



Uso del espacio de los murciélagos insectívoros en un campus universitario en el desierto del Pacífico de Perú

Sue Barreda^{1, 2*} 

¹ Centro de Ornitología y Biodiversidad (CORBIDI), Santa Rita No 105 Urb. Huertos de San Antonio - Surco, Lima, Perú.

² Centro de Investigación en Bioacústica y Conservación (IBIO), Av. Del Pacífico 180 - San Miguel, Lima, Perú.

* Correspondencia: valerysue.bo@gmail.com

Resumen

En las grandes ciudades, la mastofauna se desplaza a las áreas verdes proveedoras de recursos. Este proceso ecológico en murciélagos insectívoros ha sido poco estudiado. Evaluamos el uso de hábitat de los murciélagos insectívoros en el campus universitario de La Molina (Lima, Perú). Se grabó de forma activa las señales de ecolocación en tiempo real con un detector ultrasónico en 11 transectos durante los meses de abril y mayo de 2018. En los sitios evaluados se consideraron tres variables: la presencia de refugios potenciales, la presencia cuerpos de agua y el tipo de cobertura vertical (bosque, borde y pradera). Se registraron tres especies: *Tadarida brasiliensis*, *Mormopterus kaliinowskii* y *Promops davisoni*. Eciontramos asociación entre el número de pases y el tipo de cobertura vertical. *Mormopterus kaliinowskii* fue la especie con mayor actividad acústica en espacios abiertos con refugio potencial y estuvo presente en todos los tipos de hábitat. La actividad de *M. kalinowskii* y *T. brasiliensis* fue mayor de lo esperado en el borde y menor en el resto de coberturas. *P. davisoni* fue la especie con menor actividad acústica, registrada únicamente en los cultivos de algodón. La presencia de estas especies confirma que el campus es un área urbana importante para los murciélagos por su oferta de recursos.

Palabras clave: Bioacústica, Ecología urbana, Molossidae, Áreas verdes, Lima

Abstract

In large cities, mammals move to green areas that provide resources. This ecological process in insectivorous bats has been little studied. We evaluated the habitat use of insectivorous bats at the university campus of La Molina (Lima, Peru). Echolocation signals were actively recorded in real time with an ultrasonic detector in 11 transects during the months of April and May 2018. Three variables were considered in the evaluated sites: the presence of potential refuges, the presence of bodies of water and the type of vertical cover (forest, border and prairie). Three species were recorded: *Tadarida brasiliensis*, *Mormopterus kaliinowskii* and *Promops davisoni*. We find an association between the number of passes and the type of vertical coverage. *Mormopterus kaliinowskii* was the species with the highest acoustic activity in open spaces with potential refuge and was present in all habitat types. The activity of *M. kalinowskii* and *T. brasiliensis* was higher than expected in the border and lower in the rest of the covers. *P. davisoni* was the species with the lowest acoustic activity, recorded only in cotton crops. The presence of these species confirms that the campus is an important urban area for bats due to its supply of resources.

Key words: Bioacoustics, Urban ecology, Molossidae, Green areas, Lima

1. INTRODUCCIÓN

Los murciélagos son el segundo grupo de mamíferos más diversos del mundo (Ghanem & Voigt 2012), y más del 70 % de las especies son insectívoras (Hutson et al. 2001, Simmons et al. 2008). Los quirópteros cumplen servicios ecosistémicos como el control de plagas (Boyles et al. 2011), y a pesar de su importancia para la sociedad, existen vacíos de información sobre varios aspectos ecológicos que son cruciales para su conservación (Russo & Jones 2003, McConville et al. 2013). Entre ellos destaca el uso de hábitat, pues su estudio permite evidenciar la forma en la que un organismo aprovecha los componentes físicos y biológicos del ambiente (Hall et al. 1997). La presencia de estos mamíferos depende de recursos como refugio, agua y alimento y esta relación varía según la especie (Findley 1993).

En las ciudades, los murciélagos han mostrado comportamientos diferentes como altos y bajos niveles de actividad respecto a los entornos naturales que los rodean y no están bien entendidos los factores que afectan dicha actividad (Avila-Flores & Fenton 2005, Russo & Ancilloto 2015). En el hemisferio norte, algunos estudios señalan que las áreas con abundante vegetación son el principal área de forrajeo de los murciélagos dentro de un paisaje urbano (Kurta & Teramino 1992) y otros resaltan que hay especies que presentan una marcada preferencia hacia los sitios con iluminación artificial (Furlonger et al. 1987). En el neotrópico, los estudios existentes indican que la urbanización ha provocado efectos negativos para la mayoría de las especies insectívoras de murciélagos y que ciertas especies de la familia Molossidae se adaptan a los ambientes urbanos con mayor facilidad que otras ya que logran usar los recursos alimentarios y refugios presentes en áreas altamente modificadas (Arias-Aguilar et al. 2015, Avila-Flores & Fenton, 2005). Otro estudio realizado al norte de Bogotá, confirmó que la iluminación artificial en sitios urbanos es aprovechada por los murciélagos insectívoros como parches alimentarios (Sánchez 2011). En Perú, los estudios realizados sobre uso de hábitat no abarcan ambientes urbanos ni semi urbanos y se concentran en la vertiente oriental de los Andes (Mena 2010, Rengifo et al. 2013).

Lima se ubica en la región central del desierto del Pacífico del Perú y ha sido objeto de intensos procesos de urbanización en su periferia (Chion 2002). En ella viven cerca de un tercio de la población peruana que corresponde a más de nueve millones de habitantes (INEI 2019). Los ecosistemas naturales del lugar como los humedales y lomas costeras se encuentran bajo presión por la creciente expansión urbana (Mena et al. 2007, Aponte & Ramírez 2011) y son limitados los espacios verdes debido a las condicionantes ambientales. De acuerdo a Gallo et al. (2017), en las grandes ciudades, la mastofauna local desplazada de su hábitat natural utiliza las áreas verdes como refugio, zonas de dispersión o fuentes de alimento. Los estudios sobre estos procesos ecológicos en Lima metropolitana se han centrado en evaluar si el crecimiento urbano y las áreas verdes de la metropoli afectan la diversidad y abundancia de aves (Ibarra & Cruzado 2017, Castillo et al. 2014, Nolzco 2012, Takano & Castro 2007, Ramírez & González 2001, Pacheco et al. 1990). Ortiz de la Puente (1951) reportó un total de 14 especies de murciélagos en zonas urbanas de Lima, mientras que Mena & Williams (2002) analizaron los patrones reproductivos y diversidad de los murciélagos en el campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) durante los años 1995 y 1996. Por su parte, Bonifaz et al (2020) registraron una especie de ectoparásito en *Glossophaga soricina* dentro de dicho campus.

El campus de la UNALM es un espacio altamente heterogéneo debido a su configuración espacial diferente al resto del distrito de La Molina, que es principalmente urbano. Este

campus es considerado por Castillo et al. (2014) como una zona de amortiguamiento que contrarresta el efecto de la masificación urbana del distrito al presentar la mayor diversidad de aves comparándolo con otras áreas verdes de similar tamaño de La Molina (Takano & Castro, 2007). Aquí se han reportado cuatro especies de murciélagos usando redes de niebla (Mena & Williams 2002). En años recientes, ha aumentado la tendencia de reemplazar los campos agrícolas y áreas verdes por edificaciones (plan maestro de la UNALM publicado en la resolución N° 469 del 2019). Mena & Williams (2002) indican que la vegetación presente en el campus de la UNALM como el jardín botánico, los parques circundantes, campos de cultivos y árboles sembrados son una fuente de alimento para los murciélagos. De esta forma, surge la necesidad de identificar los sitios y características preferidas por los murciélagos para establecer medidas y lineamientos adecuados para su conservación. Este estudio tuvo como objetivo evaluar de manera preliminar el uso de hábitat de los murciélagos insectívoros que utilizan el campus de la UNALM. Para ello, se recurrió a las siguientes definiciones: “uso” como la cantidad en la que cierto componente es utilizado por consumidores específicos en un periodo de tiempo determinado (Johnson 1980) y “hábitat” como el espacio que está caracterizado por cierta uniformidad de condiciones bióticas y abióticas (Bitetti 2012), demarcando los límites de cada hábitat por el tipo de cobertura vertical, la presencia de refugios potenciales y cuerpos de agua.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

El campus de la UNALM se encuentra en el distrito de La Molina, provincia y departamento de Lima, Perú (12° 5'9.23"S 76°56'49.91"O WGS84; Figura 1a) a una altitud media de 238 msnm. El campus presenta una temperatura anual promedio de 20 °C, una humedad relativa promedio de 81 % y una precipitación anual de 10 mm (Mena & Williams 2002). Corresponde a la zona de vida denominada desierto desecado subtropical (Holdridge 1967) y a la ecorregión desierto del Pacífico (Brack & Mendiola 2010). Especies como *Morus nigra*, *Ficus carica*, *Ficus obtusifolia*, *Fenix canadiense* y *Solanum mauritanum* son una fuente de alimento para los murciélagos y están presentes en el campus (Mena & Williams 2002).

El área evaluada abarcó 26,0 ha del campus y forma parte de un ecosistema urbano complejo y diverso (Takano & Castro 2007, Castillo et al. 2014). Está constituido por distintos ambientes y usos de suelo entre los que se incluyen dos bosques artificiales, una colina baja, edificaciones urbanas en uso o abandonadas, jardines ornamentales de porte arbustivo, un vivero de plantas ornamentales, una laguna artificial, carreteras cementadas, áreas agrícolas en descanso, cultivos de algodón y una zona de compostaje (Figura 1b). Las coberturas se describen a continuación.

Bosque SCFEH.- El bosque simulado de composición florística y estructura heterogénea tiene un área aproximada de 2,8 ha. Es usado para la formación profesional de ingenieros forestales y evaluar las respuestas de especies forestales en áreas manejadas. Eventualmente se realizan labores silviculturales de limpieza, sin incluir la poda. Esta zona es manejada en cuatro bloques conformados de por lo menos de 1000 árboles de entre 15 a 20m de altura. El bosque incluye 14 especies arbóreas introducidas y nativas, pertenecientes a 11 familias: *Casuarina cunninghamiana*, *Cedrela odorata*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Ficus benjamina*, *Grevillea robusta*, *Tecoma stans*, *Acacia longifolia*, *Salix humboldtiana*, *Schinus molle*, *Schinus terebinthifolius*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Koelreuteria paniculata*, *Spathodea campanulata* y *Tipuana tipu*. También están presentes

especies herbáceas como *Apium leptophyllum*, *Taraxacum officinale*, *Trifolium dubium*, *Plantago major* y *Cynodon dactylon*.

Arboretum.- Creado en 1927, es un espacio con árboles, arbustos y leñas del bosque que son usados para obras artísticas vivas. Cuenta con una extensión de 1,3 ha en donde hay especies forestales nativas e introducidas similares al bosque descrito anteriormente. Durante el estudio se encontraba en recuperación luego de haber sufrido varios incendios.

Zona de compostaje.- Es un área de 1,2 ha donde se acopia maleza y se realiza el mezclado de estiércol con otros residuos orgánicos. Presenta tres zonas de degradación para el compostaje a cielo abierto, conformadas por 39 pilas de forma trapezoidal que varían entre 20m x 3m x 1,60 m (largo, ancho y altura, respectivamente) y 8 m x 3m x 1,6 m. Dentro del área hay un tanque elevado de concreto con forma cilíndrica que sirve como reservorio de agua potable con una capacidad de almacenamiento de 600 m³. Recibe mantenimiento ocasionalmente por lo que sus instalaciones interiores y exteriores están deterioradas.

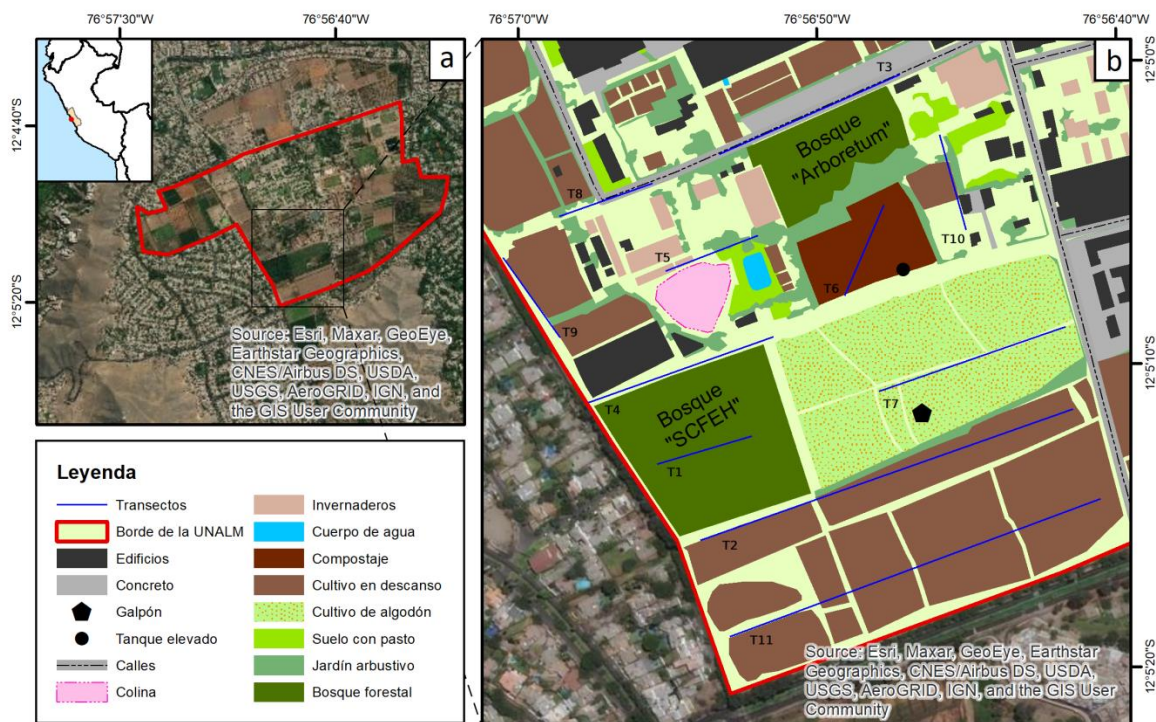


FIGURA 1. a) Campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). b) Detalle del área del campus donde se hicieron transectos (T1 a T10) para seguimientos acústicos de murciélagos insectívoros.

Cultivos de algodón.- Cuenta con un área total de 4,1 ha destinado al cultivo de líneas e híbridos de algodón. Durante el estudio la mitad del terreno estuvo ocupado por algodón de variedad Tangüis y lo restante estaba en descanso durante el desarrollo del estudio. Este espacio colinda con una hilera de cultivos de pasto de elefante (*Cenchrus purpureus*), dos árboles de plátanos (*Musa paradisiaca*) y una hilera de pinos (*Pinus* sp.). En medio de la zona hay un galpón de por lo menos 2 m de altura, destinado como almacén de maquinarias forestales sin iluminación y de ingreso restringido.

Laguna artificial.- Reservorio de agua con capacidad de 3000 m³. A sus alrededores hay una colina baja rocosa, un par de agaves (*Agave* sp.) y el árbol *Pseudobombax ellipticum*.

El agua es filtrada y usada para riego. Este reservorio es llenado por el agua de la acequia semanalmente durante los veranos y proviene del río Rímac.

Cultivos en descanso.- Son áreas que durante la ejecución del estudio se encontraron sin siembra con el fin de acumular materia orgánica para posteriores cultivos de leguminosas en la zona colindante al bosque SCFEH abarcando 5,37 ha, 1.39 h de maíz y 0.78 ha de papas al frente del Arboretum.

2.2. Metodología

Durante abril y mayo del 2018 se realizó el muestreo acústico usando un detector ultrasónico Pettersson M500-384 (Pettersson Elektronik AB, Uppsala, Suiza) acoplado a un dispositivo móvil Samsung Galaxy Tab S2 con sistema operativo Android versión 7.0. Las señales de ecolocación fueron guardadas en formato digital de audio waveform (.WAV) con 16 bits de resolución. Las señales se grabaron manualmente y de forma activa por un observador recorriendo seis transectos de 100 m, tres de 200 m y dos de 400 m; a una velocidad de 5 m min⁻¹. Los transectos estaban separados entre sí por una distancia mínima de 70 m. Cada recorrido fue ejecutado entre las 17h30 y las 21h00. Se realizaron durante noches sin luna llena para minimizar las variaciones en el comportamiento de los murciélagos por la influencia de las fases lunares (Kalko & Handley 2001). En total, se obtuvieron 62 archivos de grabación en 6,7 horas de esfuerzo total de los recorridos.



FIGURA 2. Sitios evaluados en el paisaje urbano de La Molina: a) pradera con cuerpo de agua, b) pradera con refugio potencial, c) pradera sin elementos, d) borde y e) bosque.

Los sitios evaluados por recorrido fueron caracterizados a partir de tres variables (Tabla 1): i) presencia de refugios potenciales, identificando estos sitios de acuerdo a la metodología de Rengifo et al. (2013) que consiste en hacer recorridos lineales durante el día, buscando a nivel del suelo entre 0-5 m de altura lugares potenciales en ambientes naturales y artificiales y confirmando su presencia mediante captura, observación directa o restos fecales; ii) presencia de cuerpos de agua; y iii) tipo de cobertura vertical,

clasificada como Gannon et al. (2003), por el porcentaje promedio de cobertura en 10 puntos asignados al azar en cada sitio de muestreo a una altura de 3 m: “bosque” como ambiente con sotobosque y piso superior desarrollado, “pradera” como un campo abierto que carece de piso superior y “borde” como la interfaz lineal entre bosque y pradera con un piso superior intermedio. Considerando las tres variables se obtuvieron cinco tipos de sitios (Figura 2), donde la categoría sin elementos se refiere a la ausencia de refugios y cuerpos de agua: pradera (sin elementos), pradera con refugio potencial, pradera con laguna, borde (sin elementos) y bosque (sin elementos).

TABLA 1. Detalles de los sitios en cada transecto recorrido.

ID	Longitud (m)	Esfuerzo por recorrido (min)	Tipo de cobertura	Refugio potencial	Cuerpo de agua	Breve descripción
T1	100	20	Bosque	-	-	Transecto dentro del Bosque Forestal “SCFEH”
T2	400	80	Borde	-	-	Transecto colindante a los cultivos de pasto de elefante
T3	200	40	Borde	-	-	Transecto colindante al Bosque Forestal “Arboretum”
T4	200	40	Borde	-	-	Transecto colindante al Bosque Forestal “SCFEH”
T5	100	20	Pradera	-	X	Transecto colindante a la Laguna artificial
T6	100	20	Pradera	X	-	Transecto en la Zona de compostaje
T7	200	40	Pradera	X	-	Transecto en los Cultivos de algodón
T8	100	20	Pradera	-	-	Transecto en suelo asfaltado
T9	100	20	Pradera	-	-	Transecto en suelo descubierto
T10	100	20	Pradera	-	-	Transecto en suelo descubierto
T11	400	80	Pradera	-	-	Transecto en zona agrícola en descanso

El análisis de las grabaciones se realizó con el programa BatExplorer (Elekon AG, Versión 2.1, <http://www.batlogger.com>) obteniendo de cada llamada en fase de búsqueda 8 parámetros acústicos: frecuencia inicial (FI), frecuencia final (FF), duración del pulso (D), intervalo entre pulsos (IP, en ms), frecuencia de máxima amplitud (FMA), ancho de banda (BW), número de armónicos y los datos de componentes (Comp) que pueden ser frecuencia modulada (FM), frecuencia cuasi-constante (FQC) y frecuencia constante (FC) (Fraser et al. 2020). Las especies registradas se identificaron comparando los sonogramas con la biblioteca bioacústica del Centro de Investigación Biodiversidad Sostenible y con otros estudios referentes a la bioacústica en murciélagos insectívoros presentes en Lima (Guillam & McCracken 2007, Falcão et al. 2015, Pacheco et al. 2015, Arias-Aguilar et al. 2018, Ossa et al. 2018, Flores-Quispe et al. 2019, Pacheco et al. 2020, Ugarte et al. 2020). A cada especie, se le asignó el gremio trófico según Gannon et al. (2003): recolector, con señales de frecuencia mínima mayor a 30 kHz, multiarmónicos y de duración corta entre 1 a 3 ms; cazador aéreo, con señales de búsqueda de banda estrecha con larga duración entre 8 a 25 ms, frecuencia menor a 30 kHz; o estrategia mixto, con señales de duración entre 3 a 10 ms, frecuencia media entre 30 a 60 kHz.

Se consideró el número de pases/detector/noche como medida de actividad acústica (Krusic et al. 1996). Un pase se define como un evento independiente compuesto por una o más pulsos de ecolocación en fase de búsqueda separadas por al menos un segundo de otra secuencia de la misma especie (Hayes 1997). Para este estudio, se usó un solo detector en cada recorrido en una noche.

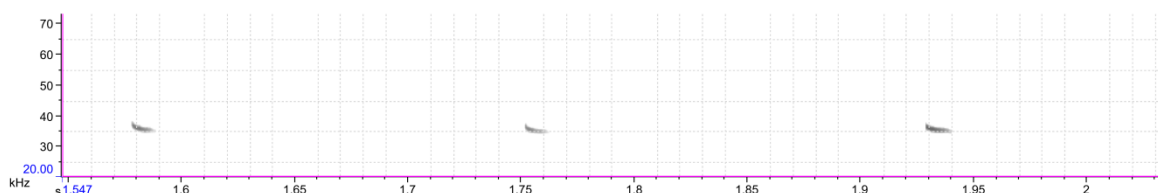
Se evaluó la asociación entre el tipo de cobertura vertical y el número de pases de los murciélagos insectívoros con un χ^2 (intervalo de confianza del 95%) y utilizando la

corrección de Yates (Sokal & Rohlf 1995). Para evaluar la asociación en cada especie, se aplicó una prueba de homogeneidad χ^2 , donde la frecuencia esperada *a priori* fue calculada por la disponibilidad de cada tipo de sitio. Esto fue determinado con la técnica de Marcum & Loftsgaarden (1980) que consiste en distribuir puntos de forma aleatoria sobre el área de estudio, representando la proporción esperada de cada tipo de sitio. La distribución aleatoria se realizó con 100 puntos en el programa Qgis versión 3.10. Todos los análisis estadísticos se realizaron en el programa R Studio (RStudio Team 2019) y se utilizó el programa Raven pro versión 1.6 (Center for Conservation Bioacoustics 2019) para elaborar los sonogramas.

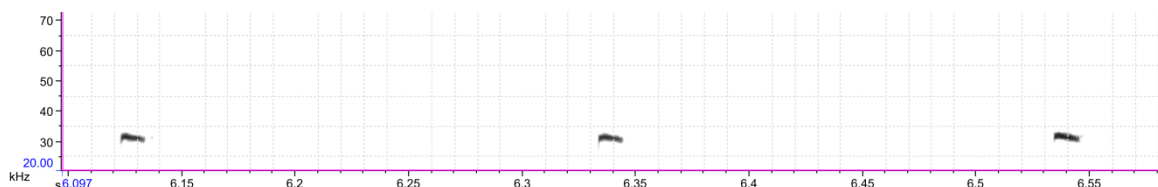
3. RESULTADOS

Se obtuvieron 1035 registros de pulsos de ecolocación en la fase de búsqueda, de los cuales 318 fueron considerados como pases. No hubo registros acústicos ni visuales en los transectos T4 y T8-T11. Se identificaron tres especies de murciélagos pertenecientes a la familia Molossidae: *Mormopterus kalinowski*, *Tadarida brasiliensis* y *Promops davisoni* (Figura 3; [Grabaciones en Material Suplementario](#)).

a)



b)



c)

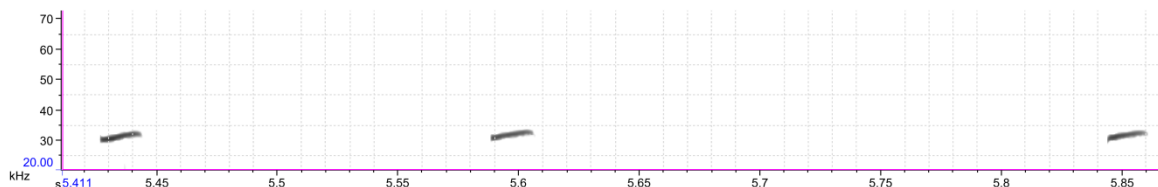


FIGURA 3. Sonograma de las señales de ecolocación de: a) *Mormopterus kalinowski*, b) *Tadarida brasiliensis* y c) *Promops davisoni*. [Grabaciones en Material Suplementario](#).

De acuerdo a los promedios de las características acústicas (Tabla 2), todos los murciélagos insectívoros registrados son del gremio trófico cazador aéreo, al presentar señales de ecolocación con una banda estrecha, de duración larga y por forrajear en vuelo

usando espacios abiertos. Se evidenció asociación entre el número total de pases de los murciélagos y el tipo de cobertura vertical ($n=310$; $P < 0.05$; $\chi^2_{\text{calculado}} = 9.877$; $g.l.=2$).

TABLA 2. Promedio y desviación estándar de los parámetros acústicos de las especies registradas. El significado de las etiquetas se menciona en Metodología. Siglas: (a)= ascendente, (d)= descendente, n = número de pulsos.

Especies	FI	FF	FMA	BW	D	IP	Comp
<i>Mormopterus kalinowskii</i> ($n=712$)	35.59 $\pm$ 1.76	33.45 $\pm$ 1.60	34.27 $\pm$ 1.79	2.04 $\pm$ 0.94	9.64 $\pm$ 1.63	247.30 $\pm$ 322.89	FM(a)-QCF(d)
<i>Tadarida brasiliensis</i> ($n=293$)	31.65 $\pm$ 0.92	30.32 $\pm$ 0.89	30.85 $\pm$ 0.96	1.36 $\pm$ 0.60	10.04 $\pm$ 1.59	252.40 $\pm$ 213.89	FM(a)-QCF(d)
<i>Promops davisoni</i> ($n=30$)	30.51 $\pm$ 0.81	32.13 $\pm$ 0.64	30.71 $\pm$ 0.80	1.60 $\pm$ 0.51	15.30 $\pm$ 1.50	264.35 $\pm$ 98.33	QCF(a)

La mayor actividad de *M. kalinowskii* se dio en los hábitats con cobertura de pradera y presencia de refugio potencial (Figura 4a), específicamente en el transecto T6 ($n = 137$ pases) que corresponde a la zona de compostaje. Esta especie representa más del 50% de la actividad total registrada en los transectos (Figura 4b) y está presente en todos los tipos de hábitat. *T. brasiliensis* obtuvo su mayor actividad acústica en los hábitats con cobertura de borde y pradera (con presencia de refugio potencial), resaltando en los transectos T3 ($n = 35$) y T6 ($n = 33$), respectivamente. No se obtuvo registros de la especie en los hábitats con cobertura de bosque, ni en los hábitats con pradera sin elementos. Junto con *M. kalinowskii*, son las especies que mayor actividad realizaron dentro del paisaje urbano de La Molina, sumando juntas más del 70% del total de pases. *P. davisoni* fue registrado únicamente en un hábitat con cobertura de pradera y presencia de refugio potencial en el transecto T7 ($n = 8$), ubicado en los cultivos de algodón.

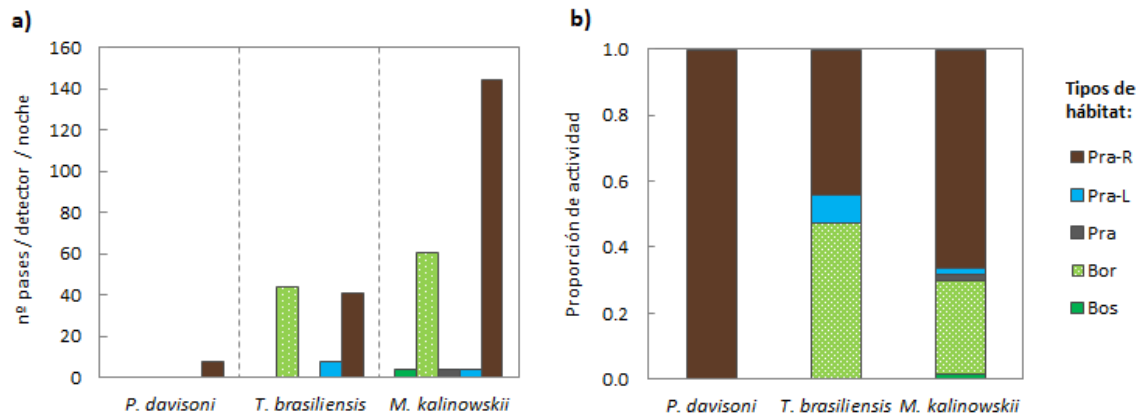


FIGURA 4. Uso de hábitat de los murciélagos insectívoros en un paisaje urbano de La Molina (Lima, Perú). a) Expresado en número de pases / detector / noche b) Expresado en proporción de actividad. Pra-R = Pradera con refugio (T6-T7), Pra-L = Pradera con laguna (T5), Pra = Pradera sin elementos (T11), Bor = Borde (T2-T3), Bos = Bosque (T1).

En cuanto a la asociación entre el tipo de cobertura vertical en cada especie, *M. kalinowskii* y *T. brasiliensis* tuvieron un comportamiento similar. La actividad de ambas especies fue mayor de lo esperado en los hábitats con cobertura de borde y menor en el resto de coberturas (Tabla 3). La prueba de homogeneidad χ^2 evidenció diferencias significativas en el uso de *M. kalinowskii* ($n = 317$; $P < 0.05$; $\chi^2_{\text{calculado}} = 34.59$; $g.l. = 2$) y de *T. brasiliensis* ($n = 193$; $P < 0.05$; $\chi^2_{\text{calculado}} = 48.27$; $g.l. = 2$), indicando que el número de pases de la especie no era proporcional a la disponibilidad del hábitat de acuerdo al tipo de cobertura vertical. No se utilizaron los datos de *P. davisoni* debido al bajo número de registros.

TABLA 3. Valores observados y esperados para los puntos distribuidos aleatoriamente y los pases de *Tadarida brasiliensis* y *Mormopterus kalinowskii* según el tipo de cobertura vertical de los sitios evaluados. Bos = Bosque (T1), Bor = Borde (T2-T3), Pra (c/s) = Pradera con y sin elementos (T5-T7, T11).

Especie	Cobertura	Frecuencias observadas		Frecuencias esperadas	
		Nº de pases	Puntos aleatorios	Nº de pases	Puntos aleatorios
<i>T. brasiliensis</i>	Bos	0	15	7.2	7.8
	Bor	44	7	24.6	26.4
	Pra (c/s)	49	78	61.2	65.8
	Total	93	100		
<i>M. kalinowskii</i>	Bos	4	15	13.0	6.0
	Bor	61	7	46.5	21.5
	Pra (c/s)	152	78	157.4	72.6
	Total	217	100		

4. DISCUSIÓN

Este es el primer estudio sobre uso del espacio de los murciélagos en el departamento de Lima y en una zona urbana de Perú. Se ha aumentado la riqueza de especies en el campus de la UNALM, contando actualmente con tres especies de la familia Phyllostomidae, una especie de la familia Vespertilionidae (Mena & Williams 2002) y tres especies de la familia Molossidae registradas en este trabajo. *T. brasiliensis* es una especie protegida por acuerdos internacionales al estar incluida en el Apéndice I de la CMS (2020) y *P. davisoni* es clasificado por la IUCN con “Datos Insuficientes” (Solari 2016).

Los murciélagos de la familia Molossidae se especializan en cazar durante un vuelo continuo a presas voladoras (Vaughan 1966). Estos murciélagos suelen tener alas con una relación de aspecto y una carga alar altas, características que permiten un vuelo rápido en un espacio aéreo sin obstrucciones (Norberg y Rayner 1987). Su presencia en el área de estudio puede ser explicada porque el 70% del campus universitario está compuesto por cultivos y jardines que representan potenciales fuentes de alimento en espacios abiertos. Estos cultivos proveen de invertebrados pertenecientes a los órdenes Coleoptera, Diptera e Himenoptera que se ajustan a la dieta de los murciélagos registrados (Lanchipa-Ale & Aragón-Alvarado 2018). Asimismo, los murciélagos con esta estrategia de forrajeo han presentado mayor actividad en zonas urbanas que otras especies insectívoras (Ancillotto et al. 2019). Arias-Aguilar et al. (2015) sugieren que los molósidos se adaptan mejor a los ambientes urbanos que los vespertilionidos por sus características de ecolocalización, morfología alar y capacidad de vuelo.

Los murciélagos insectívoros registrados en este estudio presentaron diferencias en el uso de hábitat, lo que puede deberse a distintos factores ambientales. En estos mamíferos, la asociación de la actividad de forrajeo en diversos tipos de hábitat varía de acuerdo a la localidad, las condiciones ambientales e internas de la especie (Gehrt & Chelsvig 2004, Moretto & Francis 2017). Algunos estudios indican la existencia de una asociación o preferencia por el tipo de cobertura vertical, pero recalcan que no son exclusivas (Furlonger et al. 1987). Si bien *T. brasiliensis* y *M. kalinowskii* se especializan en forrajear en espacios abiertos, la actividad de ambos fue mayor de lo esperado en los hábitats con cobertura vertical tipo borde. En algunas ocasiones, el gremio de cazadores aéreos, como las especies de este estudio, modulan sus frecuencias para cazar en espacios más densos

debido a la escasez de alimentos en la zona (Ratcliffe & Dawson 2003). Por otro lado, es necesario considerar los espacios con sus distintos componentes para una mejor interpretación de los resultados. Los hábitats tipo pradera sin elementos presentaron mayor cantidad de infraestructura urbana y menor vegetación, por lo que la ausencia de los murciélagos pudo deberse al factor urbano. Este efecto ha sido documentado en varios estudios, tanto en el hemisferio norte (Geggie & Fenton 1985, Kurta & Teramino 1992, Fabianek et al. 2011, Coleman & Barclay 2012, Dixon 2012) como en el neotrópico (Avila-Flores & Fenton 2005), donde sus resultados concuerdan con que la urbanización provoca una disminución en la riqueza de especies de murciélagos y aumento en la abundancia de las especies oportunistas. Sin embargo, en otras zonas urbanas han tenido una respuesta positiva, evidenciando la importancia del factor local en la actividad de los murciélagos. Por ejemplo, Gehrt & Chelsvig (2004) encontraron mayor actividad de los murciélagos insectívoros a medida que aumentaba la urbanización en su área de estudio, ya que los alrededores del lugar predominaba una agricultura intensiva de cultivos en hileras, convirtiendo a la urbanización en un espacio con refugios y protección potencial a diferencia de las zonas rurales.

En cuanto a la mayor actividad acústica registrada en los hábitats con refugio potencial, se sabe que la mayoría de las especies de la familia Molossidae prefieren realizar sus actividades de forrajeo alrededor de sus refugios (Kunz 1982, Furlonger et al. 1987, Racey & Swift 1985, Taylor 2018). En el caso de las poblaciones de *T. brasiliensis*, prefieren los refugios elevados por las facilidades de adquirir suficiente velocidad al caer en un espacio abierto y de esta forma comenzar sus actividades de forrajeo con agilidad en el vuelo (Taylor 2018). En general, los murciélagos forrajean cerca de sus refugios para minimizar los gastos energéticos asociados al desplazamiento aéreo (Grindal & Brigham 1999) y este comportamiento ha sido reportado en varias ciudades (Bell 1980, Fenton et al. 1983, Furlonger et al. 1987). Algunas especies de la familia Molossidae utilizan refugios de gran altura, lo que dificulta su estudio y observación (Taylor 2018). *M. kalinowskii* ha sido encontrado en refugios de por lo menos 53 m de altura (Flores-Quispe et al. 2019); característica presente en el tanque elevado ubicado en la zona de compostaje y en donde *M. kalinowskii* tuvo su mayor actividad acústica. Todas las especies registradas ya han sido encontradas previamente en refugios artificiales (Galaz & Yañez 2006, Aragón & Aguirre 2014, Iriarte 2008, Pari et al. 2015) y algunos autores los denominan como “murciélagos caseros” (Allen 1939, Alberico et al. 2005).

En esta investigación no ha sido posible corroborar la importancia del cuerpo de agua artificial cerca al bosque para los murciélagos insectívoros, pero se sabe de la existencia de factores que influyen la actividad de forrajeo en cuerpos de agua como la velocidad del viento y la disponibilidad de invertebrados acuáticos (Russo & Jones 2003). Los cuerpos de agua son hábitats potenciales para los insectos que lo requieren para desarrollar su ciclo de vida. Según Kurta y Teramino (1992), estos espacios proporcionan presas potenciales para los murciélagos insectívoros que viven en áreas urbanas. Además, el uso de hábitat es afectado por la calidad de agua relacionada a la eutrofización y contaminación orgánica (Salvarina 2016). En zonas áridas, la disponibilidad de agua influye fuertemente en el uso de hábitat ya que los murciélagos son más dependientes del consumo de insectos acuáticos (Razgour et al. 2010). Esta disponibilidad de agua es crucial para la reproducción y cuidado de las crías pues las hembras que dan de lactar consumen más agua (Adams y Hayes 2008). En la UNALM, existen dos fuentes principales de agua: agua subterránea y salina captada por pozos y agua de acequia alimentada por el río Rímac, que es filtrada y almacenada en el reservorio artificial ubicado cerca al transecto

T5. Si bien no hay información acerca de la calidad de agua en este reservorio, diversos estudios indican que el río Rímac se encuentra seriamente contaminado a lo largo de su tramo al verse afectado por vertimientos directos al río originados por la minería, la agricultura y los asentamientos humanos (Paredes et al. 2005, Pascual et al. 2019).

Nuestros resultados sugieren una asociación entre la actividad de forrajeo de *T. brasiliensis* y *M. kalinowskii* por hábitats caracterizados de acuerdo con el tipo de cobertura vertical y a otros elementos como refugios potenciales. *T. brasiliensis*, a pesar de presentar una morfología típica de las alas y las llamadas de ecolocalización de un molórido, frecuentó más de lo esperado los ambientes con cobertura vertical tipo borde que las áreas abiertas. Lee & McCracken (2002) evidenciaron un fenómeno similar al registrar una mayor actividad acústica de esta especie en zonas urbanas respecto a tierras de cultivos o ranchos, incluso cuando la abundancia de insectos era menor que en los otros ambientes. A pesar del cierto grado de cobertura vertical que presentaban dichas zonas urbanas, *T. brasiliensis* realizó su mayor actividad en la ciudad debido a los postes de luz que concentraban insectos voladores. En cuanto a *M. kalinowskii*, este es el primer trabajo sobre uso de hábitat para la especie en Perú. *M. kalinowskii* fue la especie de mayor actividad acústica en el estudio, presentando un comportamiento similar al de *T. brasiliensis*. Esta especie ha sido encontrada en áreas urbanas en pequeñas cantidades (Solari 2019). En el humedal costero más cercano al área de estudio, obtuvo la menor actividad respecto a las demás especies de murciélagos insectívoros como *T. brasiliensis* y *P. davisoni* (Pacheco et al. 2020). Flores-Quispe et al. (2019) sugiere que las altas frecuencias de sus pulsos de ecolocalización le permiten detectar presas más pequeñas y por tanto a aprovechar con más facilidad los recursos en áreas desérticas que otros murciélagos insectívoros del desierto costero del Pacífico.

Los registros de *P. davisoni* son importantes ya que existen vacíos de información sobre sus hábitats y hábitos (Taylor 2018). A pesar de haber sido registrado hace más de cincuenta años en el departamento de Lima (Ortiz de la puente 1951), no han surgido más estudios publicados sobre esta especie además de la investigación reciente de Pacheco et al. (2020) donde lo reportan en dos humedales costeros del departamento. Proyectos de investigación sobre sus refugios, dieta, dinámica poblacional y otros aspectos clave sobre su ecología se recomiendan ejecutar en el campus de la UNALM, pues sus continuos cambios físicos y espaciales pueden servir para comprender mejor las respuestas de la especie a escenarios típicos de Lima metropolitana y a la urbanización creciente del país. Es posible que otras especies estén presentes en la zona de estudio, especialmente aquellas reportadas anteriormente como *L. blossevillii* (Mena & Williams 2002), un murciélago vespertilionido que caza en el vuelo al igual que las demás especies insectívoras de la UNALM. En ese sentido, se recomienda actualizar los estudios sobre la diversidad de murciélagos del campus universitario utilizando detectores ultrasónicos como parte de la metodología de registro.

Otro aspecto a resaltar son los servicios ecosistémicos que estarían brindando los murciélagos insectívoros en el área de estudio. En el estado de Texas, las poblaciones de *T. brasiliensis* contribuyen en el control de plagas al alimentarse de varias especies de insectos adultos que en estado larvario afectan gravemente a los cultivos de algodón (Cleveland et al. 2006), incluyendo a los de naturaleza transgénica (Federico et al. 2008). En *M. kalinowskii* no hay estudios al respecto, pero ha sido capturado entre un valle con actividad agrícola al suroeste del Perú (Lanchipa-Ale & Aragón-Alvarado 2018). Por último, la medición de la actividad de los murciélagos insectívoros confirma que la UNALM

continúa siendo un área urbana importante para los murciélagos por su variada fuente de recursos. La asociación de *T. brasiliensis* y *M. kalinowskii* con el tipo de cobertura vertical podría indicar que los bordes de los bosques artificiales del campus son una fuente de alimento alternativo para los murciélagos insectívoros cuando los cultivos están en desuso. Por ello, se recomienda realizar estudios a largo plazo en los bordes de los bosques artificiales y las áreas de cultivo adyacentes con el fin de entender el uso del espacio desde un enfoque dinámico, evaluando su variación en respuesta a las modificaciones de origen antropogénico.

5. AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Vicerrectorado de Investigación de la UNALM por el financiamiento otorgado para el presente proyecto en marco del convenio MINEDU 2019. A Marta Williams, Manuel Quispe-López y a tres evaluadores por sus recomendaciones y revisiones de los manuscritos. A todos los que colaboraron en las evaluaciones de campo, especialmente a Franco Fernandez, Gino Rivera, Diego Napan y Ronald Valderrama. Al Centro de Investigación Biodiversidad Sostenible (BioS) por proveer el detector acústico, la capacitación de su uso e identificación de señales. A Roxana Guillén por la descripción detallada del bosque forestal "SCFEH". A la agrupación estudiantil de la UNALM "Ecología Molinera" por su ayuda con los permisos y logística de pernocte en el campus universitario y; a las autoridades de Servicios Generales y Seguridad Integral por la amabilidad y facilidades brindadas durante la investigación.

6. REFERENCIAS

- Adams RA, Hayes MA. 2008. Water availability and successful lactation by bats as related to climate change in arid regions of western North America. *Journal of Animal Ecology*. 77(6): 1115-1121. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2008.01447.x>
- Alberico M, Saavedra-R C, García-Paredes H. 2005. Murciélagos caseros de Cali (Valle del Cauca- Colombia). *Caldasia*. 27(1): 117-126.
- Allen GM. 1939. Bats. Nueva York, Estados Unidos de América: Dover Publications.
- Ancillotto L, Bosso L, Salinas-Ramos VB, Russo D. 2019. The importance of ponds for the conservation of bats in urban landscapes. *Landscape and Urban Planning*. 190: 103607. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103607>
- Aponte H, Ramírez, DW. 2011. Humedales de la costa central del Perú: Estructura y amenazas de sus comunidades vegetales. *Ecología aplicada*. 10(1): 31-39. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v10i1-2.411>
- Aragón G, Aguirre M. 2014. Distribución de murciélagos (Chiroptera) en la región de Tacna, Perú. *Idesia (Chile)*. 32(1): 119-127. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292014000100015>
- Arias-Aguilar A, Hintze F, Aguiar LM, Rufray V, Bernard E, Pereira MJR. 2018. Who's calling? Acoustic identification of Brazilian bats. *Mammal Research*. 63(3): 231-253. <https://doi.org/10.1007/s13364-018-0367-z>
- Arias-Aguilar A, Chacón-Madrigal E, Rodríguez-Herrera, B. 2015. El uso de los parques urbanos con vegetación por murciélagos insectívoros en San José, Costa Rica. *Mastozoología neotropical*, 22(2): 229-237.
- Avila-Flores R, Fenton MB. 2005. Use of spatial features by foraging insectivorous bats in a large urban landscape. *Journal of mammalogy*. 86(6): 1193-1204. <https://doi.org/10.1644/06-MAMM-A-393.1>
- Bell GP. 1980. Habitat use and response to patches of prey by desert insectivorous bats. *Canadian Journal of Zoology*. 58(10): 1876-1883. <https://doi.org/10.1139/z80-256>
- Bitetti MS. 2012. ¿Qué es el hábitat? Ambigüedad en el uso de jerga técnica. *Ecología austral*. 22(2): 137-143.
- Bonifaz E, Mena JL, Oporto R. 2020. Moscas De Murciélagos En Algunas Localidades De La Costa Peruana. *Revista Peruana De Biología*. 27 (2): 241-50. <https://doi.org/10.15381/rpb.v27i2.17881>

- Boyles JG, Cryan PM, McCracken GF, Kunz TH. 2011. Economic importance of bats in agriculture. *Science*. 332(6025): 41-42. <http://doi.org/10.1126/science.1201366>
- Brack A, Mendiola C. 2010. *Ecología del Perú*. Lima, Perú: Asociación Editorial Bruño y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Cabrera C, Maldonado M, Arévalo W, Pacheco R, Giraldo A, Loayza S. 2002. Relaciones entre calidad ambiental y calidad de vida en Lima Metropolitana. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Geología, Minera, Metalurgia y Ciencias Geográficas*. 5(9):47-52. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v5i9.664>
- Castillo L, Castañeda L, Quinteros Z. 2014. Aves del campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina (Lima-Perú) - Una revisión de su abundancia, distribución y diversidad desde 1992 al 2010. *Ecología Aplicada*. 13(2): 117-128. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v13i1-2.462>
- Chion M. 2002. Dimensión metropolitana de la globalización: Lima a fines del siglo XX. *Revista Latinoamericana de Estudios Urbano Regionales*. 28(85):71-87. <http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612002008500005>
- Cleveland CJ, Betke M, Federico P, Frank JD, Hallam TG, Horn J, López JD Jr, McCracken GF, Medellín RA, Moreno-Valdez A, Sansone CG, Westbrook JK, Kunz TH. 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(5): 238-243. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2006\)004\[0238:EVOTPC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2006)004[0238:EVOTPC]2.0.CO;2)
- Coleman JL, Barclay RMR. 2011. Urbanization and the abundance and diversity of Prairie bats. *Urban Ecosystems*. 15(1): 87-102. <https://doi.org/10.1007/s11252-011-0181-8>
- Convención sobre la Conservación de las especies migratorias de animales silvestres (CMS). 2020. Apéndices I y II de la Convención sobre la conservación de las especies migratorias de animales silvestres. www.cms.int. Revisado el 19 de enero 2021.
- Dixon MD. 2012. Relationship between land cover and insectivorous bat activity in an urban landscape. *Urban Ecosystems*. 15(3): 683-695. <https://doi.org/10.1007/s11252-011-0219-y>
- Fabianek F, Gagnon D, Delorme M. 2011. Bat distribution and activity in Montréal Island green spaces: responses to multiscale habitat effects in a densely urbanized area. *Ecoscience*. 18(1): 9-17. <https://doi.org/10.2980/18-1-3373>
- Falcão F, Ugarte-Núñez JA, Faria D, Caselli CB. 2015. Unravelling the calls of discrete hunters: acoustic structure of echolocation calls of furipterid bats (Chiroptera, Furipteridae). *Bioacoustics*. 24(2): 175-183. <https://doi.org/10.1080/09524622.2015.1017840>
- Federico P, Hallam TG, McCracken GF, Purucker ST, Grant WE, Correa-Sandoval AN, Westbrook JK, Medellín RA, Cleveland CJ, Sansone CG, López JD Jr, Betke M, Moreno-Valdez A, Kunz TH. 2008. Brazilian free-tailed bats as insect pest regulators in transgenic and conventional cotton crops. *Ecological Applications*. 18(4): 826-837. <https://doi.org/10.1890/07-0556.1>
- Fenton MB, Merriam HG, Holroyd GL. 1983. Bats of Kootenay, Glacier, and Mount Revelstoke national parks in Canada: identification by echolocation calls, distribution, and biology. *Canadian Journal of Zoology*. 61(11): 2503-2508. <https://doi.org/10.1139/z83-332>
- Findley JS. 1993. *Bats: a community perspective*. New York, Estados Unidos de América: Cambridge University Press.
- Flores-Quispe M, Calizaya-Mamani G, Portugal-Zegarra G, Aragón G, Pacheco-Castillo J, Rengifo EM. 2019. Contributions to the natural history of *Mormopterus kalinowskii* (Chiroptera: Molossidae) in the southwest of Peru. *Therya*. 10(3): 343-352. <https://doi.org/10.12933/therya-19-753>
- Fraser EE, Silvis A, Brigham RM, Czenze ZJ (eds). 2020. *Bat Echolocation Research: A handbook for planning and conducting acoustic studies*. Texas, Estados Unidos de América: Bat Conservation International.
- Furlonger CL, Dewar HJ, Fenton MB. 1987. Habitat use by foraging insectivorous bats. *Canadian Journal of Zoology*. 65(2): 284-288. <https://doi.org/10.1139/z87-044>
- Galaz J, Yáñez J. 2006. *Los Murciélagos de Chile: Guía para su reconocimiento*. Santiago, Chile: Ediciones del Centro de Ecología Aplicada.
- Gallo T, Fidino M, Lehrer EW, Magle SB. 2017. Mammal diversity and metacommunity dynamics in urban green spaces: implications for urban wildlife conservation. *Ecological Applications*. 27(8):2330-2341. <https://doi.org/10.1002/eap.1611>

- Gannon WL, Sherwin RE, Haymond S. 2003. On the importance of articulating assumptions when conducting acoustic studies of habitat use by bats. *Wildlife Society Bulletin* (1973-2006). 31(1): 45-61.
- Geggie JF, Fenton MB. 1985. A comparison of foraging by *Eptesicus fuscus* (Chiroptera: Vespertilionidae) in urban and rural environments. *Canadian Journal of Zoology*. 63(2): 263-266. <http://doi.org/10.1139/z85-040>
- Gehrt SD, Chelsvig JE. 2004. Species-Specific patterns of bat activity in an urban landscape. *Ecological Applications*. 14(2): 625-635. <https://doi.org/10.1890/03-5013>
- Ghanem SJ, Voigt CC. 2012. Increasing awareness of ecosystem services provided by bats. In: Brockmann HJ, Roper TJ, Naguib M, Mitani JC, Simmons LW, editors. *Advances in the Study of Behavior*. Volume 44. Waltham: Academic Press. p. 279-302. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394288-3.00009-5>
- Gillam EH, McCracken GF. 2007. Variability in the echolocation of *Tadarida brasiliensis*: effects of geography and local acoustic environment. *Animal Behaviour*. 74(2): 277-286. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2006.12.006>
- Grindal SD, Brigham RM. 1999. Impacts of forest harvesting on habitat use by foraging insectivorous bats at different spatial scales. *Écoscience*. 6(1): 25-34. <https://doi.org/10.1080/11956860.1999.11952206>
- Hayes J. 1997. Temporal variation in activity of bats and the design of echolocation-monitoring studies. *Journal of Mammalogy*. 78(2): 514-524. <https://doi.org/10.2307/1382902>
- Hall LS, Krausman PR, Morrison ML. 1997. The habitat concept and a plea for standard terminology. *Wildlife Society Bulletin*. 25(1): 173-182.
- Holdridge LR. 1967. *Life Zone Ecology*. San José, Costa Rica: Tropical Science Center.
- Hutson AM, Mickleburgh SP, Racey PA. 2001. *Microchiropteran bats: global status survey and conservation action plan*. Gland, Suiza: International Union for Conservation of Nature.
- Ibarra FM, Cruzado CE. 2017. Avistamiento de aves en el campus de la universidad Ricardo Palma, Lima, Perú. *Biotempo*. 14(2): 167-177. <https://doi.org/10.31381/biotempo.v14i2.1667>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2019. *Provincia de Lima: Compendio Estadístico 2019*. Lima, Perú.
- Iriarte A. 2008. *Mamíferos de Chile*. Barcelona, España: Editorial Lynx.
- Johnson DH. 1980. The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. *Ecology*. 61(1): 65-71. <https://doi.org/10.2307/1937156>
- Kalko EK, Handley CO. 2001. Neotropical bats in the canopy: diversity, community structure, and implications for conservation. *Plant Ecology*. 153(1):319-333. <http://doi.org/10.1023/A:1017590007861>
- Kunz TH. 1982. Roosting Ecology of Bats. In: Kunz TH., editor. *Ecology of Bats*. Nueva York: Plenum Press. p. 1-55.
- Kurta A, Teramino JA. 1992. Bat community structure in an urban park. *Ecography*. 15(3): 257-261. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1992.tb00032.x>
- Krusic R, Yamasaki M, Neefus C, Pekins P. 1996. Bat hábitat use in White Mountain National Forest. *Journal of Wildlife Management*. 60(3): 625-631.
- Lanchipa-Ale T, Aragón-Alvarado G. 2018. Ensamble de murciélagos en el valle de Ite, región Tacna, Perú. *Idesia* (Chile). 36(1): 83-90. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018000100083>
- Lee YF, Mccracken GF. 2002. Foraging activity and food resource use of Brazilian free-tailed bats, *Tadarida brasiliensis* (Molossidae). *Écoscience*. 9(3): 306-313. <http://dx.doi.org/10.1080/11956860.2002.11682717>
- Loveridge AJ, Wang SW, Frank LG, Seidensticker J. 2010. People and wild felids: Conservation of cats and management of conflicts. In: Macdonald DW, Loveridge A, editors. *New York: Oxford University Press*. p. 161-195.
- Marcum CL, Loftsgaarden DO. 1980. A nonmapping technique for studying habitat preferences. *Journal of Wildlife Management*. 44(4): 963-968.
- McConville A, Law BS, Mahony MJ. 2013. Are regional habitat models useful at a local-scale? A case study of threatened and common insectivorous bats in South-Eastern Australia. *PLoS One*. 8(8): e72420. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072420>
- Mena JL, Williams M. 2002. Diversidad y patrones reproductivos de quirópteros en un área urbana de Lima, Perú. *Ecología Aplicada*. 1(1): 1-8. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v1i1-2.222>

- Mena JL. 2010. Respuestas de los murciélagos a la fragmentación del bosque en Pozuzo, Perú. *Revista Peruana de Biología*. 17(3): 277-284. <https://doi.org/10.15381/rpb.v17i3.2>
- Mena JL., Williams M, Gazzolo C, Montero F. 2007. Estado de conservación de *Melanomys zunigae* (Sanborn 1949) y de los mamíferos pequeños en las Lomas de Lima. *Revista Peruana de Biología*. 14(2): 201-208. <https://doi.org/10.15381/rpb.v14i2.1734>
- Miller BW. 2001. A method for determining relative activity of free flying bats using a new activity index for acoustic monitoring. *Acta Chiropterologica*. 3(1): 93-105.
- Moretto L, Francis CM. 2017. What factors limit bat abundance and diversity in temperate, north American urban environments?. *Journal of Urban Ecology*. 3(1): 1-9. <https://doi.org/10.1093/jue/jux016>
- Nolazco S. 2012. Diversidad de aves silvestres y correlaciones con la cobertura vegetal en parques y jardines de la ciudad de Lima. *Boletín informativo UNOP*. 7(1): 4-16.
- Norberg UM, Rayner JMV. 1987. Ecological morphology and flight in bats (Mammalia: Chiroptera): wing adaptations, flight performance, foraging strategy and echolocation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B* (316): 335-427. <http://doi.org/10.1098/rstb.1987.0030>
- O'Farrell MJ, Miller BW, Gannon WL. 1999. Qualitative identification of free-flying bats using the anabat detector. *Journal of Mammalogy*. 80(1): 11-23. <https://doi.org/10.2307/1383203>
- Ortiz de la Puente J. 1951. Estudio monográfico de los quirópteros de Lima y alrededores. Publicaciones del Museo de Historia Natural "Javier Prado" UNMSM, Serie A. 7:1- 48.
- Ossa G, Lilley TM, Ugarte-Núñez J, Ruokolainen L, Vilches K, Valladares-Faúndez P, Yung V. 2018. Primer registro de *Promops davisoni* (Thomas, 1921) (Chiroptera, Molossidae) en Chile, y descripción de sus llamadas de ecolocación. *Mastozoología Neotropical*. 25(1): 129-138.
- Pari A, Pino K, Medina CE, López E, Zeballos H. 2015. Murciélagos de Arequipa, Historia Natural y Conservación. Arequipa, Perú: Impresiones Juve E.I.R.L.
- Pech-Canche JM, MacSwiney C, EstrellaE. 2010. Importancia de los detectores ultrasónicos para mejorar los inventarios de murciélagos Neotropicales. *Therya*. 1(3): 221-227. <https://doi.org/10.12933/therya-10-17>
- Pacheco V, Paredes B, Crosby J, Gayoso J, Cardoso F, Sisniegas H. 1990. Notas sobre la avifauna en ambientes urbanos y sugerencias sobre planeamiento de parques. Publicaciones del Museo de Historia Natural UNMSM. A (35): 1-7.
- Pacheco V, Zevallos A, Cervantes K. 2015. Mamíferos del Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa, Lima-Perú. *Científica*. 12(1):26-41. <https://doi.org/10.21142/cient.v12i1.163>
- Pacheco V, Pacheco J, Zevallos A, Valentin P, Salvador J, Ticona, G. 2020. Mamíferos pequeños de humedales de la costa central del Perú. *Revista peruana de biología*. 27(4): 483-498. <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v27i4.19204>
- Paredes C., Iannacone J., Alvarino L. 2005. Uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad de agua en el río Rímac, Lima - Callao, Perú. *Revista Colombiana de Entomología*. 31(2): 219-225.
- Pascual G, Iannacone J, Alvarino L. 2019. Macroinvertebrados bentónicos y ensayos toxicológicos para evaluar la calidad del agua y del sedimento del río Rímac, Lima, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 30(4): 1421-1442. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i4.17164>
- Racey PA, Swift SM. 1985. Feeding ecology of *Pipistrellus pipistrellus* (Chiroptera: Vespertilionidae) during pregnancy and lactation I. Foraging behaviour. *The Journal of Animal Ecology*. 54(1): 205-215. <https://doi.org/10.2307/4631>
- Ramírez D, González O. 2001. Análisis de dos métodos de muestreo para el cálculo de la diversidad de especies de aves terrestres en la ciudad de Lima, Perú. *Biota*. 100: 114-123.
- Ratcliffe JM, Dawson JW. 2003. Behavioural flexibility: the little brown bat, *Myotis lucifugus*, and the northern long-eared bat, *M. septentrionalis*, both glean and hawk prey. *Animal Behaviour*. 66(5): 847-856. <https://doi.org/10.1006/anbe.2003.2297>
- Razgour O, Korine C, Saltz D. 2010. Pond characteristics as determinants of species diversity and community composition in desert bats. *Animal Conservation*. 13(5): 505-513. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2010.00371.x>

- Rengifo EM, Calderón W, Aquino R. 2013. Características de refugios de algunas especies de murciélagos en la cuenca alta del río Itaya, Loreto, Perú. UNED Research Journal. 5(1): 143-150. <https://doi.org/10.22458/urj.v5i1.20>
- RStudio Team. 2019. RStudio: Integrated Development for R. <<http://www.rstudio.com>>. Revisado el 10 de junio 2019.
- Russo D, Ancilloto, L., 2015. Sensitivity of bats to urbanization: A review. Mammalian Biology. 80: 205-212.
- Russo D, Jones G. 2003. Use of foraging habitats by bats in a Mediterranean area determined by acoustic surveys: conservation implications. Ecography. 26(2):197-209. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0587.2003.03422.x>
- Salvarina I. 2016. Bats and aquatic habitats: a review of habitat use and anthropogenic impacts. Mammal Review. 46(2): 131-143. <https://doi.org/10.1111/mam.12059>
- Sánchez F. 2011. La heterogeneidad del paisaje del borde norte de Bogotá (Colombia) afecta la actividad de los murciélagos insectívoros. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica. 14(1): 71-80. <https://doi.org/10.31910/rudca.v14.n1.2011.759>
- Simmons NB, Seymour KL, Haberster J, Gunnell GF. 2008. Primitive early Eocene bat from Wyoming and the evolution of flight and echolocation. Nature. 451: 818-821. <https://doi.org/10.1038/nature06549>
- Sokal R, Rohlf F. 1995. Biometry. The principles and practice of statistics in biological research. New York, Estados Unidos de América: W. H. Freeman & Company.
- Solari S. 2019. *Mormopterus kalinowskii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T88087551A88087580. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-1.RLTS.T13883A22082910.en>. Revisado el 19 de febrero 2021.
- Takano F, Castro N. 2007. Avifauna en el campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima - Perú. Ecología Aplicada. 6(1,2): 149-154. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v6i1-2.351>
- Taylor M. 2018. Bats: An Illustrated Guide to All Species. Washington, Estados Unidos de América: Smithsonian books.
- Ugarte-Núñez. 2020. Clave de identificación por ecolocación de 20 especies de murciélagos del suroeste de Perú. Ciencia & Desarrollo. (27): 37-48. <https://doi.org/10.33326/26176033.2020.27.996>
- Vaughan TA. 1966. Morphology and flight characteristics of molossid bats. Journal of Mammalogy. 47:249-260. <https://doi.org/10.2307/1378121>

Archivos suplementarios

[Audios](#)

Editor: Francisco Sanchez
Received 2020-11-10
Revised 2020-11-15
Accepted 2020-12-12
Published 2021-02-02