



Variación temporal de la diversidad de murciélagos en la región de Arequipa, Perú

Temporal variation of the bat diversity from Arequipa region, Peru

César E. Medina^{1*}; Edwin F. Bocardo¹; José A. Morales¹; Evaristo López¹

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

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

RESUMEN

La información sobre los murciélagos de la región de Arequipa se remonta desde los años 80s, la cual se enfoca principalmente en documentar la riqueza de especies para la Región, sin embargo, poco se ha estudiado las fluctuaciones temporales de la diversidad alfa o beta del grupo. Por lo tanto, aquí presentamos el primer análisis sobre la diversidad de murciélagos en las estaciones de primavera y verano en la región de Arequipa. Se evaluaron cinco localidades de muestreo ubicadas entre los 85 y los 1600 m.s.n.m., en los años 2018 y 2019. Se utilizaron redes de niebla para la captura de murciélagos durante 3 a 4 noches consecutivas por estación del año. Se registraron 13 especies, destacando el “Murciélago de Bonete de Chiribaya” *Eumops chiribaya* (Molossidae) y el “Murciélago acanelado de Arequipa” *Lasius arequipae* (Vespertilionidae) por ser consideradas como especies raras y endémicas del Perú. Los murciélagos *Mormopterus kalinowskii* e *Histiotus montanus* fueron las especies más abundante durante la primavera, mientras que *Promops davisoni* y *M. kalinowskii* durante la estación de invierno. La riqueza de especies y diversidad fue similar entre estaciones, con una dominancia de especies insectívoras. Se espera que la información aquí presentada sirva de referencia para futuros estudios enfocados en la conservación de murciélagos del Perú.

Palabras clave: Abundancia, conservación, murciélagos, riqueza.

► Ref. bibliográfica: Medina, C. E.; Bocardo, E. F.; Morales, J. A.; López, E. 2024. “Variación temporal de la diversidad de murciélagos en la región de Arequipa, Perú”. *Acta zoológica lilloana* 68 (2): 689-703. DOI: <https://doi.org/10.30550/j.azl/2034>

► Recibido: 2 de octubre 2024 – Aceptado: 2 de diciembre 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.

ABSTRACT

Information about bats in the Arequipa region dates back to the 1980s, which mainly focuses on documenting the species richness for the Region, however little has been studied the changes of alpha or beta diversity of the group. Therefore, here we present the first analyze of the diversity of bats in the Arequipa region during spring and winter. Five sampling locations located between 85 and 1600 m.s.n.m. were evaluated in the years 2018 and 2019. Mist nets were used for 3 to 4 consecutive nights in both seasons. A total of 13 bats species were recorded, of which the “Chiribaya Bonnet Bat” *Eumops chiribaya* (Molossidae) and the “Arequipa Cinnamon Bat” *Lasiurus arequipae* (Vespertilionidae) stand out, due to that are rare and endemic to Peru. The bats *Mormopterus kalinowskii* and *Histiotus montanus* were the most abundant species during spring, while *Promops davisoni* and *M. kalinowskii* during the winter season. Species richness and diversity were similar between seasons, with a predominance of insectivorous species. It is expected that the information presented here will serve as a reference for future studies focused on the conservation of bats in Peru.

Keywords: Abundance, bats, conservation, richness.

INTRODUCCIÓN

La diversidad de mamíferos silvestres en Arequipa, Perú, se estima en 75 especies, agrupadas taxonómicamente en 5 órdenes, 18 familias y 54 géneros (Zeballos, Villegas, Gutiérrez, Caballero y Jiménez, 2000; Zeballos, Pacheco y Baraybar 2001; Zeballos y López, 2002; Reyes, 2009; Zeballos y Carrera, 2010; Zeballos, Palma, Marquet y Ceballos, 2014; Medina, Díaz, Téllez, Medina, y López, 2018; Málaga, Díaz, Arias y Medina, 2020; Medina et al., 2021). Los murciélagos conforman el segundo grupo más diverso de mamíferos de la región de Arequipa, con 19 especies (Medina et al., 2021). Esta diversidad está reflejada en la gran cantidad de nichos ecológicos que ocupan, siendo de gran importancia por los servicios ecológicos que prestan en beneficio a los ecosistemas. Es decir, cumplen funciones de controladores biológicos de plagas agrícolas y vectores de enfermedades (e.g., mosquitos, polillas, zancudos), polinizadores de flores de muchas plantas silvestres y cultivadas, dispersores de semillas permitiendo así la regeneración de la vegetación (Pari, Pino, Medina, Zeballos y López, 2015).

En los ecosistemas tropicales los cambios estacionales son considerables y se deben principalmente a las variaciones en la precipitación, lo cual determina patrones definidos en la disponibilidad de los recursos para la fauna silvestre (Van Schaik, Terborgh y Wright, 1993). En tal sentido, la fructificación coincide con los máximos niveles de lluvia y dicho recurso disminuye en la temporada de sequía (Rothenwöhrer, Becker y Tschapka, 2011), siendo un patrón recurrente que se observa en niveles más bajos de

la cadena trófica (Wolda, 1978). Por ello, las fluctuaciones en los recursos alimenticios pueden determinar cambios en la condición física, épocas de reproducción y patrón de actividad de los murciélagos (Aguiar y Marinho-Filho, 2004; Ramos-Pereira, Marques y Palmeirim, 2010). En la última década se ha visto un fuerte interés por el estudio de los murciélagos en el suroeste del Perú, desde los enfoques de su diversidad (Medina et al. 2018; Málaga et al. 2020; Mamani-Contreras y Aragón-Alvarado 2021; Medina et al. 2021; Portugal-Zegarra, Calizaya-Mamani, Sánchez-Vendizú, Flores-Quispe y Ugarte-Núñez 2022), distribución (Aragón y Aguirre, 2014; Medina et al. 2021) y ecología trófica (Zamora et al., 2013; Lanchipa-Ale y Aragón-Alvarado 2018). Sin embargo, no se cuenta con investigaciones enfocadas en documentar los cambios temporales en su diversidad. Por tanto, el presente estudio buscó analizar la variación de la diversidad de murciélagos entre las estaciones de primavera e invierno en la región de Arequipa, suroeste del Perú. Se planteó como hipótesis que la diversidad de murciélagos no cambia según la estación del año evaluada.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la vertiente occidental de los Andes, sur de Perú, en la región de Arequipa, entre los 85 a 1600 m.s.n.m. Se realizaron dos muestreos de campo: el primero en los meses de octubre y noviembre de 2018, correspondiente a la estación de primavera y término de la temporada seca; y el segundo en junio de 2019, correspondiente a la estación de invierno y temporada seca propiamente dicha.

Cinco localidades de muestreo fueron ubicadas en los principales valles costeros de la región de Arequipa, distanciadas a más de 42 km una de la otra (Fig. 1). Dichas áreas se caracterizan por tener una precipitación anual promedio reducida (hasta 15 mm), con vegetación arbórea y arbustiva dominada por “sauces” *Salix* sp., “pájaro bobo o callacas” *Tessaria integrifolia*, “algarrobo” *Prosopis pallida*, “chilca” *Baccharis* sp., entre otros. Dicha comunidad vegetal ha sufrido una seria degradación, pues muchos árboles han sido talados para usarlos como leña y el suelo es dedicado a actividades agrícolas (Jiménez, Villasante, Talavera y Villegas, 2003).

Métodos

Los murciélagos se capturaron utilizando de 14 a 18 redes de niebla, de 12 m de largo por 2,5 m de alto, las cuales fueron instaladas en diferentes lugares de paso frecuente de los murciélagos y a diferentes alturas, desde el nivel del suelo hasta 10 m. Las redes de niebla estuvieron abiertas desde las 18:00 hasta las 6:00 horas, siendo revisadas periódicamente durante la no-

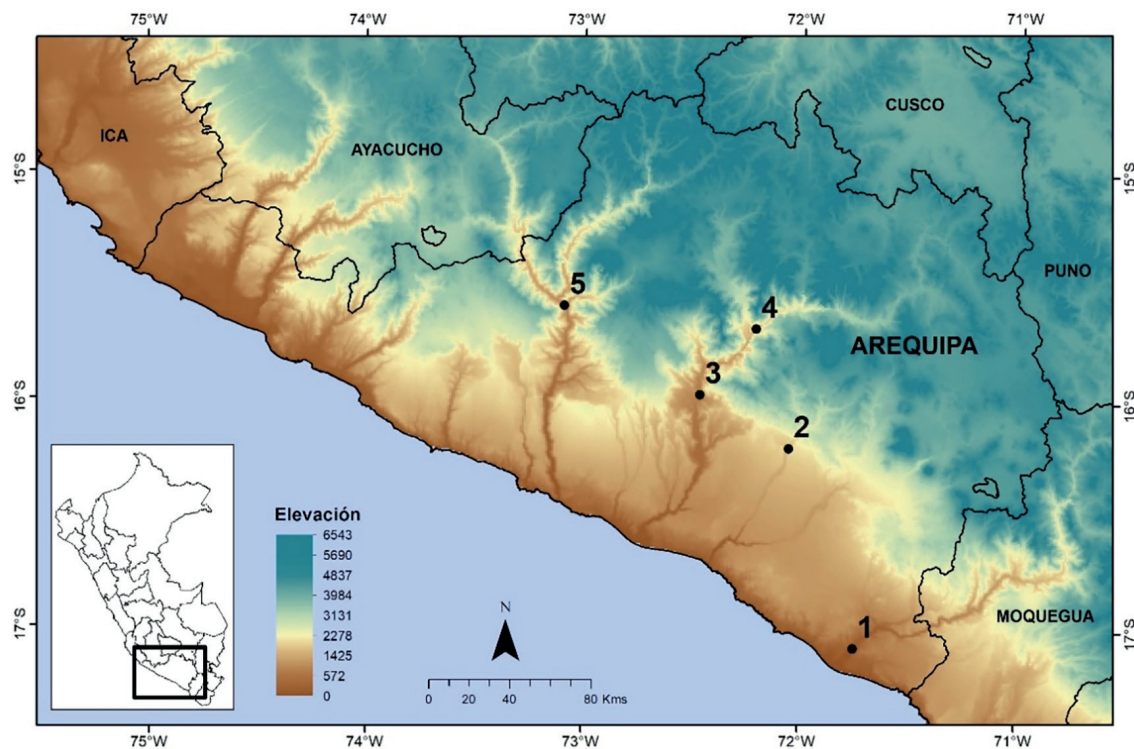


Figura 1. Localidades evaluadas en la región de Arequipa, Perú: Cocachacra (1), Pitay (2), Huatiapa (3), Canco (4) y Chaucalla (5).

Figure 1. Localities assessed in Arequipa región, Peru: Cocachacra (1), Pitay (2), Huatiapa (3), Canco (4) y Chaucalla (5).

che, y se mantuvieron activas entre 3 a 4 noches consecutivas por estación, en cada localidad. Además, buscamos murciélagos en sus refugios, como árboles huecos, grietas en las rocas, entre otros (Jones, McShea, Conroy y Kunz, 1996).

La riqueza de especies fue obtenida a partir de las técnicas antes señalados. Sin embargo, considerando que los esfuerzos de muestreo fluctuaron entre localidades (Tabla 1), los análisis de diversidad fueron estimados únicamente con los datos de las tres primeras noches de evaluación en las localidades de Cocachacra, Huatiapa, Canco y Pitay. Dicha información fue recopilada con esfuerzo de muestreo estandarizado de 42 redes/noche por localidad. El estado de conservación de cada especie registrada fue evaluado según los criterios adoptados por instituciones nacionales e internacionales (MINAGRI 2014, UICN 2023). Las especies endémicas fueron asignadas siguiendo a Pacheco et al. (2021) y Medina et al. (2021).

Los murciélagos capturados fueron identificados con claves taxonómicas (Medina et al. 2018; Málaga et al. 2020) e individualizados con marcas temporales en el plagiopatagio para evitar su recuento, utilizando el ala derecha como unidades y el ala izquierda como decenas (Zamora et al. 2013). La abundancia relativa (AR) se estimó mediante el Índice de captura por unidad de esfuerzo, el cual relaciona el número de individuos capturados con el esfuerzo de captura empleado (Calhoun y Casby, 1958). En este

Tabla 1. Localidades de muestreo de murciélagos evaluadas en la región de Arequipa y esfuerzo de muestreo por estación del año (redes por noche). El asterisco señala la localidad excluida de las comparaciones temporales.

Table 1. Sampling locations of bats evaluated in the region of Arequipa and sampling effort by season (mist net per night). The asterisk indicates the locality excluded from time comparisons.

Localidades	Referencia	Coordenadas		Elevación (m s.n.m.)	Redes-noche	
		Sur	Oeste		Primavera	Invierno
Cocachacra	Río Tambo	17°05'01"	71°44'49"	85	61	49
Huatiapa	Río Aplao	15°58'39"	72°27'52"	715	42	63
Chaucalla*	Río Ocoña	15°35'27"	73°05'29"	890	50	-
Canco	Río Colca	15°41'07"	72°12'36"	1457	56	70
Pitay	Río Majes	16°12'36"	72°03'16"	1600	58	57
Esfuerzo de muestreo total:					266	239

caso, el índice expresa el número de individuos capturados (incluidos los liberados) por cada 10 redes de niebla activas en una noche. La estructura comunitaria se analizó con curvas de rango-abundancia por estación del año (Magurran, 1988; Krebs, 1999) y los grupos tróficos se asignaron siguiendo a Pari et al. (2015).

La diversidad alfa se analizó con base en los números de Hill: q_0 , número efectivo de especies; q_1 , exponente de la diversidad Shannon; y q_2 , inverso del índice de diversidad de Simpson (Jost, 2006), las cuales se calcularon utilizando el paquete iNEXT en línea (Chao et al. 2014; Chao, Ma y Hsieh 2016). La diversidad de las dos estaciones se comparó combinando los procesos de interpolación (rarefacción) y extrapolación descritos por Chao et al. (2014), para estandarizar a un tamaño de muestra común. Para comparar estadísticamente la diversidad entre ensambles, se calcularon intervalos de confianza al 95% y se observó el traslape de sus valores a un mismo número de individuos (interpolando las muestras grandes y extrapolando las muestras con menor número de ejemplares recolectados) (Chao et al. 2014; Chao et al. 2016).

La diversidad beta se evaluó con un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) y un análisis de similitud (ANOSIM), utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis, para determinar si existe diferencias significativas entre estaciones del año (Magurran, 1988; Krebs, 1999; Clarke y Warwick 2001). Los análisis fueron realizados Past v4.02 (Hammer, Harper y Ryan, 2001).

RESULTADOS

Con un esfuerzo total de 505 redes-noche, se registró 294 individuos de murciélagos en la región de Arequipa, las cuales pertenecen a 13 especies, 13 géneros y cuatro familias (Tabla 2). La localidad de Chaucalla presentó la mayor riqueza, con 13 especies, mientras que la localidad de Cochachacra presentó la menor riqueza, con sólo 3 especies. Es destacable que el 69.2% de murciélagos capturados son especies insectívoras (9 spp.), el 15.4% son

Tabla 2. Murciélagos registrados en la Región de Arequipa por cada localidad evaluada. Tipos de registro: R, red de niebla, y M, madriguera. Estado de conservación: EN, En Peligro; VU, Vulnerable; NT, Casi Amenazado; LC, Preocupación menor; y NE, no evaluada. El diamante señala las especies endémicas para Perú. Además, se incluye los grupos tróficos: He, hematófago; In, insectívoro; Ne, nectarívoro; y Fr, frugívoro.

Table 2. Bats recorded in the Arequipa Region by locality assessed. Types of record: R, mist net, and M, burrow. Conservation status: EN, Endangered; VU, Vulnerable; NT, Near Threatened; LC, Least concern; and NE, Not evaluated. The diamond indicates species endemic to Peru. In addition, the trophic groups: He, hematophagous; In, insectivorous; Ne, nectarivorous; and Fr, frugivorous are included.

Familia / Especie	Nombre común	Localidades					Grupo trófico	Estado de conservación	
		Cocachacra	Pitay	Huatiapa	Canco	Chaucalla		MINA-GRI (2014)	IUCN (2023)
PHYLLOSTOMIDAE									
<i>Desmodus rotundus</i>	Vampiro común				R	R	He	LC	LC
<i>Glossophaga valens</i>	Murciélago longirostro de Pallas	R, M				R	Ne, In, Fr	NE	NE
<i>Platalina genovensium</i>	Murciélago longirostro peruano		R		R		Ne, In, Fr	EN	NT
<i>Sturnira bogotensis</i>	Murciélago de hombros amarillos de Bogotá			R	R	R	Fr	LC	LC
FURIPTERIDAE									
<i>Amorphochilus schnablii</i>	Murciélago ahumado		R, M	R, M		R	In	EN	VU
MOLOSSIDAE									
<i>Eumops chiribaya</i> ♦	Murciélago de bonete de Chiribaya		R	R		R	In	NE	NE
<i>Mormopterus kalinowskii</i>	Murciélago de cola libre de Kalinowski	R, M	R	R		R	In	LC	LC
<i>Nyctinomops aurispinosus</i>	Murciélago cola de ratón			R		R	In	LC	LC
<i>Promops davisoni</i>	Murciélago mastín de Davison	R	R	R	R	R	In	LC	LC
<i>Tadarida brasiliensis</i>	Murciélago de cola libre del Brasil		R	R		R	In	LC	LC
VESPETILIONIDAE									
<i>Histiotus montanus</i>	Murciélago orejón andino		R	R	R	R	In	LC	LC
<i>Lasiurus arequipae</i> ♦	Murciélago acanelado de Arequipa						In	NE	NE
<i>Myotis atacamensis</i>	Murciélaguito de Atacama		R, M	R, M	R	R	In	NT	EN
	Número total de especies:	3	8	9	6	13			

nectarívoros (2 spp.), el 7.7% son frugívoros (1 sp.) y el 7.7% son hematófagos (1 sp.).

Según la legislación peruana, tres especies se encuentran en peligro de extinción, las cuales son: el “murciélago longirostro peruano” *Platalina genovensium*, el “murciélago ahumado” *Amorphochilus schnablii* y el “murciélaguito de Atacama” *Myotis atacamensis*. Así mismo, se destaca el registro de dos especies raras y endémicas para el Perú, las cuales son: el “murciélago de bonete de Chiribaya” *Eumops chiribaya* y el “Murciélago acanelado de Arequipa” *Lasiurus arequipae*. La abundancia fue variable entre localidades, siendo destacable los altos valores registrados en la Chaucalla, con 155 individuos capturados, y los bajos valores en Cocachacra, con 3 individuos (Tabla 3). Cabe señalar que Chaucalla no pudo ser evaluado en invierno debido a interrupciones en la vía de comunicación (puente inoperativo). Por otro lado, en promedio, las especies más abundantes para la primavera

Tabla 3. Abundancia de murciélagos en la región de Arequipa, por cada localidad evaluada. Los números entre paréntesis representan la abundancia relativa. Además, se incluye los grupos tróficos: He, hematófago; In, insectívoro; Ne, nectarívoro; y Fr, frugívoro. Los asteriscos denotan las localidades utilizadas para realizar comparaciones temporales. El símbolo de interrogación indica sin datos.

Table 3. Abundance of bats in the Arequipa region, by each location evaluated. The numbers in brackets represent relative abundance. In addition, the trophic groups: He, hematophagous; In, insectivorous; Ne, nectarivorous; and Fr, frugivorous are included. Asterisks denote locations used for time comparisons. The question mark indicates no data.

Familia / Especie	Primavera						Invierno						Grupo trófico
	Cocachacra	Pitay	Huatiapa	Canco	Chaucalla*	Promedio	Cocachacra	Pitay	Huatiapa	Canco	Chaucalla*	Promedio	
PHYLLOSTOMIDAE													
<i>Desmodus rotundus</i>				1 (0.24)	1 (0.24)	0.25 (0.06)					?	0	He
<i>Glossophaga valens</i>	1 (0.24)				1 (0.24)	0.25 (0.06)	1 (0.24)				?	0.25 (0.06)	Ne, In, Fr
<i>Platalina genovensium</i>				1 (0.24)		0.25 (0.06)		1 (0.24)			?	0.25 (0.06)	Ne, In, Fr
<i>Sturnira bogotensis</i>				13 (3.17)	1 (0.24)	3.25 (0.79)			1 (0.24)	4 (0.98)	?	1.25 (0.30)	Fr
FURIPTERIDAE													
<i>Amorhochilus schnablii</i>		1 (0.24)	1 (0.24)			0.5 (0.12)					?	0	In
MOLOSSIDAE													
<i>Eumops chiribaya</i> ★					1(0.24)	0		1 (0.24)	13 (3.17)		?	3.5 (0.85)	In
<i>Mormopterus kalinowskii</i>	2 (0.49)	10 (2.44)	19 (4.63)		52 (12.68)	7.75 (1.89)	1 (0.24)	30 (7.32)	6 (1.46)		?	9.25 (2.26)	In
<i>Nyctinomops aurispinosus</i>					30 (7.32)	0			1 (0.24)		?	0.25 (0.06)	In
<i>Promops davisoni</i>		9 (2.20)	3 (0.73)	5 (1.22)	15 (3.66)	4.25 (1.04)	1 (0.24)	22 (5.37)	11 (2.68)	5 (1.22)	?	9.75 (2.38)	In
<i>Tadarida brasiliensis</i>			1 (0.24)		44 (10.73)	0.25 (0.06)		3 (0.73)	8 (1.95)		?	2.75 (0.67)	In
VESPERTILIONIDAE													
<i>Histiotes montanus</i>		10 (2.44)	10 (2.44)	8 (1.95)	8 (1.95)	7 (1.71)		2 (0.49)			?	0.5 (0.12)	In
<i>Lasiurus arequipae</i> ★					1 (0.24)	0					?	0	In
<i>Myotis atacamensis</i>		2 (0.49)	2 (0.49)		1 (0.24)	1 (0.24)		1 (0.24)	7 (1.71)	3 (0.73)	?	2.75 (0.67)	In
Número total de individuos:	3	32	36	28	155	24.75	3	60	47	12	?	30.5	

fueron *Mormopterus kalinowskii* e *Histiotus montanus* con una abundancia relativa (AR) de 1.89 y 1.71 ind/red-noche, respectivamente; mientras que, las especies más abundantes para el invierno fueron *Promops davisoni* y *M. kalinowskii*, con una abundancia relativa de 2.38 y 2.26 ind/red-noche, respectivamente (Tabla 3). En cambio, las especies menos abundantes para la primavera fueron *Desmodus rotundus*, *Glossophaga valens*, *Platalina genovensium* y *Tadarida brasiliensis* todas con una AR de 0.06 ind/red-noche, mientras que, para el invierno fueron *G. valens*, *P. genovensium* y *Nyctinomops aurispinosus*, todos con una AR de 0.06 ind/red-noche.

Las curvas de rango-abundancia para la primavera y el invierno describen ensambles de murciélagos equilibrados entre el número de las especies más y menos abundantes (Fig. 2). Las especies insectívoras dominan ambos ensambles, sin embargo en primavera se observó un mayor registro de una especie frugívora (*Sturnira bogotensis*), en comparación al invierno.

En cuanto a la diversidad alfa, la riqueza de especies de murciélagos fue igual en primavera e invierno (q_0), ambas con 10 especies (Fig. 3). De igual forma, los índices q_1 y q_2 muestran que ambas estaciones presentan un número similar de especies abundantes y dominantes, lo cual se verifica con la superposición de los intervalos de confianza.

En cuanto a la diversidad beta, el análisis de NMDS (Stress = 0.2367) y ANOSIM ($R = 0.2574$, $p = 0.0064$) muestran que los ensambles de murciélagos no son diferentes entre estaciones (Fig. 4), información que es corroborada con el estadístico R , el cual es inferior a 0.75 (Clarke y Warwick, 2001).

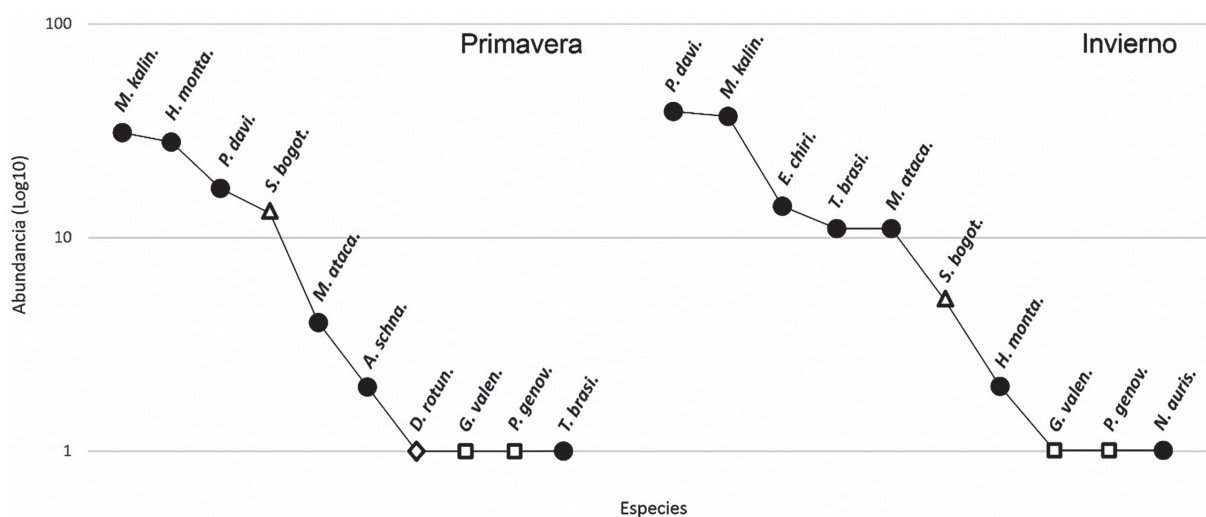


Figura 2. Curvas de rango-abundancia (π) de los murciélagos registrados en la región de Arequipa, para las estaciones del año evaluadas. Grupos tróficos: hematófago (rombo), frugívoro (triángulos), nectarívoro (cuadrados) e insectívoro (círculos). Los nombres de las especies se encuentran abreviadas en su cuatro primeras letras.

Figure 2. Range-abundance (π) curves of bats recorded in the Arequipa region, for the evaluated seasons. Trophic groups: hematophagous (rhombus), frugivorous (triangles), nectarivorous (squares) and insectivorous (circles). The names of the species are abbreviated in their first four letters.

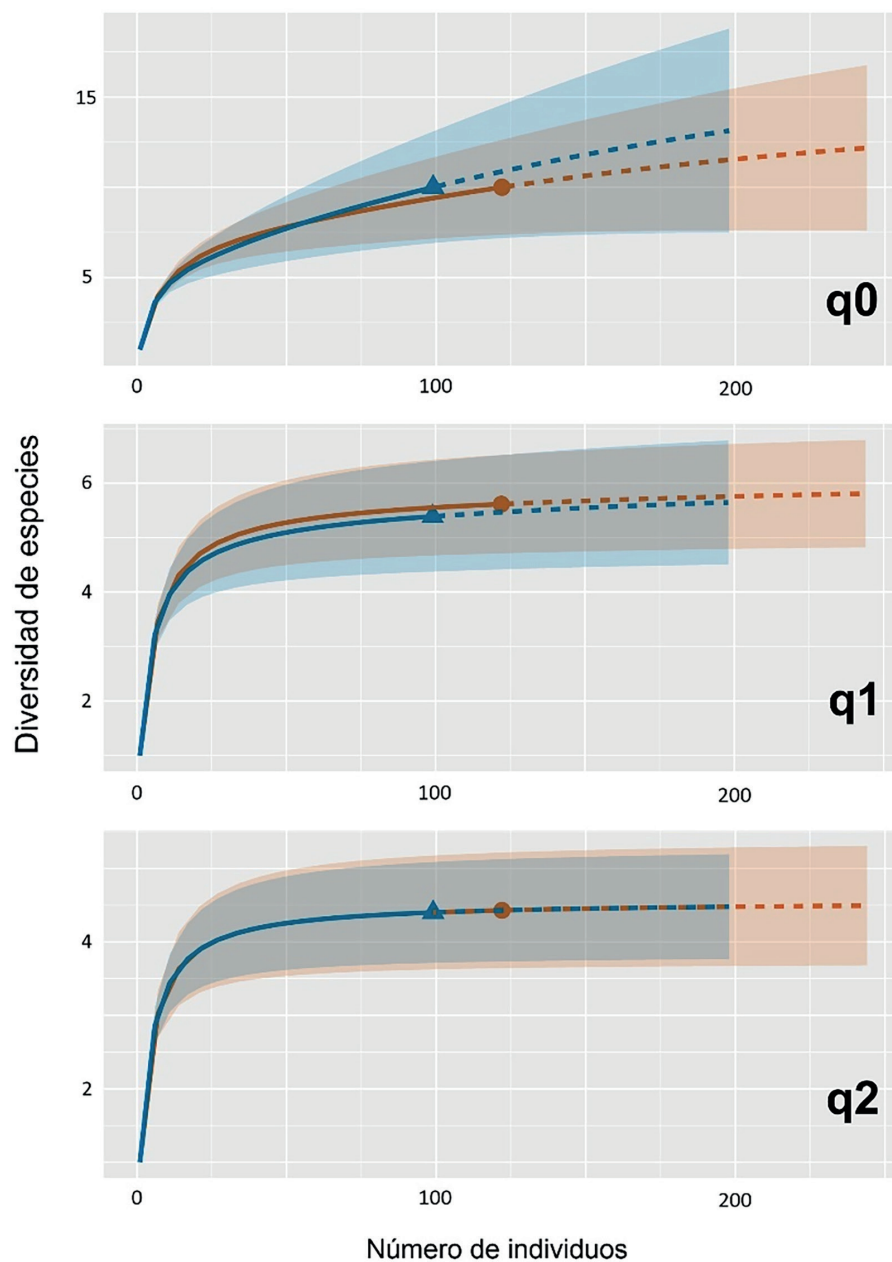


Figura 3. Curvas de interpolación (rarefacción)/extrapolación de la diversidad de murciélagos en la región de Arequipa con base en los números de Hill: q0, riqueza (número efectivo de especies); q1, exponente de la diversidad Shannon; y q2, inverso del índice de diversidad de Simpson. El color azul corresponde a información de primavera, mientras que el color naranja al invierno. Las zonas sombreadas señalan intervalos de confianza al 95 %.

Figure 3. Interpolation curves (rarefaction)/extrapolation of bat diversity in the Arequipa region based on Hill numbers: q0, richness (effective number of species); q1, exponent of Shannon diversity; and q2, inverse of Simpson's diversity index. Spring season is blue, while winter is orange. Shaded areas indicate 95% confidence intervals.

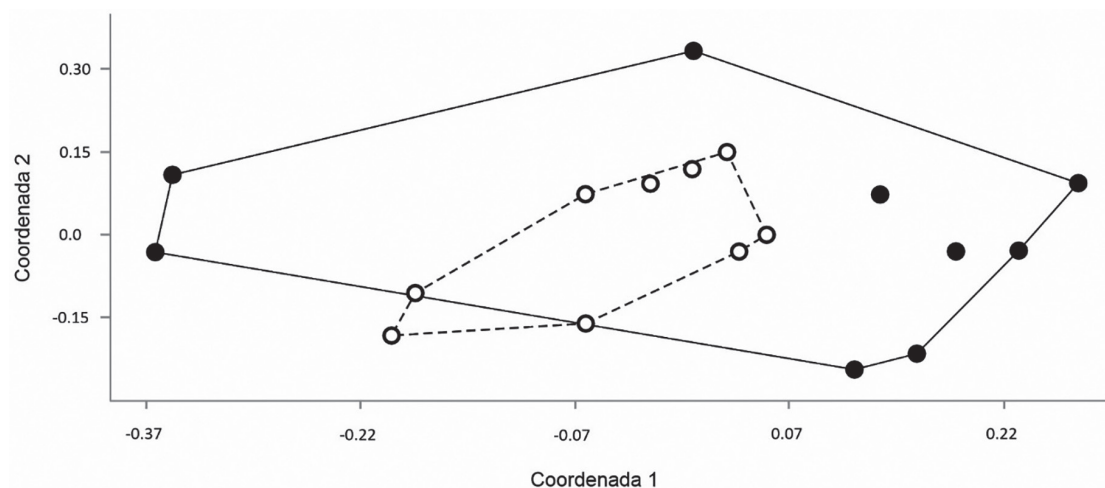


Figura 4. Ordenamiento no paramétrico multidimensional (NMDS) de los murciélagos registrados en la región de Arequipa. Los círculos vacíos corresponden a noches de evaluación durante la primavera, mientras que los círculos llenos a noches de evaluación durante el invierno. Stress = 0.2367.

Figure 4. Non-parametric multidimensional scaling (NMDS) of bats recorded in the Arequipa Region. Empty circles denote the spring season, whereas filled circles denote the winter. Stress = 0.2367.

DISCUSIÓN

En este trabajo se presenta el primer esfuerzo por documentar cambios temporales de la diversidad de murciélagos en un ecosistema árido, en el suroeste del Perú. Nuestros resultados son relativamente similares a los obtenidos por Pozo-Rivera, Arce-Carriel, Berovides-Álvarez y Ricardo-Nápoles (2020), quienes trabajaron en un paisaje agrícola del noroeste ecuatoriano y observaron que la riqueza de especies de murciélagos no presenta diferencias significativas entre estaciones ni meses, mientras que la abundancia relativa de algunos gremios tróficos fue significativamente más alta en la estación seca en comparación con la estación lluviosa. Sin embargo, las curvas rango-abundancia de Pozo-Rivera et al. (2020) muestran un patrón opuesto a nuestros resultados, probablemente como respuesta al tipo de hábitat evaluado y las condiciones climáticas asociadas al mismo (bosque húmedo tropical vs desierto costero).

La temporalidad aparentemente influye sobre la abundancia relativa (AR) de las especies, ya que algunos murciélagos incrementaron su AR en primavera en comparación al invierno, siendo más evidente en *Sturnira bogotensis* (AR de 0.79 ind/red-noche a 0.30 ind/red-noche) e *Histiotus montanus* (AR de 1.71 a 0.12). En cambio, otras especies mostraron un patrón opuesto, presentando una menos AR en primavera en comparación al invierno, como por ejemplo: *Mormopterus kalinowskii* (AR de 1.89 a 2.26), *Promops davisoni* (AR de 1.04 a 2.38) y *Tadarida brasiliensis* (AR de 0.06 a 0.67). Por otro lado, *Myotis atacamensis* no presentó fluctuaciones importantes de su abundancia relativa entre temporadas (AR de 0.24 en primavera y 0.67 en

invierno). No se descarta que los cambios estacionales en la abundancia relativa de los murciélagos aquí reportados se encuentren relacionados con la disponibilidad de alimento, es decir la fenología de las plantas locales y/o abundancia de insectos presa. En tal sentido, Lanchipa-Ale y Aragón-Alvarado (2018) documentaron el nicho trófico de cuatro murciélagos insectívoros en el valle de Ite, Tacna, una región bastante similar a la de Arequipa en cuanto a ecosistemas, reportando un nicho trófico estrecho y con bajo porcentaje de similitud entre *Histiotus montanus*, *Myotis atacamensis*, *Mormopterus kalinowskii* y *Tadarida brasiliensis*; mientras que la relación de sus dietas con la oferta de alimento (lepidópteros y coleópteros) del valle determina una alta búsqueda de los recursos específicos.

Estudios que documentan cambios de la diversidad de murciélagos según la estacionalidad (lluvia vs seca), se han desarrollado principalmente en ecosistemas forestales, los cuales responden principalmente a la disponibilidad de alimento (Van Schaik et al. 1993; Meyer et al. 2011; Rothenwöhrer et al. 2011). Además, cabe resaltar que la región de Arequipa se ubica en un paisaje desértico, donde la época de lluvia se presenta típicamente en los meses de diciembre, enero y febrero, correspondientes a la estación de verano (Jiménez et al. 2003); mientras que la época seca se acentúa en los meses de junio, julio y agosto, correspondientes a la estación de invierno. En tal sentido, dicho panorama explicaría las semejanzas en la diversidad de murciélagos registrada para las estaciones de invierno y primavera evaluadas en el presente estudio (Fig. 2 y 3), ya que en invierno y primavera (setiembre, octubre y noviembre) la precipitación es nula. Sin embargo, el análisis de escalamiento multidimensional no-métrico sugiere que el ensamble de murciélagos en invierno presenta una composición de especies más variable en comparación a la primavera (puntos dispersos en la Fig. 4), ya que la falta de recursos acentuada por la estación más fría del año (invierno) originaría una mayor movilidad de los murciélagos y ello se reflejaría en su tasa de capturabilidad.

En cuanto a *Eumops chiribaya* y *Lasiurus arequipae*, la literatura y nuestros resultados ponen en evidencia que por su baja tasa de capturabilidad y registros puntuales sería necesario analizar su riesgo de extinción en base al criterio de distribución restringida (Medina et al., 2018; Málaga et al., 2020; Mamani-Contreras y Aragón-Alvarado, 2021; Portugal-Zegarra et al., 2022), con la finalidad de adoptar medidas para su conservación efectiva (MINAGRI, 2014; IUCN, 2023).

Finalmente, concluimos que no existe diferencias en la diversidad de murciélagos entre primavera e invierno. Además, se espera que la información aquí presentada sirva de marco de referencia para futuras investigaciones básicas y/o aplicadas de murciélagos en la Región de Arequipa, desde aspectos relacionados a su historia natural hasta la elaboración de instrumentos de conservación en el marco de estudios de impacto ambiental.

AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento a Ronald Díaz, Brian Málaga, 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 realizaron la metodología, investigación, curación de datos, software y escritura (preparación del borrador original); EFB, EL y JAM y realizaron la conceptualización, redacción (revisión y edición) y adquisición de fondos.

CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores no incurren en conflictos de intereses.

LITERATURA CITADA

- Aguiar, L. y Marinho-Filho, J. (2004). Activity patterns of nine phyllostomid bat species in a fragment of the Atlantic Forest in southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 21, 385-390. <https://doi.org/10.1590/S0101-81752004000200037>
- Aragón, G. y Aguirre M. (2014). Distribución de murciélagos (Chiroptera) de la Región Tacna, Perú. *Idesia*, 32, 119-127. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292014000100015>
- Calhoun, J.B. y Casby, J.U. (1958). Calculation of Home Range and Density of Small Mammals. *Public Health Monograph*, 55, 1-24.
- Chao, A., Gotelli, N.J., Hsieh, T.C., Sander, E.L., Ma, K.H., Colwell, R.K. y Ellison, A.M. (2014). Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*, 84, 45-67.
- Chao, A., Ma, K. H. y Hsieh, T.C. (2016). iNEXT (iNterpolation and EX-Trapolation) Online: Software for Interpolation and Extrapolation of

- Species Diversity. Program and User's Guide published at http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/inext-online/
- Clarke, K.R. y Warwick, R.M. (2001). Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, Reino Unido. 176 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.
- IUCN. (2023). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-2. Accedido de <https://www.iucnredlist.org> el 09/04/2023
- Jiménez, P., Villasante, J., Talavera, B. y Villegas, L. (2003). Ecosistemas de Arequipa: Oferta Ambiental y Desarrollo Sostenible. Centro de Investigaciones de Zonas Áridas, 7, 118-132.
- Jones, C., McShea, W.J., Conroy, M.J. y Kunz, T.H. (1996). Capturing mammals. En: *Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for mammals*. (115155). Washington, Smithsonian Institution Press.
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113, 363-375. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>
- Krebs, C. (1999). *Ecological Methodology*, 2nd Edition. University of British Columbia. Canada.
- Lanchipa-Ale, T. y Aragón-Alvarado G. (2018). Ensamble de murciélagos en el valle de Ite, región Tacna, Perú. *Idesia*, 36, 83-90. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018000100083>
- Magurran, A.E. (1988). *Ecological diversity and its measurements*. Princeton University Press. New Jersey, EEUU. 179 pp.
- Málaga, B.A., Díaz, D.R., Arias, S. y Medina, C.E. (2020). Una nueva especie de *Lasiurus* (Chiroptera: Vespertilionidae) del suroeste de Perú. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 91, e913096. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.3096>
- Mamani-Contreras, R. y Aragón-Alvarado, G. (2021). First record of *Lasiurus arequipae* in the Department of Tacna, Perú. *Therya Notes*, 2, 143-146. https://doi.org/10.12933/therya_notes-21-51
- Medina, C.E., Díaz, D.R., Téllez, B., Medina, Y.K. y López, E. (2018). Second record of *Eumops chiribaya* (Chiroptera: Molossidae) in Perú. *Biodiversitas*, 19, 1979-1984. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d190601>
- Medina, C.E., Díaz, D.R., Camilo, M., Medina, Y.K, Arias, S., Málaga, B.A., Pari, A., Pino, K.S, Arce, A., Mayorca, B., Ramos, A., López, E. y Zeballos, H. (2021). Mamíferos de Arequipa: cuántos y dónde?. Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional de San Agustín (MUSA). Arequipa, Perú. 94 pp.
- Meyer, C.F.J., Aguiar, L.M.S., Aguirre, L.F., Baumgarten, J., Clarke, F.M., et al. (2011). Accounting for detectability improves estimates of species richness in tropical bat surveys: species detectability in tropical bat

- surveys. *Journal of applied ecology*, 48, 777-787. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.01976.x>
- MINAGRI. (2014). Decreto supremo N° 004-2014, Actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas. En: El Peruano. (520497-520504). Ministerio de Agricultura. Lima, Perú.
- Pacheco, V., Diaz, S., Graham-Angeles, L., Flores-Quispe, M., Calizaya-Mamani, G., Ruelas, D. y Sánchez-Vendizú, P. (2021). Lista actualizada de la diversidad de los mamíferos del Perú y una propuesta para su actualización. *Revista peruana de biología*, 28, e21019, 1-30. <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v28i4.21019>
- Pari, A., Pino, K.S., Medina, C.E., Zeballos, H. y López, E. (2015). Murciélagos de Arequipa, Historia Natural y Conservación. Colección Científica, Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional de San Agustín (MUSA). Impresiones Juve EIRL. Arequipa, Perú. 181 pp.
- 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>
- Pozo-Rivera, W.E., Arce-Carriel, M.R., Berovides-Álvarez, V. y Ricardo-Nápoles, N. (2020). Diferencias estacionales a nivel de comunidad, gremio trófico y ensamblaje de la diversidad de murciélagos en un paisaje agrícola ecuatoriano. *Mammalia Aequatorialis*, 2, 65-74. <https://doi.org/10.59763/mam.aeq.v2i.16>
- Ramos-Pereira, M.J., Marques, J.T. y Palmeirim, J.M. (2010). Ecological responses of frugivorous bats to seasonal fluctuation in fruit availability in Amazonian Forests. *Biotropica*, 42, 680-687. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2010.00635.x>
- Reyes, J.C. (2009). Ballenas, delfines y otros cetáceos del Perú, una fuente de información. Squema Ediciones. Lima, Perú. 159 pp.
- Rothernöhner C., Becker, N.I. y Tschapka, M. (2011). Resource landscape and spatio-temporal activity patterns of a plant-visiting bat in a Costa Rican lowland rainforest. *Journal of Zoology*, 283, 108-116. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2010.00748.x>
- Van Schaik, C.P., Terborgh, J. y Wright, S.J. (1993). The phenology of tropical forests: adaptive significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 24, 353-377. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.24.110193.002033>
- Wolda, H. (1978). Fluctuations in abundance of tropical insects. *American Naturalist*, 112, 1017-1045.
- Zamora, H.T., Sahley, C.T., Medina, C.E., Arteaga, Y.E., Escobar, A.C y Pari, A. (2013). El Murciélago longirrosto peruano, *Platalina genovensium* Thomas, 1928 (Phyllostomidae, Lonchophyllinae), en el área de influencia del gasoducto de PERU LNG: Estatus poblacional y reco-

- mendaciones para su conservación. (110-123, 327-340). En: Monitoring biodiversity: lessons from a trans-Andean Megaproject. Smithsonian Institution Scholarly Press, Washington, DC
- Zeballos, H. y Carrera, R.C. (2010). Mamíferos de la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca, Arequipa y Moquegua, suroeste del Perú. En: Diversidad Biológica de la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca (249-260). DESCO / PROFONANPE / SERNANP. Lima, Perú.
- Zeballos, H. y López, E. (2002). Roedores de Arequipa, clave para su determinación taxonómica. *Dilloniana*, 2, 163-171.
- Zeballos, H., Pacheco, V. y Baraybar, E. (2001). Diversidad y conservación de los mamíferos de Arequipa, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 8, 94-104.
- Zeballos, H., Villegas, L., Gutiérrez, R., Caballero, K. y Jiménez, P. (2000). Los vertebrados de las lomas de Atiquipa y Mejía, sur del Perú. *Revista de Ecología Latinoamericana*, 7, 11-15.
- Zeballos, H., Palma, E., Marquet, P.A. y Ceballos, G. (2014). Phylogenetic relationships of *Calomys sorellus* complex (Rodentia: Cricetidae), with the description of two new species. *Revista Mexicana de Mastozoología nueva época*, 4, 1-23.