



Uso de áreas agrícolas por murciélagos insectívoros (Chiroptera, Mammalia) en valles costeros del sur del Perú

Agricultural areas use by insectivorous bats (Chiroptera, Mammalia) in coastal valleys from southern Peru

César E. Medina^{1*}, Ana C. Núñez¹, Evaristo López¹, José A. Morales¹, Edwin F. Bocardo¹

¹ Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Santa Catalina N° 117, Arequipa, Perú.

* Autor para correspondencia: <cmedinap@unsa.edu.pe>

RESUMEN

En las últimas décadas, el interés por el estudio de murciélagos en la Región de Arequipa se ha centrado en documentar su diversidad, contándose con pocas investigaciones que aborden aspectos de su ecología. Los murciélagos son un grupo atractivo para realizar estudios sobre uso de hábitat, dado que presentan una amplia gama de gremios tróficos. Por tanto, aquí presentamos el primer esfuerzo por describir el uso de áreas agrícolas por murciélagos insectívoros en los valles costeros de Arequipa, suroeste del Perú. Se evaluó la intensidad de uso y preferencia de hábitat de murciélagos en cultivos representativos de los valles de Ocoña, Camaná y Tambo, a partir de datos bioacústicos. El diseño de muestreo consideró ocho cultivos, cuatro noches de grabación por cultivo, y en las dos temporadas del año. Se registró un total de 47895 grabaciones de ecolocalización, pertenecientes a nueve especies de murciélagos, siendo *Mormopterus kalinowski*, *Eumops chiribaya*, *Tadarida brasiliensis* y *Myotis atacamensis* las especies que mostraron mayor actividad relativa en los diferentes tipos de cultivo evaluados (alfalfa, tomate, ajo – cebolla y maíz). Los análisis NMDS y ANOSIM no encontraron diferencias entre los ensambles de murciélagos que ocurren

► Ref. bibliográfica: Medina, C. E.; Núñez, A. C.; López, E.; Morales, J. A.; Bocardo, E. F. 2024. "Uso de áreas agrícolas por murciélagos insectívoros (Chiroptera, Mammalia) en valles costeros del sur del Perú". *Acta zoológica lilloana* 68 (2): 547-563. DOI: <https://doi.org/10.30550/j.azl/2027>

► Recibido: 30 de septiembre 2024 – Aceptado: 14 de octubre 2024.



► URL de la revista: <http://actazoolologica.lillo.org.ar>

► Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.

en la temporada seca, pero estos si encontraron diferencias en la temporada húmeda, mostrando ensambles definidos en los cultivos de caña de azúcar, alfalfa, maíz y ajo-cebolla. Finalmente, el presente estudio refuerza el conocimiento sobre los servicios ecosistémicos que brindan los murciélagos como potenciales controladores de insectos plaga en los valles costeros del sur del Perú.

Palabras clave: Bioacústica, cultivos, intensidad de uso, preferencia de hábitat.

ABSTRACT

In recent decades, interest in the study of bats in the Arequipa Region has focused on documenting their diversity, with little research addressing aspects of their ecology. Bats are an attractive group to carry out studies on habitat use, given that they present a wide range of trophic guilds. Therefore, here we present the first effort to describe the agricultural areas use by insectivorous bats in coastal valleys of Arequipa, southwestern Peru. The intensity of use and preference habitat of bats in representative crops of the Ocoña, Camaná and Tambo valleys was evaluated, from acoustic data. The sampling design considered eight crops, four recording nights per crop, and in both seasons of the year. A total of 47,895 echolocation recordings were recorded, belonging to nine species of bats. *Mormopterus kalinowski*, *Eumops chiribaya*, *Tadarida brasiliensis* and *Myotis atacamensis* were the species that showed the greatest relative activity in the different types of crops evaluated (alfalfa, tomato, garlic – onion and corn). NMDS and ANOSIM analyses did not find differences between bat assemblages occurring in the dry season, but they did find differences in the wet season, showing distinct assemblages in sugarcane, alfalfa, corn, and garlic-onion crops. Finally, the present study reinforces knowledge about the ecosystem services provided by bats as potential controllers of insect pests in the coastal valleys of southern Peru.

Keywords: Activity patterns, bioacoustics, crops, intensity of use, preference habitat.

INTRODUCCIÓN

Los murciélagos cumplen un rol fundamental en el ecosistema, siendo polinizadores, dispersores de semillas e incluso predadores de insectos plagas y/o vectores de enfermedades, lo cual los posiciona como potenciales bioindicadores de diversos procesos ecológicos (Kunz, Torrez, Bauer, Lobova y Fleming, 2011). En los sistemas agrícolas, los murciélagos insectívoros son un componente importante dentro de la regulación de insectos plaga. En este sentido, Cleveland et al. (2006), estimaron un ahorro anual cercano a los 600 mil USD en el control del “gusano mazorquero” *Helicoverpa zea*

(Lepidoptera, Insecta) por parte del “murciélago de cola libre” *Tadarida brasiliensis* (Molossidae, Chiroptera), en el suroeste de Texas y de San Antonio, en Estados Unidos.

Diversos estudios refieren que los patrones de actividad de los murciélagos pueden variar temporalmente como respuesta a una amplia variedad de factores exógenos y endógenos del hábitat (Anthony, Stack y Kunz, 1981; Barclay, 1991). Esto implica que los murciélagos usen algunos tipos de hábitat con mayor frecuencia que otros (Walsh y Harris, 1996). En tal sentido, el uso de hábitat hace referencia a la forma en que un animal usa o consume los recursos físicos y biológicos en un hábitat dado, siendo un componente fundamental para comprender el nicho, las interacciones ecológicas y las implicaciones evolutivas del comportamiento de las especies (Hall, Krausman y Morrison, 1997; Krausman, 1999).

La ecolocalización es una adaptación de los murciélagos pequeños (Yangochiroptera) para obtener información de su entorno a través de ecos, los cuales usan una amplia variedad de llamados que difieren en la estructura de su frecuencia, duración y nivel de presión acústica. Las llamadas de ecolocalización guardan una estrecha relación con la complejidad estructural del hábitat que el murciélago debe navegar, el modo de alimentación y su dieta (Schnitzler y Kalko, 2001).

Los murciélagos en agroecosistemas costeros han sido muy poco estudiados en Perú (Lanchipa-Ale y Aragón-Alvarado, 2018). Actualmente, gracias a los sistemas de detección acústica automatizados es posible estimar y caracterizar los patrones de actividad de los murciélagos en un determinado tiempo y espacio, a través de los tipos de llamados de ecolocalización que emiten (Fenton, 1970; Hayes, 1997). Estudios de este tipo son relativamente escasos en la región Neotropical (Barros, Pessosa y Rui, 2014; Rodríguez-San Pedro, Chaperon, Beltrán, Allendes, Ávila y Grez, 2018; Muñoz, Ossa, Zaviezo y Bonacic, 2019), pero han llegado a evidenciar la necesidad de identificar cuáles son las variaciones en la actividad de los murciélagos en el uso de hábitat para determinar y evaluar sus necesidades ecológicas y así facilitar su conservación (Wang, Kanwal, Zhang, Jiang, Lu y Feng, 2010).

Por tanto, el presente estudio buscó describir el uso de áreas agrícolas por murciélagos insectívoros en los principales cultivos de valles costeros de la región de Arequipa, suroeste del Perú, a través de sus llamadas de ecolocalización. Se planteó la hipótesis de que la actividad relativa de los murciélagos es diferente en todos los cultivos y que varía según la época del año (temporada húmeda vs. seca).

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en las principales zonas agrícolas de los valles costeros de los departamentos de Arequipa y Moquegua, suroeste de Perú, entre los 85 a 1650 m. de altitud (Tabla 1). Se realizaron trabajos de campo en seis localidades, en la temporada seca de 2018 (agosto-septiembre) y en la temporada húmeda de 2019 (mayo-junio). A continuación, se describen cada una de las localidades.

Cocachacra.— Ubicado en el río Tambo, se caracteriza por ser un valle amplio con escasa vegetación riparia en los márgenes del río. La actividad agrícola está destinada principalmente a la producción de “arroz” *Oryza sativa* L. y “caña de azúcar” *Saccharum officinarum* L.

Quinistaquillas.— Ubicado en el río Tambo, se caracteriza por ser un valle amplio con vegetación silvestre en los márgenes del río. La actividad agrícola está destinada principalmente a la producción de “alfalfa” *Medicago sativa* L., “maíz” *Zea mays* L., “ajo” *Allium sativum* L., “camote” *Ipomoea batatas* L. y “papa” *Solanum tuberosum* L.

Huatiapa.— Ubicado en el río Aplao, se caracteriza por ser un valle amplio con vegetación silvestre continua en los márgenes del río. La actividad agrícola está destinada principalmente a la producción de “frejol” *Phaseolus vulgaris* L., “alfalfa”, “maíz”, “tomate” *Solanum lycopersicum* L., “cebolla” *Allium cepa* L. y “uva” *Vitis vinífera* L.

Canco.— Ubicado en el río Colca, se caracteriza por ser un valle estrecho con vegetación silvestre continua en los márgenes del río. La actividad agrícola está destinada principalmente a la producción de “alfalfa”, “maíz” y “uva”.

Chaucalla.— Ubicado en el río Ocoña, se caracteriza por ser un valle estrecho con vegetación silvestre continua en los márgenes del río. La actividad agrícola está destinada principalmente a la producción de “papa”, “arroz”, “maíz”, “alfalfa” y “paltos” *Persea americana* M.

Pitay.— Ubicado en el río Majes, se caracteriza por ser un valle amplio con vegetación silvestre continua en los márgenes del río. La actividad agrícola está destinada principalmente a la producción de “papa”, “maíz”, “alfalfa” y “paltos”.

Métodos

Para el registro de llamadas de ecolocalización se utilizó dos detectores pasivos de ultrasonido (Song Meter SM4BAT, Wildlife Acoustics) con micrófono SMM_U1_10M acoplado. Cada detector fue ubicado en el centro de un cultivo por un período de cuatro noches consecutivas y estuvieron con-

Tabla 1. Localidades de muestreo evaluadas en los valles costeros de suroeste de Perú y esfuerzo de muestreo. El asterisco denota localidades utilizadas para comparaciones entre temporadas de evaluación.

Table 1. Sampling locations evaluated in the coastal valleys of southwest Peru and sampling effort. The asterisk denotes locations used for comparisons between evaluation seasons.

Localidades	Coordenadas			Cultivos	Temporada seca		Temporada húmeda	
	Sur	Oeste	Elevación		Hrs. de grabación	Nº de grabaciones	Hrs. de grabación	Nº de grabaciones
Cocachacra	17°05'01"	71°44'49"	85	Papa	44	678	44	207
				Caña de azúcar	-	-	44	599
Huatiapa	15°58'39"	72°27'52"	715	Uva	44	2192	-	-
				Maíz	44	2368	-	-
				Alfalfa	-	-	44	2091
				Tomate	-	-	44	3699
Chaucalla	16°25'40"	73°06'15"	1100	Alfalfa	44	3049	-	-
				Palto	44	3569	-	-
Canco	15°41'07"	72°12'36"	1457	Alfalfa*	44	3647	44	2977
				Maíz*	44	5598	44	5833
Pitay	16°12'36"	72°03'16"	1600	Alfalfa	44	1532	-	-
				Maíz*	44	2777	44	1083
				Ajo - Cebolla	-	-	44	1696
Quinis-taquillas	16°45'21"	70°53'04"	1650	Alfalfa*	44	739	44	500
				Uva*	44	1296	44	1765
				Subtotal	484	27445	440	20450

figurados para grabar desde las 18:00 h hasta las 5:00 h. del día siguiente, es decir 11 horas por noche (Barboza, Aguirre y Kalko, 2006). El esfuerzo de muestreo en la temporada seca fue de 484 horas de grabación, mientras que en la temporada húmeda fue de 440 horas de grabación (Tabla 1).

En una llamada de ecolocalización se puede distinguir tres secciones: 1. la fase de búsqueda, caracterizado por pulsos emitidos de forma pausada utilizados para desplazarse de un sitio a otro o buscar alimento; 2. la fase de aproximación, pulsos más frecuentes utilizados para acercarse a una presa potencial; y 3. la fase terminal o de captura, pulsos numerosos utilizados para la captura de la presa (Barboza et al., 2006). Los pulsos de ecolocalización de la fase de búsqueda fueron utilizados para la determinación taxonómica de los murciélagos, con ayuda de librerías acústicas de murciélagos que habitan en el desierto costero del sur de Perú (Falcão, Ugarte-Núñez, Faria y Caselli, 2015; Málaga 2018; Ossa, Lilley, Ugarte-Núñez, Ruokolainen, Vilches, Valladares-Faúndez y Yung, 2018; Ugarte-Núñez, 2020; Portugal-Zegarra, Calizaya-Mamani, Sánchez-Vendizú, Flores-Quispe y Ugarte-Núñez, 2022; Rodríguez-San Pedro, Ugarte-Núñez, Beltrán, Alledes, 2022). Para ello se utilizó el programa Kaleidoscope Analysis Software 5.6.6 (Wildlife Acoustics), donde se visualizaron los pulsos de los llamados a través de espectrogramas y oscilogramas. Se contrastaron las variables: frecuencia pico, frecuencia inicial, frecuencia final, ancho de banda y duración de cada pulso, con la literatura existente (Ossa, 2010; Barboza, Aguirre, Pérez y Kalko, 2013). Luego de hizo el seguimiento visual de los pases de búsqueda a fin de observar si alcanzaba o no la fase terminal, con lo cual se

pudo hacer inferencias sobre el desplazamiento o intentos de alimentación que los murciélagos realizaron en cada cultivo (Muñoz et al., 2019).

La intensidad de uso de hábitat fue evaluada utilizando curvas de rango-abundancia para todos los cultivos evaluados en ambas temporadas, las cuales se obtuvieron de la relación entre el número de pases de búsqueda o de captura para cada especie con el esfuerzo de muestreo, es decir el número de pases por noche de grabación (Kalko y Schnitzler, 1998; Schnitzler y Kalko, 2001; Barboza et al., 2006).

La preferencia de hábitat fue analizada con el Índice de selectividad de Ivlev (Lechowicz, 1982) y los Intervalos de confianza de Bailey (Cherry, 1996), utilizando los datos correspondientes al número de pases de captura y sólo fueron estimados para los cultivos con datos para ambas temporadas de evaluación (alfalfa, maíz y uva) (Montenegro y Acosta, 2008).

Adicionalmente, se realizó un análisis de escalamiento no-métrico multidimensional (NMDS) y un análisis de similitud (ANOSIM) basado en el índice de similitud de Jaccard (Sánchez, 1985) con el número de pases de búsqueda para evaluar la composición de especies de murciélagos en todos los cultivos evaluados en ambas temporadas. Los análisis se realizaron utilizando los programas HaviStat v1.0 (Montenegro y Acosta, 2008) y PAST 4.12 (Hammer, Harper, Ryan y 2001).

RESULTADOS

Con un esfuerzo total de 924 horas de grabación, se obtuvo un total de 47895 archivos de grabación de murciélagos, de los cuales sólo se pudo analizar 7951 archivos por problemas con ruido ambiental en las grabaciones (Tabla 1). En la temporada húmeda se contabilizó un total de 2165 pases de búsqueda y 815 pases de captura de murciélagos, pertenecientes a nueve especies (*Eumops chiribaya*, *Mormopterus kalinowski*, *Nyctinomops aurispinosus*, *Nyctinomops laticaudatus*, *Promops davisoni*, *Tadarida brasiliensis*, *Tomopeas rufus*, *Histiotus montanus* y *Myotis atacamensis*), mientras que en temporada seca se contabilizó un total de 4971 pases de búsqueda y 1407 pases de captura, pertenecientes a las mismas especies (Tabla 2).

En base al número de pases de captura, la mayor riqueza de especies fue registrada en los cultivos de alfalfa y ajo-cebolla, ambos con 8 especies; mientras que, la menor riqueza fue registrada en los cultivos de caña de azúcar y papa, con tres y dos especies, respectivamente (Tabla 1).

El murciélago *Mormopterus kalinowski* fue una de las especies más predominantes en todos los cultivos evaluados (alfalfa, maíz, uva, papa, palto, caña de azúcar, tomate y ajo-cebolla), registrándose altos valores en sus pases de búsqueda, de 13.0 – 25.8 PB/noche en temporada húmeda y de 14.8 – 61.5 PB/noche en temporada seca (Fig. 1 y 2). Otras especies dominantes, pero en menores proporciones fueron *Eumops chiribaya*, *Tadarida brasiliensis* o *Myotis atacamensis*, dependiendo el tipo de cultivo y temporada

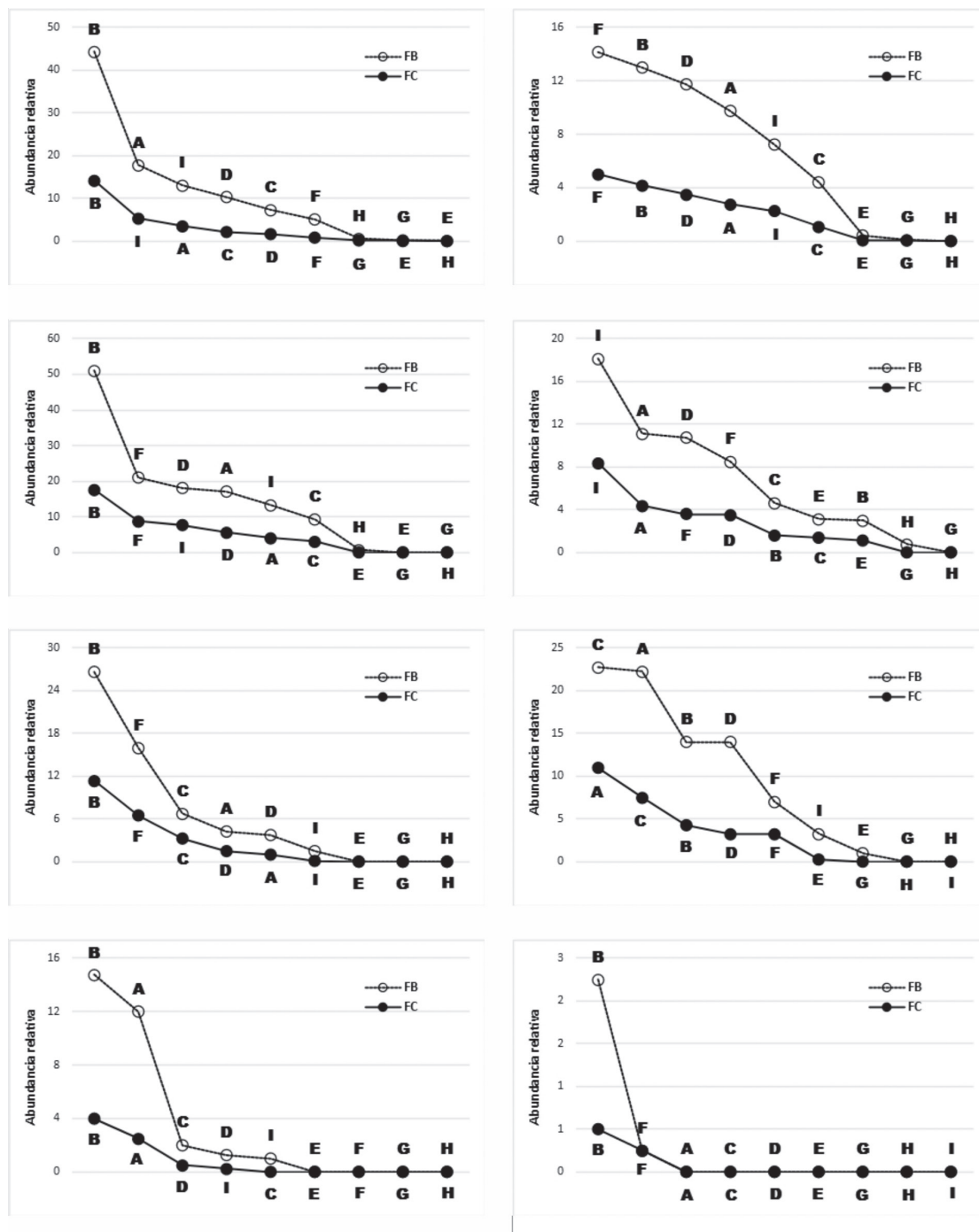


Figura 1. Curvas de rango-abundancia de las especies de murciélagos por cultivo (de arriba hacia abajo: alfalfa, maíz, uva y papa), durante la temporada seca (columna de la izquierda) y temporada húmeda (columna de la derecha). Se presenta intensidad de uso de pases de búsqueda (PB) y pases de captura (PC).

Figure 1. Range-abundance curves of the bat species by crop (top down: alfalfa, corn, grape and potato), during dry season (left column) and wet season (right column). Intensity of use of search passes (PB) and capture passes (PC) is presented.

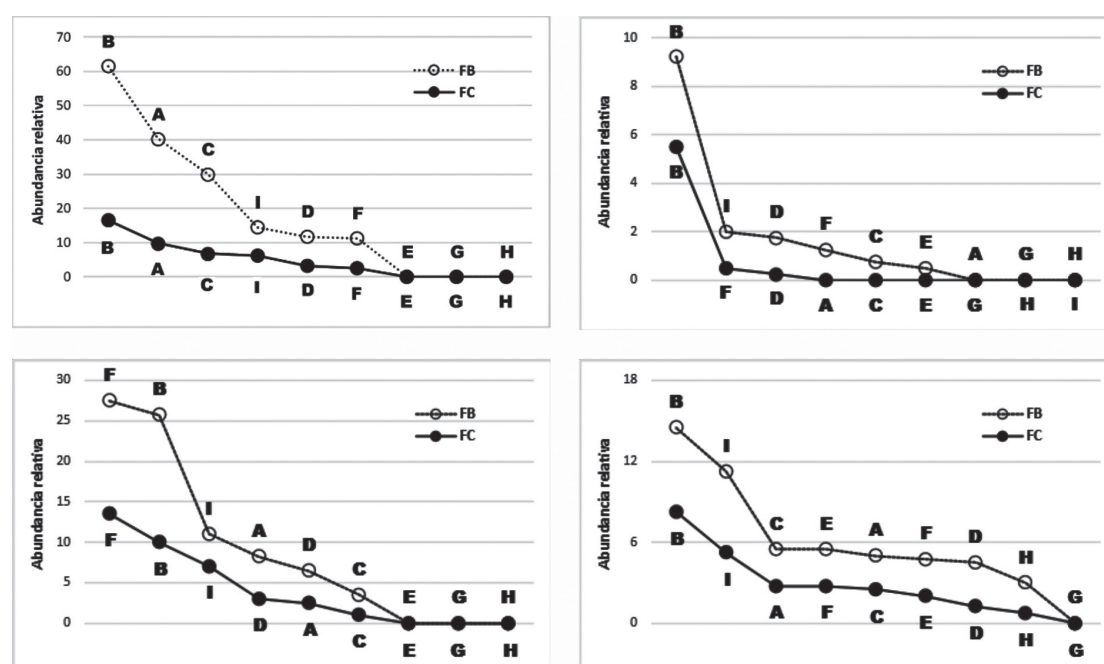


Figura 2. Curvas de rango-abundancia de las especies de murciélagos en cultivos de palto (arriba izquierda), caña de azúcar (arriba derecha), tomate (abajo izquierda) y ajo-cebolla (abajo derecha). Se presenta intensidad de uso según pases de búsqueda (PB) y pases de captura (PC).

Figure 2. Range-abundance curves of bat species in palm (top left), sugarcane (top right), tomato (bottom left) and garlic-onion (bottom right) crops. Intensity of use is presented according to search passes (PB) and capture passes (PC).

de evaluación (Fig. 1 y 2). Por otro lado, las especies *Histiotus montanus* y *Tomopeas rarus* fueron las que menor actividad registraron dentro de los cultivos, con valores inferiores a 0.8 PB/noche. Además, se observó que las especies más predominantes en los pases de búsqueda también lo fueron en sus respectivos pases de captura. Sin embargo, en ciertas especies esta relación fue proporcionalmente similar (por ejemplo: *Myotis atacamensis* en la temporada seca de alfalfa y maíz), lo cual indicaría un mayor grado de importancia en la predación de insectos sobre ciertos cultivos.

El Índice de selectividad de Ivlev basado en los pases de captura, muestra que *Myotis atacamensis* y *Tadarida brasiliensis* prefieren alimentarse de cultivos de maíz durante ambas temporadas del año (Tabla 3). Mientras que otras especies sólo prefieren alimentarse de un cultivo específico y/o en una temporada específica del año, por ejemplo: *Mormopterus kalinowski* prefiere alimentarse en cultivos de alfalfa y maíz sólo en temporada seca; *Nyctinomops aurispinosus* prefiere alimentarse en cultivos de maíz en temporada seca, mientras que en uva en temporada húmeda; *Nyctinomops laticaudatus* prefiere alimentarse en cultivos de alfalfa en temporada húmeda, mientras que en maíz en temporada seca; entre otros. Estas aproximaciones fueron corroboradas con los Intervalos de confianza de Bailey, los cuales muestran que *M. atacamensis* y *T. brasiliensis* usan los recursos en los cultivos

Tabla 3. Índices de preferencia de hábitat de murciélagos en cultivos de los valles costeros del sur de Perú, durante la temporada seca (TS) y temporada húmeda (TH). Índice de selectividad de Ivlev e Intervalos de confianza de Bailey. Condiciones: prefiere (letra en negrita), usa (letra cursiva) y no prefiere (letra normal).

Table 3. Habitat preference indices of bats in crops from the southern coastal valleys of Peru, during the dry season (TS) and wet season (TH). The Ivlev selectivity index and the Bailey confidence intervals. Conditions: prefer (bold), use (italic) and do not prefer (normal).

Especies	Pruebas	Alfalfa		Maíz		Uva	
		TS	TH	TS	TH	TS	TH
<i>Eumops chiribaya</i>	Ivlev	0.1	-0.4	0.1	-0.1	-0.7	0.4
	Bailey	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
<i>Mormopterus kalinowski</i>	Ivlev	0.3	-0.4	0.3	-0.6	-0.1	-0.2
	Bailey	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83
<i>Nyctinomops aurispinosus</i>	Ivlev	-0.5	-0.3	0.1	-0.3	-0.8	0.5
	Bailey	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33
<i>Nyctinomops laticaudatus</i>	Ivlev	-0.1	0.1	0.3	0	-0.6	0
	Bailey	3.46	3.46	3.46	3.46	3.46	3.46
<i>Promops davisoni</i>	Ivlev	-1	-1	-1	0.7	-1	0
	Bailey	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
<i>Tadarida brasiliensis</i>	Ivlev	-0.3	0.3	0.2	0.1	-1	0
	Bailey	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
<i>Tomopeas ravus</i>	Ivlev	-1	0.7	-1	-1	-1	-1
	Bailey	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
<i>Histiotus montanus</i>	Ivlev	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	Bailey	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Myotis atacamensis</i>	Ivlev	0.3	-0.4	0.4	0.3	-1	-1
	Bailey	4.98	4.98	4.98	4.98	4.98	4.98

de maíz durante ambas temporadas. En cambio *M. atacamensis* no prefiere alimentarse en cultivos de uva, *Promops davisoni* no prefiere alimentarse en cultivos de alfalfa y *Histiotus montanus* no prefiere alimentarse de ningún cultivo durante el período de estudio.

Finalmente, los análisis NMDS y ANOSIM para la temporada seca no mostraron diferencias entre los ensambles de murciélagos de los cultivos evaluados ($R = 0.0927$, $p = 0.0687$) (Fig. 3). En cambio, para la temporada húmeda si encontraron diferencias significativas en los ensambles de murciélagos ($R = 0.324$, $p = 0.0004$), mostrando una menor superposición en el morfoespacio entre los cultivos de caña de azúcar, alfalfa, papa y maíz. Para dicha temporada, el ensamble de murciélagos que habita en la caña de azúcar en la temporada húmeda estuvo formado por 3 especies (*Mormopterus kalinowski*, *Nyctinomops laticaudatus* y *Tadarida brasiliensis*), mientras que el ensamble de murciélagos de la alfalfa estuvo formado 8 especies (*Eumops chiribaya*, *M. kalinowski*, *N. aurispinosus*, *N. laticaudatus*, *Promops davisoni*, *T. brasiliensis*, *Tomopeas ravus* y *Myotis atacamensis*); en cambio, el ensamble de murciélagos de la papa estuvo formado por 2 especies (*M. kalinowski* y *T. brasiliensis*); y finalmente, el ensamble de murciélagos del maíz estuvo formado por 7 especies (*E. chiribaya*, *M. kalinowski*, *N. aurispinosus*, *N. laticaudatus*, *P. davisoni*, *T. brasiliensis* y *M. atacamensis*).

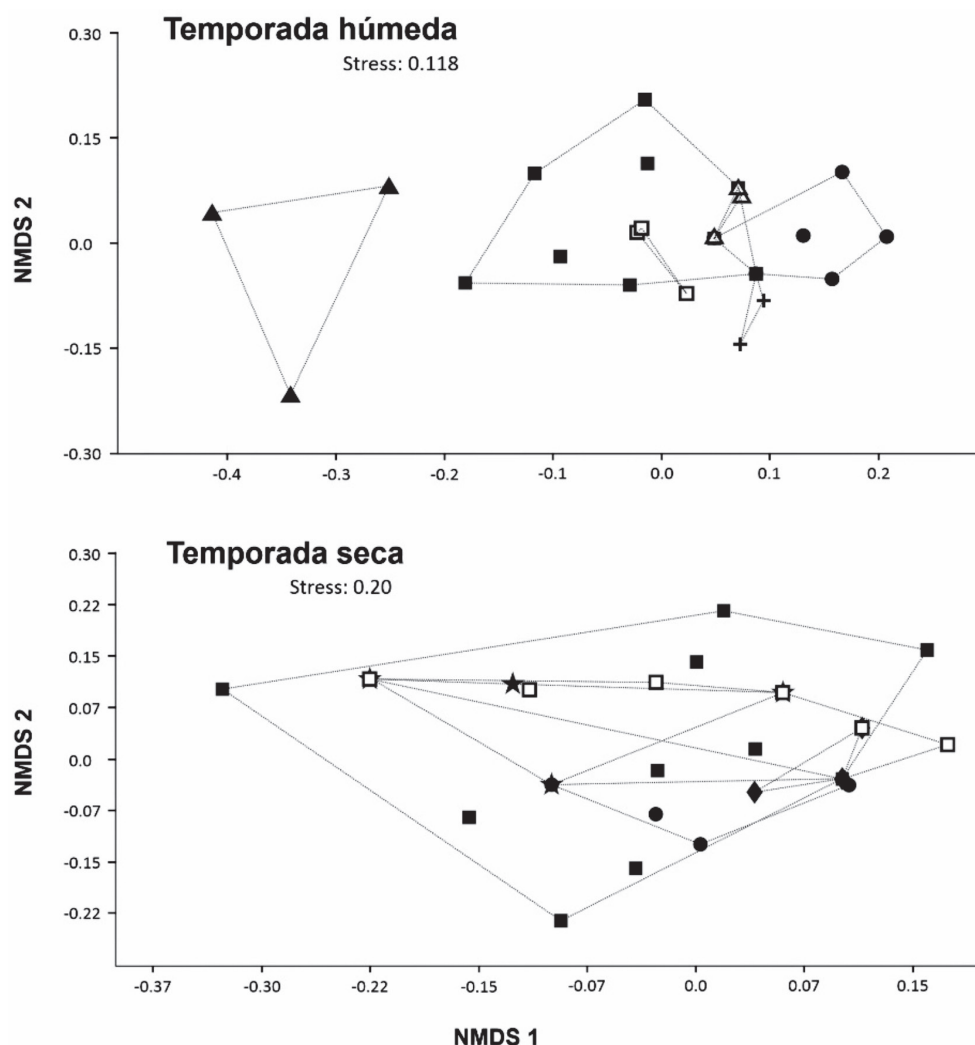


Figura 3. Diagramas de ordenación de cultivos utilizados por murciélagos en el suroeste de Perú. Cultivos: alfalfa (cuadrados llenos), maíz (círculos llenos), uva (cuadrados vacíos), papa (estrellas), palto (rombos), caña de azúcar (triángulos llenos), tomate (triángulos vacíos) y ajo-cebolla (cruces).

Figure 3. Crop management diagrams used by bats in southwest Peru. Crops: alfalfa (filled squares), corn (filled circles), grape (empty squares), potato (stars), palto (rhombus), sugar cane (filled triangles), tomato (empty triangles), and garlic-onion (crosses).

DISCUSIÓN

Nuestros resultados muestran que los murciélagos insectívoros se alimentan sobre cultivos agrícolas de los valles costeros del sur de Perú, observándose hasta cuatro especies dominantes (*Mormopterus kalinowski*, *Eumops chiribaya*, *Tadarida brasiliensis* y *Myotis atacamensis*). Se desconoce cuáles son las estrategias que utilizan dichas especies para ubicar los cultivos y alimentarse, sin embargo algunos autores han observado que los murciélagos insectívoros utilizan los cuerpos de agua para la orientación espacial y la captura de su alimento (Racey y Swift, 1985; Serra-Cobo, López-Roig, Marqués-Bonet y Lahuerta, 2000; Iriarte, 2008). Mientras que, áreas abiertas con pastizales

sólo serían utilizadas para el desplazamiento de los individuos entre perchas y/o áreas de alimentación (Fenton, 1970; Estrada, Jiménez, Rivera y Fuentes, 2004; Barros et al., 2014). Por tanto, sería necesario evaluar la importancia de los cuerpos de agua ubicados en los márgenes de los ríos Tambo, Sigwas, Colca y Cotahuasi con la finalidad de resguardar el servicio ecosistémico que brindan los murciélagos en la Región de Arequipa.

Respecto a la temporalidad, nuestros resultados muestran que la actividad de los murciélagos fue baja durante la temporada seca en los cultivos de alfalfa, maíz y papa. Sin embargo, se presentaron valores de actividad similares entre temporadas en los cultivos de uva, lo cual podría ser efecto del hábito de la planta (arbusto) o simplemente una preferencia por hábitats arbustivos (Barros et al., 2014). Así mismo, se observó una mayor homogeneidad de los patrones de actividad durante la temporada húmeda, en comparación con la temporada seca, en los cultivos de alfalfa, maíz y uva, lo cual podría deberse a una mayor disponibilidad de alimento impulsada por la mayor productividad primaria típica de la temporada húmeda (Obs. pers.).

Dentro de los cultivos que sólo fueron evaluados en una temporada, resalta el cultivo de palta, en el cual se presentó los valores más altos de actividad por murciélagos en el presente estudio (Fig. 2). Dicha condición probablemente sea una respuesta a que la palta es un cultivo perenne y podría albergar una mayor diversidad de potenciales presas para los murciélagos. En cambio, cabe resaltar la reducida actividad de murciélagos observada en los cultivos de papa, lo cual podría estar asociado al uso de pesticidas, aspecto que ha sido evidenciado por varios estudios que documentan que los murciélagos tienen una mayor diversidad e intensidad de uso en granjas orgánicas en comparación con granjas tecnificadas (Rodríguez-San Pedro et al., 2018; Muñoz et al., 2019; Wickramasinghe, Harris, Jones y Vaughan, 2003).

Los análisis de agrupamiento de la temporada seca no mostraron diferencias entre los ensambles de murciélagos. Esta situación podría ser un efecto de los limitados recursos presentes en el ambiente (insectos presa), producto de la ausencia de las precipitaciones y descenso de la temperatura propios de la temporada seca, originando que los murciélagos se desplacen en todos los microhábitats disponibles para cazar su alimento (Obs. pers.). Por ello, si bien nuestros datos permiten realizar ciertas aproximaciones de las preferencias de hábitat de los murciélagos registrados, sería necesario incrementar el esfuerzo de muestreo y analizar otros factores ambientales para poder brindar aproximaciones más certeras respecto al uso de hábitat de los murciélagos en los agroecosistemas desérticos del sur de Perú (velocidad del viento, tamaño de la cobertura vegetal nativa, disponibilidad de alimento, entre otros) (Olimpi y Philpott, 2018).

Finalmente, diversos estudios evidencian que el control de insectos plaga es uno de los principales servicios ecosistémicos proporcionados por murciélagos, sin embargo poco o nada ha sido estudiado en la vertiente

occidental de los Andes del Perú. Por tanto, el presente estudio representa uno de los primeros esfuerzos para entender la relevancia de los murciélagos en esta porción del Neotrópico.

AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento a Ronald Díaz, Brian Málaga, Sandra Arias, Diana Samanez, Nadinne Rodríguez, Henry Condori, Carolina Herrera y Mary Rodríguez por el apoyo en los trabajos de campo. Agradecemos especial al Museo de Historia Natural de las Universidad Nacional de San Agustín (MUSA) por las facilidades para el trabajo de campo y gabinete. El presente estudio fue realizado bajo la autorización de investigación N° RDG N°475-2017-SERFOR/DGGSPFFS, emitida por el Servicio Nacional de Flora y Fauna Silvestre del Perú (SERFOR).

FINANCIAMIENTO

El presente estudio fue financiado por la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, bajo contrato de financiamiento N° IBA-0014-2017-UNSA.

PARTICIPACIÓN

CEM y ACN realizaron la metodología, investigación, curación de datos, software y escritura (preparación del borrador original); EL, JAM y EFB realizaron la conceptualización, redacción (revisión y edición) y adquisición de fondos.

CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores no incurren en conflictos de intereses.

LITERATURA CITADA

- Anthony, E.L.P., Stack, M.H. y Kunz, T.H. (1981). Night roosting and the nocturnal time budger of the Little brow bat *Myotis lucifugus*: Effects of reproductive status. Prey density and environmental conditions. *Oecologia*, 51, 151-156. <https://doi.org/10.1007/BF00540593>
- Barboza, K., Aguirre, L.F. y Kalko, E.K.V. (2006). Protocolo estandarizado para obtener el registro y el análisis de las llamadas emitidas por murciélagos. *Revista ciencia y tecnología*, 5, 9-13.

- Barboza, K., Aguirre, L.F., Pérez, J.C. y Kalko, E.K.V. (2013). Habitat use by aerial insectivorous bat in shoreline areas of Barro Colorado Nature Monument, Panama. *Chiroptera Neotropical*, 19, 44-56.
- Barclay, R.M.R. (1991). Population Structure of Temperate Zone Insectivorous Bats in Relation to Foraging Behaviour and Energy Demand. *Journal of Animal Ecology*, 60, 165-178. <https://doi.org/10.2307/5452>
- Barros, M., Pessosa, D. y Rui, A.M. (2014). Habitat use and seasonal activity of insectivorous bats (Mammalia: Chiroptera) in grasslands of Southern Brazil. *Zoología*, 31, 153-161. <https://doi.org/10.1590/S1984-46702014000200006>
- Cherry, S.A. (1996). Comparison of Confidence Interval Methods for Habitat Use-Availability Studies. *The Journal of Wildlife Management*, 60, 653-658. <https://doi.org/10.2307/3802084>
- Cleveland, C., Betke, M., Federico, P., Frank, J.D., Hallam, T.G., Horn, J., Lopez, J., McCracken, G.F., Medellín, R.A., Moreno-Valdez, A., Sansone, Ch., Westbrook, J. y Kunz, T.H. (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. [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)
- Estrada, A., Jiménez, C., Rivera, A. y Fuentes, E. (2004). General bat activity measured with an ultrasound detector in a fragmented tropical landscape in Los Tuxtlas, Mexico. *Animal Biodiversity and Conservation*, 27, 1-9.
- Falcão, F., Ugarte-Núñez, J., Faria, D. y Caselli, C.B. (2015). Unravelling the calls of discrete hunters: acoustic structure of echolocation calls of furipterid bats (Chiroptera, Furipteridae). *Bioacoustics*, 24, 175-183. <https://doi.org/10.1080/09524622.2015.1017840>
- Fenton, M.B. (1970). A technique for monitoring bat activity with results obtained from different environments in southern Ontario. *Canadian Journal of Zoology*, 48, 847-851. <https://doi.org/10.1139/z70-148>
- Fenton, M.B. (2004). Reporting: essential information and analysis. En *Bat echolocation Research: tools, techniques and análisis* (133-140). Bat Conservation International, Austin.
- Gardner, A.L. (2008). *Mammals of South America Vol 1: Marsupials, Xenarthrans, Shrews and Bats*. The University of Chicago Press. Chicago, EEUU. 690 pp.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T y Ryan, P.D. (2001). Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4, 1-9.
- Hayes, J. (1997). Temporal variation in activity of bats and the design of echolocation monitoring studies. *Journal of Mammalogy*, 78, 514-524. <https://doi.org/10.2307/1382902>
- Hall, L.S., Krausman, P.R. y Morrison, M.L. (1997). The habitat concept and a plea for standard terminology. *Wildlife Society Bulletin*, 25, 173-182.

- Iriarte, A. (2008). Mamíferos de Chile. Lynx Editions. Barcelona, España. 420 pp.
- Kalko, E. y Schnitzler, H. (1998). How echolocating bats approach and acquire food. En *Bat Biology and Conservation* (197-204). Smithsonian Institution Press, Washington, EEUU.
- Kunz, T.H., Whitaker, J.O.Jr. y Wadanoli, M.D. (1995). Dietary energetics of the insectivorous Mexican free-tailed bat (*Tadarida brasiliensis*) during pregnancy and lactation. *Oecologia*, 101, 407-415. <https://doi.org/10.1007/BF00329419>
- Kunz, T., Torrez, B.E., Bauer, D., Lobova, T. y Fleming, T. (2011). Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1223, 1-38. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2011.06004.x>
- Krausman, P. (1999). Some basic principles of habitat use. En *Grazing Behavior of Livestock and Wildlife* (85-90). University of Idaho, Moscow, EEUU.
- Lanchipa-Ale, T. y Aragón-Alvarado, G. (2018). Ensamble de murciélagos en el valle de Ite, región Tacna, Perú. *Idesia*, 36, 83-90. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018000100083>
- Lechowicz, M.J. (1982). The sampling characteristics of electivity indices. *Oecologia*, 52, 22-30. <https://doi.org/10.1007/BF00349007>
- Lee, Y.F. y McCracken, G.F. (2005). Dietary variation of Brazilian free-tailed bats links to migratory populations of pest insects. *Journal of Mammalogy*, 86, 67-76. [https://doi.org/10.1644/1545-1542\(2005\)086<0067:DVOBFB>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1644/1545-1542(2005)086<0067:DVOBFB>2.0.CO;2)
- Málaga, B.A. (2018). Caracterización Acústica de los Murciélagos Insectívoros en tres Valles Costeros de la Región Arequipa. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Perú. 80 pp.
- Montenegro, J.A. y Acosta, A. (2008). HaviStat© v 1.0. Aplicación para evaluar uso y preferencia de hábitat. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 3, 2-4.
- Muñoz, A.E., Ossa, G., Zaviezo, T. y Bonacic, C. (2019). Diversity and foraging activity of bats in cultivated and uncultivated areas in agroecosystems of a Mediterranean-climate hotspot. *Neotropical Biodiversity*, 5, 36-40. <https://doi.org/10.1080/23766808.2019.1621626>
- Olimpi, E.M. y Philpott, S.M. (2018). Agroecological farming practices promote bats. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 265, 282-291. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.06.008>
- Ossa, G. 2010. Métodos bioacústicos: una aproximación a la ecología de comunidades de murciélagos en las eco-regiones mediterránea y el bosque templado de Chile. Tesis de grado de Ingeniero Agrónomo. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile.
- Ossa, G., Lilley, T.M., Ugarte-Núñez, J., Ruokolainen, L., Vilches, K., Valladares-Faúndez, P. y Yung, V. (2018). First record of *Promops davisoni* (Thomas, 1921) (Chiroptera, Molossidae) from Chile and a descrip-

- tion of its echolocation calls. *Mastozoología Neotropical*, 25, 129-138. <https://doi.org/10.31687/saremMN.18.25.1.0.12>
- Portugal-Zegarra, G., Calizaya-Mamani, G., Sánchez-Vendizú, P., Flores-Quispe, M. y Ugarte-Núñez, J. (2022). Distribution extension of *Lasiurus arequipae* Málaga, Díaz, Arias & Medina, 2020 (Chiroptera, Vespertilionidae) and contributions to its natural history. *Check List*, 18, 907-918. <https://doi.org/10.15560/18.4.907>
- Racey, P.A. y Swift, S.M. (1985). Feeding ecology of *Pipistrellus pipistrellus* (Chiroptera: Vespertilionidae) during pregnancy and lactation I. Foraging behaviour. *Journal of Animal Ecology*, 54, 205-215. <https://doi.org/10.2307/4631>
- Rodríguez-San Pedro, A., Allendes, J.L. y Ossa, G. (2016). Lista actualizada de los murciélagos de Chile con comentarios sobre taxonomía, ecología, y distribución. *Biodiversity and Natural History*, 2, 16-39.
- Rodríguez-San Pedro, A., Chaperon, P.N., Beltrán, C.A., Allendes, J.L., Ávila, F.I. y Grez, A.A. (2018). Influence of agricultural management on bat activity and species richness in vineyards of central Chile. *Journal of Mammalogy*, 99, 1495-1502. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyy121>
- Rodríguez-San Pedro, A., Ugarte-Núñez, J., Beltrán, C. y Allendes, J.L. (2022). First record of the Peale's free-tailed bat *Nyctinomops aurispinosus* (Peale, 1848) (Chiroptera, Molossidae) from Chile revealed by acoustic surveys, with notes on ecology and distribution. *Mammalia*, 86, 321-327. <https://doi.org/10.1515/mammalia-2021-0123>
- Sánchez, J.J. (1985). Introducción al análisis multidimensional no-métrico. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, 29, 187-218. <https://doi.org/10.2307/40183090>
- Serra-Cobo, J., López-Roig, M., Marqués-Bonet, T. y Lahuerta, E. (2000). Rivers as possible landmarks in the orientation flight of *Miniopterus schreibersii*. *Acta Theriologica*, 45, 347-352
- Simmons, N.B. (2005). Order Chiroptera. En *Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference* (312-529). Smithsonian Institution Press, Washington, EE.UU.
- Schnitzler, H.U. y Kalko, E.K.V. (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. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0557:EBIEB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0557:EBIEB]2.0.CO;2)
- Ugarte-Núñez, J. (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>
- Walsh, A.L. y Harris, S. (1996). Foraging habitat preferences of vespertilionid bats in Britain. *Journal of Applied Ecology*, 33, 508-518. <https://doi.org/10.2307/2404980>

- Wang, J., Kanwal, J., Zhang, C., Jiang, T., Lu, G. y Feng, J. (2010). Seasonal habitat use by greater horseshoe bat *Rhinolophus ferrumequinum* (Chiroptera: Rhinolophidae) in Changbai Mountain temperate forest, Northeast China. *Mammalia*, 74, 257-266. <https://doi.org/10.1515/mamm.2010.034>
- Wickramasinghe, L.P., Harris, S., Jones, G., y Vaughan, N. (2003). Bat activity and species richness on organic and conventional farms: impact of agricultural intensification. *Journal of Applied Ecology*, 40, 984-993. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2003.00856.x>
- Xavier, B.S., Rainho, A., Santos, A.M.C., Vieira, M.V. y Carvalho, W.D. (2023). Global systematic map of research on bats in agricultural systems. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 11, 1214176. <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1214176>