

# Ampliación del límite noroeste de distribución de *Phyllostomus hastatus* y descripción de sus pulsos de ecolocalización

## Extension of the north-western distribution limit of *Phyllostomus hastatus* and description of its echolocation pulses

CRISTIAN KRAKER-CASTAÑEDA<sup>1\*</sup>, LOURDES NUÑEZ<sup>2</sup>, GERBER GUZMÁN<sup>2</sup>, ANA LUCÍA ARÉVALO<sup>3</sup>, LESLY PERNILLO<sup>2</sup>, Y SERGIO G. PÉREZ-CONSUEGRA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). Oficina de Enlace, Parque Científico y Tecnológico de Yucatán (PCTY), Km. 5.5, Carretera Sierra Papacal – Chuburná Puerto, C. P. 97302, Mérida. Yucatán, México. E-mail: [cristian.kraker@ecosur.mx](mailto:cristian.kraker@ecosur.mx) (CK-C).

<sup>2</sup>Escuela de Biología, Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). Edificio T-10, 2do. Nivel, Ciudad Universitaria, Zona 12, C. P. 01012. Ciudad de Guatemala, Guatemala. E-mail: [nunez.lourdes@usac.edu.gt](mailto:nunez.lourdes@usac.edu.gt) (LN); [gerberoemail@gmail.com](mailto:gerberoemail@gmail.com) (GG); [pernillolesly@gmail.com](mailto:pernillolesly@gmail.com) (LP); [sergiogperez@gmail.com](mailto:sergiogperez@gmail.com) (SGP-C).

<sup>3</sup>Departamento de Biología, Universidad del Valle de Guatemala (UVG). 18 Avenida 11-95, Zona 15, C. P. 01015. Ciudad de Guatemala, Guatemala. E-mail: [arevalofigueroaanalucia@gmail.com](mailto:arevalofigueroaanalucia@gmail.com) (ALA).

\*Autor de correspondencia

*Phyllostomus hastatus* es la segunda especie de murciélago de mayor tamaño en el continente americano. Su límite de distribución norte se encuentra entre Belice y Guatemala. En noviembre de 2022, capturamos un individuo con una trampa de arpa en la cueva Senahí, municipio de Lanquín, Alta Verapaz, Guatemala. Determinamos su sexo, edad, condición reproductiva, longitud de antebrazo, peso, y obtuvimos grabaciones acústicas. Caracterizamos los pulsos de ecolocalización y proveemos una contextualización geográfica. Se trató de una hembra adulta, no reproductiva, con longitud de antebrazo de 92.74 mm y peso de 140 g. Los pulsos de ecolocalización son de frecuencia modulada descendente con armónicos múltiples. El segundo armónico presentó la mayor energía, sin alternancia, con frecuencias por debajo de los 50 kHz y duración entre 2.3 y 4.8 ms. El sitio de captura se encuentra a una distancia aproximada de 119 km de la recolecta más cercana en el país, y ampliamos el límite noroeste de distribución de la especie. La estructura de los pulsos de ecolocalización coincidió con lo reportado en la literatura, y para las diferencias encontradas de los parámetros acústicos explicamos las posibles fuentes de variación. Por la ubicación de la captura, las recolectas previas y los tipos de vegetación donde se ha registrado esta especie, esperamos su presencia en sitios intermedios entre Alta Verapaz e Izabal, y la porción sureste de Petén, en Guatemala. Finalmente, resaltamos la importancia de la investigación y acciones de conservación del ecosistema subterráneo en el país.

**Palabras clave:** Ecosistema subterráneo; grabación acústica; Lanquín; micrófono ultrasónico; trampa de arpa.

*Phyllostomus hastatus* is the second largest bat species in the American continent. Its northern distribution limit is between Belize and Guatemala. In November 2022, we captured one individual with a harp trap in the Senahí cave, municipality of Lanquín, Alta Verapaz, Guatemala. We determined its sex, age, reproductive condition, forearm length, weight, and obtained acoustic recordings. We characterize the echolocation pulses and provide a geographic context. It was an adult female, non-reproductive, with forearm length of 92.74 mm and weight of 140 g. The echolocation pulses are of descending modulated frequency with multiple harmonics. The second harmonic presented the highest energy, without alternance, with frequencies below 50 kHz and duration between 2.3 and 4.8 ms. The capture site is at an approximately distance of 119 km from the nearest collection in the country, and we extend the north-western distribution limit of the species. The structure of the echolocation pulses coincides with the reported in literature, and for the acoustic parameters differences we explain potential variation sources. Due to the location of the capture, the previous collections, and the types of vegetation in which this species has been recorded, we expect its presence in intermediate sites between Alta Verapaz and Izabal, and the southeastern portion of Petén, in Guatemala. Finally, we emphasize the importance of research and conservation actions on the subterranean ecosystem in the country.

**Key words:** Acoustic recording; harp trap; Lanquín; subterranean ecosystem; ultrasound microphone.

© 2023 Asociación Mexicana de Mastozoología, [www.mastozoologiamexicana.org](http://www.mastozoologiamexicana.org)

*Phyllostomus hastatus* (Pallas, 1767) es la segunda especie de murciélago de mayor tamaño en el continente americano, después de *Vampyrum spectrum* (Linnaeus, 1758). Se distribuye desde Belice hasta el este de Brasil, el norte de Argentina y en casi todo Perú, con excepción de sus costas ([LaVal y Rodríguez-Herrera 2002](#)). Los registros en Centroamérica provienen en su mayoría de Panamá, Costa Rica, Nicaragua y Honduras, y en Belice y Guatemala son escasos, representando estos últimos países el límite norte de

distribución de la subespecie *P. h. panamensis* Allen, 1904 ([Santos et al. 2003](#); [Barquez y Díaz 2015](#); [Kraker et al. 2021](#); [Jennings 2022](#)).

Se trata de un murciélago filostómido (Phyllostomidae) de aspecto robusto, fácilmente distinguible de sus congéneres por su tamaño, y de especies de tamaño similar, como *Chrotopterus auritus* (Peters, 1856) y *Phyllostoma stenops* Peters, 1865, por la fisonomía del rostro y las puntas de las alas blancas en este último (ver [Timm](#)

[et al. 1999](#); [Santos et al. 2003](#); [Kraker et al. 2021](#)). Presenta una hoja nasal simple y bien desarrollada cuya herradura no se encuentra fusionada con el labio superior; su labio inferior tiene forma de V con protuberancias; las orejas son triangulares y puntiagudas y éstas, junto con las membranas y la piel del rostro, son negras ([Santos et al. 2003](#)). Sin embargo, la característica principal para reconocer a la especie es la longitud del antebrazo, que va de los 88 a los 93 mm ([Timm et al. 1999](#); [LaVal y Rodríguez-Herrera 2002](#)). Produce pulsos de ecolocalización de intensidad alta y frecuencia relativamente baja (la mayor energía por debajo de 50 kHz), con una duración que puede variar dependiendo del espacio acústico (con obstáculos vs. abierto) a más de 5 ms ([Kalko 2002](#)).

*Phyllostomus hastatus* se reporta en variedad de hábitats en tierras bajas hasta una altitud aproximada de 1,000 m y utiliza como sitios de percha cavidades de árboles, termiteros y cuevas ([Santos et al. 2003](#); [LaVal y Rodríguez-Herrera 2002](#)). Esta especie es considerada de preocupación menor por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) debido a su distribución amplia, población presumiblemente grande, presencia en áreas protegidas, y cierto grado de tolerancia a la modificación del hábitat ([Barquez y Díaz 2015](#)).

En Guatemala, se cuenta con pocos registros de *P. hastatus*. En 1990, [Marshall et al. \(1991\)](#) capturaron un individuo en la aldea San Antonio, Montaña del Espíritu Santo, Los Amates, Izabal, a una elevación aproximada de 560 m (~ 15° 11' 44.4" N y 88° 55' 58.2" O), cuyo ejemplar de referencia, preparado como piel y material óseo, se encuentra depositado en la colección de la Texas Tech University (TTU 58315). En 2000, G. Martínez y E. Salguero (com. pers.) capturaron un individuo en un cultivo de banano en la localidad Entre Ríos, Finca Hopay, Puerto Barrios, Izabal, a una elevación aproximada de 20 m (~ 15° 36' 56.3" N y 88° 31' 32.9" O), cuyo ejemplar de referencia, preparado como piel, se encuentra depositado en la Colección de Mamíferos de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC 01906). En 2011, S. G. Pérez-Consuegra capturó un individuo en la estación de la Reserva Hídrica y Forestal Sierra Caral, Morales, Izabal, a una elevación de 520 m (15° 24' 25.92" N y 88° 41' 45.24" O), cuyo ejemplar de referencia está preparado como piel y material óseo (USAC 05505).

En 2022, capturamos un ejemplar de *P. hastatus* en el centro-norte de Guatemala, el cual representa el cuarto registro de esta especie en el país. En esta nota, integramos la información concerniente al evento de captura, presentamos una caracterización acústica a partir de grabaciones obtenidas mediante la liberación del individuo, y establecemos la distancia geográfica a la recolecta más cercana en el país y la ubicación con relación al límite norte de distribución propuesto para la especie.

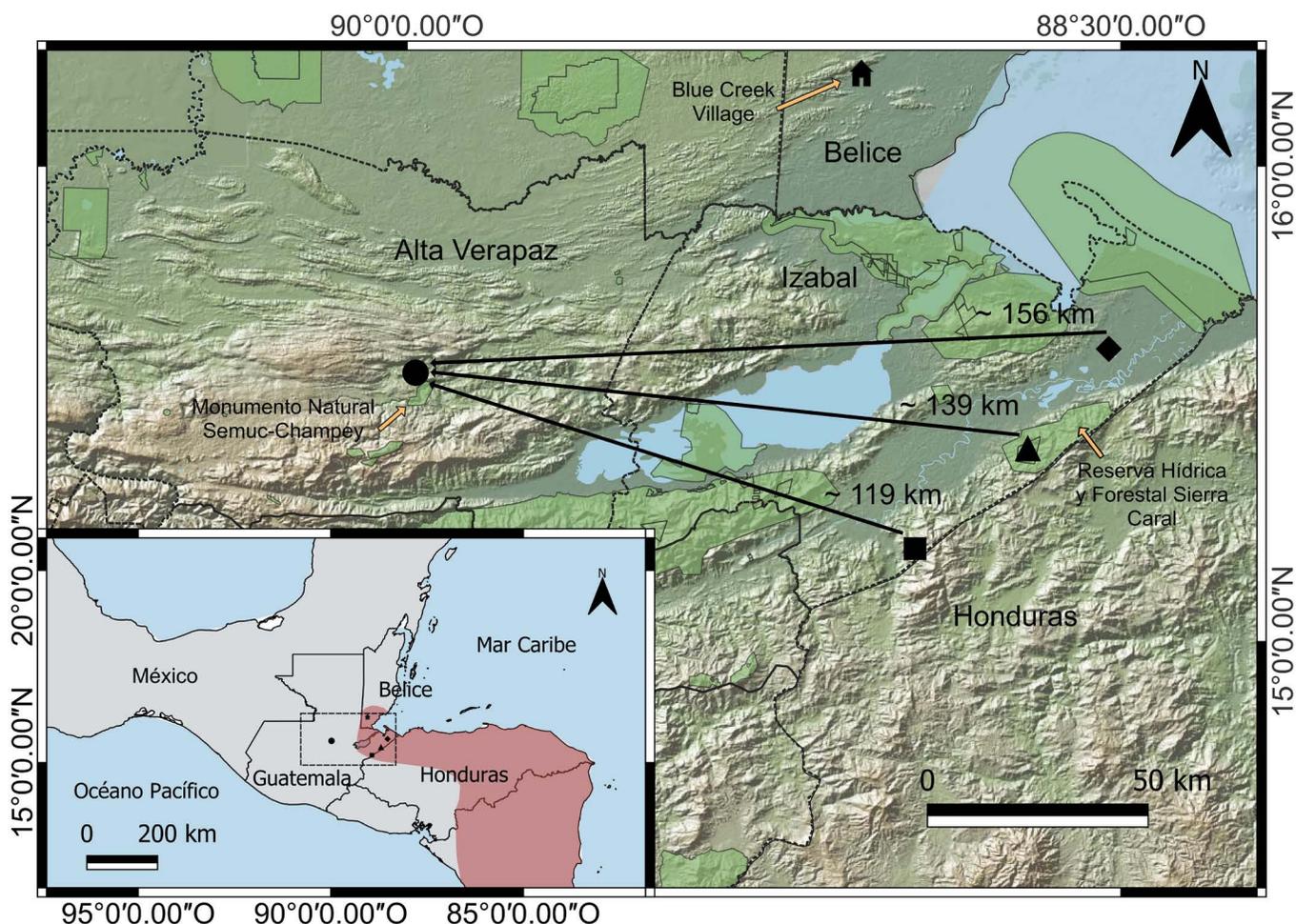
El 24 de noviembre de 2022 colocamos una trampa de arpa de doble marco y 4.2 m<sup>2</sup> de superficie de captura (Fau-natech Austbat, Australia), entre las 17:45 hr y 19:00 hr, en la primera cámara de la cueva Senahí, ubicada en las coordena-

das 15° 33' 56" N y 89° 58' 55" O, a una elevación de 450 m, en el municipio de Lanquín, Alta Verapaz, Guatemala (Figura 1). Este municipio está dominado por un ecosistema de bosque muy húmedo premontano tropical ([IARNA-URL 2018](#)), y se caracteriza por un suelo kárstico y un sistema de cuevas. La cueva Senahí se encuentra ubicada en un cerro a la orilla de una carretera construida a mediados de 2022 (Figura 2a, 2b), y es utilizada por los pobladores Maya Q'eqchi' con fines ceremoniales. En el exterior de ésta, hay presencia de especies vegetales como copal, *Protium copal* (Schltdl. & Cham.) Engl.; guarumo, *Cecropia* sp.; y palo de jiote, *Bursera* sp. En el estrato arbustivo hay presencia de palmas, *Chamaedorea* spp. y piperáceas, *Piper* spp. (obs. pers.).

Capturamos un individuo de *P. hastatus*, el cual fue procesado siguiendo los lineamientos de la American Society of Mammalogists ([Sikes y the Animal Care and Use Committee of the American Society of Mammalogists 2016](#)) y los protocolos sanitarios recomendados por el Grupo de Especialistas en Murciélagos de la UICN ([Kingston et al. 2021](#); <https://www.iucnbsg.org/bsg-publications.html>). Medimos el antebrazo con un calibrador digital Preciva con límite de 150 mm y precisión de 0.01 mm, y tomamos el peso con una báscula Digital Hanging Scale ES-PS01 con capacidad de 50 kg y precisión de 10 g. Posteriormente, una hora después de la captura, obtuvimos grabaciones acústicas del murciélago mediante la técnica de liberación en mano.

Utilizamos un micrófono ultrasónico USB Pettersson M500 (Pettersson Elektronik AB, Suecia), en modalidad direccional, conectado a una Tablet PC con sistema operativo Windows, lo cual nos permitió visualizar los pulsos de ecolocalización en tiempo real y almacenar los archivos de grabación en formato WAV de 16 bits, a través del programa BatSound® Touch Lite (Pettersson Elektronik AB, Suecia). Procedimos con la grabación en un área abierta y amplia cercana a la cueva, cerca de un montículo con una altura aproximada de 1 m. La persona conteniendo al murciélago lo liberó desde el montículo y el operador del micrófono, a una distancia aproximada de 10 m, siguió la trayectoria de vuelo del murciélago hasta que dejó de obtener pulsos de ecolocalización en el espectrograma.

Los pulsos de ecolocalización que obtuvimos los describimos cualitativa y cuantitativamente utilizando el oscilograma, espectrograma y espectro de poder, a través del programa BatSound Standard – Sound Analysis v. 3.31 (Pettersson Elektronik AB, Suecia). En el espectrograma, procedimos a visualizar la grabación completa y seleccionamos la porción de interés, configuramos el campo visual a 100 kHz máximo en el dominio de la frecuencia, 140 ms en el dominio del tiempo, ventana tipo Hanning, umbral de 20, contraste de amplitud de 3 y FFT (Fast Fourier Transformation) de 512 muestras. Descartamos los pulsos de ecolocalización iniciales con la finalidad de su estabilización después de la liberación ([Yoh et al. 2020](#)), y seleccionamos aquellos que mostraron una relación sonido-ruido alta, por arriba de 20 % ([Kraker-Castañeda et al. 2020](#)).



**Figura 1.** Sitio de captura de *Phyllostomus hastatus*, representado por un círculo, en Lanquín, Alta Verapaz, Guatemala. En el departamento de Izabal, el cuadrado indica el sitio de recolecta en la aldea San Antonio, Los Amates, el triángulo en la Reserva Hídrica y Forestal Sierra Caral, Morales, y el rombo en la Finca Hopay, Puerto Barrios. En la esquina inferior izquierda se puede apreciar el límite norte de distribución propuesto para la especie (UICN 2008; Barquez y Díaz 2015). En el mapa principal se integra el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (<https://conap.gob.gt/direccion-de-analisis-geoespacial/>) y una capa topográfica (Ryan et al. 2009; Global Multi-Resolution Topography, <https://gmrt.org/>). Elaboración: E. Leiva.

Siguiendo los criterios de Pinilla et al. (2013) y Yoh et al. (2020), a partir de una secuencia, en cada pulso de ecolocalización obtuvimos la frecuencia de máxima energía o FME (también conocida como frecuencia pico, medida en el espectro de poder), la frecuencia mínima o FMIN (a 20 dB por debajo de la FME), la frecuencia más baja o Lof y la frecuencia más alta o Hif (medidas en el espectrograma), y la duración del pulso o DUR (medida en el espectrograma). Omitimos la frecuencia máxima o FMAX debido a la superposición de frecuencias del segundo armónico (de mayor energía) y el tercer armónico (Figura 3), lo cual nos impidió obtener mediciones precisas en el espectro de poder. Resumimos los datos con estadísticos de tendencia central y dispersión, y comparamos los valores calculados con los de Pinilla et al. (2013) y Yoh et al. (2020). La grabación se encuentra disponible en la plataforma Arbimon (Rainforest Connection, Texas, EE. UU.) como parte del repositorio acústico del Programa para la Conservación de los Murciélagos de Guatemala (<https://arbimon.rfcx.org/project/pcmg-repositorio>).

Adicionalmente, determinamos la distancia de nuestra captura a la recolecta más cercana. Asimismo, superpusimos el polígono de distribución de *P. hastatus* (UICN 2008; Barquez y Díaz 2015) para determinar su ubicación con respecto al límite norte propuesto para la especie, y complementamos el mapa con el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (<https://conap.gob.gt/direccion-de-analisis-geoespacial/>) y una capa topográfica (Ryan et al. 2009; Global Multi-Resolution Topography, <https://gmrt.org/>).

A las 18:30 hr capturamos un individuo de *P. hastatus* (Figura 2c), el cual fue reconocido inmediatamente por su fisonomía y tamaño, y por capturas previas en otros países de Centroamérica por miembros del equipo de investigación. Procedimos a contenerlo en una bolsa de manta para trasladarlo al sitio de procesamiento, cercano a la cueva. Se trató de una hembra, adulta, no reproductiva, con longitud de antebrazo de 92.74 mm y peso de 140 g. Verificamos que los caracteres de la especie y las mediciones coincidieran con lo reportado por Timm et al. (1999), LaVal y Rodríguez-Herrera (2002) y Santos et al. (2003).



**Figura 2.** Cueva Senahí y ejemplar de *Phyllostomus hastatus* capturado en Lanquín, Alta Verapaz, Guatemala: a) inicio del trayecto hacia la cueva al lado de una carretera construida en 2022 (Fotografía: L. Nuñez); b) entrada de la cueva (Fotografía: L. Nuñez); c) extracción del ejemplar de una bolsa de manta (Fotografía: G. Guzmán).

Mediante la técnica de liberación en mano, obtuvimos una grabación de 7.92 s y 7.55 MB. Determinamos que los pulsos de ecolocalización de *P. hastatus* son de frecuencia modulada descendente con armónicos múltiples (Figura 3). El segundo armónico presentó la mayor energía, sin alternancia. Seleccionamos una secuencia (muestra) de 19 pulsos de ecolocalización y describimos los parámetros acústicos en la Tabla 1.

Establecimos que la superposición de los parámetros acústicos con los reportados en la literatura es mínima o inexistente: en el dominio de la frecuencia, en comparación con [Pinilla et al. \(2013\)](#) para  $Lof = 0$  kHz y  $Hif = 2.8$  kHz y con [Yoh et al. \(2020\)](#) para  $FME = 0.4$  kHz y  $FMIN = 0$  kHz (Tabla 1), y en el dominio del tiempo, en comparación con [Pinilla et al. \(2013\)](#) para  $DUR = 0$  kHz y con [Yoh et al. \(2020\)](#) para  $DUR = 1$  ms (Tabla 1).

Con base en el análisis geográfico, nuestra captura se localiza a una distancia aproximada de 119 km de la recolecta más cercana, la cual corresponde al ejemplar de la aldea San Antonio, Montaña del Espíritu Santo, Los Amates, Izabal. Con relación al límite norte de distribución propuesto para la especie ([UICN 2008](#); [Barquez y Díaz 2015](#)), se trata de

la localidad más alejada al noroeste hasta ahora registrada, representando una ampliación geográfica (Figura 1).

En 2022, la cueva Senahí fue afectada por la construcción de un libramiento que dirige hacia el Monumento Natural Semuc Champey, que implicó quemas controladas y el desgaje del cerro donde se ubica, como se puede observar en la Figura 2a. A pesar del impacto, determinamos que ésta sigue ocupada por varias especies de murciélagos además de *P. hastatus*, como *Artibeus* sp., *Carollia* sp., *Desmodus rotundus* (E. Geoffroy, 1810), *Pteronotus mesoamericanus* Smith, 1972 y *Balantiopteryx io* Thomas, 1904. *Balantiopteryx io* y *P. hastatus* destacan, la primera, por su dependencia de hábitats forestados y cuevas ([Lim 2015](#)), y porque está clasificada como vulnerable por la UICN y catalogada EDGE (Evolutionarily Distinct and Globally Endangered); y la segunda, porque representa el cuarto registro de una especie rara en el país y una ampliación del límite propuesto de distribución geográfica.

En el pasado, en otros países, han habido distintos esfuerzos de investigación acústica enfocados en especies de murciélagos filostómidos. Un ejemplo es el murciélago polinectarívoro *Glossophaga soricina* (Pallas, 1766),

**Tabla 1.** Parámetros acústicos obtenidos de una grabación de *Phyllostomus hastatus* en Lanquín, Alta Verapaz, Guatemala y de publicaciones previas. Presentamos los cálculos en el siguiente orden: promedio, desviación estándar, valor mínimo-máximo. FME = frecuencia de máxima energía; FMIN = frecuencia mínima (a 20 dB por debajo de la FME); Lof = frecuencia más baja; Hif = frecuencia más alta; DUR = duración.

Parámetro	Este estudio, <i>n</i> = 19, 1 individuo, liberación en mano, 2do. armónico	Pinilla et al. (2013), <i>n</i> = 10, 1 individuo, línea de vuelo, 2do. armónico	Yoh et al. (2020), <i>n</i> = 30, 3 individuos, liberación en mano, 3er. armónico
FME	41.16, 1.64, 38.3-43.4	-	47, 2, 43-52
FMIN	36.12, 1.46, 34.3-40.7	-	54, 2, 51-58
Lof	33.2, 0.89, 31.8-34.7	36.3, 0.4, 35.9-36.9	-
Hif	49.77, 0.89, 47.7-51	48.9, 1.2, 47.3-50.5	-
DUR	3.24, 0.79, 2.3-4.8	1.4, 0.3, 1.0-1.7	2.3, 0.5, 1.5-3.3

específicamente por el interés sobre cómo ciertas estructuras de las flores de las que se alimenta son reconocidas mediante la ecolocalización como resultado de un proceso de co-evolución (von Helversen et al. 2003; von Helversen 2004). Por otro lado, se ha analizado la flexibilidad del comportamiento de *Macrophyllum macrophyllum* (Schinz, 1821) para cazar insectos en pleno vuelo además de obtenerlos de superficies de agua (*trawling*), comprobándose que utiliza la ecolocalización como el sentido primario para la detección y localización del alimento, con evidencia de zumbidos terminales asociados a los intentos de captura (Weinbeer et al. 2013). De forma similar, el comportamiento de *Lonchorhina aurita* Tomes, 1863, que exhibe una adaptación a la cacería aérea al producir pulsos de ecolocalización que se asemejan a zumbidos terminales de murciélagos insectívoros aéreos (Gessinger et al. 2019).

Otras investigaciones se han enfocado en las vocalizaciones con función social en especies como *P. hastatus* (e.g., Boughman 1997; Bohn et al. 2004). Esta especie forma harenes estables que durante las primeras horas de la noche utilizan áreas determinadas para alimentarse (se trata de una especie omnívora), y las hembras producen vocalizaciones de frecuencia audible (4-18 kHz) que parecen facilitar el reconocimiento de individuos no relacionados y que son estructuradas a través del aprendizaje vocal (Boughman 1997; LaVal y Rodríguez-Herrera 2002; Santos et al. 2003; Bohn et al. 2004). Este tipo de vocalizaciones representan verdaderos "llamados" (*s. str.*) ya que cumplen una función de comunicación, en contraste con los "pulsos", cuya función es la orientación, detección de obstáculos y localización de presas (ver Zurc et al. 2017).

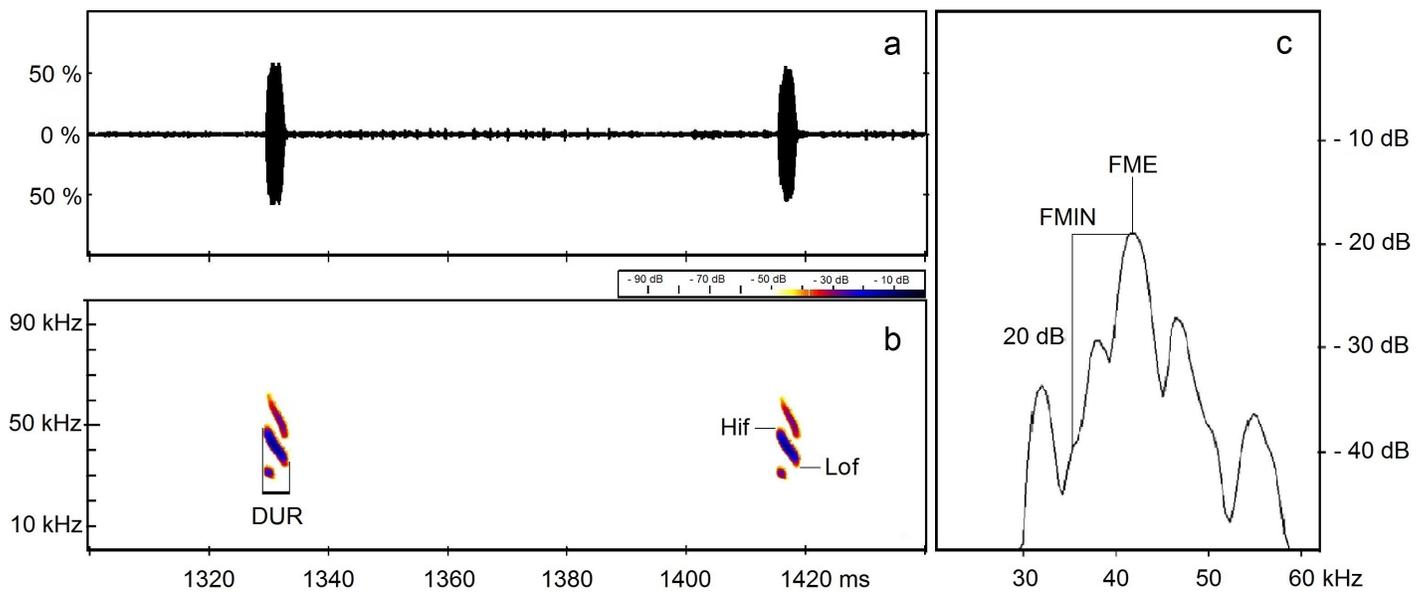
A pesar de esfuerzos como los compendios que incluyen grabaciones de referencia de varias especies de murciélagos filostómidos (e.g., Ortega et al. 2022), los monitoreos acústicos convencionales, como los enfocados en los murciélagos insectívoros aéreos (e.g., Vespertilionidae, Molossididae, Mormoopidae, Emballonuridae), no son viables para esta familia taxonómica mediante micrófonos ultrasónicos.

Para Kalko (2002) y Yoh et al. (2020), las diferencias de los parámetros acústicos entre géneros, subfamilias y gremios tróficos de murciélagos filostómidos son prácticamente imperceptibles. Esto se debe a que producen pulsos de ecolocalización de frecuencia alta y modulada, que son cortos y de intensidad baja (son denominados "murciélagos susurradores"); lo anterior, principalmente como una adaptación para la orientación en espacios con obstáculos, ya que para la búsqueda del alimento (frutos e insectos inmóviles en las superficies) utilizan una combinación de sentidos que incluyen la vista, el olfato y los sonidos de las presas, lo que resulta en la convergencia de la estructura de los pulsos de ecolocalización por la similitud de las tareas sensoriales (Kalko 2002).

Las excepciones propuestas al patrón relativamente uniforme de los pulsos de ecolocalización producidos por los murciélagos filostómidos son las especies *Ametrida centurio* Gray, 1847, *L. aurita* y *P. hastatus* (Kalko 2002; Gessinger et al. 2019; Yoh et al. 2020). En el estudio de Yoh et al. (2020), *P. hastatus* fue la única especie que no presentó superposición de la frecuencia pico tomada en el tercer armónico entre 40 especies de murciélagos filostómidos. Además, existe evidencia de que los individuos de esta especie pueden ser detectados a una distancia mayor de 10 m (Kalko 2002).

Al contrastar los parámetros acústicos de nuestra grabación con otros obtenidos de la misma especie, específicamente los presentados por Pinilla et al. (2013) y Yoh et al. (2020), encontramos que algunos de nuestros cálculos no se superponen o lo hacen mínimamente con los valores reportados. Este sesgo puede deberse a distintas fuentes de variación, entre las que podemos mencionar las siguientes relacionadas con el método entre estudios: 1) las condiciones particulares de la manipulación, que pueden generar una situación de estrés en el individuo y vocalizaciones atípicas (línea de vuelo vs. liberación en mano; B. Miller, com. pers.), 2) el espacio acústico (con obstáculos vs. abierto), lo cual puede influir en la adecuación de los pulsos de ecolocalización en tiempo y frecuencia (Barclay et al. 1999; Kalko 2002; Kraker-Castañeda et al. 2018), y 3) el armónico en el cual se toman las mediciones, ya que, por ejemplo, en el estudio de Yoh et al. (2020) la mayor energía en los pulsos de ecolocalización de *P. hastatus* predominó en el tercer armónico.

Por otro lado, existe una potencial variabilidad geográfica relacionada con factores intrínsecos, como el tamaño de los individuos entre poblaciones, y extrínsecos, como el tipo de presas, hábitats y el efecto de condiciones físicas (Barclay et al. 1999; López-Baucells et al. 2018). La acústica, integrada con análisis genéticos y morfológicos, también tiene el potencial de brindar información útil para diferenciar especies crípticas en extensiones geográficas amplias (ver López-Baucells et al. 2018). De esta manera, distintos factores pueden provocar sesgo para el reconocimiento acústico de las especies, por lo que es importante continuar con la integración de bibliotecas de referencia, principalmente en los países con vacíos de información y en el caso



**Figura 3.** Pulsos de ecolocalización de *Phyllostomus hastatus* grabados tras liberación en mano, visualizados como a) oscilograma (amplitud vs. tiempo), b) espectrograma (frecuencia vs. tiempo), y c) espectro de poder (amplitud vs. frecuencia), correspondiente al primer pulso. El espectrograma está configurado con una ventana tipo Hanning, 100 kHz máximo en el dominio de la frecuencia, 140 ms en el dominio del tiempo, umbral de 20, contraste de amplitud de 3 y FFT (Fast Fourier Transformation) de 1,024 muestras, esto último con el propósito de mejorar la resolución (Parsons et al. 2000). Se señalan los parámetros acústicos considerados para las mediciones siguiendo los criterios de Pinilla et al. (2013) y Yoh et al. (2020): duración (DUR), la frecuencia más baja (Lof), la frecuencia más alta (Hif), y la frecuencia mínima (FMIN) a 20 dB por debajo de la frecuencia de máxima energía (FME). Se utilizó el programa BatSound Standard – Sound Analysis v. 3.31 (Pettersson Elektronik AB, Suecia).

de complejos taxonómicos no resueltos.

Consideraciones finales. Con este registro, ampliamos el límite de distribución de *P. hastatus* hacia el noroeste, en Guatemala. Por la ubicación de la captura, las recolectas descritas previamente en la frontera con Honduras y en Blue Creek Village, Belice (WNMU:Mamm:4824, sin coordenadas geográficas; Figura 1; Barquez y Díaz 2015; Kraker et al. 2021; Jennings 2022), y por los tipos de vegetación en los cuales se ha registrado esta especie (e.g., bosque decíduo, bosque lluvioso, hábitats modificados; Santos et al. 2003), esperamos su presencia en sitios intermedios entre los departamentos de Izabal y Alta Verapaz, y la porción sureste del departamento de Petén, en Guatemala.

En cuanto a la caracterización acústica de *P. hastatus*, nuestros resultados coincidieron de manera general con lo reportado en la literatura, principalmente la estructura de los pulsos de ecolocalización y la frecuencia con mayor energía característicamente por debajo de 50 kHz (Kalko 2002). Sin embargo, encontramos diferencias considerables, por lo que explicamos el sesgo que puede surgir al comparar grabaciones entre estudios por fuentes de variación como el tipo de manipulación y la técnica de grabación (línea de vuelo vs. liberación en mano), el espacio acústico de grabación (con obstáculos vs. abierto), la falta de estandarización de las mediciones, y una potencial variabilidad geográfica determinada por factores intrínsecos y extrínsecos. En Guatemala, el campo de la bioacústica, específicamente enfocado en el estudio de los murciélagos, es incipiente, por lo que la integración de las bibliotecas de referencia es relevante para mejorar el

conocimiento de la riqueza y distribución de las especies.

En términos de conservación, la cueva Senahí tiene presencia de especies de murciélagos de interés y un nivel relativamente bajo de presión humana directa ya que es visitada únicamente por pobladores con fines ceremoniales, aunque debe enfatizarse en una mayor protección. Sin embargo, cuevas cercanas, como las Grutas de Lanquín, en las cuales hemos establecido la presencia de *B. io*, *Natalus mexicanus* Miller, 1902, la cual es considerada especialista de bosque y sensible a la perturbación del hábitat (López-Wilchis et al. 2021), y de las especies de la familia Mormoopidae reportadas en el país, específicamente *Mormoops megalophylla* (Peters, 1864), *Pteronotus fulvus* (Thomas, 1892), *Pteronotus psilotis* (Dobson, 1878), *Pteronotus gymnotus* (J.A. Wagner, 1843) y *P. mesoamericanus*, experimentan una carga alta de turistas y niveles altos de perturbación, por lo que es prioritaria la evaluación de su manejo.

Según el estudio de Muniz Pacheco et al. (2020), las Grutas de Lanquín tienen el potencial de ser reconocidas como el primer *hotspot* de biodiversidad subterránea en Centroamérica, y éstas, junto con la cueva Senahí y otras en el área, se presume que están interconectadas por los murciélagos, con implicaciones ecológicas en el ecosistema exterior y subterráneo, y genéticas en sus poblaciones. Es así como, en un primer paso hacia la protección de las colonias de murciélagos presentes en el área, logramos recientemente el reconocimiento de las Grutas de Lanquín como un Sitio de Importancia para la Conservación de los Murciélagos (SICOM S-GU-002 2023) por parte de la Red Latinoamericana y del Caribe para la Conservación de los Murciélagos

(RELCOM). Sin embargo, consideramos importante un diagnóstico más amplio y una estrategia de conservación del sistema de cuevas.

Por último, resaltamos que se debe dirigir una mayor atención al ecosistema subterráneo en el país para mejorar el conocimiento sobre su riqueza biológica, importancia ecológica y fragilidad, ya que los esfuerzos de investigación han sido pocos y aislados (e.g., [Cajas-Castillo et al. 2015](#); [Muniz Pacheco et al. 2020](#)). Consideramos que desde las instituciones públicas y académicas debe existir un mayor acercamiento y un diálogo horizontal con los actores locales para el manejo sustentable de las cuevas, respetando la significación de éstas en la cultura y el derecho sobre el territorio de los pueblos originarios.

## Agradecimientos

Esta publicación se enmarca en el proyecto del programa EDGE (Evolutionarily Distinct and Globally Endangered) titulado "Ecology and conservation of the sac-winged bat, *Balantiopteryx io*, in Lanquín, Guatemala", el cual cuenta con financiamiento de la Zoological Society of London (ZSL), otorgado a L. Nuñez. C. Kraker-Castañeda agradece a la Dirección de Fortalecimiento Científico y Tecnológico del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación de Chiapas (ICTIECH) por la asignación de recursos para la adquisición del equipo de detección acústica, a través del Sistema Estatal de Investigadores (SEI). Agradecemos a la comunidad Maya Q'eqchi' y a las autoridades locales, específicamente de la Dirección de Turismo y la Municipalidad de Lanquín, por los permisos concedidos y el apoyo logístico para el trabajo de campo; al Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) por la licencia de investigación; y a E. Leiva por la elaboración del mapa. Asimismo, a dos revisores anónimos por las observaciones y comentarios que permitieron mejorar este manuscrito. Dedicamos esta publicación a las y los estudiantes y colegas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, quienes acompañados por un sector de la sociedad civil continúan en la lucha por el rescate de la autonomía de esta institución y el restablecimiento de la democracia en el país.

## Literatura citada

- BARCLAY, R. M. R., J. H. FULLARD, Y D. S. JACOBS. 1999. Variation in the echolocation calls of the hoary bat (*Lasiurus cinereus*): influence of body size, habitat structure, and geographic location. *Canadian Journal of Zoology* 77:530-534.
- BARQUEZ, R., Y M. DIAZ. 2015. *Phyllostomus hastatus*. En: IUCN 2022. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-2. <https://www.iucnredlist.org/species/17218/22135955>. Consultado el 28 de diciembre 2022.
- BOHN, K. M., ET AL. 2004. Auditory sensitivity and frequency selectivity in greater spear-nosed bats suggest specializations for acoustic communication. *Journal of Comparative Physiology A* 190:185-182.
- BOUGHMAN, J. W. 1997. Greater spear-nosed bats give group-distinctive calls. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 40:61-70.
- CAJAS-CASTILLO, J. O., J. L. ECHEVERRÍA, Y L. TRUJILLO. 2015. Murciélagos del Parque Nacional Cuevas del Silvano, Izabal, Guatemala. *Boletín de la Red Latinoamericana y del Caribe para la Conservación de los Murciélagos* 6:4-8.
- GESSINGER, G. ET AL. 2019. Unusual echolocation behaviour of the common sword-nosed bat *Lonchorhina aurita*: an adaptation to aerial insectivory in a phyllostomid bat? *Royal Society Open Science* 6:182165.
- INSTITUTO DE AGRICULTURA, RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR (IARNA-URL). 2018. Ecosistemas de Guatemala basado en el sistema de clasificación de zonas de vida. Universidad Rafael Landívar. Guatemala, Guatemala.
- JENNINGS, R. 2022. WNMU Mammal Collection (Arctos). En: GBIF 2022. Global Biodiversity Information Facility. Version 32.71. <https://www.gbif.org/occurrence/897128397>. Consultado el 28 de diciembre 2022.
- KALKO, E. K. V. 2002. Neotropical leaf-nosed bats (Phyllostomidae): 'Whispering' bats as candidates for acoustic surveys? Pp. 63-69 en *Bat Echolocation Research – tools, techniques and analysis* (Brigham, R. M., et al., eds.). Bat Conservation International. Austin, Texas, EE. UU.
- KINGSTON, T., ET AL. 2021. IUCN SSC Bat Specialist Group (BSG) Recommended Strategy for Researchers to Reduce Risk of Transmission of SARS-CoV-2 from Humans to Bats. En: IUCN BSG SSC 2021. IUCN SSC Bat Specialist Group (BSG). Versión 2.0. <https://www.iucnbsg.org/bsg-publications.html>. Consultado el 28 de diciembre 2022.
- KRAKER-CASTAÑEDA, C., ET AL. 2018. Effect of intrinsic and extrinsic factors on the variability of echolocation pulses of *Myotis nigricans* (Schinz, 1821) (Chiroptera: Vespertilionidae). *Bioacoustics* 28:366-380.
- KRAKER-CASTAÑEDA, C., W. KU-PERALTA, Y A. SANTOS-MORENO. 2020. Missing something? Importance of measurement criteria of acoustic parameters in the analysis of bat recordings. *Journal of Bat Research and Conservation* 13:94-99.
- KRAKER, C., ET AL. 2021. Los murciélagos filostómidos de Chiapas, México y Guatemala. Guía fotográfica y geográfica. El Colegio de la Frontera Sur. Chiapas, México.
- LAVAL, R. K., Y B. RODRÍGUEZ-HERRERA. 2002. Murciélagos de Costa Rica. Editorial INBio. San José, Costa Rica.
- LIM, B. 2015. *Balantiopteryx io*. En: IUCN 2022. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-2. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T2532A22030080.en>. Consultado el 28 de diciembre 2022.
- LÓPEZ-BAUCELLS, ET AL. 2018. Geographical variation in the high-duty cycle echolocation of the cryptic common mustached bat *Pteronotus cf. rubiginosus* (Mormoopidae). *Bioacoustics* 27:341-357.
- LÓPEZ-WILCHIS, R., ET AL. 2021. Genetic Consequences of Forest Fragmentation in a Widespread Forest Bat (*Natalus mexicanus*, Chiroptera: Natalidae). *Diversity* 13:140.
- MARSHALL, R. S., ET AL. 1991. The big spear-nosed bat, *Phyllostomus hastatus* (Chiroptera: Phyllostomidae), in Guatemala. *The Texas Journal of Science* 43:106-107.
- MUNIZ PACHECO, G. S., ET AL. 2020. Tourism effects on the subterranean fauna in a Central American cave. *Insect Conservation and Diversity* 14:294-306.
- ORTEGA, J., M. C. MACSWINEY G., Y V. ZAMORA GUTIÉRREZ. 2022. Compendio de los llamados de ecolocalización de los murciélagos.

- gos insectívoros mexicanos. Asociación Mexicana de Mastozoología A. C. Ciudad de México, México.
- PARSONS, S., ET AL. 2000. Advantages and Disadvantages of Techniques for Transforming and Analyzing Chiropteran Echolocation Calls. *Journal of Mammalogy* 81:927-938.
- PINILLA, C., ET AL. 2013. Descripción de pulsos de ecolocalización de *Phyllostomus hastatus* (Pallas, 1767) en un bosque húmedo tropical de San Francisco (Cundinamarca, Colombia). *Revista Biodiversidad Neotropical* 3:106-112.
- RYAN, W. B. F., ET AL. 2009. Global Multi-Resolution Topography synthesis. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 10:1-9.
- SANTOS, M., ET AL. 2003. *Phyllostomus hastatus*. *Mammalian Species* 722:1-6.
- SIKES, R. S., Y THE ANIMAL CARE AND USE COMMITTEE OF THE AMERICAN SOCIETY OF MAMMALOGISTS. 2016. 2016 Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wildlife in research and education. *Journal of Mammalogy* 97:663-688.
- TIMM, R. M., ET AL. 1999. Clave de campo para los murciélagos de Costa Rica. *Brenesia* 52:1-32.
- UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA (UICN). 2008. *Phyllostomus hastatus*. En: UICN 2022. The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2020-2. <https://www.iucnredlist.org/species/17218/22135955>. Consultado el 28 de diciembre 2022.
- VON HELVERSEN, D., M. W. HOLDERIED, Y O. VON HELVERSEN. 2003. Echoes of bat-pollinated bell-shaped flowers: conspicuous for nectar feeding bats? *The Journal of Experimental Biology* 206:1025-1034.
- VON HELVERSEN, D. 2004. Object classification by echolocation in nectar feeding bats: size-independent generalization of shape. *Journal of Comparative Physiology A* 190:515-521.
- WEINBEER, M., E. K. V. KALKO, Y K. JUNG. 2013. Behavioral flexibility of the trawling long-legged bat, *Macrophyllum macrophyllum* (Phyllostomidae). *Frontiers in Physiology* 4:342.
- YOH, N., ET AL. 2020. Echolocation of Central Amazonian 'whispering' phyllostomid bats: call design and interspecific variation. *Mammal Research* 65:583-597.
- ZURC, D., ET AL. 2017. Chillidos de ecolocalización de murciélagos Emballonuridae en una sabana xerófila-semiseca del Caribe Colombiano. *Mastozoología Neotropical* 24:201-218.

Editora asociada: Beatriz Bolívar Cimé.

Sometido: Enero 25, 2023; Revisado: Mayo 23, 2023.

Aceptado: Junio 19, 2023; Publicado en línea: Julio 6, 2023.