

Primera biblioteca de llamadas de ecolocalización de murciélagos del Ecuador

Pamela Rivera-Parra¹ y Santiago F. Burneo^{2*}

Abstract

Echolocation calls in bats have several functions including orientation and searching for prey both in the approach and terminal phases of prey capture. These searching calls are species specific and can be used for identification to the species level. The research of echolocation calls has a long history in studies of the Chiroptera and has recently has been enhanced through digital technology. Although there is an extensive literature on echolocation related matters, there are only a limited number of calls in echolocation call libraries. Scientists in the Mammal Collection of the Zoology Museum of the Pontifical Catholic University of Ecuador began working with echolocation calls in 2010. The Museum maintains a web site, FaunaWeb, with a section, MammaliaWeb-Ecuador, which has a library of bat echolocation calls. As of November 2012, there were recordings of 28 species of bats in the library. We are expanding this call library as calls with reliable species identification become available.

Key words: bats, echolocation, Ecuador, library, search calls.

Resumen

Las llamadas de ecolocalización en murciélagos cumplen varias funciones incluyendo orientación y búsqueda de alimento tanto en fases de acercamiento como terminales de la captura de presas. Las llamadas de fase de búsqueda son específicas y pueden ser usadas para la identificación a nivel de especies. La investigación de llamadas de ecolocalización en quirópteros tiene una larga historia y recientemente se ha visto potenciada por la tecnología digital; sin embargo existen pocas bibliotecas de llamadas de ecolocalización. Científicos en la Colección de Mastozoología del Museo de Zoología de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador en Quito iniciaron el trabajo sobre llamadas de ecolocalización en 2010. El Museo mantiene actualmente un portal en línea denominado FaunaWeb, con una sección, MammaliaWeb Ecuador que alberga una biblioteca de sonidos de murciélagos. Hasta noviembre de 2012 este portal cuenta con grabaciones de 28 especies. La biblioteca es alimentada cuando grabaciones con identificaciones confiables están disponibles.

Palabras clave: biblioteca acústica, ecolocalización, Ecuador, llamadas de búsqueda, murciélagos.

¹Museo de Zoología de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Programa para la Conservación de los Mamíferos del Ecuador. Av. 12 de Octubre 1076 y Roca. Quito, Ecuador. E-mail: riveraparra.dp@gmail.com (PRP)

²Museo de Zoología de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Programa para la Conservación de los Mamíferos del Ecuador. Av. 12 de Octubre 1076 y Roca. Quito, Ecuador. E-mail: sburneo@puce.edu.ec (SFB)

*Corresponding author

Introducción

Las llamadas de ecolocalización cumplen varias funciones, dependiendo de las cuales, varían tanto en el intervalo y la estructura de su frecuencia como en su duración e intervalos de pulso (Jennings *et al.* 2004). Las llamadas difieren según la actividad del murciélago, en llamadas de orientación, búsqueda de alimento y sociales; las llamadas de búsqueda presentan fases de acercamiento y terminal (Fenton y Bell 1981; Schnitzler y Kalko 2001). El patrón de las llamadas de búsqueda está directamente relacionado con el ambiente en el cual forrajea el animal, por lo que muchas de las diferencias ecológicas entre especies son evidentes en este tipo de llamadas (Kalko 1995; Schnitzler y Kalko 1998). Las llamadas de búsqueda son, además, relativamente uniformes a lo largo de su emisión, pues cambios en parámetros de tiempo o de frecuencia ocurren principalmente en las fases de acercamiento o terminal (Obrist 1995; Schnitzler y Kalko 2001; Miller 2003). Por esta razón, las llamadas de fase de búsqueda son las secuencias que se usan para la identificación de especies (Ahlén y Baagoe 1999; O'Farrell *et al.* 1999).

El estudio de la acústica de llamadas de ecolocalización en murciélagos inició hace unos 50 años. En el trabajo de Griffin *et al.* (1960) se describen las llamadas de murciélagos insectívoros, las fases y los cambios que se dan en frecuencia y duración. Simmons *et al.* (1979) y Aldrige y Rautenbach (1987) describen la actividad de forrajeo de murciélagos insectívoros y el cambio en sus llamadas de ecolocalización en diferentes ambientes. Fenton y Bell (1981) utilizan llamadas de ecolocalización para identificar 39 especies de murciélagos basándose en las diferencias que existen en frecuencia, duración e intervalos de pulso. Lawrence y Simmons (1982) describen los aspectos físicos de las llamadas de ecolocalización dependientes de la frecuencia y atenuación atmosférica.

En los últimos años el número de estudios de ecolocalización se ha visto potenciado por la amplia disponibilidad y variedad de equipos de detección, grabación y análisis acústicos, lo que ha llevado al desarrollo de técnicas no invasivas y más eficientes en estudios ecológicos y de inventario de especies de murciélagos (Ahlén y Baagoe 1999; Fenton *et al.* 2001; MacSwiney *et al.* 2008).

Pese a que las técnicas de grabación y análisis de ecolocalización están muy extendidas, la información disponible en la literatura presenta limitaciones; las publicaciones existentes, suelen incluir solamente sonogramas y resúmenes de los parámetros métricos más importantes; aun cuando estos parámetros ayuden a la identificación de una sonoespecie (MacSwiney *et al.* 2008), el trabajo que se puede realizar en base a esta información es restringido. Además, muy poca de esta información se encuentra disponible en bibliotecas de llamadas de ecolocalización, especialmente para especies neotropicales.

Para obtener llamadas de ecolocalización de una especie que sean de utilidad taxonómica y permitan comparaciones a futuro se debe intentar adquirir un repertorio que incluya todos los posibles ambientes en los que el murciélago produce llamadas de orientación y búsqueda (Biscardi *et al.* 2004). Métodos ampliamente usados incluyen grabaciones cuando se libera un murciélago (Parsons 1998), grabaciones cerca de refugios (Szewczak 2004), grabaciones de murciélagos en vuelo libre de los cuales se

puede tener una identificación visual (O 'Farrell *et al.* 1999; Miller 2003), grabaciones de murciélagos liberados con marcadores fluorescentes y línea de vuelo (Szewczak 2004; Corcoran 2007), cuartos de grabación (Parsons 1998). Todos estos métodos asumen que las llamadas no presentan cambios en su duración o frecuencia por situaciones de estrés o de cambio en sus sitios de alimentación a las que se somete al animal para obtener la grabación (Parsons 1998; Fenton *et al.* 2001; Brigham *et al.* 2004).

Por la amplia variedad de métodos de grabación y análisis existentes y para poder obtener el mayor número de llamadas de alta calidad y adecuadas para una identificación confiable, se vuelve necesario utilizar protocolos y metodologías estandarizados, como los propuestos por Biscardi *et al.* (2004). La Sección de Mastozoología del Museo de Zoología de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (QCAZ) desarrolló en 2010 el proyecto "Estudio de diversidad del orden Chiroptera en el Ecuador mediante técnicas de detección de llamadas de ecolocalización" siendo la base del protocolo de elaboración de la biblioteca de llamadas de ecolocalización de acceso público en el portal de FaunaWeb. Además de la elaboración de protocolos de grabación y análisis de llamadas de ecolocalización. El presente trabajo describe las técnicas utilizadas en la grabación y análisis como propuesta de estandarización de métodos e invita al uso de la información recopilada almacenada en el portal FaunaWeb Ecuador <<http://zoologia.puce.edu.ec/vertebrados/mamiferos/ListaLlamadas.aspx>> (FaunaWebEcuador 2012).

Material y Métodos

Se realizaron grabaciones de llamadas de ecolocalización de las especies capturadas en redes de niebla (Kalko 2004; Szewczak 2004; Rivera-Parra 2011) usando un detector de ultrasonido Pettersson 240x (Pettersson Elektronik AB, Uppsala, Suecia) con tiempo de almacenamiento de 3.4 segundos y en modalidad de activación manual con factor de tiempo expandido de 10x. Las llamadas fueron almacenadas en formato digital de audio *waveform* (WAV) usando una grabadora Marantz PMD670 (D&M Professional, Itasca, Estados Unidos) con frecuencia de muestreo de 44.1 kHz. Se utilizaron dos metodologías para la obtención de los datos: cuarto de vuelo y línea de vuelo.

Grabación en cuarto de vuelo. Se usó un mariposario temporalmente en desuso, construido con tela malla que es un material que se comprobó que no refleja el sonido (Rivera-Parra 2011), ubicado en condiciones lo más parecidas al ambiente natural a los sitios de alimentación natural del murciélago (Siemers 2004). Las grabaciones se efectuaron dentro del cuarto, la liberación del murciélago fue en orientación al equipo de grabación, una vez obtenidas distintas grabaciones de cada individuo se recapturó el murciélago asignando un número único de identificación asociado a las pistas grabadas.

Grabación de murciélagos en línea de vuelo. Se eligió un lugar abierto, donde se podía apreciar una mínima presencia de murciélagos volando para evitar interferencias en las grabaciones. Alternativamente, se realizó un barrido acústico previo en el lugar escogido para identificar a las especies presentes y poder diferenciarlas de las del individuo a ser grabado. Se extendió una hebra de hilo de nylon entre dos tubos de aluminio, entre los cuales había una distancia mayor a cinco metros, en la hebra se colocó un anillo metálico el cual se encontraba amarrado a su vez a un hilo elástico y enganchado a otro anillo unido a un marcador fluorescente (Fig. 1). El hilo elástico tuvo una longitud de mínima de 1.5 m, suficiente como para alcanzar el suelo. El extremo

se amarró a manera de lazo alrededor del cuello del murciélago, teniendo cuidado de que el lazo quede lo suficientemente suelto en el cuello del murciélago para no dañar al animal pero lo suficientemente ajustado como para que no escapara.



Figura 1. Diagrama de línea de vuelo.

Para la obtención de la grabación detector y murciélago ocuparon lugares opuestos, una vez listo el equipo y el espécimen se apagaban las linternas y se liberaba al murciélago. Se realizó la grabación mientras el murciélago se encontraba volando, utilizando el marcador fluorescente como guía para dirigir el detector; de ser necesario se repitió el proceso. Una vez realizadas las grabaciones se liberó al animal del hilo elástico y se lo colocó en una funda de tela para su posterior procesamiento (Szewcak 2004). Se disponía de hilo elástico en varios grosores, de acuerdo al tamaño y peso del murciélago, para especies pequeñas se utilizó el hilo más delgado (0.5 mm), para especies más grandes hilo grueso (1.5 mm)

Murciélagos en vuelo libre. Se utilizaron dos tipos de equipos de grabación, el primero es de grabación activa, en el cual el investigador escucha en tiempo real las llamadas de ecolocalización y elige las pistas a guardar, el equipo que se utilizó fue un detector de ultrasonido Petterson 240x (Pettersson Elektronik AB, Uppsala, Suecia) con tiempo de almacenamiento de 3.4 segundos y en modalidad de activación manual con factor de tiempo expandido de 10x; las llamadas fueron almacenadas en formato digital de audio wave form (*.wav) usando una grabadora Marantz PMD670 (D&M Professional, Itasca, Estados Unidos) con frecuencia de muestreo de 44.1 kHz.

El segundo es un equipo de grabación pasiva, el cual funciona con activación automático de manera que el detector se coloca en el sitio elegido y al detectar un murciélago inicia automáticamente la grabación; este tipo de equipo puede ser programado con intervalos de frecuencia de activación, tiempo máximo de cada pista y marcaje de la hora de inicio y fin de las grabaciones. Se utilizó un detector de ultrasonido de BioAcoustic Technology AR125 (Bynary Acoustic Technology LLC, Tucson, Estados Unidos) conectado a una grabadora remota FR125-III (Bynary Acoustic Technology LLC, Tucson, Estados Unidos). Para realizar las grabaciones se muestrearon sitios como bordes de vegetación, cuerpos de agua, espacios abiertos y sitios donde se evidenció la actividad de murciélagos.

Análisis acústico. Para el análisis de las llamadas, se utilizó el programa Sonobat versión 3.01 (DNDesign, Arcata, Estados Unidos). Para asegurar la calidad de los datos y la subsecuente identificación del sonotipo se tomaron en cuenta algunos parámetros:

1. Se trabajó únicamente con secuencias de llamadas de búsqueda.

2. Se usaron secuencias que tuvieron un mínimo de tres llamadas o pulsos consecutivos.
3. Se usaron secuencias en ausencia de co-específicos y libres de llamadas de otras especies.
4. De ser necesario se filtró el ruido de insectos.

Los parámetros acústicos más importantes e informativos son los relacionados con frecuencia, medidas en kilohertzios (kHz) que son: frecuencia más alta, es la frecuencia en el punto de mayor amplitud. Frecuencia inicial, es la frecuencia al inicio de la llamada. Frecuencia más baja, es la frecuencia en el punto más bajo de la llamada. Frecuencia final, es la frecuencia al final de la llamada. Frecuencia del punto de inflexión, es la frecuencia del punto de transición que se da en un cambio de ángulo en la llamada. Frecuencia de mayor energía, es la frecuencia a la cual se coloca la mayor energía en la emisión de la llamada. Ancho de banda, es la medida de cuantos kilohertzios abarca una llamada. Los armónicos son repeticiones de la frecuencia dominante en la cual se encuentra la mayor energía (Fig. 2).

Los parámetros importantes relacionados con tiempo medidos en milisegundos (ms) son: duración, que es el tiempo entre el punto de inicio y el punto final de la llamada; e intervalo de pulso, es el tiempo entre en punto final de un pulso y el inicio del siguiente. Además se debe tomar en cuenta los componentes de las llamadas que son frecuencia modulada (FM), frecuencia cuasi-constante (QCF) y frecuencia constante (CF); los cuales están relacionados con el patrón de la llamada (Schnitzler y Kalko 1998).

Para los análisis se obtuvieron estadísticos descriptivos como la media y la variancia de cada llamada, como base para análisis posteriores. Se midió la mayor cantidad de secuencias de llamadas posible de cada especie. Las identificaciones de especies de vuelo libre se hicieron mediante comparaciones con publicaciones, mientras que para los murciélagos capturados en redes se realizó la identificación previa en campo y posteriormente se verificó en la Colección de Mamíferos del Museo.

Construcción de la biblioteca en línea. Una biblioteca de llamadas de ecolocalización que tenga utilidad en estudios similares en el Ecuador u otras regiones neotropicales, debe incluir además de los parámetros métricos, sonidos crudos y sonogramas para cada especie, un compendio de información asociada a las grabaciones así como parámetros importantes en el análisis como: especificaciones del equipo utilizado, paquetes informáticos usados en el análisis, información del responsable de la grabación y metodología de grabación usada.

El Museo de Zoología de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (QCAZ) mantiene un portal de Internet denominado FaunaWeb <<http://zoologia.puce.edu.ec/vertebrados/mamiferos/ListaLlamadas.aspx>> (FaunaWebEcuador 2012), que se origina con la intención de poner a disposición de la comunidad científica nacional e internacional, además de la sociedad en general, información sobre la diversidad de vertebrados tetrápodos en el Ecuador.

El portal está dividido en cuatro secciones: AmphibiaWeb, ReptiliaWeb, AvesWeb y MammaliaWeb. La sección de MammaliaWeb Ecuador (Burneo y Boada 2012) presenta un índice taxonómico en el que se incluye información de las especies de mamíferos que ocurren en el territorio ecuatoriano, cuya diversidad actual alcanza las 407 especies de las cuales 167 son de murciélagos (Tirira 2011). Para el orden Chiroptera, se dispone

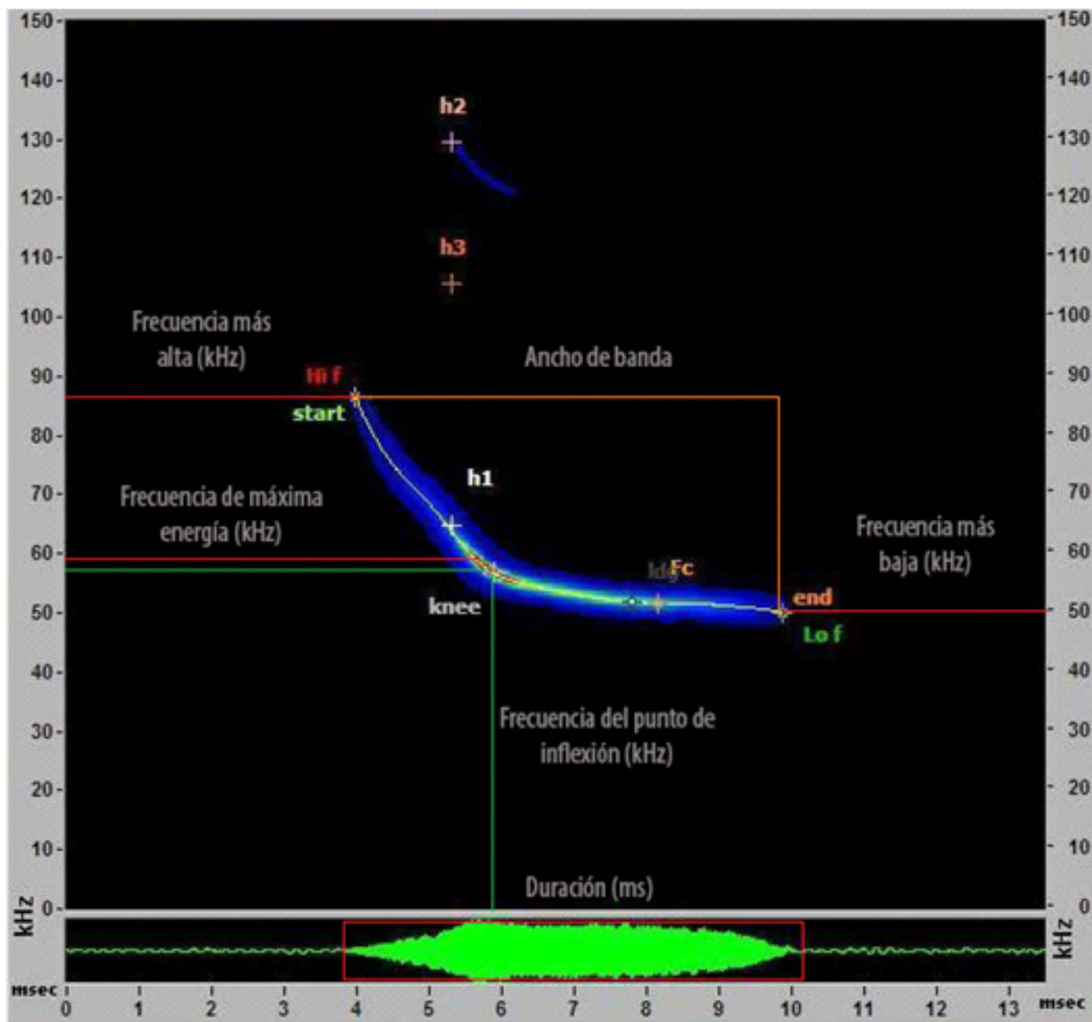


Figura 2. Parámetros medidos de las diferentes llamadas, frecuencia más alta (*Hii f*), frecuencia más baja (*Lof*), frecuencia inicial (*start*), frecuencia final (*end*), frecuencia del punto de inflexión (*knee*), número de armónico (*h1*), frecuencia característica (*Ff*), parte de la llamada con la mayor intensidad (*Ldg*), duración y ancho de banda.

de una sección de sonidos en la que se incluyen los parámetros de las llamadas de ecolocalización que se han registrado y cuya identificación ha sido confirmada siguiendo los protocolos mencionados en el presente documento.

Resultados

Hasta noviembre de 2012 se cuentan con grabaciones de 28 especies (Tabla 1), las cuales están alojadas dentro de una ficha por cada especie y además se puede acceder a ellas directamente desde el portal. La base de datos se actualizan constantemente con datos de grabaciones que enriquecen alimentándola base de datos provenientes de un proyecto de investigación a largo plazo financiado por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Adicionalmente, el QCAZ cuenta con archivos de todas las llamadas de ecolocalización grabadas en las salidas de campo a diferentes partes del país, de esta forma, se tiene acceso a llamadas de varias especies y de una especie en varias localidades.

Parte de los datos que se han obtenido son llamadas grabadas de murciélagos en vuelo libre que no han podido todavía ser identificadas a nivel de especie ya que no se han podido relacionar con parámetros publicados en la literatura o en otras bases de datos disponibles en línea.

Discusión

La cantidad de información que se obtiene con métodos de grabación y análisis acústicos en vuelo libre requiere menos tiempo de trabajo en el campo. Se puede compilar información automáticamente durante las noches, con equipos de grabación pasiva, o de forma controlada para poder muestrear un solo ambiente o durante un solo periodo de tiempo; además, son métodos poco invasivos. Es de suma importancia que todo estudio que incluya metodologías de registro acústico se inicie con el desarrollo de una biblioteca de referencia.

Es necesario mejorar los métodos de reconocimiento e identificación de sonoespecies para no depender únicamente de comparaciones bibliográficas sino también trabajar mediante esfuerzos colectivos con otros grupos de investigadores para mantener bases de datos acústicas disponibles en línea. Por esta razón invitamos a los científicos que trabajan con especies neotropicales a que contribuyan al crecimiento de la biblioteca acústica del Ecuador con sus grabaciones o identificaciones. Su aporte será reconocido en el portal MammaliaWeb y será de utilidad para estudios futuros.

Tabla 1. Listado de especies disponibles en la biblioteca de llamadas de ecolocalización de murciélagos.

Especies disponibles en la biblioteca	
Familia	Especie
Emballonuridae	<i>Cormura brevirostris</i>
	<i>Peropteryx macrotis</i>
	<i>Rhynchonycteris naso</i>
	<i>Saccopteryx bilineata</i>
	<i>Saccopteryx leptura</i>
Molossidae	<i>Molossus molossus</i>
	<i>Molossus rufus</i>
	<i>Promops centralis</i>
Mormoopidae	<i>Pteronotus parnellii</i>
Noctilionidae	<i>Noctilio albiventris</i>
	<i>Noctilio leporinus</i>
Phyllostomidae	<i>Artibeus lituratus</i>
	<i>Artibeus obscurus</i>
	<i>Artibeus planirostris</i>
	<i>Carollia brevicauda</i>
	<i>Carollia castanea</i>
	<i>Carollia perspicillata</i>
	<i>Lonchophylla thomasi</i>
	<i>Lophostoma silvicolium</i>
	<i>Mesophylla macconelli</i>
	<i>Phyllostomus elongatus</i>
	<i>Sturnira lilium</i>
	<i>Tonatia saurophila</i>
	<i>Trachops cirrhosus</i>
Thyropteridae	<i>Thyroptera tricolor</i>
Vespertilionidae	<i>Eptesicus furinalis</i>
	<i>Lasiurus blossevillii</i>
	<i>Myotis riparius</i>

Los métodos de registro acústicos constituyen una herramienta muy útil para el estudio de murciélagos, es una metodología replicable, confiable y de la cual se obtienen resultados inmediatos, abundantes y útiles. Es de suma importancia tener una biblioteca de referencia para tener una lista de las especies presentes en un lugar antes de iniciar estudios que requieran identificación hasta nivel de especie.

Los parámetros acústicos obtenidos al utilizar los métodos de grabación descritos, son consistentes con aquellos disponibles en literatura especializada y otras bases de datos, por lo cual tienen una gran utilidad en estudios comparativos. Por esta razón hemos considerado importante ponerlos a disposición de la comunidad científica a través de un portal de Internet.

La obtención de llamados de ecolocalización es un trabajo constante y de continuo crecimiento, para lo cual se necesita utilizar protocolos estandarizados, donde se implementen los métodos de registro acústico como un complemento en el muestreo de murciélagos para lograr aumentar el conocimiento de la fauna de quirópteros.

Agradecimientos

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, a los colegas y amigos del Programa para la Conservación de los Murciélagos del Ecuador y de la Red Latinoamericana para la Conservación de los Murciélagos por motivar estudios científicos en este importante grupo de mamíferos.

Literatura citada

- AHLÉN, I., Y H. J. BAAGOE. 1999. Use of ultrasound detectors for bat studies in Europe: experiences from field identification, surveys, and monitoring. *Acta Chiropterologica* 1:137-150.
- ALDRIGE, H. D. J. N., Y I. L. RAUTENBACH. 1987. Morphology, Echolocation and Resource Partitioning in Insectivorous Bats. *Journal of Animal Ecology* 3:763-778.
- BISCARDI, S., J. ORPRECIO, M. B. FENTON, A. TSOAR, Y J. M. RATCLIFFE. 2004. Data, sample sizes and statistics affect the recognition of species of bats by their echolocation calls. *Acta Chiropterologica* 6:347-363.
- BRIGHAM, R. M., E. K. V. KALKO, G. JONES, S. PARSONS, Y J. G. LIMPENS. 2004. Bat echolocation research: tools, techniques and analysis. Bat Conservation International. Austin, Texas.
- BURNEO, S., Y C. BOADA. 2012. MammaliaWebEcuador. Versión 2012.1. (En línea) Museo de Zoología QCAZ, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. [Fecha de acceso Diciembre 2012] <<http://zoologia.puce.edu.ec/vertebrados/mamiferos/MamiferosEcuador/Default.aspx>>.
- CORCORAN, A. J. 2007. Automated acoustic identification of nine bat species of the eastern United States. Dissertation of Master of Arts in Biology, Humboldt State University. Arcata, EE.UU.
- FAUNAWEBECUADOR. 2009. Enciclopedia electrónica de vertebrados de Ecuador. Ver. 1.0 (En línea) Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador. [Fecha de acceso: Diciembre 2012] <<<http://zoologia.puce.edu.ec/vertebrados>>>
- FENTON, M. B., Y G. P. BELL. 1981. Recognition of species of insectivorous bats by their

- echolocation calls. *Journal of Mammalogy* 2:233-243.
- 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.
- GRIFFIN, D. R., F. A. WEBSTER, Y C. R. MICHAEL. 1960. The echolocation of flying insects by bats. *Animal Behavior* 3:141-154.
- JENNINGS, N. V., S. PARSONS, K. E. BARLOW, Y M. R. GANNON. 2004. Echolocation calls and wing morphology of bats from the West Indies. *Acta Chiropterologica* 6:75-90.
- KALKO, E. K. V. 1995. Insect pursuit, prey capture and echolocation in pipistrelle bats (Microchiroptera). *Animal Behavior* 50:861-880.
- KALKO, E. K. V. 2004. Neotropical leaf-nosed bats (Phyllostomidae): 'whispering' bats or candidates for acoustic surveys? Pp 63-69 in *Bat echolocation research: tools, techniques, and analysis* (Brigham, R.M., E. K. V. Kalko, G. Jones, S. Parsons, y H. J. G. A. Limpens, eds). Bat Conservation International. Austin, EE.UU.
- LAWRENCE, B. D., Y J. A. SIMMONS. 1982. Measurements of atmospheric attenuation at ultrasonic frequencies and the significance for echolocation by bats. *Journal of the Acoustical Society of America* 3:585-590.
- MACSWINEY, M. G., F. M. CLARKE, Y P. A. RACEY. 2008. What you see is not what you get: the role of ultrasonic detectors in increasing inventory completeness in Neotropical bat assemblages. *Journal of Applied Ecology* 45:1364-1371.
- MILLER, B. W. 2003. Community ecology of the non-phylllostomid bats of northwestern Belize, with a landscape level assessment of the bats of Belize. Dissertation of Doctor of Philosophy by Research. University of Kent Durrell Institute of Conservation and Ecology. Canterbury, Reino Unido.
- 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.
- 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.
- PARSONS, S. 1998. The effect of recording situation on the echolocation calls of the New Zealand lesser short-tailed bat (*Mystacina tuberculata* Gray). *New Zealand Journal of Zoology* 25:147-156.
- RIVERA-PARRA, P. 2011. Caracterización de la fauna de quirópteros del Parque Nacional Yasuní en base a llamadas de ecolocación. Tesis de Licenciatura. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador.
- SCHNITZLER, H. U., Y E. K. V. KALKO. 1998. How echolocating bats search and find food. Pp 183-196 in *Bat Biology and Conservation*. (Kunz, T. H., y P. A. Racey, eds). Smithsonian Institution Press. Washington, EE.UU.
- SCHNITZLER, H. U. Y E. K. V. KALKO. 2001. Echolocation by insect-eating bats. *BioScience* 51:557-569.
- SIEMERS, B. M. 2004. Bats in the field and in a flight cage: recording and analysis of their echolocation calls and behavior. Pp 63-69 in *Bat echolocation research: tools, techniques, and analysis* (Brigham, R. M., E. K. V. Kalko, G. Jones, S. Parsons, y H. J. G. A. Limpens, eds.). Bat Conservation International. Austin, EE.UU.
- SIMMONS, J. A., M. B. FENTON, Y M. J. O'FARRELL. 1979. Echolocation and pursuit of prey

by bats. Science 203:16-21.

SZEWCAK, J. M. 2004. Advanced analysis techniques for identifying bat species. Pp 121-127 in Bat echolocation research: tools, techniques, and analysis (Brigham, R. M., E. K. V. Kalko, G. Jones, S. Parsons, y H. J. G. A. Limpens, eds). Bat Conservation International. Austin, EE.UU.

TIRIRA, D. G. 2011. Lista actualizada de especies de mamíferos en el Ecuador. Versión 2011.2. (En línea) Fundación Mamíferos y Conservación y Editorial Murciélago Blanco. [Fecha de acceso Diciembre 2012] <<www.mamiferosdeecuador.com.>>

Sometido: 11 de enero de 2013

Revisado: 22 de febrero de 2013

Aceptado: 18 de abril de 2013

Editor asociado: Patricia Cortés-Calva

Diseño gráfico editorial: Gerardo Hernández