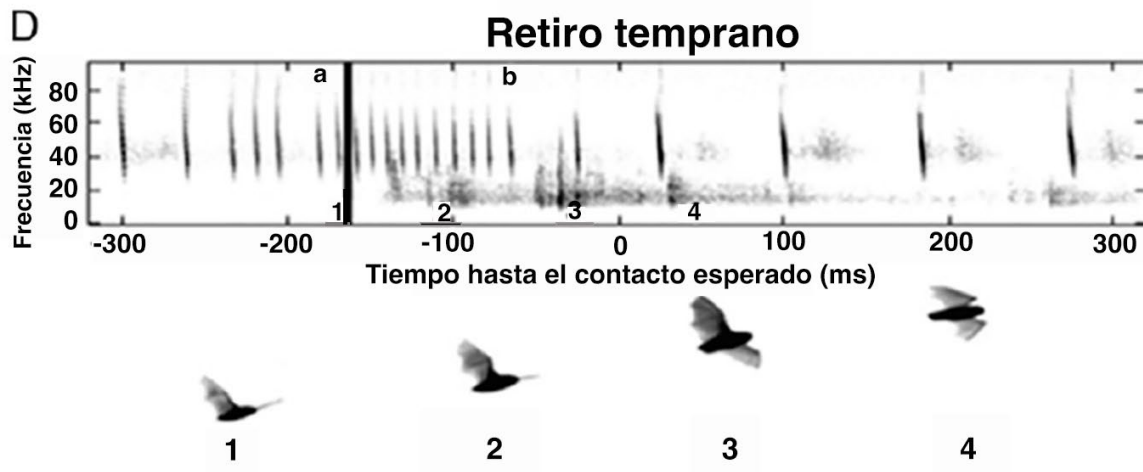
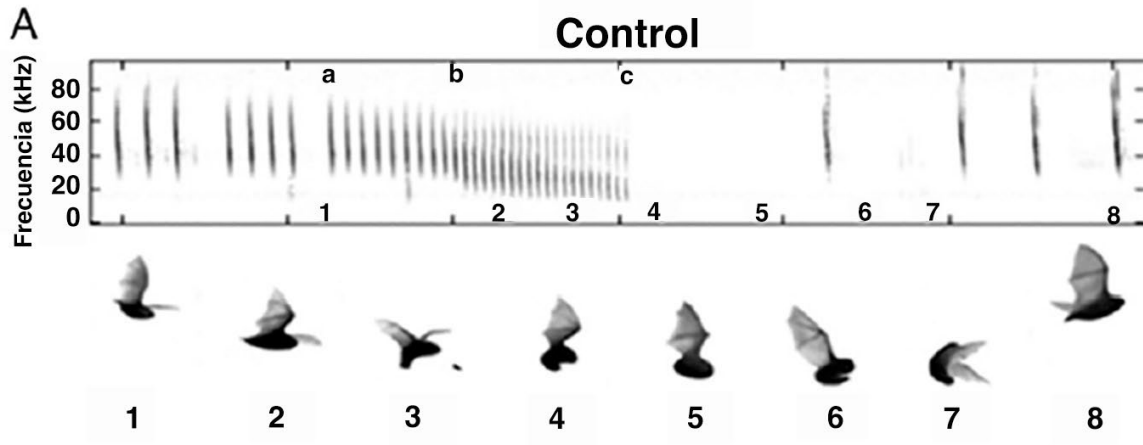




CÓMO UTILIZAR ESTE RECURSO

Muestra a los estudiantes la siguiente figura junto a la leyenda y la información general. En la hoja de trabajo para el estudiante hay espacio para que los estudiantes apunten sus observaciones, notas y preguntas. También hay espacio junto a la sección “Información general” para apuntar ideas, notas y preguntas adicionales. Las secciones “Interpretación de la gráfica” y “Preguntas de discusión” brindan información adicional y sugieren preguntas que puedes utilizar para estimular el pensamiento de los alumnos o guiar una discusión en clase sobre las características de la gráfica y lo que representa.

Para encontrar información adicional relacionada con la pedagogía e implementación de este material, incluida la audiencia sugerida y el tiempo estimado de la clase, favor de visitar la [página web de este recurso](#).



La ecolocalización de los murciélagos

Leyenda: Los espectrogramas y las imágenes de video correspondientes (indicadas por números) muestran el comportamiento físico y acústico de los murciélagos cuando intentan capturar una presa. La Figura A muestra a un murciélago que captura con éxito una presa, mientras que la Figura D muestra el comportamiento del murciélago cuando la presa se retira en una fase temprana de la cacería, indicado mediante la línea vertical negra sólida. Las señales de ecolocalización emitidas por el murciélago aparecen como líneas casi-verticales en el espectrograma. Cuando estas señales ocurren en una sucesión rápida a medida que un murciélago se acerca a su presa, se les llama zumbido. Se han marcado tres puntos durante la secuencia de zumbido: (a) inicio del zumbido I, (b) fin del zumbido I/inicio del zumbido II y (c) fin del zumbido II. En la Figura D, donde la presa se retira, el murciélago no emite una secuencia de zumbido II.

INFORMACIÓN GENERAL

Muchas especies de murciélagos utilizan un comportamiento acústico denominado ecolocalización para percibir el mundo que los rodea. Durante la ecolocalización, los murciélagos emiten ondas sonoras ultrasónicas y analizan los ecos que regresan cuando esas ondas sonoras rebotan contra otro objeto, por ejemplo una polilla. El murciélago puede interpretar esta información para medir la distancia y ajustar sus movimientos físicos para poder capturar la polilla. Durante la captura de una presa, los murciélagos emiten señales de ecolocalización a una tasa que varía. Antes de detectar una presa, en la fase conocida como “búsqueda”, emiten señales con poca frecuencia. Una vez que detectan una presa, entran en la fase de “aproximación” y emiten señales a una tasa mayor. La fase final es conocida como el “zumbido terminal”, en el que emiten señales en una secuencia rápida para recibir información de forma frecuente. En muchas especies de murciélagos, el zumbido terminal consiste de dos subfases distintas: el zumbido I y el zumbido II. Cuando las señales son emitidas lentamente, los murciélagos tienen tiempo para procesar cada eco antes de enviar la siguiente señal, pero el breve intervalo entre las llamadas del zumbido probablemente no da tiempo suficiente para que el murciélago procese y reaccione a la información. Algunos científicos han argumentado que el zumbido no se utiliza para ayudar durante el intento de captura actual, sino para ayudarles a analizar lo que salió mal cuando la presa se escapa. En este estudio, los científicos investigaron si los murciélagos cambian su comportamiento durante la fase de zumbido en función de la información que reciben. De ser así, el resultado respaldaría la noción de que el zumbido terminal se utiliza para responder a los cambios durante la captura de presas, en lugar de utilizarse posteriormente para evaluar capturas fallidas. En las pruebas de control (Figura A), los murciélagos fueron grabados con audio y video mientras les permitían atrapar a sus presas. En el ensayo experimental que se muestra en la Figura D, los investigadores retiraron a la presa al principio de la fase de zumbido I.

INTERPRETACIÓN DE LA GRÁFICA

Los espectrogramas muestran la frecuencia de las señales acústicas a lo largo del tiempo. Cada marca en el espectrograma representa una llamada emitida por el murciélago, separada por períodos de silencio. El hecho de que cada marca sea casi una línea vertical muestra que la llamada es muy corta y cubre un rango de frecuencias.

La Figura A muestra una captura exitosa en la que se completaron el zumbido I y el zumbido II. Las llamadas del zumbido I tienen intervalos muy cortos entre ellas. En el zumbido II, la frecuencia disminuye y las llamadas se emiten a intervalos todavía más cortos que durante el zumbido I. Después del zumbido II, se produjo una interrupción de las llamadas, seguida de llamadas de ecolocalización de fase de búsqueda que están separadas a intervalos largos. Las imágenes del video muestran al murciélago bajando sus patas traseras (3), recogiendo la presa con la membrana de su cola (4), formando una bola para transferir la presa a su boca (5) y desenroscándose (6-8).

La ecolocalización de los murciélagos

La Figura D muestra la respuesta conductual de cuando la presa fue retirada >150 milisegundos (ms) antes del momento en que los investigadores esperaban que el murciélago llegara a su presa. En esta secuencia, se completa el zumbido I, pero no se inician el zumbido II, ni el comportamiento físico de captura. Estos resultados muestran que la secuencia de zumbido terminal se utiliza para obtener retroalimentación durante una cacería y que los murciélagos responden a esa información abortando los intentos de captura cuando no logran atrapar a su presa.

Consejo didáctico: Pide a los estudiantes que expliquen las diferentes partes de la gráfica:

- **Tipo de figura:** Espectrograma
- **Eje X:** Tiempo en milisegundos (ms) antes y después del contacto esperado entre el murciélago y la presa
- **Eje Y:** Frecuencia de las llamadas del murciélago (kHz)
- **Rótulos de las secuencias de zumbido:** Las letras que aparecen en la parte superior del espectrograma indican (a) inicio del zumbido I, (b) fin del zumbido I/inicio del zumbido II y (c) fin del zumbido II.
- **Rótulos de las imágenes de video:** Los números en la parte inferior del espectrograma indican cuándo se grabaron las imágenes de video correspondientes.

PREGUNTAS DE DISCUSIÓN

- ¿Qué diferencias puedes ver en las secuencias de zumbido entre la Figura A y la Figura D?
- ¿Qué diferencias puedes ver en las imágenes de video entre la Figura A y la Figura D?
- ¿Qué observas con respecto a la secuencia de zumbido en el momento en que el murciélago entra en contacto con la presa en la Figura A? ¿Qué sucede después?
- Utilizando la Figura A como punto de comparación, ¿en qué momento después de retirar a la presa en la Figura D crees que responde el murciélago? Aporta evidencia.
- La respuesta a la pregunta anterior se denomina “tiempo de reacción”. Un ser humano necesita unos 230-400 ms para responder a una señal visual (por ejemplo, levantar la mano cuando ves a tu instructor levantando la mano). ¿Cómo se compara este tiempo de reacción con el tiempo de reacción de un murciélago?
- Los investigadores utilizaron este experimento para comprobar si los murciélagos utilizan la secuencia de zumbido para recopilar información y reaccionar durante la captura de una presa. Con base en los resultados de la Figura D, ¿qué conclusiones puedes extraer? Aporta evidencia.
- Los seres humanos escuchan sonidos entre 20 Hz y 20 kHz. ¿Alguna de las ondas sonoras emitidas por los murciélagos es audible para los humanos? Aporta evidencia.

FUENTE

Figura 2A y 2D obtenidas de:

Cornelia Geberl, Signe Brinkløv, Lutz Wiegrebe y Annemarie Surlykke. (2015). “Fast sensory–motor reactions in echolocating bats to sudden changes during the final buzz and prey intercept”. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 112(13): 4122-4127; doi:10.1073/pnas.1424457112

Ver el artículo:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4386384/>

CRÉDITOS

Escrito por Natalie Dutrow, PhD, Judge Memorial Catholic High School, Salt Lake City, UT

Editado por Signe Brinkløv, PhD, University of Southern Denmark; Sat Amagai, PhD y Bridget Conneely, HHMI

Traducido al español por la compañía de traducción Ubiquus USA, y editado por C. Gerardo González R., MEd, Preparatoria ITESM, CSF; Inés Gutiérrez Jaber, Red Mexicana de Periodistas de Ciencia, y Zulmarie Pérez Horta, HHMI.