



## Etología y bioacústica en ratas y cobayos

Antonio Verduzco-Mendoza,\* Alfonso Alfaro-Rodríguez,\* Emilio Arch-Tirado\*

\* Laboratorio de Bioacústica, Instituto Nacional de Rehabilitación.

### Etology and bioacoustical in rats and guinea pigs

#### RESUMEN

**Introducción.** La producción y el cuidado de los animales de laboratorio han evolucionado en los últimos años. La etología fue fundamental para el crecimiento y evolución de la ciencia en animales de laboratorio, en la actualidad la implementación de la bioacústica amplía el análisis de la conducta, ya que estudia el proceso de comunicación de los animales a través de señales sonoras; se ha analizado el comportamiento vocal en diferentes organismos que producen señales acústicas para comunicarse. La interpretación de las señales acústicas es tarea multidisciplinaria que involucra áreas como la zoosemiótica, la etología y la bioacústica. El repertorio vocal varía respecto a la especie animal y a la posición en la escala filogenética: desde infrasonidos hasta ultrasonidos. Las vocalizaciones audibles y ultrasónicas se han identificado en varios mamíferos infantiles (roedores, cetáceos, murciélagos, etc.). **Objetivo.** Identificar cuáles son las principales vocalizaciones y los tipos de señales sonoras que utilizan los animales de laboratorio para comunicarse, además de expresar diversos estados ante estímulos medioambientales y entre congéneres. **Conclusión.** La interpretación de las vocalizaciones audibles y ultrasónicas es de gran importancia en la conducta de los animales de laboratorio.

**Palabras clave:** Bioacústica, señales acústicas, roedores.

#### ABSTRACT

**Introduction.** The bioacoustics studies the behavior of communication of the animals through sound signs; the four main groups of organisms that use acoustic signs to communicate are the insects, amphibians, birds and mammals. The interpretation of the acoustic signs is on the whole task of some disciplines as the zoosemiotics, ethology and bioacoustics. The vocal repertoire varies with regard to the animal species and to the place where it is located in the phylogenetic scale and he/she can go from simple signs to ultra frequency like in the insects, until ritual complexes of song like it happens in the melodious birds. The audible and ultrasonic vocalizations have been identified in many mammals infants (rodents, cetaceans, bats, etc.). **Objective.** To identify which are the main frequencies and the types of sound signs that use the laboratory animals to communicate and to express diverse states before environmental stimuli and of their conspecific. **Conclusion.** Besides the audible vocalizations, the ultrasounds are of real importance in the behavior vocal of goods like that of the rodents.

**Key words:** Bioacoustics, acoustical signals, rodents.

#### ANTECEDENTES

El estudio de las diversas formas de comunicación animal es muy complejo a pesar de la creación de disciplinas como la etología, la bioacústica y la zoosemiótica, entre otras. No es posible interpretar

con certeza la amplia gama de conductas de los animales, por lo que su capacidad para compartir e intercambiar información intra e interespecies es aún desconocida.

Existen tres tipos de comunicación entre los animales: químico, corporal y sonoro, este último lo utiliza la mayoría de los animales para emitir señales a distancia que varían respecto a la especie, el ambiente y mecanorreceptores.

Las vocalizaciones de las diferentes especies se han dividido en señales neonatales, integrativas, de competencia y sexuales; las primeras son necesarias para estimular el comportamiento epimilético

#### Correspondencia:

Dr. Emilio Arch-Tirado  
Laboratorio de Bioacústica Instituto Nacional de Rehabilitación.  
Correo electrónico: earch@inr.gob.mx





que involucra los cuidados y la atención materna (acicalamiento, lactación, limpieza anogenital), así como las demandas de las crías a sus padres.

Existen tres diferentes tipos de señales sonoras: los infrasonidos, los sonidos audibles y los ultrasonidos, estos son producidos por las diferentes especies de la escala animal. Al ser separados de sus madres los mamíferos emiten señales específicas conocidas como llamados de soledad, utilizadas para estudios de estrés al medir las concentraciones de ACTH y cortisol en plasma sanguíneo; fue la primera utilidad fisiológica que se dio al estudio del comportamiento vocal en animales de laboratorio. Las vocalizaciones también las producen las madres durante la bajada de la leche, incitan a las crías al amamantamiento; estos hallazgos se describieron primero en los cerdos.

La importancia de las vocalizaciones es mantener la comunicación entre los congéneres con fines de supervivencia, apareamiento, integración y defensa. Es importante mencionar que el canto en las aves es fundamental durante el cortejo, ya que las aves aprenden señales de sus congéneres; por ello esta especie se utiliza como modelo de aprendizaje.

El estudio del comportamiento animal tuvo un auge importante en 1973, cuando Konrad Lorenz, Niko Tinbergen y Karl Von Frisch obtuvieron el Premio Nobel de Medicina por sus estudios en etología, primer pilar científico de esta disciplina. Posteriormente, los avances tecnológicos en la física del sonido, además de los espectrogramas, fortalecieron la bioacústica que estudia el comportamiento de la comunicación animal a través de las señales sonoras.<sup>2</sup>

Las vocalizaciones, cantos y señales sonoras son sonidos que estudia la bioacústica apoyada en los fundamentos teórico-prácticos de la física del sonido, que analiza las características de la onda sonora. El sonido es una vibración que se propaga en un medio elástico y que se transmite por los cuerpos sólidos, líquidos y gaseosos; la intensidad es la fuerza que tiene el movimiento vibratorio; el tono es una magnitud subjetiva y se refiere a la altura o gravedad de un sonido; mientras que la frecuencia es una magnitud objetiva y mensurable en función de las vibraciones por segundo; la unidad es el ciclo o

Hercio (Hz), y el timbre indica la calidad del sonido. En general, el sonido está compuesto por la frecuencia fundamental y sus armónicos; si el sonido sólo contiene una frecuencia se le llama tono puro.<sup>3-5</sup>

La mayor parte de los estudios realizados en bioacústica vinculados con la etología, la sistemática y zoosemiótica son aplicables a los cuatro grupos principales de organismos que producen señales acústicas para comunicarse (insectos, anfibios, aves y mamíferos).<sup>2</sup>

La fisiología de la producción de sonidos en mamíferos ha sido bien estudiada, se ha demostrado que en la mayoría de las especies de mamíferos los sonidos audibles son producidos durante la espiración a causa de la contracción de la laringe (en específico, por la vibración de las cuerdas vocales). Estos mecanismos acontecen tanto para vocalizaciones audibles como para ultrasónicas e infrasónicas en las diferentes especies.<sup>1</sup>

Los componentes de los sistemas de comunicación entre roedores infantiles y adultos se basan en las vocalizaciones ultrasónicas, a diferencia de los cobayos que producen vocalizaciones audibles y ultrasónicas. Los sonidos ultrasónicos que a menudo emiten los roedores infantiles son aquéllos que producen al alejarse de la camada o nido y emiten vocalizaciones de soledad; también existen vocalizaciones en respuesta a cambios de temperatura corporal, contacto con otros adultos u otras camadas, manejo y detección de olores extraños.

Al parecer los ultrasonidos ejercen cambios en el comportamiento y en el estado emocional de los animales. Una característica de los roedores adultos es que perciben sonidos ultrasónicos y tratan de localizar al emisor por medio de un acercamiento fonotaxico, descrito como una conducta de cuidado a los infantiles. Los roedores discriminan los llamados ultrasónicos fonotaxicos con base en las características de frecuencia e intensidad de la señal.

## OBJETIVO

Identificar el comportamiento vocal que utilizan los animales de laboratorio y su implicación etológica.





## MATERIAL Y MÉTODOS

### Sujetos

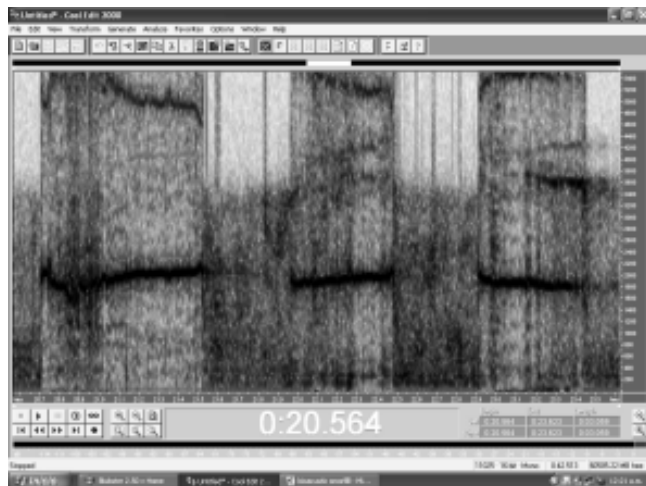
Para el estudio se utilizaron 15 camadas por especie: cobayos (*Cavia porcellus*), ratas (*Ratus norvegicus*) y ratones (*Mus musculus*), las cuales consistieron en la madre e hijos. En el caso de los cobayos el promedio por camada fue de  $3 \pm 1$  crías; en las ratas de  $10 \pm 2$  crías y en los ratones de  $8 \pm 3$  crías.

### ALOJAMIENTO

Los animales fueron alojados en el bioterio del Instituto Nacional de Rehabilitación en jaulas especiales por especie, sustentados con alimento especial por especie, la dieta de los cobayos se complementó con vegetales frescos, se les suministró agua purificada comercial. Los animales estuvieron en condiciones controladas de luz, temperatura y humedad.

### Procedimiento

Se colocó una cámara de video digital en la jaula que alojó a la camada en estudio, se registraron 24 h



**Figura 1.** El esquema muestra el espectrograma representativo de tres vocalizaciones audibles (líneas horizontales) emitidas por una rata al momento de ser sujeta para inspección clínica y aplicación de medicamentos. En la tercera vocalización se nota la aparición de un formante alrededor de los 3,500 Hz sobre la frecuencia fundamental.

por jaula-camada con la finalidad de analizar el comportamiento y las vocalizaciones de los animales en el estudio.

### Recolección de datos

Para el análisis de las vocalizaciones se utilizó el software Cool Edit 2000 (Figura 1).

Para realizar el análisis etológico se reprodujo el video, se dividió la pantalla de la televisión en nueve cuadrantes para realizar el etograma de los animales en estudio y su relación con el comportamiento vocal.

## RESULTADOS

### Emisiones acústicas en la rata

Una de las conductas más constantes en esta especie es la proximidad y orientación que tiene la madre hacia sus crías. Esta atracción es debida a las vocalizaciones ultrasónicas que emiten las crías de la rata al sentir la ausencia de la madre cuando se dirige al bebedero o al comedero;



**Figura 2.** El software Cool Edit permite obtener los valores de la frecuencia fundamental (F0) y de los armónicos o formantes al descomponer la onda de sonido mediante el análisis de Fourier. Se observa en el análisis espectrográfico de la vocalización de rata que sobresale una espiga, cuyo valor es el referente a la frecuencia fundamental (en este caso de 2,086 Hz). El análisis se logra al colocar el cursor en la punta de la espiga que es representativa de la F0 o de los armónicos, según sea el valor solicitado.





aunque también son importantes los estímulos olfativos y visuales requeridos para una respuesta materna complementaria. Es importante mencionar que al nacimiento esta especie es inmadura a nivel neurológico (ciega y sorda), sin pelo, vulnerable a los choques térmicos que también son elementos fundamentales para la producción de vocalizaciones.

En las ratas los llamados de 22 kHz son característicos durante el rechazo social y ante los estímulos adversos.

Cuando las ratas fueron manipuladas se registraron vocalizaciones audibles que expresaron manifestaciones conductuales de intimidación y defensa, asociados con el erizamiento del pelo y el arqueado del lomo para aparentar mayor tamaño a sus adversarios (Figura 2).

En condiciones de estrés los roedores tienden a modificar su repertorio vocal. En el experimento se expuso a un pequeño grupo de ratas de 12 días de edad a una rata macho adulto infanticida por 5 min; durante la exposición al macho los ratones estuvieron más inmóviles que el grupo control. Después de ser expuestos al macho emitieron vocalizaciones ultrasónicas de baja frecuencia, pero no hubo cambios en su movilidad. Los niveles de vocalizaciones se emitieron de 30 a 60 min después de la exposición con el macho y desaparecieron a los 180 min. Se determinó que los estímulos adversos pueden alterar el comportamiento vocal en una situación de amenaza inmediata.<sup>13</sup>

Un efecto diferente sucede al colocar en un contenedor ratas condicionadas a descargas eléctricas, se observa que el tiempo de *freezing* (congelamiento) es mayor; a la vez hay un aumento de emisiones ultrasónicas, por lo que se concluye que el miedo inducido aumenta la respuesta emocional y pasiva ante situaciones de estrés.<sup>14</sup>

En modelos experimentales se ha tratado de estandarizar un método para el análisis cuantitativo de las vocalizaciones audibles y ultrasónicas en ratas como una medida de conducta integrada en un modelo de dolor artrítico.

Las ratas fueron sometidas a un proceso de artritis aguda, los registros de vocalizaciones audibles



**Figura 3.** El espectrograma muestra los llamados de soledad característicos del cobayo. La frecuencia promedio de estas vocalizaciones se encuentra entre los 400 y 500 Hz.

y ultrasónicas aumentaron conforme se desarrollaba el cuadro artrítico, mientras que la conducta exploratoria disminuyó.

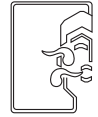
El análisis de las vocalizaciones audibles y ultrasónicas en ratas puede considerarse un método válido para medir la conducta relacionada con el dolor.<sup>15</sup>

### Emisiones acústicas en el cobayo

El cobayo es un roedor que emite señales acústicas dentro del rango de la audición humana, se reconocen hasta 11 diferentes tipos de vocalizaciones en esta especie.<sup>17</sup> Se ha demostrado que cobayos jóvenes emiten más vocalizaciones audibles cuando están solos en un ambiente aislado y novedoso; muestran incremento de las concentraciones de cortisol, ACTH y norepinefrina en plasma sanguíneo, lo que coincide con el aumento de la intensidad y la frecuencia de vocalizaciones.

El comportamiento de los cobayos se basa en las vocalizaciones. Al ser separados de las madres los cobayos infantiles emiten vocalizaciones de soledad (Figura 3) acompañadas de un exceso de movimiento; al reunirse con la madre ésta emite roncneos para calmar a las crías.



**Tabla 1.** Clasificaciones del repertorio vocal del cobayo (vocalizaciones audibles).<sup>17</sup>

Tipo de vocalización	Frecuencia (khz)	Duración (seg)	Actividad asociada
Chutt	0-3	0.05	Exploración, actividad general.
Chutter (huída)	0.5-3.5	0.15-0.3	Huída, fuga, defensa.
Whine (gimotear, silbar)	0.5-4	0.15-0.3	Defensa, evasión.
Tweet (piar)	0.5-4	0.1	Limpieza materna de región anogenital.
Whistle (silbido)	0-3 y 3-20	0.15-0.65	Separación.
Dos componentes			
Low (bajo)	0-3	0.05-0.125	Separación.
Purr (ronroneo)	0-3.5	0.1-0.3	Buscar o solicitar contacto.
Drr	0-3.5	0.1-0.3	<i>Freezing</i> en respuesta a cambios medioambientales repentinos.
Scream (gritar)	0.25-32	0.15-0.25	Perder combate, arrinconado.
Squeal (chillido)	1-16	0.1-0.2	Respuesta a daño o heridas.

En la tabla 1 se resumen las vocalizaciones analizadas en los cobayos (también reportadas en la literatura).

La riqueza de vocalizaciones de los cobayos se relaciona con su aparato fonoarticulador, ya que presenta una doble laringe, por la cual se registran vocalizaciones con una amplia gama de armónicos.

## CONCLUSIONES

La comunicación sonora es importante para las relaciones intra e interespecies, ya que no es necesario el contacto visual ni olfativo para que el emisor y el receptor puedan establecer comunicación.

La bioacústica, en conjunto con otras disciplinas, tratará de esclarecer las diversas formas de comunicación y pautas de comportamiento con apoyo en el estudio de los sonidos emitidos por los animales.

Dentro del grupo de los animales de laboratorio, la rata, el ratón y el hámster, entre otros roedores, basan su comportamiento vocal en la emisión de ultrasonidos; tal parece que esta forma de comunicación es producto de la evolución y actúa como un mecanismo de defensa ante el ataque de los depredadores.

Por el contrario, el cobayo es una especie caracterizada por la emisión de señales sonoras audibles para el oído humano; además de su docilidad como

animal de laboratorio, presenta un amplio repertorio vocal que le hace ser un modelo ideal para estudios audiológicos y foniatrícos.

Tanto las vocalizaciones audibles (rango de audición humana 20 a 20,000 Hz) como ultrasónicas (superiores a los 20,000 Hz) son importantes en la comunicación, ya que su efecto se refleja en la modificación de las conductas del receptor.

En los roedores la relación entre la madre y sus crías se basa en ultrasonidos. Las diferentes investigaciones reportaron que la madre emite diferentes llamados hacia sus crías, entre los más importantes está el llamado para la lactancia y los llamados para la protección y agrupamiento; por parte de las crías los más representativos suelen ser los llamados de soledad, emitidos ante un cambio de temperatura y cuando hay peligro ante un depredador o ante la detección de olores extraños.

En animales prepúberes existen las emisiones acústicas relacionadas con el juego, la socialización y la delimitación territorial.

En cuanto a la reproducción existen diversas pautas de comportamiento (como el cortejo) que, en conjunto con las señales sonoras, son indispensables para el apareamiento y la reproducción.

Un grupo de vocalizaciones se puede englobar en una categoría representativa de comportamientos agonistas, las vocalizaciones por amenaza, pelea, estrés y dolor suelen acompañarse de estados





de inmovilidad como el *freezing* o, en caso contrario, aumento de la locomoción, con aumento o disminución de la frecuencia de vocalizaciones; en general, los llamados se ubican en un rango de baja frecuencia (22,000 Hz).

Es difícil conocer la amplia gama de frecuencias en las que se comunican las diferentes especies animales; ante esta desventaja acústica es necesario utilizar otras estrategias para el análisis del comportamiento en respuesta a estímulos sonoros y entender así las modificaciones de la conducta.

Finalmente, conocer las pautas de comportamiento vocal en los animales de laboratorio servirá para controlar las variables de estudio en la investigación y, por otra parte, proporcionar a los animales el mejoramiento de las características medioambientales para su bienestar y salud.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arch-Tirado E, McCowan B, Saltijeral-Oaxaca J, Zarco de Coronado I, Licona-Bonilla J. Development of isolation-Induced vocal behavior in normal-Hearing and deafened Guinea pig infants. *JSLHR* 2000; 43.
2. Tubazo PL. Bioacústica aplicada a la sistemática, conservación y manejo de poblaciones naturales de aves. *Etología* 1999; 7: 19-32.
3. Kumate RJ, Hernández OF, Fabila AS. Medicina de la Comunicación Humana. Instituto Nacional de la Comunicación Humana; 1994.
4. Wesley A, Alonso M, Finn E. Física. Pearson; 1998.
5. Gonzalo S, Badaraco JJ, Postan GD. Audiología Práctica. Buenos Aires: Ed. Médica Panamericana; 1992.
6. Ehret G. Infant rodent ultrasounds-a gate to the understanding of sound communication. *Behav Genet* 2005;35(1): 19-29.
7. Farrell WJ, Alberts JR. Stimulus control of maternal responsiveness to Norway rat (*Rattus norvegicus*) pup ultrasonic vocalizations. *J Comp Psychol* 2002; 116(3): 297-307.
8. Burgdorf J, Panksepp J, Brudzynski SM, Kroes R, Moskal JR. Breeding for 50-kHz positive affective vocalization in rats. *Behav Genet* 2005; 35(1): 67-72.
9. Knutson B, Burgdorf J, Panksepp J. Ultrasonic vocalizations as indices of affective states in rats. *Psychol Bull* 2002; 128(6): 961-77.
10. Inagaki H, Kuwahara M, Kikusui T, Tsubone H. The influence of social environmental condition on the production of stress-induced 22 kHz calls in adult male Wistar rats. *Physiol Behav* 2005; 84(1): 17-22.
11. Marino MD, Cronise K, Lugo JN, Kelly SJ. Ultrasonic vocalizations and maternal-infant interactions in a rat model of fetal alcohol syndrome. *Dev Psychobiol* 2002; 41(4): 341-51.
12. McGinnis MY, Vakulenko M. Characterization of 50-kHz ultrasonic vocalizations in male and female rats. *Physiol Behav* 2003; 80(1): 81-8.
13. Wiedenmayer CP, Lyo D, Barr GA. Rat pups reduces ultrasonic vocalizations after to an adult male rat. *Dev Psychobiol* 2003; 42(4): 386-91.
14. Kikusui T, Nishizawa Y, Mori Y. Conditioned fear-related ultrasonic vocalizations are emitted as an emotional response. *J Vet Med Sci* 2003; 65(12): 1299-305.
15. Han JS, Bird GC, Li W, Jones J, Neugebauer V. Computerized analysis of audible and ultrasonic vocalizations of rats as a standardized measure of pain-related behavior. *J Neurosci Methods* 2005; 14(2): 261-9.
16. Liu Rc, Miller KD, Merzanich MM, Schreiner CE. Acoustic Variability and distinguishability among mouse ultrasound vocalizations. *J Acoust Soc Am* 2003; 114(6 Pt.): 3412-22.
17. Berryman J. Guinea pigs vocalizations. *Guinea Pigs Newsletter* 1970; 2.
18. Hennessy MB, Deak T, Schiml-Webb PA, Wilson SE, Greenlee TM, McCall E. Responses of guinea pig pups during isolation in a novel environment may represent stress-induced sickness behaviors. *Physiol Behav* 2004; 81(1): 5-13.
19. Wagner EJ, Manning JP. Guinea Pigs. Ed. Academic Press. University of Michigan; 1976.

