

Pareja de *Amazilia pitta*.
Fuente: fotografía de Sandra V. Flechas.

LA BELLEZA ESTÁ EN LOS OÍDOS DEL QUE LA OYE

SANDRA VICTORIA FLECHAS, ADOLFO AMÉZQUITA



La belleza está en los oídos del que la oye

Por sus estudios en comportamiento animal, el zoólogo austriaco Konrad Lorenz fue uno de los tres ganadores del Premio Nobel en Fisiología o Medicina en el año 1973. En su libro de divulgación científica *Hablaba con las bestias, los peces y los pájaros* (*Er redete mit dem Vieh, den Vögeln und den Fischen*, 1949) expresaba el sueño de que los seres humanos pudieran hablar el lenguaje de las bestias mediante la imitación de sus propias señales de comunicación. Aunque la situación parece a primera vista exótica, desde los años ochenta se ha venido incrementando exponencialmente la cantidad de estudios que utilizan *playbacks*, la reproducción de sonidos animales, como técnica principal para la realización de experimentos. Experimentos de *playback* de sonidos e imágenes han sido utilizados no solo para resolver preguntas sobre comunicación animal, sino también específicamente con seres humanos, en psicología, mercadeo y publicidad. Se ha probado, por ejemplo, el efecto de distintos tipos de música de fondo en las decisiones de compra en las tiendas de ropa, el efecto de distintos empaques de dulces en el tiempo que los niños pasan observándolos, y el efecto de distintas fotografías del mismo político en las reacciones de empatía o agresividad de los potenciales votantes.

En la tarea de entender el funcionamiento del cerebro animal y humano, con frecuencia se realizan experimentos en los que se mide la respuesta de una neurona, un nervio o una región específica del cerebro frente a estímulos auditivos o visuales (*playbacks*). Esta idea de entender el funcionamiento de las partes para explicar el todo (el organismo) es, por supuesto, limitada. Las partes pueden interactuar de manera compleja para generar la sensación o respuesta del organismo, por lo que la simple reacción, por ejemplo, del nervio auditivo nos da una idea necesariamente incompleta de lo que percibe el individuo. En el caso de los animales, parece difícil preguntarle al todo (el individuo) qué escucha, ve o siente cuando se lo expone a un estímulo. Este es precisamente el espacio que se llena con experimentos de *playback* en condiciones naturales o seminaturales: como en el sueño de Lorenz, entablar “conversaciones” con los animales para entender mejor la manera como su cerebro funciona.

Sandra Victoria Flechas

M. Sc., estudiante de doctorado del Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de los Andes.
s-flecha@uniandes.edu.co

Adolfo Amézquita

Ph. D. Profesor titular del Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de los Andes.
aamezqui@uniandes.edu.co



Figura 1. Preparando los estímulos sintéticos
Fuente: fotografía de Karen Siu-Ting.

Uno de los problemas más intrigantes en neuroetología es cómo lidia el cerebro con el exceso de información. Nuestros órganos de los sentidos proporcionan cada segundo cantidades astronómicas de información que, en su mayoría, debe ser ignorada por el cerebro para concentrarse en la información que sea relevante para cada contexto. Por ejemplo, deberíamos recibir millones de estímulos provenientes de la piel, porque la ropa hace contacto con ella y excita las neuronas mecanorreceptoras. Estas neuronas, sin embargo, dejan de reaccionar cuando estímulos muy parecidos persisten por unas fracciones de segundo. La consecuencia es que no percibimos la ropa sobre la piel a menos que nos movamos y cambie la presión que la ropa ejerce sobre ella. Sistemas parecidos de economía o filtración de información ocurren en otros órganos de los sentidos, pero no precisamente en las neuronas del oído. Aunque es cierto que, con el tiempo, el cerebro puede hacer que perdamos atención e ignoremos a una persona que habla mucho, no por esto las palabras de esta persona dejan de estimular el oído. Se trataría entonces de un caso en el que el exceso de información es filtrado en áreas centrales del sistema nervioso (el cerebro) y no en el órgano sensorial (el oído).

La comunicación acústica es esencial para las ranas y los sapos. Los machos son, en la mayoría de las especies, quienes cantan, y su canto cumple dos funciones principales: informar a las hembras que están disponibles y en condiciones para reproducirse, y, además, alertar a otros machos de su presencia, de manera que lo piensen dos veces antes de acercarse. Un encuentro agresivo entre dos machos claramente implicaría un gran gasto de energía y un mayor riesgo de ser detectados por depredadores, ambos costos tal vez innecesarios. El tipo de canto que utilizan, con este doble propósito, es conocido como llamada de anuncio (*advertisement call*), un nombre bastante elocuente, dado que les anuncian a hembras y a otros machos sobre su presencia e intención. Este no es el único tipo de canto que emiten las ranas. Muchas incluyen en su repertorio llamadas agresivas, que son usadas cuando hay otro individuo muy cerca, y así evitan que un simple acercamiento se convierta en una riña. También se han descrito llamadas que se utilizan durante el cortejo, que en otras palabras es la última arma que tienen los machos para convencer a una hembra de que se aparee con ellos. A diferencia de las llamadas de anuncio, las llamadas de cortejo son emitidas a muy corta distancia del otro individuo.

Por último, hay un tipo de llamadas que son producidas tanto por machos como por hembras cuando son capturados por un depredador o cuando son sujetados con fuerza por una persona. Este canto, en muchos casos, consiste en un grito capaz de desconcertar y asustar a quien está sujetando al animal, y le permite escapar al atribulado sapo.

En las regiones donde una gran cantidad de especies de ranas se concentran para reproducirse, las ranas confrontan un claro problema de filtración de información. Los individuos de la misma especie se deben escuchar, reconocer y ubicar para que la reproducción sea posible, todo en medio de la cacofonía que generan cientos o miles de ranas de diferentes especies cantando al mismo tiempo. En el caso particular de las ranas venenosas, familia Dendrobatidae, el problema de comunicación existe, pero en relación con la defensa de territorios. Se trata de especies en las que los machos defienden sus territorios a capa y espada porque de su defensa depende que puedan atraer hembras para reproducirse. Machos sin territorios serán machos solteros, incapaces de propagar sus genes a la siguiente generación. Su principal herramienta, por supuesto, son los cantos, y cuando estos no logran detener a un posible intruso, no es raro observar un par de machos rodando por la hojarasca, como dos grandes luchadores, hasta que uno de los involucrados se rinde y se retira. Este problema de comunicación en ambientes ruidosos es muy fácil de percibir en Panguana, una reserva natural en la Amazonía peruana, donde cada día al menos nueve especies de ranas venenosas deben arreglárselas para comunicarse y defender su territorio entre el canto simultáneo de cientos de individuos. Semejantes niveles de ruido parecerían simplemente impedir la comunicación, a menos que sus cerebros tuvieran mecanismos para filtrar el exceso de información.

En este estudio realizamos cientos de experimentos de *playback* para probar precisamente esa hipótesis: que los cerebros de las

ranas filtran los cantos de otras especies, según el riesgo que representen de interferir en su propio proceso de comunicación. Cuando el canto de otra especie es muy similar al propio, su cerebro será más selectivo para rechazar este tipo de sonido. Preguntamos entonces a las ranas qué tanto puede variar un canto hasta que dejan de reconocerlo como un canto propio. Para esto, nos fuimos a Panguana y, en primera instancia, realizamos grabaciones de las llamadas de varios individuos de cada una de las nueve especies. Analizamos en computador las características temporales de los cantos, aquellas que tienen que ver con su duración, el número de notas, el tiempo entre cada par de notas, y las características espectrales, que pueden ser entendidas como qué tan grave o agudo cantan los individuos de cada especie.

Con los valores obtenidos, fabricamos en el computador llamadas sintéticas (o estímulos), que en su mayoría ni siquiera existen naturalmente, pues representan combinaciones matemáticas de los cantos de todas las especies del sitio. Para establecer si los animales eran capaces de reconocer semejantes sonidos sintéticos, realizamos experimentos de *playback*, que básicamente consisten en 1) ubicar un macho que esté cantando, 2) a uno o dos metros del animal, ubicar un altoparlante en dirección al individuo, y 3) reproducir el sonido sintético con ayuda de una grabadora digital. La respuesta comportamental de los machos es bastante obvia: si reconocen los cantos como de su especie, el macho lo interpreta como la presencia de un intruso e inmediatamente se acerca y lo busca en los alrededores del parlante. La interpretación es un poco más compleja cuando el animal no se mueve mientras escucha el estímulo. ¿Cómo saber si el animal no respondió porque no reconoció el sonido como propio, o porque no está interesado ni tiene el ánimo de combatir? Para solucionar este problema, tan pronto como termina de reproducirse el estímulo de prueba, reproducimos un canto “promedio” de la población que debería generar una respuesta perfecta. Si



Figura 2. *Ameerega picta*.
Fuente: fotografía de Sandra V. Flechas.



Figura 3. *Ameerega trivittata*.
Fuente: fotografía de Sandra V. Flechas.

el animal se acerca, consideramos el primer experimento efectivamente como una falta de reconocimiento del primer estímulo. Si el animal tampoco muestra interés por el estímulo promedio, el experimento es anulado y volvemos a probar con otro animal. En resumen, consideramos una respuesta binaria en la que un *playback* se interpreta como positivo cuando la rana responde al estímulo, y negativo cuando no responde al estímulo, pero sí al canto promedio.

Durante un periodo de tres meses realizamos en Panguana más de mil experimentos de *playback* con 531 machos de cinco especies. De todo este esfuerzo, 577 experimentos fueron considerados válidos y, posteriormente, utilizados para desarrollar novedosos modelos mentales sobre los parámetros que utiliza cada especie para reconocer cantos propios y filtrar los cantos de otras especies. Encontramos grandes diferencias en el mapa mental de reconocimiento entre las especies. Cuatro de ellas respondieron a estímulos considerados como supernormales, en otras palabras, a estímulos muy por afuera de los límites propios de su señal. En un extremo, la especie *Allobates femoralis* respondió a estímulos sintéticos cuyos parámetros cambiamos cuatro o cinco veces más allá del rango natural en la población. Se trata de cantos que estos machos jamás conocieron, porque simplemente no existen. En el otro extremo, la especie *Ameerega picta* fue muy estricta y solo reconoció como cantos propios aquellos cuyos parámetros variaban muy poco alrededor del promedio. Además, resultó claro que la mayoría de las especies toleran más los cambios en los parámetros temporales que los cambios en la frecuencia de la llamada.

Lo más importante fue, sin duda, que nuestros resultados mostraron, por primera vez para la ciencia, que cada especie de rana ajusta un mapa mental de sonidos que va filtrando el canto de las otras especies según el riesgo de interferencia que cada una representa. Aunque sus oídos perciben casi todo el ruido

ambiental, su cerebro filtra aquello que les conviene oír. De esta manera, probablemente mejoran la detección de sonidos de su propia especie en un ambiente ruidoso y evitan los costos de involucrarse en combates innecesarios. Encontramos, de hecho, que nunca se traslaparon las respuestas entre especies, de modo que parece haber una muy buena separación acústica que evita que haya malentendidos y confusiones.

Los resultados han permitido replantear hipótesis sobre la manera como los cerebros lidian con el exceso de información. En la evolución de los sentidos parece existir una dualidad entre, por un lado, percibir del ambiente toda la información que sea relevante y, por otro, ser capaz de procesarla. Una solución a este problema es tener órganos de los sentidos ajustados para solo percibir la información que sea relevante. Esta estrategia parece ambigua, en la medida en que sería difícil reconocer los límites de lo que sea relevante. Una segunda estrategia implicaría los procesos mismos de atención. Aunque la información llegue al cerebro, él mismo escoge los elementos de información que serán analizados, aquellos a los que se les presta atención. En los seres humanos, los procesos de atención son altamente flexibles y el objeto de atención puede ser remplazado en fracciones de segundo. En las ranas que estudiamos, el mecanismo parece menos flexible, porque no depende de las ranas de otras especies que estuvieran cantando en el momento en que hicimos el experimento. El mecanismo neurológico que explicaría esta diferencia es, por supuesto, desconocido. Pero, quizás, podemos avanzar con seguridad en comprender el funcionamiento de la mente humana si entendemos cómo funcionan ciertos procesos en organismos con cerebros menos complicados que el nuestro, por ejemplo, las ranas.

Amézquita A, Flechas SF, Lima AP, Gasser H, Hödl W. Acoustic interference and recognition space within a complex assemblage of dendrobatid frogs. PNAS 2011; 108(41): 17058-17063. ●



Figura 4. *Ameerega petersi*.
Fuente: fotografía de Sandra V. Flechas.



Figura 5. *Allobates femoralis*.
Fuente: fotografía de Sandra V. Flechas.