

Editorial

ECOLOCALIZACIÓN (UNA VISIÓN A LOS QUIRÓPTEROS)

“La habilidad de reconocer las variaciones en el sonido, es lo que permite que nos podamos entender unos con otros. No existen dos personas que pronuncien las vocales y las consonantes de la misma manera; pero somos capaces de reconocer las similitudes”, Nobuo Suga.

El sonido es un fenómeno vibratorio transmitido en forma de ondas (audibles o no). Las vibraciones viajan a través de diversos medios (agua y aire), lo que permite una alteración de distancia entre las moléculas creando zonas de compresión y rarefacción. El sonido puede representarse como un movimiento ondulatorio con longitud de onda (λ , periodo espacial existente entre dos pulsos consecutivos que poseen la misma fase); frecuencia (f , es el número de repeticiones por unidad de tiempo de un suceso periódico), amplitud (indica la energía que contiene la señal) y fase (es la fracción del periodo transcurrido desde el estado inicial, varía cíclicamente).

En la vida silvestre, cada especie posee la habilidad de reconocer las variaciones en el sonido, lo que le permite comunicarse y tener identidad. En los mamíferos destacan los cetáceos y los quirópteros, quienes poseen estrategias de emisión y percepción de sonidos e interpretan los ecos que se generan en su entorno, a este mecanismo se le denomina ecolocalización, término acuñado hace aproximadamente 69 años por el zoólogo Donald Griffin.

Actualmente la ecolocalización es un campo que involucra estudios con enfoques diversos, que incluyen la fisiología comparada, neurociencia, robótica, computación y bioacústica. La finalidad es efectuar aproximaciones que ayuden a entender mejor los procesos biológicos; uno de los grupos que involucra este tema de manera directa es el de los quirópteros, los únicos mamíferos voladores nocturnos, que exploran su entorno con señales ultrasónicas y que poseen la capacidad de navegar y cazar mediante el sonido.

El origen de la ecolocalización en murciélagos, es un tema que incluye una serie de hipótesis (Speakman 2001). Con base en caracteres de topología de ecolocalización, se asume que el ancestro de los murciélagos emitía llamadas con la boca y nariz, de ciclos de baja resistencia y alta intensidad y que con el paso del tiempo las

vocalizaciones se transformaron para adquirir información del entorno (Fenton 1984) y muestren un alto grado de diferenciación (Obris 1995).

Aunque existen limitantes físicas que modifican los ultrasonidos (dispersión geométrica, reflexión, absorción, refracción, efecto Doppler), los murciélagos tienen la capacidad de hacer una representación de su entorno cercano aproximadamente 5 m a su alrededor; navegan y buscan su alimento en distintos ambientes y de estructura vegetal diferente; emiten, reciben y procesan con gran eficacia señales ultrasónicas con gran ancho de banda entre 20 y 100 kHz, permitiendo localizar insectos, y compensar el efecto Doppler producido por el movimiento relativo de su presa. Sumado a esto han desarrollado la habilidad de cancelar la interferencia ultrasónica de individuos de otras especies que ocurran espacial y temporalmente en su entorno.

La diversidad de especies de murciélagos ha sido utilizada en el contexto filogenético, por lo que se han propuesto subdivisiones en el Orden Chiroptera, algunos considerando la morfología y ecolocalización, definiéndolos como Microchiroptera y Megachiroptera (Simmons y Geisler 1998); otro criterio que se ha considerado es la manera de generar los sonidos, definiendo los Subordenes de los Chiroptera en Yinpterochiroptera (manera lingual) y Yangochiroptera (forma laríngea; Koopman 1985), análisis moleculares apoyan esta subdivisión (Teeling *et al.* 2005; Fenton 2010).

Los murciélagos clasificados como Yangochiroptera incluyen a la mayoría de las familias de Microquirópteros, excepto a Rhinopomatidae, Rhinolophidae y Megadermatidae, son la mayoría insectívoros de amplia distribución y eco localizan con la laringe. Los Yinpterochiroptera incluyen a los Megaquirópteros, o murciélagos del Viejo Mundo, comedores de fruta y/o néctar, su distribución se asocia a ambientes tropicales de África e Indo Australia, algunas especies no ecolocalizan como tal, usan sonidos, producidos por la boca, estructuras nasales y lengua.

Los Microquirópteros o Yangochiroptera, han sido clasificados de acuerdo con la naturaleza de emisión de pulsos de ecolocalización, en función de si producen señales que son principalmente señales de frecuencia constante (FC), o si emiten señales de frecuencia moduladas (FM), o una combinación de señales de FM y FC (Kalko y Schnitzler 1993).

Hoy en día nuestra visión de la historia natural de los murciélagos es estrechamente vinculada a la ecolocalización. La identificación de especies de murciélagos mediante monitores acústicos ha permitido generar información acerca de registros de presencia/ausencia, uso de hábitat, y patrones de actividad, estas aproximaciones han sido documentadas en ambientes templados y tropicales principalmente.

La creación de instrumentos que poseen un detector ultrasónico

capaz de captar y transferir las llamadas de los murciélagos en señales audibles para el oído humano, ha incrementado la habilidad para entender procesos ecológicos de los murciélagos. La ecolocalización de murciélagos se ha abordado principalmente mediante el uso de instrumentos que utilizan diferentes métodos de detección como son el sistema heterodino, división de frecuencia y expansión de tiempo (Humes *et al.* 1999; O'Farrell *et al.* 1999; Fenton 2000, Corben y Fellers 2001).

El sistema heterodino es el método de conversión más común, es una técnica de banda estrecha, lo que significa que sólo un intervalo de frecuencias se hace audible en un tiempo. El ancho del intervalo de frecuencias que se transforma es determinado por un filtro en el detector y es aproximadamente de 10 kHz. El control de ajuste es utilizado para establecer la frecuencia central de los intervalos de frecuencias a transformarse, es decir, para establecer una frecuencia de 40 kHz se generan frecuencias audibles entre 35 y 45 kHz. Se considera un método de tiempo real, es decir que el sonido que recibe y emite el detector es el sonido que emite el murciélago en ese mismo tiempo; es un equipo económico, de uso simple, pero requiere que se le especifique la frecuencia de detección; funciona a partir de 10 kHz y puede registrar valores superiores a 130 kHz; es muy sensible y dependiente de la posición del sintonizador.

Los detectores de división de frecuencia dividen la frecuencia entrante por un valor preestablecido para obtener una representación audible de la llamada, elimina la estructura de armónicos. Sólo utiliza el armónico de mayor energía, pero no conserva información acerca de la amplitud; registra los valores más altos de las mediciones mínimas y los valores más bajos de las frecuencias altas (Fenton *et al.* 2001).

Los detectores acústicos programados en expansión de tiempo, describen y clasifican las llamadas de ecolocalización, estos permiten tener información detallada de todas las características de las señales. Detectan más llamadas por unidad de tiempo y supuestamente a grandes distancias (Fenton *et al.* 2001). Una vez seleccionado el pulso de grabación, tienen como desventaja que mientras esta descargando no puede estar registrando llamadas de ecolocalización (comúnmente 20 seg. por descarga).

Los detectores ultrasónicos son el resultado del avance tecnológico militarizado, que gradualmente se ha puesto al alcance de otras disciplinas, entre ellas la biología. En la década de los 80's, existió el auge en el uso de los detectores ultrasónicos aplicados a estudios biológicos, destacando el enfoque hacia la ecolocalización de murciélagos. Aunque ya se tenía conocimiento y uso de micrófonos en una versión sencilla (micrófonos piezoeléctricos), es hasta hace dos décadas que el uso de los distintos sistemas de captación de

ultrasonido permiten entender parte de la biología de quirópteros.

En Europa se realizan desde hace casi 30 años estudios sobre ecolocalización de murciélagos, emplearon principalmente los sistemas heterodino y expansión en tiempo (Pettersson Elektronik AB, Uppsala, Suecia). En Norte América se utiliza con mayor frecuencia los detectores con sistema de división de frecuencia (AnaBat™), dando paso a la creación de los primeros estudios y bibliotecas de sonotipos. En México se inician los primeros trabajos con monitoreo no invasivos en la década de los 90's, quizá debido a la cercanía e influencia con Estados Unidos y Canadá se ha venido utilizando principalmente la tecnología del detector de división de frecuencia.

Los estudios acústicos que versan sobre alguna temática de murciélagos y que se están llevando a cabo en nuestro país, están cambiando e integrando distinto instrumental y equipo que permite la obtención de datos en campo. Con la mejora de los procesos y tecnología se está permitiendo la adquisición de nuevos equipos, tales como micrófonos de menor costo (UltraMic200K, Roma, Italia). No se ha determinado el detector de murciélagos o paquete de análisis óptimo, cada método tiene ventajas y costos y estos deben ser considerados cuidadosamente antes de ser utilizados en los proyectos de investigación, únicamente debemos tener en cuenta la existencia de las limitaciones para cada uno de los diferentes tipos de detectores.

Sigue siendo una necesidad la creación de protocolos que ayuden en la estandarización de la información, ya que aún se tienen deficiencias. Si bien, ya se cuentan con iniciativas que pueden adecuarse a nuestro país, tal como las propuestas por Haynes (1997), Zamora-Gutiérrez y Jones (*comm. pers.*), es tiempo de re ajustar y considerar los parámetros mínimos deseables en campo. Con la finalidad de valorar los sonotipos grabados en cada una de las regiones de México, un país con heterogeneidad ambiental y con gran una riqueza de quirópteros.

Consideramos que la información básica que deben contener los protocolos, incluye las características y especificaciones técnicas del detector utilizado (marca, modelo, tipo de grabador, sistema de grabación, tiempo, ganancia, etc.); información del entorno (temperatura, humedad relativa, fase lunar, tipo de hábitat). Sistema de grabación (heterodino, expansión de tiempo, división de frecuencia); tiempo de grabación (anotar la subdivisión de archivos en intervalos de grabación cortos, con la finalidad de lograr un mejor análisis acústico), incluir un apartado de observaciones (que sirva para incluir las anotaciones del observador en campo, tipo de actividad que efectuaba el murciélago, etc.).

Para el análisis de las grabaciones se debe considerar la estandarización de las herramientas de análisis (software), en el mercado se tiene una variedad (Raven®, SonoBat®, AdobeAudition®).

Se deben considerar los algoritmos para el procesamiento digital de señales ultrasónicas, su buen uso permitirá hacer la depuración de pulsos y generación de espectrogramas. Sugerimos incluir al sonograma información técnica como los valores de la transformada discreta de Fourier, tiempo, amplitud de las ventanas, tipos de filtros usados, etc.

En un futuro próximo se debe fomentar la creación de biblioteca de llamadas de ecolocalización, en las que encontremos, la base de datos organizada de manera sistematizada, que permita utilizar la información en diferentes estudios. Se sabe de la importancia de las bibliotecas de ecolocalización, ya que deben ser depositarias de los archivo originales, que contengan la hoja de registro, los archivos depurados, el espectrograma y sonograma, para que en un futuro se puedan aprovechar las plataformas electrónicas para uso público.

Patricia Cortés-Calva

Centro de investigaciones Biológicas del Noroeste S. C.
Instituto Politécnico Nacional 195. La Paz, Baja California Sur
23096, México.
E-mail: pcortes04@cibnor.mx

Literatura citada

- CORBEN, C., y G. M. FELLERS.** 2001. Choosing the 'correct' bat detector - a reply. *Acta Chiropterologica* 3:253-256.
- FENTON, M. B.** 1984. Echolocation; implications for the ecology and evolution of bats. *Quarterly Review of Biology* 59:33-53
- FENTON, M. B.** 2000. Choosing the 'correct' bat detector. *Acta Chiropterologica* 2:215-224.
- FENTON, M. B.** 2010. Convergences in the diversification of bats. *Current Zoology* 56:454-468.
- FENTON, M. B., S. BOUCHARD, M. J. VONHOF, y J. ZIGOURIS.** 2001. Time-expansion and zero-crossing period meter systems present significantly different views of echolocation calls of bats. *Journal of Mammalogy* 82:721-727.
- HAYES, J. P.** 1997. Temporal variation in activity of bats and the design of echolocation-monitoring studies. *Journal of Mammalogy* 78:514-524.
- HUMES, M. L., J. P. HAYES, y M. W. COLLOPY.** 1999. Bat activity in thinned, unthinned, and old-growth forests in western Oregon. *The Journal of Wildlife Management* 63:553-561.
- KALKO, E. K. V., y H. U. SCHNITZLER.** 1993. Plasticity in echolocation

signals of European pipistrelle bats in search flight – implications for habitat use and prey detection. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 33:415-428.

KOOPMAN, K. F. 1985. A synopsis of the families of bats, part VII. *Bat Research News* 25:25–29.

OBRIST, M. K. 1995. Flexible bat echolocation: the influence of individual, habitat and conspecifics on sonar signal design. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 36:207-219.

O'FARRELL, M. J., B. W. MILLER, Y W. L. GANNON. 1999. Qualitative identification of free-flying bats using the Anabat detector. *Journal of Mammalogy* 80:11-23.

SIMMONS, N. B., Y J. H. GEISLER. 1998. Phylogenetic relationships of *Icaronycteris*, *Archaeonycteris*, *Hassianycteris*, and *Palaeochiropteryx* to extant bat lineages in Microchiroptera. *The Bulletin of the American Museum of Natural History* 235: 1–182.

SPEAKMAN, J. R. 2001. The evolution of flight and echolocation in bats: another leap in the dark. *Mammal Review* 31:111-130.

TEELING, E. C., M. S. SPRINGER, O. MADSEN, P. BATES, S. J. O'BRIEN, Y W. J. MURPHY. 2005. A molecular phylogeny for bats illuminates biogeography and the fossil record. *Science* 307:580-584.