.

Editor asociado: Dra. Mariana Carrara Munguía.