



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
INSTITUTO DE BIOLOGÍA
ECOLOGÍA

IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS PARA DIRIGIR ESFUERZOS DE
COLECTA CIENTÍFICA PARA EL MURCIÉLAGO MASTÍN AZTECA (Chiroptera,
Molossus aztecus)

TESIS

(POR ARTÍCULO CIENTÍFICO)

**Conocimiento histórico y distribución geográfica potencial del murciélago mastín
azteca (*Molossidae: Molossus aztecus*) en Norteamérica**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

SERGUEI AXEL SANTAMARIA RUIZ

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. LÁZARO GUEVARA LÓPEZ

INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM

COMITÉ TUTOR: DRA ÁNGELA PATRICIA CUERVO ROBAYO

LABORATORIO DE ANÁLISIS ESPACIALES, UNAM

DR. ERICK ALEJANDRO GARCÍA TREJO

FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX. SEPTIEMBRE 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

INSTITUTO DE BIOLOGÍA

ECOLOGÍA

**IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS PARA DIRIGIR ESFUERZOS DE
COLECTA CIENTÍFICA PARA EL MURCIÉLAGO MASTÍN AZTECA (Chiroptera,
Molossus aztecus)**

TESIS

(POR ARTÍCULO CIENTÍFICO)

**Conocimiento histórico y distribución geográfica potencial del murciélago
mastín azteca (*Molossidae, Molossus aztecus*)**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

SERGUEI AXEL SANTAMARIA RUIZ

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. LÁZARO GUEVARA LÓPEZ
INSTITUTO DE BIOLOGÍA, UNAM

COMITÉ TUTOR: DRA ÁNGELA PATRICIA CUERVO ROBAYO
LABORATORIO DE ANÁLISIS ESPACIALES, UNAM

DR. ERICK ALEJANDRO GARCÍA TREJO
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX. SEPTIEMBRE 2023

COORDINACIÓN DEL POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
INSTITUTO DE BIOLOGÍA
OFICIO CPCB/428/2023
ASUNTO: Oficio de Jurado

M. en C Ivonne Ramírez Wence
Directora General de Administración Escolar, UNAM

Presente

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el 20 de febrero del 2023, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS en el campo de conocimiento de ECOLOGÍA del alumno SANTAMARIA RUIZ SERGUEI AXEL con número de cuenta 310198075 por la modalidad de graduación de tesis por artículo científico titulado: "Conocimiento histórico y distribución geográfica potencial del murciélago mastín azteca (*Molossidae*, *Molossus aztecus*) en Norteamérica", que es producto del proyecto realizado en la maestría que lleva por título: "Identificación de áreas prioritarias para dirigir esfuerzos de colecta científica para el murciélago mastín azteca (*Chiroptera*, *Molossus aztecus*)", ambos realizados bajo la dirección del DR. LAZARO GUEVARA LOPEZ, quedando integrado de la siguiente manera:

Presidente: DR. LUIS ALFREDO OSORIO OLVERA
Vocal: DRA. GRISELDA ESCALONA SEGURA
Vocal: DRA. YOLANDA HORTELANO MONCADA
Vocal: DR. JOSÉ JUAN FLORES MARTÍNEZ
Secretaria: DRA. ANGELA PATRICIA CUERVO ROBAYO

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Ciudad Universitaria, Cd. Mx., a 24 de mayo de 2023

COORDINADOR DEL PROGRAMA



DR. ADOLFO GERARDO NAVARRO SIGÜENZA



Agradecimientos institucionales

Este trabajo fue realizado gracias al apoyo del Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México y a la beca CEP (1085310) mediante el programa de Becas de la CGEP otorgada por el Posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM para cursar los estudios de maestría en los semestres 2021-1 al 2022-2.

Además, extendiendo mis más grandes agradecimientos a mi tutor Dr. Lázaro Guevara López por ser tan paciente, por estar siempre para escuchar y guiar en este proceso, la Dra. Angela Patricia Cuervo Robayo por siempre ser tan participativa y tener algo que decir y al Doctor Erick Alejandro García Trejo por las recomendaciones tan acertadas que siempre tuvo.

Agradecimientos personales

Me gustaría dar gracias al Doctor Lázaro Guevara López que ha sido un excelente tutor y guía en este proceso tan duro que, nos puso algunas trabas como la pandemia, cosas de salud mental pero acá seguimos y aquí se ve concluido este proyecto que comenzamos hace tiempo. A la Doctora Ángela Patricia Cuervo por ser tan comprometida y participativa en todo el tiempo que hemos trabajado juntos, además de brindar tantas herramientas a través de sitios libres para obtener información. Al Doctor Erick García Trejo por siempre tener la disponibilidad de ayudar, de estar en contacto con él, además de siempre entender que, existen muchas otras cosas que nos rodean en este camino. A los tres les agradezco por haber tenido la paciencia para continuar a pesar de los problemas de salud mental que existieron.

Quiero agradecerme a mí por poder seguir existiendo.

Agradecer a mi “ma”, Deyanira Ruiz Barragán por acompañar siempre mi camino con su interés, con su emoción de saber que seguía estudiando. Tú me viste sufrir y no me abandonaste. Acá te entrego un poquito más, ma. Te amo.

A mi “pa”, Angel Santamaria Jiménez por todo el conocimiento compartido durante este proceso tan largo y por aguantar mis largos tiempos de desempleo. Al igual, acá te entrego un poquito más.

A Vanessa García López, por haber cuidado de mi cuando todo parecía ser negro, por acompañarme viajando y no solo hablo geográficamente sino en vida. Por confiar en mí y en las ganas de seguir adelante. Acá estoy para ti y regresar todo ese apoyo que me has dado. Posdata: Ahora te toca a ti ponerme en tus agradecimientos de maestría.

A mi coleguita Daniela Remolina por siempre escucharme, por aquellas clases juntos, por aquellas risas y aquellas desesperaciones de las clases. Hiciste mi paso por el posgrado muuuy chido.

A mi compita Reinhard que es uno de los muy escasos amigos que hice durante este proceso.

Al Team Musarañas por haberme adoptado y por haber sido tan amigables conmigo.

Y a mi perrita “La Barbacoa” que siempre estuvo contigo en mis clases en línea.

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	1
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	2
1.1 Inventarios Biológicos	2
1.2 <i>Molossus aztecus</i>	4
1.3 Modelado de Nicho Ecológico	5
2. ARTÍCULO CIENTÍFICO ENVIADO	7
3. DISCUSIÓN GENERAL Y CONCLUSIONES	32
3.1 Conocimiento histórico de <i>Molossus aztecus</i>	32
3.2 Sitios con mayor idoneidad climática para <i>Molossus aztecus</i>	33
4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

RESUMEN

Los murciélagos insectívoros aéreos suelen ser difíciles de capturar o detectar visualmente por sus adaptaciones al vuelo a gran altura. El murciélago mastín azteca (*Molossus aztecus*) es una especie que habita de México a Brasil. A pesar de su amplia distribución, sorprende la aparente escasez de registros en Norteamérica. En este trabajo revisamos la información disponible en bases de datos públicas para conocer la distribución espacio-temporal de los registros de *M. aztecus* y, además, estimamos su distribución potencial actual para facilitar esfuerzos de colecta futuros. Después de depuración de datos, obtuvimos 411 registros de este murciélago, los cuales se concentran en México (207), Nicaragua (77) y Guatemala (74). La mayor cantidad de registros proviene de meses lluviosos como julio (85) y agosto (84), y de los años 1966 (74) y 1969 (70). En las últimas dos décadas, los registros en bases de datos son nulos, lo que podría deberse al rezago en la digitalización de ejemplares ya colectados. La distribución potencial indica condiciones altamente idóneas para *M. aztecus* en la vertiente del Pacífico, en donde aún hay zonas poco exploradas por mastozoólogos. Para mejorar el conocimiento de la distribución de esta especie, es necesario incluir otros métodos de muestreo, como los detectores ultrasónicos y fomentar la digitalización de colecciones científicas.

ABSTRACT

Aerial insectivorous bats are often challenging to capture or detect visually because of their adaptations to high-altitude flight. The Aztec mastiff bat (*Molossus aztecus*) is a species that inhabits Mexico to Brazil. Despite its wide distribution, the apparent scarcity of records in North America is surprising. In this work, we review the information available in public databases to know the spatiotemporal distribution of records of *M. aztecus*, and, in addition, we estimate its current potential distribution to facilitate future collecting efforts. After data cleaning, we obtained 411 records of this bat, which are concentrated in Mexico (207), Nicaragua (77), and Guatemala (74). The largest number of records comes from rainy months such as July (85) and August (84) and from the years 1966 (74) and 1969 (70). In the last two decades, the records in databases have been null, which could be due to the lag in the digitization of specimens already collected. The potential distribution indicates highly suitable conditions for *M. aztecus* on the Pacific slope, where areas are still little explored by mammalogists. To improve knowledge of the distribution of this species, it is necessary to include other sampling methods and promote the digitization of scientific collections.

INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1 Inventarios biológicos.

Los inventarios biológicos han sido la estrategia esencial para conocer la distribución espacial y temporal de la biodiversidad, siendo la base de nuestra comprensión de los patrones y procesos que la originan y mantienen en nuestro planeta. Desde hace al menos tres siglos, los inventarios han ido desde el simple acopio de especímenes para exhibición hasta el registro ordenado y sistematizado

de observaciones, obtención de datos cualitativos y cuantitativos, e interpretaciones e inferencias sobre la biodiversidad (Kohler, 2013). Sin embargo, es bien conocido que los inventarios generalmente están sesgados hacia regiones geográficas de más fácil acceso y hacia grupos taxonómicos conspicuos o de importancia inmediata al hombre (Holmes et al., 2016). Debido a estos sesgos, es inevitable pensar que la información sobre las especies (e.g. riqueza y abundancia) pueda estar incompleta. Debido a la actual pérdida de biodiversidad ocasionada por el cambio global, es importante la planeación y ejecución de inventarios biológicos que permitan enriquecer el conocimiento de la biodiversidad y respalden la toma de decisiones para una mejor conservación de los recursos naturales (Wheeler, 1995).

Los mamíferos están dentro los grupos más estudiados y mejor conocidos de todo el planeta (Burgin et al, 2019), principalmente debido al interés que los humanos han tenido por su uso y aprovechamiento. A pesar del avance notable en el conocimiento de la mastofauna a nivel mundial, aún existen vacíos de información en diversos grupos de mamíferos y regiones.

Los murciélagos son el segundo orden de mamíferos más diverso y con una distribución prácticamente cosmopolita (Wilson, 2009). Debido a sus hábitos nocturnos y voladores son difíciles de estudiar, además de la amplia variedad de refugios que en algunos casos suelen ser grietas en riscos, cortezas de árboles altos, cuevas de difícil acceso que les aseguran una lejanía con los disturbios antropocéntricos (Weller, 2007). De igual manera, los métodos de muestreo son diversos debido a lo heterogéneo de sus hábitos de alimentación de los

murciélagos. Ningún método es capaz de detectar la totalidad de los murciélagos presentes en una zona (Kuenzi y Morrison, 1998; O'Farrell y Gannon, 1999). Como consecuencia de lo anterior, si el interés fuera la detección de todos los murciélagos de cierta área, se deberían de combinar métodos para así poder detectar a la mayoría de las especies de murciélagos (Flaquer et al., 2007; O'Farrell y Ganon, 1999; MacSwiney et al., 2008; Pech-Canche *et al.*, 2011).

Los murciélagos aéreos insectívoros que pertenecen a la familia Natalidae, Emballonuridae, Mormoopidae, Vespertilionidae y Molossidae, tienen habilidades de vuelo y ecolocación específicas para la detección de sus presas (Briones-Salas y Sánchez Cordero, 2004; García-García et al., 2007; Santos Moreno et al., 2010; Alfaro y Santos Moreno, 2012; García Grajales y Buenrostro, 2012) lo que hace difícil su captura u obtener información de ellos (Kalko et al., 2008). Incluso los molósidos son más difíciles de detectar e identificar debido a la falta de sonidos de referencia y algunos traslapes en las frecuencias de sus llamados (Williams-Guillén y Perfecto, 2011).

1.4 *Molossus aztecus*

Es un murciélago que pertenece a la familia Molossidae, especialmente al género *Molossus* que está compuesto por al menos ocho especies (Simmons, 2005). *Molossus aztecus* está entre los más pequeños del género, sólo después de *Molossus fentoni* y *Molossus coibensis*. Es un murciélago insectívoro que se alimenta de polillas, escarabajo y moscas. Se concentra en colonias relativamente grandes, cerca de 300 individuos por colonia. Eligen sus refugios en huecos de árboles o dentro de casas. Sus períodos de actividad son poco conocidos pero se

ha observado que abandonan sus refugios al ocaso (Simmons, 2005). Habita en zonas tropicales, pantanos, pastizales, bosques de pino y de pino-encino. De igual manera, *Molossus aztecus* tiene una aparente buena respuesta a las modificaciones antropogénicas, llegando a habitar pequeños fragmentos de vegetación e incluso algunas construcciones (Dolan,1989). La información que se tiene acerca del género y en particular de la especie es escasa (Gregorin, et al. 2011), para lo cual esta investigación puede contribuir para obtener y generar más conocimiento acerca de *M. aztecus*.



Figura 1: *Molossus aztecus*. Fotografía de Karin Schneeberger tomada de <https://twitter.com/EveryBat>

1.4 Modelado de Nicho Ecológico

Los modelos de nicho ecológico son una herramienta que utiliza datos de presencia (y/o ausencia) y datos ambientales para inferir los requerimientos ecológicos de una especie y así poder identificar sitios en donde la especie

encontraría dichos requerimientos, lo que se conoce como distribución potencial (Guisan y Zimmermann, 2000). Estos modelos tienen la capacidad de predecir la presencia de las especies en áreas que han sido poco o nada muestreadas (Araujo y Peterson, 2012), ayudando así a identificar regiones con condiciones idóneas para las especies, lo cual contribuye a la toma de decisiones en casos como planes de manejo, áreas de conservación e incluso, sitios donde realizar colectas científicas para la obtención de más información de las especies a estudiar (Peterson et al., 2006).

Por lo anterior, este trabajo pretende conocer el estado actual del conocimiento del murciélago mastín azteca, *Molossus aztecus*, así como identificar regiones geográficas que podrían albergar poblaciones de la especie en Norteamérica. En específico, (1) se hizo una revisión de bases de datos para conocer la distribución espacial y temporal de los registros históricos de la especie e identificar en qué colecciones científicas se encuentran depositados los ejemplares de *M. aztecus*, y (2) con la información disponible, se modelaron los requerimientos climáticos de la especie para estimar su distribución potencial actual para poder detectar sitios con alta idoneidad climática que podrían servir como sitios prioritarios para ejecutar inventarios futuros.

Artículo científico enviado a la Revista Mexicana de Biodiversidad el día 23 de Noviembre del 2022.

Conocimiento histórico y distribución geográfica potencial del murciélago mastín azteca (*Molossidae, Molossus aztecus*) en Norteamérica

Historical knowledge and potential geographic distribution of the Aztec mastiff bat (*Molossidae, Molossus aztecus*) in North America

Serguei Santamaria-Ruiz¹, Angela P. Cuervo-Robayo², Erick A. García-Trejo³, Lázaro Guevara^{1,*}

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, Pabellón Nacional de la Biodiversidad, Coyoacán, 04510, Ciudad de México, México. serguei Axel94@gmail.com (SS-R), llg@ib.unam.mx (LG).

²Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Insurgentes Sur-Periférico 4903, Tlalpan, 14010, Ciudad de México, México. ancuervo@gmail.com (APC-R).

³Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Av. Universidad 3000, Circuito Exterior s/n, Coyoacán, 04510, Ciudad de México, México. erickgarciat5@gmail.com (EAG-T).

*Autor para correspondencia: llg@ib.unam.mx (L. Guevara)

Resumen

Los murciélagos insectívoros aéreos suelen ser difíciles de capturar o detectar visualmente por sus adaptaciones al vuelo a gran altura. El murciélago mastín azteca (*Molossus aztecus*) es una especie que habita de México a Brasil. A pesar de su amplia distribución, sorprende la aparente escasez de registros en Norteamérica. En este trabajo revisamos la información disponible en bases de datos públicas para conocer la distribución espacio-temporal de los registros de *M. aztecus* y estimamos su distribución potencial actual con el objetivo de facilitar esfuerzos de colecta futuros. Después de la limpieza de datos, obtuvimos 411 registros de este murciélago, los cuales se concentran en México (207), Nicaragua (77) y Guatemala (74). La mayor cantidad de registros proviene de meses lluviosos como julio (85) y agosto (84), y de los años 1966 (74) y 1969 (70). En las últimas dos décadas, los registros en bases de datos son nulos, lo que podría deberse al rezago en la digitalización de ejemplares ya colectados. La distribución potencial indica condiciones altamente idóneas para *M. aztecus* en la vertiente del Pacífico, en donde aún hay zonas poco exploradas por mastozoólogos. Para mejorar el conocimiento de la distribución de esta especie, es necesario incluir otros métodos de muestreo y fomentar la digitalización de colecciones científicas.

Palabras clave

Bases de datos, inventarios biológicos, mamíferos, modelos de nicho ecológico

Abstract

Aerial insectivorous bats are often challenging to capture or detect visually because of their adaptations to high-altitude flight. The Aztec mastiff bat (*Molossus aztecus*) is a species that inhabits Mexico to Brazil. Despite its wide distribution, the apparent scarcity of records in North America is surprising. In this work, we review the information available in public databases to know the spatiotemporal distribution of records of *M. aztecus*, and, in addition, we estimate its current potential distribution to facilitate future collecting efforts. After data cleaning, we obtained 411 records of this bat, which are concentrated in Mexico (207), Nicaragua (77), and Guatemala (74). The largest number of records comes from rainy months such as July (85) and August (84) and from the years 1966 (74) and 1969 (70). In the last two decades, the records in databases have been null, which could be due to the lag in the digitization of specimens already collected. The potential distribution indicates highly suitable conditions for *M. aztecus* on the Pacific slope, where areas are still little explored by mammalogists. To improve knowledge of the distribution of this species, it is necessary to include other sampling methods and promote the digitization of all the scientific collections.

Keywords

Databases, biological inventories, mammals, ecological niche models

Introducción

Los murciélagos (Mammalia, Chiroptera) son el segundo orden de mamíferos con más diversidad, con cerca de 1,400 especies a nivel mundial (Burgin et al., 2018). Juegan un papel esencial en los ecosistemas que habitan, ya que pueden contribuir en procesos de polinización, dispersión de semillas, además de ser controladores de poblaciones de insectos que podrían convertirse en plagas en hábitats naturales y cosechas. Dentro de los murciélagos controladores de plagas se encuentran los murciélagos insectívoros aéreos, que pertenecen a las familias Molossidae, Vespertilionidae, Natalidae, Mormoopidae y Emballonuridae (Federico et al., 2008; Kalka et al., 2008; Williams-Guillén et al., 2008). La importancia económica de estos murciélagos puede reflejarse en millones de dólares ahorrados en productos y recursos humanos para combatir plagas (Boyles y Willis, 2010). Por ejemplo, se estima que algunos individuos de la especie *Eptesicus fuscus* pueden consumir hasta 8 g de insectos cada noche (Anthony y Kunz, 1977; Kurta et al., 1989), lo que implica que un millón de murciélagos podría consumir más de 1,000 toneladas de insectos cada año (Boyles y Willis, 2010). En el caso del murciélago *Tadarida brasiliensis*, es posible ahorrar 26.7 mil millones de dólares anuales para la industria algodonera (Cleveland et al., 2006, Boyles et al., 2011). Este tipo de evidencias son cada vez más valiosas para generar estrategias de conservación para los murciélagos y las funciones que cumplen en los ecosistemas.

A pesar de la contribución directa o indirecta que aportan los murciélagos insectívoros al bienestar humano, el conocimiento acerca de la distribución y

abundancia de muchas especies es escaso, sesgado o incluso inexistente, sobre todo en regiones tropicales en donde aún existen notables vacíos de información básica sobre la biodiversidad (Hughes et al., 2021). Esto dificulta el diseño de estrategias sólidas para la conservación de biodiversidad, dificultando también la comprensión de los patrones y procesos biológicos y ecológicos que originan y mantienen a la biodiversidad (Hortal et al., 2015; Mace, 2004; Sobral-Souza et al., 2021). Ante esto, es fundamental conocer y analizar la información actual de las especies, con la intención de detectar los vacíos de información y delinear estrategias de investigación futura, tal como la planeación de inventarios biológicos que incluyan esfuerzos de muestreo dirigido a especies poco conocidas.

En el caso de los murciélagos insectívoros aéreos, un factor que podría hacernos sospechar sobre la falta de conocimiento sobre su distribución es su forma de forrajeo, ya que se alimentan principalmente en espacios semi abiertos en el bosque, sobre el dosel de la vegetación y cerca de los riscos (Schnitzler y Kalko, 2001); por lo tanto, esto puede representar una dificultad para ser registrados mediante métodos tradicionales de colecta de murciélagos, tal como las redes de niebla, las trampas de harpa o la colecta manual (Flaquer et al., 2009; Hourigan et al., 2008; Kalko y Handley, 2001; MacSwiney et al., 2008). Además, los murciélagos insectívoros suelen tener una ecolocación precisa y propiedades de vuelo desarrolladas, lo que les facilita la detección y esquiva de las redes, en comparación con otras especies de murciélagos (Kalko *et al.*, 2008). Las especies

de la familia Molossidae inclusive alcanzan velocidades altas debido a sus alas largas y estrechas (Ortega et al., 2022).

El murciélago mastín azteca (Molossidae, *Molossus aztecus*), una especie relativamente pequeña dentro de su género, habita en México, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Venezuela y Brasil (Simmons, 2005). Está fuertemente asociada con hábitats húmedos, incluyendo los bosques semidecíduos, pino, pino-encino y bosques mesófilos de montaña (Handley, 1976). Se distribuye en altitudes que van desde tierras bajas hasta los 1,800 msnm (Mora, 2016). A la fecha, esta especie se encuentra en preocupación menor de acuerdo con la lista roja de la IUCN, aunque al sur de México se estima que las poblaciones se han reducido en un 45% (Solari, 2019). En general, la información sobre la biología, ecología e historia natural de esta especie aún es escasa.

Una herramienta que puede contribuir a incrementar el conocimiento ecológico y geográfico de las especies son los modelos de nicho ecológico (MNE). Los MNE utilizan los registros de presencia (y/o ausencia) y variables ambientales para encontrar una asociación entre ambos y obtener una aproximación a los requerimientos del nicho Grinneliano de la especie (Soberón y Nakamura, 2009). A partir de las delimitaciones de los factores ambientales que limitan al nicho de la especie, es posible proyectar estas características en un mapa para estimar las áreas en donde éstas condiciones existen y, por lo tanto, favorecen la presencia de la especie, lo cual se traduce en su distribución geográfica potencial (Peterson y Soberón, 2012). Esta aproximación ha demostrado ser útil para guiar esfuerzos

de muestreo en especies con distribuciones restringidas, o poco detectables (Raxworthy et al., 2003).

En el presente estudio se realizó una recopilación de la información geográfica disponible sobre *Molossus aztecus* en Norteamérica (i.e., de México a Panamá), con la finalidad de conocer el estado actual de su distribución y detectar posibles vacíos de información. Además, con base en la información disponible y el uso de modelos del nicho ecológico, se proponen las regiones prioritarias para dirigir esfuerzos de colecta futuros que permitan incrementar el conocimiento de esta especie.

Materiales y métodos

Datos de presencia. Los datos de presencia de *Molossus aztecus* se obtuvieron de tres bases de datos: VertNet, GBIF y el Sistema Nacional de Información sobre la Biodiversidad (SNIB-CONABIO, 2022). En el caso de VerNet (Constable et al., 2010) y GBIF (<https://doi.org/10.15468/dl.basdms>), los datos se seleccionaron usando el nombre científico de la especie “*Molossus aztecus*”. Los registros provenientes del SNIB-CONABIO fueron obtenidos junto con todas las especies del género *Molossus* para, posteriormente, eliminar los registros diferentes a *Molossus aztecus*. Las descargas se realizaron en el mes de diciembre del año 2020. Se realizó la depuración de los datos provenientes de las tres fuentes de información, con la finalidad de evitar registros repetidos y obtener los datos de localidad y fecha de colecta lo más precisa posible.

Con la finalidad de corroborar la identificación taxonómica de algunos registros de *M. aztecus* que podrían confundirse con *M. molossus*, una especie morfológicamente similar, se revisaron ejemplares en la Colección Nacional de Mamíferos de la Universidad Nacional Autónoma de México (CNMA 1939, 5658, 6403, 12203, 15202, 17468-17469, 19320, 28869-28870, 30129-30130) y se siguieron claves taxonómicas especializadas (Álvarez-Castañeda et al., 2015; Gregorin et al., 2011).

Conocimiento histórico. Para comprender cómo se ha acumulado el conocimiento sobre la distribución de *Molossus aztecus* en Norteamérica y detectar posibles vacíos de información a través del espacio y el tiempo, se obtuvieron los años y meses de colecta, el número de registros por país y el número de registros por colección científica. Se utilizó el Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (INEGI, 2013) para obtener un estimado de la elevación a la que fue colectado cada ejemplar. Los datos por elevación se dividieron en registros de tierras bajas (0-500 m), tierras medias (501-1000 m) y tierras altas (>1,500 m). Los análisis espaciales se realizaron en el programa QGIS 3.26.3 (QGIS.org) y los gráficos para visualizar la información en el programa Statistica 7.1 (StatSoft, Inc. 2005).

Distribución potencial actual. Para estimar la distribución potencial actual de *Molossus aztecus*, se generaron modelos de nicho ecológico con el algoritmo de MaxEnt 3.3.4 (Phillips et al., 2006). Los datos climáticos fueron obtenidos de WorldClim 2.1 (Fick y Hijmans, 2017), descargando 19 variables bioclimáticas con una resolución de 2.5 minutos. Estos datos representan valores promedio estacionales y extremos de temperatura y precipitación.

Para generar diferentes modelos candidatos, las variables climáticas se dividieron en tres conjuntos. El primer conjunto de variables climáticas (set_01) incluyó aquellas que mostraron relativamente menor correlación de Pearson con otras variables (< 0.80); el segundo conjunto (set_02), aquellas que mostraron relativamente menor correlación de Spearman con otras variables (< 0.80); y finalmente, el tercer conjunto (set_03) aquellas con el menor factor de inflación de varianza.

Los modelos para cada uno de los tres conjuntos de datos fueron realizados en el paquete de R KUENM (Cobos et al., 2019). Los parámetros fueron 70% de datos para entrenar los modelos y el restante 30% para la validación. Se evaluaron los multiplicadores de regularización 0.5, 1, 2 y 3, además de las *feature class*; *lineal* (l), *cuadratic* (q), *product* (p), *hinge* (h), *linear-cuadratic* (lq), *linear-product* (lp), *cuadratic-product* (qp) y *linear-cuadratic-product* (lqp), *linear-cuadratic-product-hinge* (lqph). La evaluación se realizó con un umbral de omisión menor al 5%, 500 iteraciones y el 50% de los datos para realizar el método de remuestreo por *bootstrap*. Se tomó como referencia el área bajo la curva (AUC por sus siglas en inglés) y el menor valor de AICc (*Akaike Information Criterion*) para seleccionar los modelos óptimos.

El mapa de predicción continua fue convertido en uno binario de condiciones idóneas (1) y no idóneas (0) usando el umbral de *equal training*, ya que con este umbral la distribución potencial se ajustó de mejor manera a la distribución reportada por Simmons (2005). Adicionalmente, para distinguir de una mejor manera las zonas climáticamente más idóneas, se realizó un mapa con categorías

de idoneidad a partir del umbral de corte y hasta el valor más alto: baja (0.252-0.5), media (0.5-0.75), alta (0.75-0.90) y muy alta (0.90-1.0). Finalmente, se obtuvieron los municipios con muy alta idoneidad para identificar los lugares con mayor probabilidad de albergar registros aún no conocidos de la especie y, de este modo, facilitar la planeación de esfuerzos de muestreo futuros.

Resultados

Registros en bases de datos. Se compiló una base de 697 registros históricos de *Molossus aztecus*. Después de la limpieza, se obtuvieron 411 registros. El Museo de Historia Natural de la Universidad de Kansas es el que tiene más registros (148) y, en México, la Colección Nacional de Mamíferos del Instituto de Biología es la que cuenta con más registros (12).

Con respecto a el registro de especímenes lo largo de los meses (fig. 1A), el mes con más ejemplares fue julio (85), seguido por agosto (84) y abril (44). El mes con menor número de registros fue enero (4). El intervalo de los años en los que han sido colectados los ejemplares de *M. aztecus* comprende 100 años, desde 1896 a 1995 (fig. 1B), por lo que hace más de 25 años no existe un registro en una colección biológica o estos no han sido digitalizados. El año con mayor número de ejemplares fue 1966 (74), seguido por 1969 (70). Existen seis años con únicamente un ejemplar de *M. aztecus* (1946, 1952, 1959, 1960, 1982 y 1955); sin embargo, existen varios años en los cuales no se obtuvieron datos de la presencia de *M. aztecus*, por ejemplo de 1905 a 1933.

En Norteamérica, el país con más registros es México (207), seguido de Nicaragua (77) y Guatemala (68); mientras que los países con menos registros son Honduras (8) y Costa Rica (6). Con respecto a la elevación, se obtuvo un mayor número de registros de *M. aztecus* en tierras bajas (397), seguido de tierras medias (126) y con un número menor en tierras altas (21).

Modelado de nicho ecológico y distribución potencial. El primero conjunto de variables contiene a las variables bioclimáticas 1, 2, 3, 12, 14, 18 y 19. El segundo conjunto contiene a las variables 1, 2, 3, 4, 5, 12, 13, 14, 18 y 19. Por último, el tercer conjunto contiene a las variables 2, 3, 8, 13, 15, 18 y 19. De los 336 modelos generados, el modelo óptimo fue realizado con el *regularization multiplier* de 0.75, las *feature classes linear_cuadratic_product* y el tercer conjunto de variables ambientales. Para este, se obtuvo un AUC de 0.887 y las variables que más contribuyeron fueron la isothermalidad (bio 3; 50.6%), la precipitación estacional (bio 15; 15.1%) y el intervalo medio diurno de temperatura (bio 2; 14.6%).

La distribución potencial estimada a partir de los parámetros anteriores muestra condiciones climáticas favorables para la especie desde México hasta Panamá (fig. 2). En México, la distribución en el centro y sur del país colindan con el Océano Pacífico, extendiéndose por los estados de Sinaloa, Nayarit, Colima, Jalisco, Michoacán, Guerrero y abarcando parte del territorio de Oaxaca y Chiapas. Por la vertiente del Golfo de México, la idoneidad climática se extiende hasta la Península de Yucatán. Más al sur, la idoneidad se extiende a los países de Centroamérica, desde Guatemala hasta Panamá, en donde se presenta una

alta idoneidad climática en la región de tierras medias y bajas cercanas al Océano Pacífico, principalmente en Guatemala y El Salvador (fig. 2).

El municipio con mayor idoneidad es la Democracia, en el departamento de Escuintla, Guatemala, seguido por el municipio de San Francisco Méndez en el departamento de Ahuachapán, El Salvador y La Gomera en el departamento de Escuintla, Guatemala. El país que cuenta con mayor número de municipios por encima del 0.90 de idoneidad es México (7), seguido por El Salvador (4) y Guatemala (3) (Tabla 1).

Al observar las categorías a partir del umbral de corte, la idoneidad climática más alta se ubica en la parte cercana al Océano Pacífico, siendo El Salvador el país que más zonas de idoneidad tiene en relación con su tamaño. La idoneidad decrece hasta media y baja conforme se aleja de la vertiente del Pacífico, tal como en Honduras y los estados de México cercanos a la Planicie Costera del Golfo de México (Fig. 2).

Discusión

Conocimiento histórico de M. aztecus. La revisión en bases de datos públicas mostró que, a pesar de su amplia distribución, *M. aztecus* es una especie con aún escaso conocimiento sobre su distribución geográfica en Norteamérica. El número relativamente pequeño y espaciado de los registros a lo largo de su distribución y en el tiempo puede deberse a distintas razones. Una de ellas puede estar relacionada al esfuerzo de muestreo y las técnicas comúnmente empleadas para registrar murciélagos. El uso de redes de niebla o redes a baja altura, podrían ser

poco eficaces para la colecta de murciélagos aéreos insectívoros (Flaquer y Arrizabalaga, 2009). Los murciélagos insectívoros tienen habilidad de vuelo y ecolocalización altamente especializada, incluso utilizando el efecto *Doppler* para capturar sus presas, como mosquitos o lepidópteros (Habersetzer et al., 1984). Para el caso de *M. aztecus*, este puede volar a más de 10 m de altura, realizando círculos de más de 30 o 60 m de diámetro (Dalquest y Werner, 1951), lo que haría que esta especie fuera difícil de capturar con los métodos tradicionales.

Por otro lado, la dificultad en la identificación taxonómica también podría explicar la escasez de registros de *M. aztecus*. La taxonomía de varias especies del género aún está incompleta, debido a la falta de especialistas y al vacío de información sobre la distribución en diversas regiones del continente (Eger, 2007; Simmons y Voss, 1998). *M. aztecus* no es la excepción, ya que probablemente la escasez de registros en bases de datos se deba a que algunos ejemplares se encuentren identificados en colecciones científicas bajo otro nombre o permanezcan sin identificar. Como ejemplo, Álvarez-Castañeda y Álvarez (1991) habían descrito a la subespecie *M. aztecus lambdi*, que ahora está incluida dentro de la especie *M. coibensis*, una especie morfológicamente similar a *M. aztecus*.

En cuanto a la temporalidad, es destacable que los registros son principalmente antiguos (fig. 1B). Algunos registros relativamente recientes se encuentran publicados en artículos científicos, pero aún no se encuentran almacenados o disponibles en las bases de datos públicas examinadas aquí. Tal es el caso de registros adicionales en Tabasco (Rodríguez, 1992), Oaxaca (Briones-Salas et al., 2001), Jalisco (Guerrero y Cervantes, 2003) y San Luis Potosí (García-Morales y

Gordillo-Chávez, 2011). Esto demuestra la importancia de continuar y redoblar esfuerzos para digitalizar la información resguardada en colecciones mastozoológicas. Lamentablemente, la digitalización de datos se ve afectada por falta de financiamiento y recursos humanos (Wieczorek et al., 2012).

Por otro lado, la mayor cantidad de registros de la época lluviosa de esa parte de Norteamérica (julio-agosto) llama la atención (fig. 1A), ya que puede deberse a la cantidad de recursos alimenticios disponibles para este gremio de murciélagos, los cuales se alimentan de insectos y a su vez, los insectos tienen mayor disponibilidad de alimento debido a la proliferación de especies vegetales por la época lluviosa (Kunz y Parsons, 2009). Sin embargo, también es posible que esté asociado a un mayor esfuerzo de muestreo durante estos meses.

Por otra parte, la distribución de *M. aztecus* a lo largo de los diferentes gradientes de altitud coincide con lo mencionado por Taylor y Tuttle (201), los cuales mencionan que su distribución altitudinal va desde el nivel del mar, hasta los 1,500 m. Sin embargo, Handley (1976) destacó que la distribución altitudinal podría estar por encima de los 1,400 m, lo cual también coincide con el presente trabajo, ya que diez registros se encuentran por encima de esta elevación, teniendo el registro con mayor altitud a los 2,239 m, en el estado de Chiapas, México.

Sítios con mayor idoneidad climática para M. aztecus. La distribución potencial actual de *M. aztecus* se concentra hacia la vertiente del Océano Pacífico (Tabla 1). Esta región se caracteriza por un clima predominantemente Aw (Koppen, 1900), el cual presenta una marcada y más extensa época seca, con un clima isotérmico con variaciones entre 2 y 6 °C; esto se ve reflejado en que la variable climática

que más aportó al modelo de nicho ecológico fue la de isothermalidad (bio 3). Además de este tipo de clima, también se observan regiones con clima Cw, con mayor humedad y temperaturas relativamente más bajas, principalmente en sitios a mayor elevación en los estados de Guerrero, Oaxaca y Chiapas, en México y hacia Guatemala y Honduras. Hasta la fecha, se ha reportado que este murciélago prefiere sitios de abundante humedad (Handley, 1976), tal como regiones a menor latitud, en donde la cantidad de humedad es mayor que en la zona Neártica. Sin embargo, Handley (1976), mencionó que prefiere hábitats de bajas temperaturas, mientras que Mora (2016) mencionó que incluso puede habitar en bosques tropicales o pantanos, donde las temperaturas medias no son bajas, lo cual apoya nuestros modelos cercanos a la costa del Océano Pacífico (fig. 2).

El conocimiento ecológico y biogeográfico sobre *Molossus aztecus* es aún escaso, a pesar de su amplia distribución geográfica. Incluso, es probable que aún existan poblaciones desconocidas de esta y otras especies del género *Molossus*, por la falta de inventarios faunísticos en áreas remotas de Norte y Sudamérica, y por la falta de revisión crítica del material de las colecciones científicas (Gregorin et al., 2011). Esto puede ocurrir en otras especies de mamíferos Neotropicales, ya que aún hace falta trabajo de campo, revisiones taxonómicas en colecciones científicas y digitalización de información disponible, que permitan conocer de mejor manera su riqueza y distribución (Patterson, 2002). Esperamos que el presente trabajo contribuya a comprender el estado actual del conocimiento de *M. aztecus* e identificar sitios en donde es posible encontrar la especie y así, además, poder obtener más conocimiento biológico.

Agradecimientos

A F. A. Cervantes, Y. Hortelano y J. Vargas por su apoyo en la consulta de ejemplares en la Colección Nacional de Mamíferos, UNAM. Este trabajo fue realizado gracias al apoyo del Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México y a la beca CEP (1085310), mediante el programa de Becas de la CGEP otorgada por el Posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM para cursar los estudios de maestría en los semestres 2021-1 al 2022-2 para la obtención del grado SASR. APC-R agradece al Conacyt por la beca posdoctoral para realizar el proyecto”.

Referencias

Álvarez-Castañeda, S. T., y Álvarez, T. (1991). Los murciélagos de Chiapas. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México.

Álvarez -Castañeda, S. T., Álvarez, T., y González-Ruiz, N. (2017). Guía para la identificación de los mamíferos de México. Baltimore, Maryland: Johns Hopkins University Press.

Anthony, E. L., y Kunz, T. H. (1977). Feeding strategies of the little brown bat, *Myotis lucifugus*, in southern New Hampshire. *Ecology*, 58, 775–786.

Boyles, J. G., Cryan, P. M., McCracken, G. F., y Kunz, T. H. (2011). Economic importance of bats in agriculture. *Science*, 332, 41–42.

Briones-Salas, M. A., Sánchez-Cordero V., y Quintero A. G. (2001). Lista de mamíferos terrestres del norte del estado de Oaxaca, México. *Anales del Instituto de Biología*, 72, 125–161.

Burgin, C. J., Colella, J. P., Kahn, P. L., y Upham, N. S. (2018). How many species of mammals are there?. *Journal of Mammalogy*, 99, 1–14.

Cleveland, C. J., Betke, M., Federico, P., Frank, J. D., Hallam, T. G., Horn, J., et al. (2006). Economic value of the pest control service provided by Brazilian free-tailed bats in south-central Texas. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4, 238–243.

Cobos, M. E., Peterson, A. T., Barve, N., y Osorio-Olvera, L. (2019). kuenm: an R package for detailed development of ecological niche models using Maxent. *PeerJ*, 7, e6281.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2022). Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. Registros de ejemplares. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México.

Constable, H., Guralnick, R., Wieczorek, J., Spencer, C., Peterson, A. T., y VertNet Steering Committee. (2010). VertNet: a new model for biodiversity data sharing. *PLoS biology*, 8, e1000309.

Dalquest, W. W., y Werner, H. J. (1951). The interscapular gland of a tropical fruit bat. *The Anatomical Record*, 111, 345–353.

Eger, J. L. (2008). Family Molossidae. En Gardner, A. L (Ed.) *Mammals of South America Volume 1, Marsupials, xenarthans, shrews and bats* (pp. 399–439). Chicago: The University of Chicago Press.

Federico, P., Hallam, T. G., McCracken, G. F., Purucker, S. T., Grant, W. E., Correa-Sandoval, A. N., et al. (2008). Brazilian free-tailed bats as insect pest regulators in transgenic and conventional cotton crops. *Ecological Applications*, 18, 826–837.

Fick, S. E., y Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37, 4302–4315.

Flaquer, C., Torre, I., y Arrizabalaga, A. (2007). Comparison of sampling methods for inventory of bat communities. *Journal of Mammalogy*, 88, 526–533.

García-Morales, R., y Gordillo-Chávez, E. J. (2011). Murciélagos del estado de San Luis Potosí, México: revisión de su conocimiento actual. *Therya*, 2, 183–192.

Gregorin, R., Tahara, A. S., y Buzzato, D. F. (2011). *Molossus aztecus* and other small *Molossus* (Chiroptera: Molossidae) in Brazil. *Acta Chiropterologica*, 13, 311–317.

Guerrero, S., y Cervantes, F. A. (2003). Lista comentada de los mamíferos terrestres del estado de Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 89, 93–110.

Guisan, A. y N. E. Zimmermann. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135: 147-186.

Habersetzer, J., Schuller, G., y Neuweiler, G. (1984). Foraging behavior and Doppler shift compensation in echolocating hipposiderid bats, *Hipposideros bicolor* and *Hipposideros speoris*. *Journal of Comparative Physiology A*, 155, 559–567.

Handley Jr, C. O. (1978). Mammals of the Smithsonian Venezuelan project. *Brigham Young University Science Bulletin, Biological Series*, 20, 1.

Hortal, J., de Bello, F., Diniz-Filho, J. A. F., Lewinsohn, T. M., Lobo, J. M., y Ladle, R. J. (2015). Seven shortfalls that beset large-scale knowledge of biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 46, 523–549.

Hourigan, C. L., Catterall, C. P., Jones, D., y Rhodes, M. (2008). A comparison of the effectiveness of bat detectors and harp traps for surveying bats in an urban landscape. *Wildlife Research*, 35, 768–774.

Hughes, A. C., Orr, M. C., Ma, K., Costello, M. J., Waller, J., Provoost, P., et al. (2021). Sampling biases shape our view of the natural world. *Ecography*, 44, 1259–1269.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2013). Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0, CEM 3.0. México. (<https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/>)

Kalka, M. B., Smith, A. R., y Kalko, E. K. (2008). Bats limit arthropods and herbivory in a tropical forest. *Science*, 320, 71.

Kalko, E. K., y Handley, C. O. (2001). Neotropical bats in the canopy: diversity, community structure, and implications for conservation. *Plant Ecology*, 153, 319–333.

Kalko, E. K., Estrada Villegas, S., Schmidt, M., Wegmann, M., y Meyer, C. F. (2008). Flying high—assessing the use of the aerosphere by bats. *Integrative and Comparative Biology*, 48, 60–73.

Köppen, W. (1900). Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. *Geographische Zeitschrift*, 6, 593–611.

Kunz T. H. S. Parsons (eds.). (2009) . Ecological and behavioral methods for the study of bats. Segunda edición. Maryland: Johns Hopkins University Press.

Kurta, A., Bell, G. P., Nagy, K. A., y Kunz, T. H. (1989). Energetics of pregnancy and lactation in freeranging little brown bats (*Myotis lucifugus*). *Physiological Zoology*, 62, 804–818.

Mace, G. M. (2004). The role of taxonomy in species conservation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 359, 711–719.

MacSwiney G, M. C., Clarke, F. M., y Racey, P. A. (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.

Mora, J. M. (2016). Clave para la Identificación de las Especies de Murciélagos de Honduras. *Ceiba*, 54, 93–117.

Ortega, J., MacSwiney, C y G. Zamora. (2022). Compendio de los llamados de ecolocalización de los murciélagos insectívoros mexicanos. Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Patterson, B. D. (2002). On the continuing need for scientific collecting of mammals. *Mastozoología Neotropical*, 9, 253–262.

Peterson, A. T., y Soberón, J. (2012). Species distribution modeling and ecological niche modeling: getting the concepts right. *Natureza & Conservação*, 10, 102-107.

Phillips, S. J., Anderson, R. P., y Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190, 231–259.

QGIS Development Team (2022). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>

Raxworthy, C. J., Martinez-Meyer, E., Horning, N., Nussbaum, R. A., Schneider, G. E., Ortega-Huerta, M. A., et al. (2003). Predicting distributions of known and unknown reptile species in Madagascar. *Nature*, 426, 837–841.

Rodríguez, E. A. M. (1992). *Estudio museográfico y bibliográfico de la mastofauna de Tabasco (Tesis doctoral)*. División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco.

Schnitzler, H. U., y Kalko, E. K. (2001). Echolocation by insect-eating bats: we define four distinct functional groups of bats and find differences in signal structure that correlate with the typical echolocation tasks faced by each group. *Bioscience*, 51, 557–569.

Simmons, N. B., y Voss, R. S. (1998). The mammals of Paracou, French Guiana, a Neotropical lowland rainforest fauna. Part 1, Bats. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 237, 1–219.

Simmons, N. B. (2005). Order Chiroptera. En D. E. Wilson y D. M. Reeder (Eds.), *Mammal species of the World: a taxonomic and geographic reference* (pp. 312–529). 3era Edición. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.

Soberón, J., y Nakamura, M. (2009). Niches and distributional areas: concepts, methods, and assumptions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106, 19644–19650.

Sobral-Souza, T., Stropp, J., Santos, J. P., Prasniewski, V. M., Szinwelski, N., Vilela, B., et al. (2021). Knowledge gaps hamper understanding the relationship between fragmentation and biodiversity loss: the case of Atlantic Forest fruit-feeding butterflies. *PeerJ*, 9, e11673.

Solari, S. 2019. *Molossus aztecus*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2019: e.T13645A22107522. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-1.RLTS.T13645A22107522.en>. Recuperado el 18 octubre, 2022.

Taylor, M., y Tuttle, M. (2019). *Bats: An Illustrated Guide to All Species*. Brighton: Ivy Press.

Wieczorek, J., Bloom, D., Guralnick, R., Blum, S., Döring, M., Giovanni, R., et al. (2012). Darwin Core: an evolving community-developed biodiversity data standard. *PloS one*, 7, e29715.

Williams-Guillén, K., Perfecto, I., y Vandermeer, J. (2008). Bats limit insects in a neotropical agroforestry system. *Science*, 320, 70–70.

Tabla 1. Municipios que poseen sitios con mayor idoneidad climática (> 0.9) para el murciélago mastín azteca (*Molossus aztecus*).

Valor de idoneidad	País	Estado/Departamento	Municipio
0.999	Guatemala	Escuintla	La Democracia
0.998	El Salvador	Ahuachapán	San Francisco Méndez
0.994	Guatemala	Escuintla	La Gomera
0.991	México	Chiapas	Huehuetán
0.986	México	Chiapas	Pijijiapan
0.971	México	Chiapas	Tapachula
0.970	El Salvador	San Salvador	San Salvador
0.956	México	Chiapas	Acacoyagua
0.952	El Salvador	San Salvador	San Marcos
0.944	México	Guerrero	Tecoanapa
0.943	Guatemala	Chimaltenango	Yepocapa
0.942	México	Chiapas	Tapachula
0.938	Nicaragua	Rivas	San Jorge
0.909	Nicaragua	Rivas	Municipio de Rivas
0.909	México	Chiapas	Cintalapa
0.908	El Salvador	Chiapas	Cintalapa

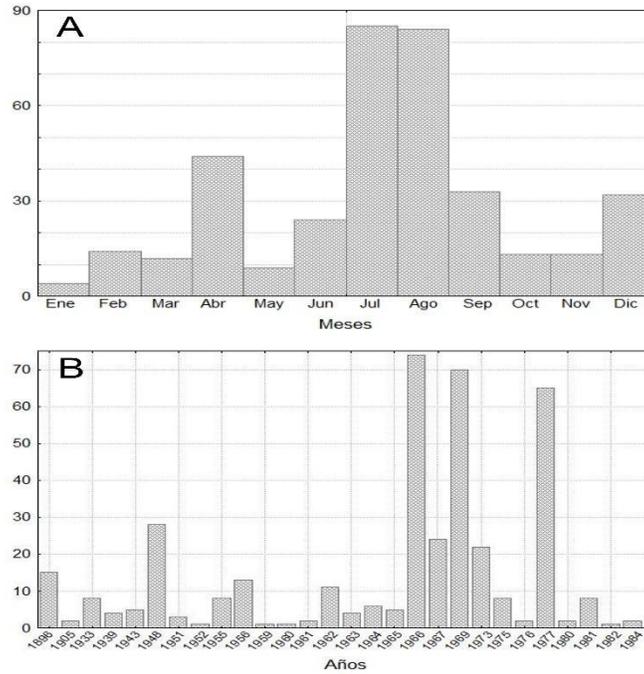


Figura 1. Distribución temporal de los registros del murciélago mastín azteca (*Molossus aztecus*) por meses (A) y por años (B).

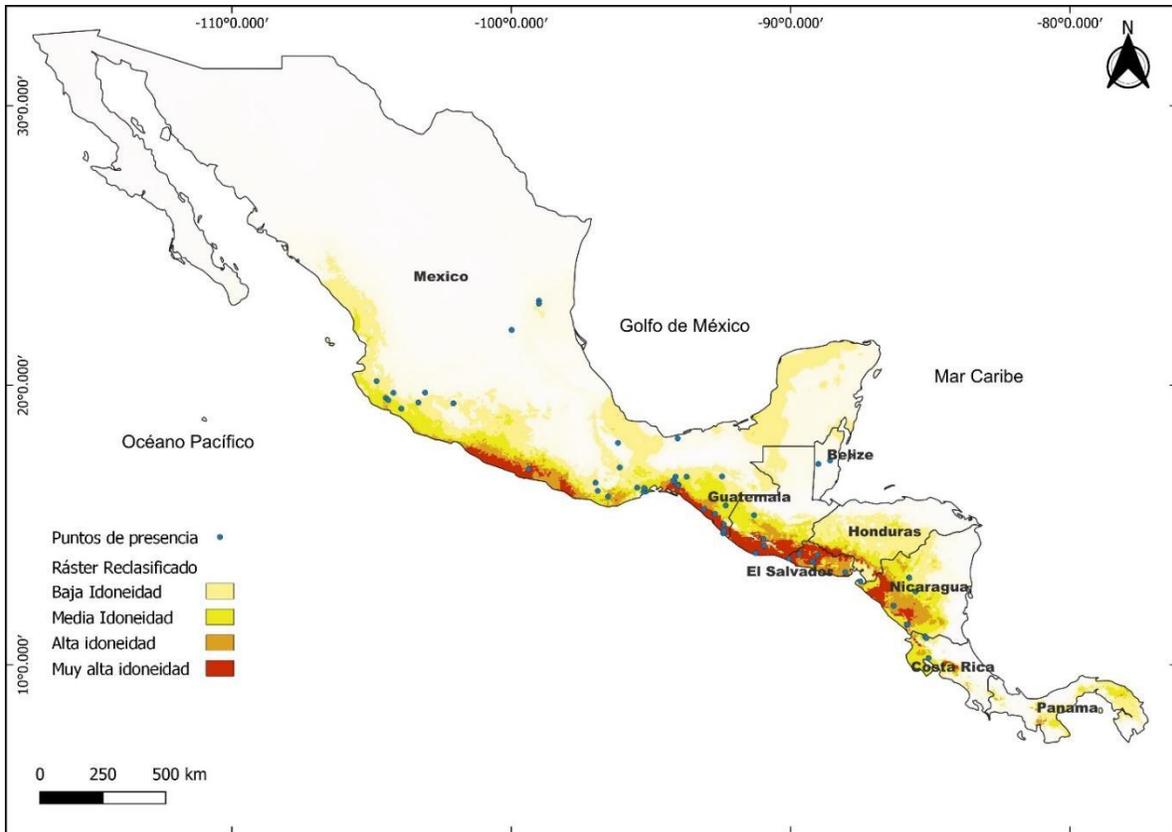


Figura 2. Distribución geográfica potencial del murciélago mastín azteca (*Molossus aztecus*) en Norteamérica. Los colores más rojizos indican mayor idoneidad climática.

DISCUSIÓN GENERAL Y CONCLUSIONES

Conocimiento histórico de *Molossus aztecus*. El conocimiento acerca de la distribución geográfica del murciélago mastín azteca (*M. aztecus*) es escaso. Geográficamente, los registros se observan espaciados, con regiones extensas que aún no cuentan con registros confirmados. Los registros obtenidos de las bases de datos especializadas también muestran largos períodos de tiempo en donde no se han obtenido registros y la gran mayoría no son registros recientes. Se tiene mayor número de registros durante la temporada de lluvias, tal vez los recursos alimenticios, en este caso insectos, son mayores que en la temporada seca, debido a la proliferación de especies vegetales, que son alimento de los insectos (Kunz y Parsons, 2009). Sin embargo, también es posible que esté asociado a un mayor esfuerzo de muestreo durante estos meses.

Por otra parte, la distribución de *M. aztecus* a lo largo de los diferentes gradientes de altitud coincide con lo mencionado por Taylor y Tuttle (2019), los cuales mencionan que su distribución altitudinal va desde el nivel del mar, hasta los 1,500 m. Sin embargo, Handley (1976) destacó que la distribución altitudinal podría estar por encima de los 1,400 m, lo cual también coincide con el presente trabajo, ya que diez registros se encuentran por encima de esta elevación, teniendo el registro con mayor altitud a los 2,239 m, en el estado de Chiapas, México.

La escases de registros de esta especie podría tener diferentes causas; por ejemplo, la forma de obtener alimento de los murciélagos aéreos insectívoros y los métodos utilizados para la obtención de registros mediante métodos tradicionales de muestreo podrían ocasionar una baja o nula detectabilidad (Flaquer y

Arrizabalaga, 2009). Los murciélagos aéreos insectívoros tienen una buena capacidad de vuelo y ecolocalización para la obtención de sus presas (Dalquest y Werner, 1951), por lo tanto, el uso de redes de niebla colocadas a alturas menores de tres metros podría ocasionar que no se registre esta especie bajo este único método de muestreo, por lo tanto sería bueno incluir muestreos con detectores ultrasónicos o la colocación de redes de niebla a mayor altura.

Por otro lado, aún existen problemas taxonómicos dentro del género *Molossus*, lo cual podría llevar a tener registros mal identificados o desactualizados en las bases de datos (Gregorin et al. 2011), por lo tanto es importante la revisión de los ejemplares en las colecciones biológicas.

Otro punto importante dentro de la obtención de información, es la digitalización de ejemplares en las colecciones científicas y la posterior disponibilidad en bases de datos biológicas (e.g. VertNet, SNIB o GBIF). Lamentablemente, la digitalización en las colecciones científicas de datos se ve afectada por la falta de financiamiento y recursos humanos (Wieczorek et al., 2012). En el caso del presente trabajo, se encontraron registros relativamente recientes, los cuales se encuentran publicados en artículos científicos, pero aún no se encuentran disponibles en las bases de datos. Tal es el caso de registros adicionales en Tabasco (Rodríguez, 1992), Oaxaca (Briones-Salas et al., 2001), Jalisco (Guerrero y Cervantes, 2003) y San Luis Potosí (García-Morales y Gordillo-Chávez, 2011).

Sitios con mayor idoneidad climática para M. aztecus. De acuerdo al modelo de nicho ecológico más óptimo, la variable climática que más aportó al modelo, fue la isothermalidad (Bio 3), por lo que las variaciones de temperatura para esta especie

son importantes. Lo anterior se puede ver reflejado en la distribución potencial actual de *M. aztecus*, la cual se concentra hacia la vertiente del Océano Pacífico. Esta región se caracteriza por un clima predominantemente Aw (Koppen, 1900), el cual presenta una marcada y más extensa época seca, con un clima isotérmico con variaciones entre 2 y 6 °C. Además de este tipo de clima, también se observan regiones con clima Cw, con mayor humedad y temperaturas relativamente más bajas, principalmente en sitios a mayor elevación en los estados de Guerrero, Oaxaca y Chiapas, en México y hacia Guatemala y Honduras. Hasta la fecha, se ha reportado que este murciélago prefiere sitios de abundante humedad (Handley, 1976), tal como regiones a menor latitud, en donde la cantidad de humedad es mayor que en la zona Neártica. Sin embargo, Handley (1976), menciona que prefiere hábitats de bajas temperaturas, mientras que Mora (2016) menciona que incluso puede habitar en bosques tropicales o pantanos, donde las temperaturas medias no son muy bajas, lo cual apoya la distribución hacia la costa del Océano Pacífico.

Existe aún poco conocimiento acerca de especies de murciélagos, puntualmente dentro de la familia Molossidae y aún más dentro de la especie *M. aztecus*, aunque su distribución es amplia, se tiene poca información acerca de su biología y ecología. Este trabajo contribuye al conocimiento de esta especie, identificando sitios donde sería propicio realizar trabajo de campo para obtener más información, además de proporcionar datos temporales, lo cual podría aumentar los éxitos de captura. De igual manera proporciona datos referentes a las colecciones biológicas para la ubicación de ejemplares y así poder acudir a ellas

en caso de realizar trabajos donde se necesita la examinación directa de ejemplares. Esperamos que el presente trabajo contribuya a comprender el estado actual del conocimiento de *M. aztecus* y motivar estudios futuros sobre esta especie poco conocida en Norteamérica.

REFERENCIAS

Alfaro, A. M. y A. Santos-Moreno. 2012. The big free-tailed bat *Nyctinomops macrotis* (Chiroptera: Molossidae) in Oaxaca, Mexico. *Chiroptera Neotropical* (18): 1115-1116.

Araujo, M. B. y A. T. Peterson. 2012. Uses and misuses of bioclimatic envelope modeling. *Ecology* (93): 1527-1539.

Briones-Salas, M. A., Sánchez-Cordero V., y Quintero A. G. 2001. Lista de mamíferos terrestres del norte del estado de Oaxaca, México. *Anales del Instituto de Biología* (72):125–161.

Briones-Salas, M. y V. Sánchez-Cordero. 2004. Mamíferos. En García-Mendoza, A.J., Ordeñez, M. J. y M. Briones-Salas (Eds.) Biodiversidad de Oaxaca (pp.423-529). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Found, México.

Ceballos, G. y P. R. Ehrlich. 2002. Mammals population losses and the extinction crisis. *Science* (296): 904-907.

Dalquest, W. W., y Werner, H. J. (1951). The interscapular gland of a tropical fruit bat. *The Anatomical Record* (111): 345–353.

Dolan, P. G. 1989. Systematics of the middle American mastiff bats of the genus *Molossus*. Texas Tech University Press 56-57.

Flaquer, C., Torre, I. y A. Arrizabalaga. 2007. Comparison of Sampling Methods for Inventory of Bat Communities. *Journal of Mammalogy* (88): 526-533.

García-García, J. L., Santos-Moreno, A., Alfaro, A. M. y A. Soto-Centeno. 2007. Noteworthy records of *Eptesicus barsiliensis* (Vespertilionidae) from Oaxaca, México. *Bat Research News* (7):19-29.

García-Grajales y Buenrostro. 2012. Revisión al conocimiento de los murciélagos del estado de Oaxaca. *Therya* (3):277-293.

García-Morales, R., y Gordillo-Chávez, E. J. (2011). Murciélagos del estado de San Luis Potosí, México: revisión de su conocimiento actual. *Therya* (2):183–192.

Guerrero, S., y Cervantes, F. A. (2003). Lista comentada de los mamíferos terrestres del estado de Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana* (89) 93–110.

Gregorin, R., Tahara, A. S., y Buzzato, D. F. (2011). *Molossus aztecus* and other small *Molossus* (Chiroptera: Molossidae) in Brazil. *Acta Chiropterologica* (13): 311–317.

Handley Jr, C. O. (1978). Mammals of the Smithsonian Venezuelan project. Brigham Young University Science Bulletin, Biological Series.

Holmes, M. W., Hammond, T., Wogan, G., Walsh, R., LaBarbera, K., Wommack, E., Martins, F., Crawford J., Mack, K, Bloch, M. y M. Nachman. Natural history

collections as windows on evolutionary processes. *Molecular ecology* (25): 864-881.

Kalko, E. K. V., Villegas, S. E., Schmidt, M., Wegmann, M. y C. F. J., Meyer. 2008. Flying high-assessing the use of the aerosphere by bats. *Integrative and Comparative Biology* (48):60-73.

Köppen, W. (1900). Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. *Geographische Zeitschrift*, 6, 593–611.

Kuenzi A. J. y M. L. Morrison. 1998. Detection of Bats by Mist-Nets and Ultrasonic Sensors. *Wildlife Society Bulletin*. (26):307-311.

Kunz T. y H. S. Parsons (eds.). 2009 . *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. Segunda edición. Maryland: Johns Hopkins University Press.

MacSwiney, C. M., Clarke, F. M. 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.

Mora, J. M. (2016). Clave para la Identificación de las Especies de Murciélagos de Honduras. *Ceiba*, 54, 93–117.

O'Farrell, M. J. y W. L. Gannon. A Comparison of Acoustic Versus Capture Techniques for the Inventory of Bats. *Journal of Mammalogy* (80):24-30.

Pech-Canche, J. M., Estrella, E., López-Castillo, D. L., Hernández-Betancourt, S. F. y C. E. Moreno. 2011. Complementary and efficiency of bat capture methods

una lowland tropical dry forest of Yucatan, México. *Revista Mexicana de biodiversidad* (82):896-903.

Peterson, A. T. y V. Sánchez-Cordero. 1994. Nuevas ideas, nuevas metas y un estudio biológico nacional. *Trayectos: debate sobre la taxonomía en México* 23-26.

Peterson, G. D., Allen, C. R. y C. S. Holling. 1998. Original Articles: Ecological, Resilience, Biodiversity, and Scale. *Ecosystems* (1):6-18.

Peterson, A. T., Sánchez-Cordero, V., Martínez-Meyer, E. y A. Navarro-Sigüenza. 2006. Tracking population extirpations via melding ecological niche modeling with land-cover information. *Ecological Modelling* (195): 229-236.

Rodríguez, E. A. M. (1992). *Estudio museográfico y bibliográfico de la mastofauna de Tabasco (Tesis doctoral)*. División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco.

Santos-Moreno, A., García, S. y E. E. Pérez. 2010. Records of bats from Oaxaca, México. *Southwestern Naturalist* (55):454-456.

Simmons, N. B. 2005. Order Chiroptera. En D. E. Wilson y D. M. Reeder (Eds.), *Mammal species of the World: a taxonomic and geographic reference* (pp. 312–529). 3era Edición. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.

Stockwell, D. y D. G. Peters. 1993. The GARP modelling system: Problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographical Information Science* 13(2): 143-158.

Taylor, M., y Tuttle, M. (2019). *Bats: An Illustrated Guide to All Species*. Brighton: Ivy Press.

Weller, T. J. 2007. Assessing population status in forests: Challenges and opportunities. *Bats in Forests: Conservation and Management* 263-291.

Wheeler, Q. D. 1995. Systematics, the scientific basis for inventories of biodiversity. *Biodiversity & Conservation* (4): 476-489.

Williams-Guillén, K. y Perfecto, I. 2011. Ensemble composition and activity levels of insectivorous bats in response to management intensification in coffee agroforestry systems. *Plos One* (6): e16502.

Wieczorek, J., Bloom, D., Guralnick, R., Blum, S., Döring, M., Giovanni, R., et al. (2012). Darwin Core: an evolving community-developed biodiversity data standard. *PloS one*, 7, e29715.

Wilson, D. E. 2009. Clase mammalia (Mammals). En D. E. Wilson y R. A. Mittermeier (Eds.) *Handbook of the mammals of the world*. Vol. 1. Carnivores (pp. 19-49). Lynx Editions, Barcelona.