

EL ESTUDIO DE LOS QUIRÓPTEROS A TRAVÉS DE SUS EMISIONES ULTRASÓNICAS

por

Alfonso Balmori Martínez

Desde el descubrimiento de Griffin en 1938 que demuestra que los murciélagos emiten señales ultrasónicas, recibiendo el eco producido por los obstáculos (o presas potenciales) para «visualizar» una imagen del entorno en su cerebro, el estudio de la ecolocación ha avanzado mucho. Ello ha servido para conocer mejor aspectos de la distribución de las especies de este orden, su estatus poblacional y en general como medio para progresar en el conocimiento de su biología y ecología.

El sistema utilizado, producto de la selección natural, es similar a un sonar, pero probablemente mucho más perfeccionado que este aparato construido por los avances humanos. Se trata de una solución tecnológica natural que demuestra como muchos de los progresos de nuestra especie ya existían en la naturaleza antes de que el hombre los inventara. La biónica, disciplina puente entre la biología y la tecnología industrial, tiene en la ecolocación un apasionante tema de estudio.

La emisión de ultrasonidos es utilizada también por varios grupos zoológicos diferentes como medio de comunicación interespecífica. Dentro de los mamíferos la aprovechan -además de los murciélagos-, los roedores, los insectívoros, algunos marsupiales y los cetáceos. No se conoce muy bien el grado de ecolocación de los insectívoros y probablemente los roedores y marsupiales utilizan la alta frecuencia solo para comunicarse. Los cetáceos, igual que los murciélagos se sirven de ella tanto para relacionarse con sus semejantes como para obtener una imagen de su entorno (ecolocación).

La alta frecuencia no es esencial para la ecolocación: el Guácharo sudamericano (*Steatornis caripensis*), emite sonidos audibles (2-10 kHz.) para localizar sus nidos en las oscuras cuevas donde cría (Sales & Pye, 1974). En este caso se trata de un ave que utiliza la ecolocación, pero de baja frecuencia. Por otra parte muchos insectos, fundamentalmente hemípteros y ortópteros emiten una parte de su «paquete sonoro» en forma de ultrasonidos (conocido martirio de los estudiosos de murciélagos con detector en las noches de verano), con una mera finalidad comunicativa.

Características sonoras de los quirópteros

Los sonidos en los microquirópteros son generados en la laringe que es proporcionalmente más ancha que en otros mamíferos (Altringham, 1996). Los vespertiliónidos, en general, emiten con la boca abierta, sin embargo *Plecotus*, puede hacerlo por los orificios nasales manteniendo la boca cerrada. Las especies que emiten por los orificios nasales, como por ejemplo los Rinolofos, suelen tener

complejos repliegues cartilagosos asociados. Los ecos son recibidos por las orejas que pueden moverse independientemente. Los murciélagos deducen la distancia a la que se encuentra su presa a partir de la diferencia de tiempo entre la emisión de la señal y la recepción del eco. La dirección se obtiene a través de la diferencia entre la llegada del eco al oído derecho y al izquierdo.

La frecuencia de emisión de los quirópteros cubre la gama entre los 20 y los 215 kHz., encontrándose en general por encima del límite de audición humano (20 Hz.-20 kHz.), y suele ser bastante característica para cada especie. Las llamadas sociales de muchos de ellos traspasan nuestra frontera de audición pudiendo ser escuchados sin dificultad especialmente por personas jóvenes, que todavía no han perdido su capacidad perceptiva para los agudos (la sordera más frecuente, determinada por la edad, suele conducir a una pérdida de percepción especialmente de los sonidos de alta frecuencia).

La razón de que los murciélagos hayan elegido de entre la amplia gama de sonidos los de onda corta, es por que son los más adecuados para proporcionar detalles de los objetos pequeños (Schober & Grimmberger, 1989). Como sus presas son de tamaño reducido, les resulta más fácil detectarlas. Se calcula que una frecuencia de 50 kHz. es ideal para discriminar un objeto de 6,8 mm. mientras la de 100 kHz. lo es para un tamaño de 3,4 mm. En general, las especies más grandes, que suelen consumir insectos de mayor tamaño, emiten a una frecuencia más baja que los murciélagos más pequeños. Los sonidos de alta frecuencia no suelen llegar muy lejos, ya que la absorción de energía se incrementa exponencialmente con la frecuencia. La distancia de percepción de un murciélago que emite a 30 kHz no suele exceder de 30 metros, mientras otro que emita a 100 kHz solo podrá detectar objetos a unos 10 metros. Los murciélagos más grandes, emitiendo más bajo pueden detectar presas mayores a larga distancia (de hecho muchos de ellos suelen volar a mayor altura, donde la densidad de presas es menor). Otra posible razón de la utilización de ultrasonidos para la ecolocación es por que, como no llegan muy lejos, pueden evitar interferencias con las emisiones de otros individuos. Además la interferencia con otros sonidos naturales es mucho menor y evitan ser escuchados por sus presas o alertar a los depredadores, que no puedan percibir ese rango de frecuencias.

Las emisiones con finalidad social (gritos de contacto entre madre e hijo, defensivos, de lamento, agresivos, o de apareamiento), no tienen los condicionantes anteriores y quizás por esta razón penetran habitualmente en la gama de sonidos audibles por el hombre.

Bastantes especies emiten en frecuencia modulada (FM): se trata de pulsos de duración muy breve que se desplazan a través de una amplia gama de frecuencias, por esta razón se denominan también «de banda ancha» (figura 1.) Los pulsos suelen

ser muy cortos (entre 5 y 10 milisegundos en muchas de las especies), para evitar que el eco se solape con la emisión (que vuelva tras rebotar en un objeto antes de haber finalizado ésta), ya que ello dificultaría el mecanismo de interpretación. Otro tipo son las emisiones de frecuencia constante (CF) o de banda estrecha, en las que la señal permanece en el mismo tono durante un cierto tiempo. Son características de los murciélagos de herradura y su duración es mucho mayor que la de los pulsos FM. Muchos pulsos son mixtos: comienzan en FM y acaban con una pequeña «cola» de frecuencia constante o que desciende muy lentamente. Los sonidos de alta frecuencia son atenuados rápidamente en el aire, esta es la razón por la que algunos murciélagos concentran toda su energía en una sola frecuencia, e incluso los que emiten en FM suelen tener un final CF.

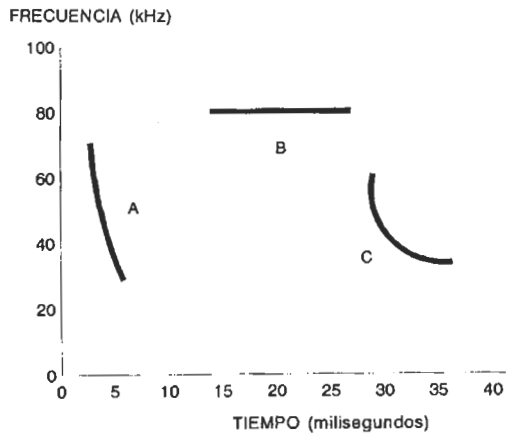


Figura 1. Representación gráfica de tres tipos de emisiones sonoras de los quirópteros: A) Frecuencia modulada (FM). B) Frecuencia constante (CF). C) Pulso mixto (comienzo en FM y final en CF).

El ritmo de repetición (número de pulsos por segundo), varía con las especies, pero también para cada una depende del tipo de vuelo. En los espacios cerrados o estrechos, los pulsos se repiten más rápidamente y puede suprimirse la parte final (CF). Por esta razón siempre se recomienda escuchar y grabar a los murciélagos en espacios abiertos. En general, se encuentra una correlación entre el batido de las alas y la emisión del pulso. Así, las especies grandes tienen una ratio de repetición más baja que las pequeñas (por ejemplo de 300 milisegundos frente a 85 milisegundos).

Cuando los murciélagos cazan, a la fase de búsqueda, en la que las señales son características de la especie, le sigue la de aproximación. Aquí el ritmo aumenta y

desciende la frecuencia, los pulsos se hacen más cortos (para evitar solapamientos entre emisión y eco) y desaparece la «cola» CF. La agilización del ritmo tiene lugar para obtener un mayor poder de resolución durante el lance, siguiendo estrechamente la evolución de la presa (figura 2). Esta fase se percibe como un zumbido («buzz») y termina con la captura del insecto (o su huida). Dicha secuencia es muy fácil de escuchar con un detector, por ejemplo cuando se observa a un grupo de murciélagos cazando bajo la luz de una farola. Calculando el número de zumbidos por unidad de tiempo podemos obtener el ritmo de caza.

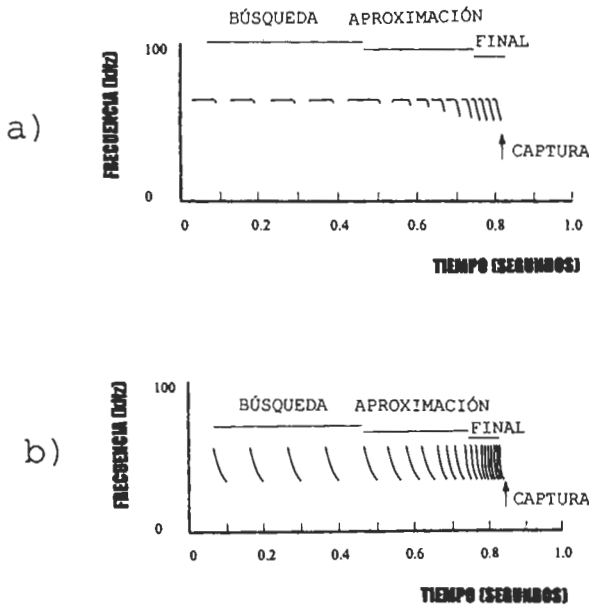


Figura 2. Fases de la emisión para dos murciélagos en vuelo de caza: a) con emisiones CF; b) con emisiones FM. Adaptado de ALTRINGHAM, 1996.

Una presa es como un «espejo acústico», cuando presenta las alas planas (perpendiculares al sonido) el eco es más intenso que cuando ofrece el borde. La modulación de la amplitud puede ser utilizada también para controlar el movimiento de la presa. Cada especie utiliza su técnica peculiar.

Algunos murciélagos aprovechan el efecto Doppler para calcular la velocidad relativa de los objetos situados en sus proximidades. Por ejemplo el Rinolofa grande (*Rinolophus ferrum-equinum*), desvía la frecuencia emitida de modo que obtiene una frecuencia de eco constante para la cual tiene una especial sensibilidad (82 kHz.). El movimiento de la presa es probablemente determinado por el retraso en las medidas pulso-eco y este es un mecanismo ideal para calcular su velocidad.

El estudio de los ultrasonidos

La interpretación de los ultrasonidos entraña una cierta dificultad, pero abre grandes posibilidades para investigar la distribución de las especies y para obtener índices de abundancia, como paso previo al conocimiento de otras facetas de investigación de este grupo. Se utilizan detectores que los transforman a una frecuencia audible y pueden ser grabados. Los sistemas más utilizados son los siguientes (AHLÉN, 1990):

HETERODYN: Es el más usual por ser económico y por que ofrece la posibilidad de diferenciar los Géneros y algunas especies en el momento de escucharlas (sin posterior análisis). Se caracteriza por su gran sensibilidad. En él la señal entrante se mezcla con la de un oscilador interno produciendo una frecuencia diferente que es audible. Con este sistema la onda sonora sufre bastantes modificaciones por lo que no es posible realizar posteriores análisis de frecuencias con las señales grabadas, pero sí nos da la posibilidad de analizar el ritmo de los pulsos. Cuando escuchamos los pulsos en este sistema, las emisiones FM se escuchan como golpes secos, mientras que las CF suenan como palmadas.

DIVISOR DE FRECUENCIAS: Este sistema deja la forma exterior o «envoltura» de la onda, de forma que el sonido grabado puede ser utilizado para analizar las frecuencias y las formas de los pulsos. Resulta de gran interés para la identificación correcta y fiable de las especies, aunque no pueden obtenerse sonogramas. El sonido recién obtenido, no permite generalmente diferenciarlas ya que con este sistema es difícil percibir sus cualidades. La señal entrante es obstaculizada produciendo un período por cada diez entrantes

EXPANSIÓN DE TIEMPO CON MEMORIA DIGITAL: Con este sistema los sonidos pueden ser analizados y realizarse sonogramas por que mantienen su verdaderas proporciones: cuando la frecuencia baja diez tiempos la señal se extiende de la misma manera.

Una amplia exposición de los sistemas de detección, grabación y análisis puede encontrarse en KUNZ (1990).

Métodos de análisis y representación

En muchas ocasiones, los sonidos escuchados a través de un detector de ultrasonidos no nos aportan con la suficiente fiabilidad información sobre la especie de que se trata. En estos casos es necesario recurrir a la grabación de los sonidos y el análisis posterior en el laboratorio. Esta faceta del estudio de los quirópteros es una de las más complejas ya que requiere, además de costosos aparatos, una buena

preparación en el conocimiento de la naturaleza de los sonidos así como medios informáticos para su interpretación.

Las ondas viajan desde la fuente hasta la membrana de un micrófono y se transforman en variaciones de voltaje. La curva resultante, que representa las diferencias de presión del sonido, atraviesa la línea base hacia arriba y hacia abajo, de acuerdo con su amplitud (intensidad). En el eje horizontal se representa el tiempo. De esta forma, sobre un «fragmento» de la emisión, puede medirse la duración del pulso, la distancia (temporal) entre emisiones y el ritmo de las mismas. Cuando se analiza el ritmo, es necesario extraer una muestra representativa (decenas de muestras de intervalos), para construir un diagrama con las muestras de intervalos en cada clase de tiempo (figura 3). Los picos del diagrama están relacionados con el batido natural de las alas, que tiene mucho que ver con el ciclo respiratorio del murciélago.

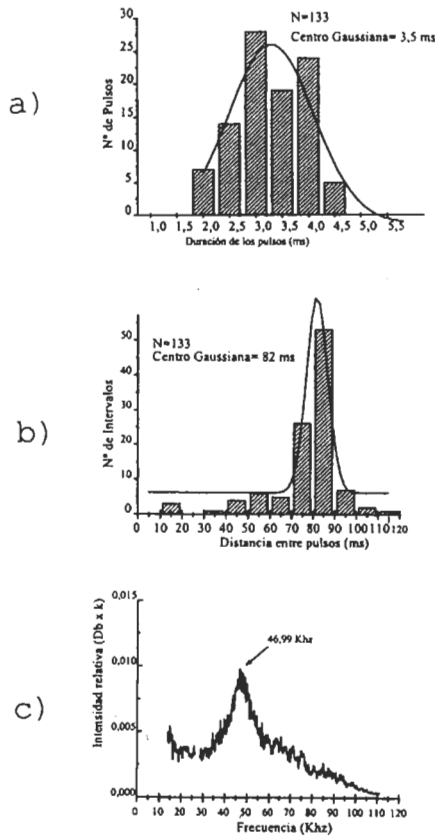


Figura 3. Parámetros más revelantes de la emisión de ecolocación de un *Myotis daubentonii* en vuelo de caza. a) duración de los pulsos; b) distancia entre pulsos; c) pico de máxima intensidad para la gama de frecuencias emitidas. Tomado de Fernández y Balmori (1998).

Tabla 1. Características de la ecolocación de algunas especies representativas de los géneros de quirópteros ibéricos. Nótese la variabilidad sonora para una misma especie. La información ha sido extraída de Schober y Grimmberger (1989); Ahlén (1990) y datos propios.

ESPECIE	FRECUENCIA	PULSOS	INTERVALO	PUL/SEG	ALCANCE
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	80 khz (77-83 khz)	30-40 ms			
<i>Myotis daubentonii</i>	45 khz (69-25 khz) (78-32 khz)	3-4 ms (6 ms)	70-90 ms (35-75 ms)	13 a 28 pulsos	20-40 m
<i>Nyctalus noctula</i>	20 khz (40 ó 60) 45-25 khz 25-19 khz	6 ms 25 ms	125 ms 300-400 ms	8 pulsos 3 pulsos	> 200 m
<i>Eptesicus serotinus</i>	27 khz 52-25 khz (67) 25 khz	13,5 ms	150 ms	7 pulsos 6,7 pulsos	20-50 m
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	45-50 khz 80-58 khz 58-51 khz	4-6 ms 10 ms	85 ms 95 ms	12 pulsos 10,5 pulsos	20-50 m
<i>Hypsugo savii</i>	35 khz (33 khz)		100-180 ms		
<i>Plecotus auritus</i>	50 khz 83-26 khz 42-12 khz	2 ms 7 ms	50 ms 180-200 ms	20 pulsos 5,4 pulsos	algo más de 2 m
<i>Barbastella barbastellus</i>	32 khz 35-28 (40) khz 43-33 khz	4 ms 5,2 ms	110-120 ms	8-9 pulsos	
<i>Miniopterus schreibersi</i>	55 khz				
<i>Tadarida teniotis</i>	12-14 khz 18-10 khz	20 ms		1-4 pulsos	

Los géneros *Nyctalus* y *Eptesicus* emiten sonidos muy característicos que pueden ser percibidos como un «goteo» en el sistema Heterodyn. Pueden ser reconocidos también por el ritmo de los pulsos, por su comportamiento y el hábitat en que suelen localizarse.

El Género *Pipistrellus* es fácilmente reconocible por sus rápidas emisiones como «aplausos». La mayoría de las especies se pueden identificar por su frecuencia y ritmo característico. *Hypsugo* presenta características similares pero emite en una frecuencia más baja.



Plecotus se caracteriza por su intensidad muy baja (el sonido solo es percibido si el murciélago pasa a pocos metros) siendo en ocasiones difícil detectar su presencia. Las dos especies del género tienen un sonar similar.

Barbastella: emite un sonido característico como de «castañuelas» a 32 kHz.

Miniopterus: Produce sonidos con un pico de frecuencia a 55 kHz.

Tadarida es fácilmente reconocible por los amplios intervalos entre pulsos así como por su amplitud y baja frecuencia (muchos de ellos son perfectamente audibles).

Referencias

- Ahlen, I. (1990). *Identification of Bats in Flight*. Swedish Society for Conservation of Nature.
- Altringham, J. D. (1996). *Bats: Biology and Behaviour*. Oxford University Press.
- Fernández, J. & Balmori, A. (1998). Los quirópteros en la zona de influencia del embalse de Aguilar de Campó, Palencia. Informe inédito.
- Kunz, T. H. (Ed.) (1990). *Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats*. Smithsonian Institution.
- Sales, G. and Pye, D. (1974). *Ultrasonic Communication by Animals*. Chapman and Hall, London.
- Schober, W. and Grimmberger E. (1989). *A Guide to Bats of Britain and Europe*. Hamilin Publishing.

C/ Navarra, 1- 5º B
47007 VALLADOLID