

Estado: El preprint no ha sido enviado para publicación

Morfología alar y ecolocación del Murciélago de Atacama *Myotis atacamensis* (Chiroptera: Vespertilionidae), con comentarios sobre su conservación, uso de hábitat y distribución

Joaquín Ugarte

DOI: 10.1590/SciELOPreprints.1151

Este preprint fue presentado bajo las siguientes condiciones:

- Los autores declaran que son conscientes de que son los únicos responsables del contenido del preprint y que el depósito en SciELO Preprints no significa ningún compromiso por parte de SciELO, excepto su preservación y difusión.
- Los autores declaran que la investigación que dio origen al manuscrito siguió buenas prácticas éticas y que las aprobaciones necesarias de los comités de ética de investigación se describen en el manuscrito, cuando corresponda.
- Los autores declaran que se obtuvieron los términos necesarios del consentimiento libre e informado de los participantes o pacientes en la investigación y se describen en el manuscrito, cuando corresponde.
- Los autores declaran que la preparación del manuscrito siguió las normas éticas de comunicación científica.
- Los autores declaran que el manuscrito no fue depositado y/o previamente puesto a disposición en otro servidor de preprints.
- El autor que presenta declara que todos los autores responsables de la preparación del manuscrito están de acuerdo con este depósito.
- Los autores declaran que en el caso de que este manuscrito haya sido enviado previamente a una revista y esté siendo evaluado, han recibido el consentimiento de la revista para realizar el depósito en el servidor de SciELO Preprints.
- Los autores declaran que si el manuscrito se publicará en el servidor SciELO Preprints, estará disponible bajo licencia [Creative Commons CC-BY](#).
- El manuscrito depositado está en formato PDF.
- El autor que hace el envío declara que las contribuciones de todos los autores están incluidas en el manuscrito.
- Si el manuscrito está siendo revisado y publicado por una revista, los autores declaran que han recibido autorización de la revista para hacer este depósito.

Enviado en (AAAA-MM-DD): 2020-08-28

Postado en (AAAA-MM-DD): 2020-08-31

1 **Morfología alar y ecolocación del Murciélago de Atacama *Myotis atacamensis***
2 **(Chiroptera: Vespertilionidae), con comentarios sobre su conservación, uso de**
3 **hábitat y distribución**

4
5 **Wing morphology and echolocation of *Myotis atacamensis* (Chiroptera:**
6 **Vespertilionidae), with comments on its conservation, habitat use and distribution**

7
8 **JOAQUÍN A. UGARTE-NÚÑEZ**

9 <https://orcid.org/0000-0001-6298-1818>

10 *Asociación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible Sallqa Perú.*

11 *Programa para la Conservación de los Murciélagos del Perú (PCMP).*

12 *Knight Piésold Consulting.*

13 *Urb. Santo Domingo E-8, II Etapa, J. L. Bustamante, Arequipa, Perú*

14 *joaquarte@msn.com*

15 **Conflict of interest: None.**

16 **RESUMEN**

17 *Myotis atacamensis* es una especie distribuida en el suroeste de Perú y norte y
18 centro de Chile. Esta especie está considerada como En Peligro (EN) a nivel internacional
19 por la IUCN por su especificidad al hábitat desértico y semiárido y la fuerte
20 fragmentación de área de ocupación sin conectividad entre poblaciones. En este estudio,
21 por medio de la descripción de su peculiar ecomorfología alar y de la caracterización de
22 los llamados que son variables, se describe a la especie como de mayor plasticidad
23 ecológica. Estos resultados contribuyen a ubicar a *M. atacamensis* como una de las
24 especies más abundantes y comunes en el suroeste de Perú, al ocupar ambientes desde

25 desiertos con escasa vegetación hasta humedales y montes ribereños con densa
26 vegetación. Esta especie está estratégicamente adaptada a estos ambientes por su alta
27 maniobrabilidad y amplios llamados de frecuencia modulada de corta duración. Además,
28 se discute sobre su conservación, diversidad de uso de hábitat y distribución.

29 *Palabras clave:* *Ecomorfología, ecolocación, hábitats, conservación*

30

31

Abstract

32 *Myotis atacamensis* occurs in southwestern Peru, and northern and central Chile.
33 This species is considered Endangered (EN) by IUCN because of the strong dependence
34 on desert and semi-arid habitat, which has become severely fragmented generating a lack
35 of connectivity between populations. In this study, we describe the great ecological
36 plasticity for *M. atacamensis* through the description of its peculiar wing ecomorphology
37 and the characterization of their variable calls. My results contribute to place *M.*
38 *atacamensis* as one of the most abundant and common species in southwestern Peru,
39 occupying environments from deserts with little vegetation to wetlands and dense riparian
40 vegetation. This species is strategically adapted to those habitats due to its high
41 maneuverability and broadband frequency modulated short calls. I discuss about its
42 conservation status, diversity of habitat uses and distribution.

43 *Keywords:* *Ecomorphology, echolocation, habitats, conservation.*

44

45

INTRODUCCIÓN

46 Siendo los murciélagos el grupo más diverso ecológicamente dentro de los
47 mamíferos, presentan numerosas adaptaciones morfológicas, fisiológicas y conductuales
48 de los sistemas sensoriales y motores, que les permiten acceder a un amplio rango de

49 hábitats y recursos durante la noche (Schnitzler & Kalko, 2001). Dentro de los
50 murciélagos, el género *Myotis* (familia Vespertilionidae), es el que más especies tiene,
51 con 127 especies reconocidas en todo el Mundo (Moratelli & Burgin 2019). Este género
52 ha sido dividido tradicionalmente en tres subgéneros (Tate, 1941; Findley, 1972) sobre la
53 base estudios fenotípicos (que incluyen la morfología alar) y de comportamiento (de
54 forrajeo, por ejemplo). Posteriormente, éstos se consideran como subgéneros no
55 monofiléticos, más relacionados con estrategias alimentarias como producto de la
56 convergencia (ecolocación y morfología de vuelo de acuerdo a Norberg y Rayner, 1987),
57 que con una verdadera filogenia basada en la biogeografía, como lo demuestran estudios
58 moleculares (Ruedi *et al.*, 2013).

59 El Murciélago de Atacama (*Myotis atacamensis*), considerado en el pasado dentro
60 del subgénero *Selysius*, fue descrito por primera vez por Lataste en 1892, de San Pedro de
61 Atacama en Antofagasta, Chile. Los registros hasta la actualidad indican que se
62 distribuye en la costa sur de Perú hasta el norte de Chile, entre el nivel del mar hasta
63 alrededor de los 2500 m. en hábitats áridos y semiáridos (Eisenberg & Redford, 1999;
64 Nowak, 1999; Simmons, 2005; Wilson, 2008; Vargas-Rodríguez *et al.*, 2016; Moratelli,
65 & Burgin, 2019; Taylor & Tuttle, 2019) con especificidad y fuerte dependencia al hábitat,
66 el que se encuentra severamente fragmentado (Pari *et al.*, 2015; Vargas-Rodríguez *et al.*,
67 2016). Algunos autores indican su presencia hasta el centro de ambos países (Ortiz de la
68 Puente, 1951; Rodríguez-San Pedro *et al.* 2014, 2015; Iriarte, 2008; Pacheco *et al.*, 2015)
69 e incluso hasta el norte de Perú en Piura (Pacheco *et al.*, 2009); sin embargo, de acuerdo a
70 Moratelli *et al.* (2019) los registros desde el norte (Piura) hasta Lima en el centro de Perú,
71 corresponderían a la especie recientemente descrita por los mismos autores, *M. bakeri*,

72 quedando de esta manera la distribución de *M. atacamensis* desde el sur de Perú en
73 Arequipa, hasta el centro de Chile en Valparaíso.

74 Mann (1978) menciona para el norte de Chile que *M. atacamensis* es una especie
75 de alta maniobrabilidad, e Iriarte (2008), que posee una baja carga alar; sin embargo, no
76 precisan valores de los índices relacionados a estos aspectos. Considerando que la
77 variabilidad interespecífica en morfología de alas de los murciélagos está vinculada a las
78 diferencias en comportamiento de vuelo y caza de las especies (Norberg y Rayner, 1987),
79 esa morfología del ala puede ser usada para predecir el comportamiento de vuelo y el uso
80 del hábitat, entendiendo cómo es afectado sobre la base las interacciones entre la relación
81 de aspecto, la carga del ala y el índice de forma de la punta del ala (Norberg y Rayner,
82 1987).

83 De igual manera, un aspecto importante ligado con el comportamiento de forrajeo
84 y el uso de hábitats, es la ecolocación (Schnitzler y Kalko, 2001; Denzinger y Schnitzler,
85 2013). Los llamados de ecolocación de *M. atacamensis* han sido descritos para varias
86 localidades en Chile (Rodríguez-San Pedro *et al.*, 2015; Ossa *et al.*, 2015) y una en Perú
87 (Pacheco *et al.*, 2015) con ciertas variaciones, pero siempre caracterizándolos como de
88 frecuencia modulada (FM) sobre los 50 kHz.

89 En conjunto, la estructura de la llamada de ecolocalización y la morfología del
90 ala, son indicadores importantes de la ecología de los murciélagos, de cómo pueden usar
91 determinados hábitats de alimentación, el tipo de alimentos que pueden detectar y cómo
92 perciben estos recursos (Vaughan, 2004).

93 Describir la morfología alar y ecolocación de *M. atacamensis* es importante para
94 llenar vacíos de la historia natural de uno de los murciélagos más pequeños del Mundo y
95 probablemente el más pequeño de América. Aquí se describen la morfología alar y los

96 llamados de ecolocación, relacionándolos con el uso de hábitat, distribución y
97 conservación.

98

99 **MATERIALES Y MÉTODOS**

100 Este estudio se centra en los departamentos del suroeste peruano, Arequipa,
101 Moquegua y Tacna (Tabla 1). Estos departamentos tienen las mismas características
102 ecológicas, con un amplio desierto costero, vertientes occidentales de los Andes y zonas
103 altoandinas sobre los 4 000 metros de altitud, las que dan origen a estrechos valles
104 andinos que terminan en valles costeros que desembocan en el océano Pacífico. En
105 diferentes puntos de estos departamentos se realizaron grabaciones y capturas desde junio
106 del 2015 hasta febrero del 2020). Las localidades estudiadas se muestran en la Tabla 1,
107 indicando de cuáles se obtienen los datos de morfología alar y bioacústicos (permisos del
108 Ministerio de Agricultura y Riego: Carta N°0171-20 15-SERFOR/OGGSPFFS-DGSPF y
109 Carta N°054-MINAGRI-SERFOR-DGGSPFFS).

110 **Morfología alar:** Se tomó la silueta para hallar el área de vuelo, mediante la toma
111 de una fotografía del ala y el uropatagio extendidos sobre papel milimetrado,
112 considerando las estructuras ligadas al vuelo de la mitad del cuerpo, siguiendo a Norberg
113 y Rayner (1987). El peso es un dato importante para la carga alar. A los individuos de los
114 que no se obtuvo el peso, se les asignó el peso promedio de los otros, considerando que
115 esto no afecta los resultados debido a la posibilidad de variación del peso de los
116 especímenes que puede depender de aspectos como la hora de captura, si se alimentó, su
117 estado reproductivo, de la temporada del año, etc. (Norberg y Rayner 1987). Se
118 consideraron los siguientes parámetros de morfología del ala: carga alar, cociente de
119 aspecto e índice de punta. Todas las fórmulas siguen a Norberg y Rayner (1987).

120 La carga alar (WL, en Newtons/m²) se calculó con la fórmula $WL = m \cdot g / S$, donde
121 m es la masa del animal en kg, g es la aceleración de la gravedad en m · s⁻¹ y S es el área
122 de las superficies asociadas al vuelo, en m².

123 El cociente de aspecto (AR) se calculó dividiendo el cuadrado de la envergadura
124 entre el área de las superficies asociadas al vuelo.

125 El índice de punta (I) se consideró a partir de la fórmula $T_s / (T_i - T_s)$, donde T_i es el
126 cociente de la longitud del quiropatagio y la del plagiopatagio y T_s es el cociente de las
127 áreas de estos mismos patagios. Este índice es independiente del tamaño del tamaño total
128 de la forma de quiropatagio y plagiopatagio, así como del tamaño animal, y es usado
129 como un indicador de la maniobrabilidad del vuelo, considerando un valor $I = 1$, a una
130 punta de ala triangular, y mayor a este como una punta más redondeada, lo que facilita el
131 vuelo lento durante la búsqueda (Norberg y Rayner, 1987; Holderied y Jones, 2009).

132 Para definir el grado de la carga alar (WL) y el cociente de aspecto (AR) se sigue
133 a Bininda-Emonds & Russell (1994) que a su vez siguen a Norberg and Rayner (1987),
134 considerando para la carga alar los siguientes valores: WL muy baja ≤ 6.45 N/m², WL
135 baja entre 6.46–7.4 N/m², WL media 7.5–10.2 N/m² y WL alta ≥ 10.3 N/m²; y para el
136 cociente de aspecto: AR bajo ≤ 6.1 , AR medio entre 6.2–7.2 y AR alto ≥ 7.3 .

137 **Muestreo y análisis acústico:** Indistintamente al tipo de hábitat o localidad de
138 muestreo, se utilizaron dos tipos de detectores de murciélagos para las grabaciones: Echo
139 Meter 3 (Wildlife Acoustic) y Anabat Walkabout (Titley Scientific), ambos con una
140 resolución de espectro completo (*full spectrum*) de 16-bit, con un cociente de muestreo de
141 384 kHz, configurados a 10 segundos. Se realizaron grabaciones de individuos
142 capturados para caracterizar el llamado en vuelo, para luego validarlas con individuos en
143 vuelo libre en los lugares donde se tenía la certeza de la identidad de la especie. Con estos

144 llamados de referencia, se determinó su presencia en otras localidades, datos
145 considerados para el uso del hábitat y la distribución.

146 De esta manera se consideraron solamente aquellas grabaciones que
147 correspondían a la fase de búsqueda y que tuvieran buena calidad (intensidad) con cuatro
148 o más llamados por pase o secuencia.

149 Se utilizó el Software Raven Pro 1.5 (Center for Conservation Bioacoustics,
150 Cornell Lab. 2014), para definir los principales parámetros acústicos de los llamados de
151 búsqueda: frecuencia mínima (LF en kHz); frecuencia máxima (HF en kHz); el ancho de
152 banda (BW en kHz); Frecuencia pico (PF en kHz); duración de la llamada (CD en ms); e
153 inter-pulso (IP en kHz).

154

155 **RESULTADOS**

156 **Morfología alar:** Los resultados de la estimación de los valores de morfología
157 alar basados en las medidas longitudinales y de área de 11 individuos de *M. atacamensis*,
158 considerando un peso promedio de 3.53 g de 7 individuos capturados en Arequipa y
159 Moquegua, se determinó una carga alar muy baja (WL de 4.4454 N/m²), con un
160 coeficiente de aspecto bajo (AR de 5.7372) y un índice de punta un poco por encima de
161 medio, es decir ligeramente redondeado (I de 1.2606).

162 *M. atacamensis* ecomorfológicamente es una especie de alta maniobrabilidad y
163 vuelo lento por su valor muy bajo de carga alar y bajo de cociente de aspecto (Norberg y
164 Rayner, 1987). Esto es corroborado por Mann (1978) cuando se refiere a *M. chiloensis*
165 (incluye a *atacamensis* como una subespecie del norte de Chile) como una especie de alas
166 cortas y anchas con el tercer y quinto dedos de medidas subiguales, responsables de un
167 vuelo en extremo ágil y de brusco virajes, según sus observaciones. Iriarte (2008)

168 también hace una referencia de vuelo lento, pero de gran maniobrabilidad. Al definir aquí
169 los valores de la morfología alar, se presenta mayor sustento y detalle a estas
170 categorizaciones cualitativas preliminares.

171 **Ecolocación:** Los llamados de ecolocación de *M. atacamensis* contienen un único
172 llamado de frecuencia modulada descendente (FMd) de corta duración, con un ancho de
173 banda amplio de más de 30 kHz, típico del género, y con una frecuencia pico alrededor
174 de los 57 kHz (Tabla 2). Existen reportes de los llamados de *M. atacamensis* en otras
175 regiones con algunas variaciones. Así, en Chile, Rodríguez-San Pedro *et al.* (2015)
176 reporta una frecuencia pico de 50.26 ± 0.71 kHz para especímenes del centro de Chile,
177 mientras que Ossa *et al.* (2015) informa una frecuencia máxima de 56.5 ± 6.9 KHz en
178 Pampa Tamarugal en el norte del mismo país. En Perú, la frecuencia pico reportada para
179 el centro de Perú (Pantanos de Villa en Lima) es 51.89 KHz (Pacheco *et al.*, 2015,
180 considerando que podría tratarse de *M. bakeri*), mientras que en este artículo en el sur
181 (Arequipa, Moquegua y Tacna), existe una diferencia entre localidades, en especial en la
182 frecuencia pico (PF) y ancho de banda (BW). Sin embargo, variaciones más extremas se
183 observan entre los llamados de individuos en las lagunas costeras (59.49 ± 2.9 KHz; N =
184 311) y los de la laguna andina de Uzuña a 3 259 m de altitud (53.46 ± 2.91 KHz; N =
185 324), como se muestra en la Tabla 2.

186

187

DISCUSIÓN

188 **Morfología alar:** De acuerdo con la agrupación por ecomorfología de Norberg y
189 Rayner (1987), el grupo de los murciélagos con envergadura media y baja relación de
190 aspecto (AR), incluyen muchas especies de *Myotis*, *Eptesicus*, *Plecotus*, *Nycticeius* y
191 *Barbastella*. Todos estos tienen una carga alar (WL) media o baja y puntas de ala (I)

192 cortas y redondeadas. Predicen que estos murciélagos vuelan bastante lento,
193 generalmente cerca o dentro de la vegetación densa. Las especies con puntas de ala
194 redondeadas (que se correlacionan en este grupo con una carga de ala inferior) deben
195 caracterizarse por una mayor maniobrabilidad que las demás especies, que no la tienen,
196 volando de forma lenta y errática, por lo general cerca del suelo. Barbour & Davis (1969)
197 y Van Zyll de Jong (1985), citados por Norberg y Rayner (1987), indican que *M.*
198 *lucifugus* busca alimento sobre el agua y entre los árboles, mientras que *M. volans* tiene
199 un vuelo rápido y directo a la intemperie, generalmente a nivel de la copa de los árboles,
200 aunque también se alimenta más cerca del suelo y ocasionalmente debajo del dosel. Esto
201 demuestra que estos valores bajos de WL y AR, asociados a un índice de punta (I) alto
202 (de punta redondeada), no necesariamente limitan a estas especies ambientes con densa
203 vegetación o en los bordes de esta, sino que además pueden desempeñar su
204 desplazamiento y búsqueda de alimento en áreas abiertas o con menos vegetación.

205 *M. atacamensis* no solamente pueda encontrarse en espacios con vegetación, sino
206 que es más plástico que la mayoría de las especies insectívoras registradas en esta zona,
207 como los miembros de la familia Molossidae. Debido a que las especies de vuelo lento y
208 alta maniobrabilidad como *M. atacamensis*, es decir con WL y AR bajos, pueden cambiar
209 sus espacios preferidos con vegetación, por áreas con menos vegetación o abiertas y
210 viceversa. Sin embargo, otras especies insectívoras como los Molossidae por ejemplo,
211 por tener una carga alar alta que les confiere un vuelo veloz en zonas abiertas, no podrían
212 usar zonas con vegetación densa (Schnitzler & Kalko, 2001).

213 Norberg y Rayner (1987) y Neuweiler (2000) presentan listas de 256 especies de
214 16 familias de murciélagos en las que muestran los valores obtenidos para los parámetros
215 usados aquí (WL, AR e I). Destaca significativamente que el valor obtenido para la carga

216 alar de *M. atacamensis* es uno de los más bajos ($WL = 4.4454 \text{ N/m}^2$), incluso por debajo
217 de otras especies de *Myotis* y *Pipistrellus* que se reconoce que tienen los valores más
218 bajos en el Mundo. Este bajo valor de *M. atacamensis*, solo es superado por cuatro de las
219 256 especies evaluadas: *Thyroptera discor*, *T. tricolor* (ambos con 4.1 N/m^2),
220 *Rhynchonycteris naso* (4.3 N/m^2) y *Natalus stramineus* con el valor más bajo (3.9 N/m^2),
221 los cuatro con pesos similares al de *M. atacamensis*. Sin embargo, considerando el índice
222 de forma de punta (I), éstas especies lo tienen muy por encima de *M. atacamensis* (1.75 a
223 2.83 contra 1.2606), por lo que este último conserva la maniobrabilidad, pero incrementa
224 sus posibilidades de salir a áreas más abiertas, en comparación con estas 4 especies.

225 *M. atacamensis* tiene una cola larga, por lo que su uropatagio, contribuye
226 grandemente con el área de las estructuras de vuelo. Esta membrana de la cola ayuda a
227 esta especie de vuelo lento y maniobrable a una menor carga del ala, la que además le
228 sirve para atrapar a las presas en vuelo. Norberg & Rayner (1987) observaron que los
229 murciélagos con una carga alar (WL) más baja tenían una mejor capacidad de transporte
230 de masas, y podían transportar presas más grandes mientras volaban, lo que explica un
231 comportamiento inusual observado en Omate (Moquegua) en el año 2015 por el autor:
232 varios individuos de *M. atacamensis* capturaban polillas relativamente grandes
233 (Noctuidae) al vuelo ayudados del uropatagio, cerca del alumbrado público, en algunos
234 casos, al morderlas al vuelo, las polillas caían al suelo, de donde el mismo individuo las
235 recogía.

236 **Ecolocación:** Previamente se estableció que, por la forma del ala, *M. atacamensis*
237 prefiere hábitats con vegetación (sin limitarse a estos), y realiza búsqueda en vuelo lento
238 para la detección de presas entre la vegetación o sobre esta. El uso de este tipo de hábitat,
239 corresponde a una estructura de llamadas de ecolocación de banda ancha (FM) que

240 utilizan para discriminar la estructura del objetivo y para definir el rango (distancia).
241 Estas llamadas de banda ancha se encuentran en Noctilionidos y muchos Vespertilionidos
242 (Norberg y Rayner, 1987; Neuweiler, 2000).

243 Los resultados obtenidos de la caracterización de los llamados de *M. atacamensis*,
244 en todas sus variaciones, así como aquellas de otras regiones, se encuentra estrechamente
245 ligado con el tipo de ambientes que prefiere usar para la búsqueda de su alimento,
246 considerándolo por tanto un murciélago insectívoro aéreo de vuelo lento y alta
247 maniobrabilidad. De acuerdo con Schnitzler & Kalko (2001), este grupo de murciélagos
248 que cazan insectos en la maraña vegetal, sus bordes, en espacios abiertos y lagunas,
249 incluye a especies de las familias Vespertilionidae (por ejemplo, *Eptesicus*, *Myotis*,
250 *Pipistrellus*), Mormoopidae y Emballonuridae. *M. atacamensis*, como parte de este
251 gremio, usa componentes de FM de banda ancha, que son los más adecuados para la
252 localización y caracterización de sus objetivos presa (insectos voladores) en medio de un
253 fondo de vegetación, que también tiene que detectar para evitar colisiones.

254 La variabilidad encontrada entre los llamados de ecolocación de *M. atacamensis*
255 en diferentes localidades de su distribución, e incluso dentro de las localidades de este
256 artículo, demuestra que se encuentra dentro del grupo de murciélagos altamente flexibles
257 en la búsqueda y comportamiento de ecolocación. Esto le permite cambiar entre
258 vegetación densa y espacios abiertos, pudiendo mantener el comportamiento de
259 ecolocación en los espacios abiertos, y sin embargo tener uno variable en espacios con
260 vegeación, dependiendo de la distancia del fondo en relación a su presa (Schnitzler &
261 Kalko, 2001). Esto explicaría la alta variabilidad que puede tener la frecuencia pico y el
262 ancho de banda de los llamados, incluso dentro de la misma secuencia o pase, es decir,
263 emitida por un mismo individuo, como ha sido observado en una de las grabaciones

264 usadas en este estudio, en la que la PF pasa de 52 a 72 kHz y retorna a la frecuencia pico
265 inicial, en un ambiente de monte ribereño, en el que hay alta variabilidad dentro o
266 alrededor de la vegetación densa.

267 **Relación entre morfología, ecolocación, distribución y uso de hábitats:** La
268 clasificación inicial del género *Myotis* en tres subgéneros, responde al comportamiento de
269 alimentación y estrategia de vuelo, en relación con su morfología alar y características de
270 ecolocación. El subgénero *Selysius*, que antiguamente incluía a *M. atacamensis* (ahora
271 dentro del subclado Neotropical, según Stadelmann *et al.* 2007), corresponde a especies
272 de alas anchas y cazadoras lentas, y por tanto, al uso de llamados de banda ancha y de
273 corta duración, lo que les permite forrajear en ambientes con vegetación y fuera de ellos.

274 Por su relación cercana con el recientemente descrito *M. bakeri*, se estima que el
275 área alar de *M. atacamensis* es mayor, por lo tanto, su carga alar sería más baja, ya que
276 *M. bakeri* tiene la cola más corta restando un área importante a la superficie de vuelo,
277 además de tener un peso mayor. De acuerdo con Moratelli *et al.* (2019) existe una
278 distancia en la distribución entre *M. bakeri* y *M. atacamensis* de alrededor de 700 Km,
279 desde Chilca en Lima, la distancia se acorta a 405 Km con el reporte en este estudio en
280 Acarí (norte de Arequipa), lo que podría suponer que la separación entre ambas especies
281 es menor, y que, con revisiones y capturas de campo podría incluso definirse un límite o
282 una posible simpatría. Ortiz de la Puente (1951) reporta a *M. atacamensis* para el
283 departamento de Lima como *Myotis nigricans nicholsoni*, lo que haría entender que
284 correspondería a *M. bakeri* y no a *M. atacamensis*. Los reportes de Paracas en Ica (entre
285 Lima y Arequipa) de Montero-Commisso *et al.* (2008) deben ser revisados para definir
286 mejor los límites de ambas especies.

287 *M. atacamensis* ocupa diversos hábitats, siendo muy común en poblados rurales,
288 alrededores y dentro de ciudades, áreas cultivadas, huertos, vegetación ribereña,
289 matorrales desérticos, pastizales, tilandsiales, desiertos con escasa vegetación y sobre
290 cuerpos de agua costeros y altoandinos (hasta 3264 m de altitud). En el departamento de
291 Arequipa, donde está la mayor cantidad de localidades consideradas aquí para *M.*
292 *atacamensis*, se le ha grabado o capturado en cada una de las localidades en las que se
293 desarrolló su búsqueda bajo los 3300 m de altitud. Asimismo, se le ha observado
294 sobrevolando en todos los cuerpos de agua lénticos y lóticos desde el nivel del mar en
295 estuarios y cultivos de arroz inundados, hasta lagunas andinas a más de 3 mil metros de
296 altitud. Junto con los registros de Rodríguez-San Pedro *et al.* (2014 y 2015) en bosques
297 esclerófilos de Chile central, así como la diversidad de hábitats descrita aquí y enlistada
298 en la Tabla 1.

299 **Consideraciones para su conservación:** El Murciélago de Atacama (*Myotis*
300 *atacamensis*) está listado como En Peligro (EN) de acuerdo con la IUCN (Vargas-
301 Rodríguez *et al.*, 2016). Los autores indican que, a pesar de que la especie está todavía
302 ampliamente distribuida, es muy dependiente de su hábitat específico y este ha sido
303 severamente fragmentado. Se indica además que en los desiertos costeros de Perú y Chile
304 no encontraron poblaciones conectadas y que se encontraron alejadas entre ellas. Se
305 indica que el área de ocupación está severamente fragmentada y con una disminución
306 continua. Finalmente, pronostican cambios para el uso del suelo, por lo que se estima que
307 la población va a disminuir más del 30% en las siguientes tres generaciones (18 años).

308 Sobre la base de la amplia diversidad de hábitats descrita aquí, se confiere un
309 carácter más generalista a la especie, con un nicho ecológico más amplio, dentro de las
310 vertientes occidentales de los Andes y la franja del desierto costero del Pacífico, con una

311 respectiva variedad de hábitats en valles, lomas y humedales, e incluso áreas urbanizadas.
312 Esto determina que la continuidad y vecindad entre estos hábitats, no representa una
313 fuerte fragmentación ni discontinuidad en su área de ocupación, la que a pesar de haberse
314 reducido por la reciente descripción de *M. bakeri*, puede incrementar considerablemente
315 con todos los hábitats que ocupa.

316 Asimismo, los autores de la clasificación en IUCN, indican que se presume como
317 amenazas la disminución de hábitats, la agricultura y la urbanización, sin embargo, *M.*
318 *atacamensis* ha sido grabado y/o capturado n este trabajo, en áreas agrícolas y, zonas
319 urbanas con áreas verdes o montes ribereños, donde incluso se ha observado adaptado a
320 alimentarse cerca de la luz artificial.

321 Por otro lado, considerando que aquellas especies de vuelos más rápidos (carga
322 alar alta relacionada a un cociente de aspecto mayor) tienen un menor costo energético,
323 por lo que se les reconoce como especies que pueden migrar o recorrer grandes
324 distancias, se considera a las especies de carga alar baja (como *M. atacamensis*), como
325 especies que vuelan muy cerca de sus refugios para encontrar su alimento (Norberg &
326 Rayner, 1987), lo que los hace vulnerables ante la pérdida de estos.

327 Aquí se registra que, además de los refugios ya conocidos (grietas y espacios
328 entre construcciones) se refugia en oquedades expuestas a la luz del día, más no al sol
329 directamente (Mejía). Asimismo, se ha registrado que durante la noche se refugia o
330 descansa en espacios más abiertos (no necesariamente usando las grietas como lo hace en
331 el día) como cuevas, construcciones abandonadas junto con otras especies como *Platolina*
332 *genovensium*, *Artibeus fraterculus*, *Glossophaga soricina*, *Tadarida brasiliensis*,
333 *Amorphochilus schnablii* e *Histiotus montanus*. Además, se ha observado a *M.*
334 *atacamensis* en la localidad de Cotahuasi forrajeando en un evento de vuelo masivo de

335 Efímeras (Ephemeroptera) en un espacio reducido (quebrada pequeña) junto con
336 *Mormopterus kalinowskii*, *Tadarida brasiliensis*, *Promops davisoni* e *Histiopus montanus*.

337 Finalmente, en Perú, a pesar de encontrarse en un categoría fuera de la amenaza
338 (Casi Amenazado, NT) de acuerdo a la lista vigente de clasificación y categorización de
339 las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas (D.S. 004-2014-
340 MINAGRI), *M. atacamensis* se encuentra en varias áreas naturales protegidas por el
341 Estado, de nivel Regional y privadas: Santuario Nacional de Mejía (este estudio), Reserva
342 Paisajística de la Subcuenca del Cotahuasi (Ugarte-Núñez, 1998), Área de Conservación
343 Privada Lomas de Atiquipa (Zamora, 2005), en Punta Lomas de la Reserva Nacional del
344 Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras y, en la Reserva Nacional de Paracas
345 (Montero-Commisso *et al*, 2008) si se tratara de *M. atacamensis*, considerando que esta
346 Reserva está en medio de su distribución ahora conocida y la de *M. bakeri*.

347

348

CONCLUSIONES

349 Los valores bajos de carga alar (WL) y cociente o relación de aspecto (AR),
350 combinados con el índice de forma de la punta del ala (I) y el tipo de llamado de
351 frecuencia modulada (FM) de banda ancha y corta duración, con características de
352 variabilidad intraespecíficas y entre regiones, colocan a *M. atacamensis* como una
353 especie plástica en términos de nicho ecológico. Esta especie no está limitada a hábitats
354 desérticos y semiáridos, sino que también usa frecuentemente humedales en todo su
355 rango altitudinal de distribución, así como áreas antropogénicas en campos cultivados de
356 todo tipo, incluyendo zonas con cultivos perennes (frutales), ciudades, pueblos rurales y
357 montes ribereños. En muchos de estos hábitats, puede ser muy común y hasta abundante.

358 *M. atacamensis* es una de las especies con el valor de carga alar menor entre los
359 murciélagos hasta ahora evaluados en el Mundo.

360 Si bien el área de ocupación se ha visto reducida (por la descripción de *M. bakeri*
361 en lo que se conocía como la distribución centro y norte en Perú para *M. atacamensis*), se
362 considera que su estado de conservación actual debe de ser reevaluado, tomando en
363 cuenta que no es tan específico en el hábitat y que este muestra cierta continuidad por la
364 amplitud del nicho ecológico, por lo que no se debería considerar fuertemente
365 fragmentado, por lo menos en su distribución en Perú.

366

367

AGRADECIMIENTOS

368 Agradezco el apoyo en los trabajos de campo a Joaquín y Adriana Ugarte
369 Mosaurieta y a Verónica Gómez, así como la revisión preliminar y comentarios de Brock
370 Fenton, Adriana Acero y Farah Carrasco. Agradezco a Juan Luis Allendes por el apoyo
371 con algunos datos bibliográficos de Chile.

372

373

LITERATURE CITED

374 Bininda-Emonds, O. R. P., & a. P. Russell. 1994. Flight style in bats as predicted from
375 wing morphometry: the effects of specimen preservation. *Journal of Zoology*
376 (London), 234: 275–287.

377 Center for Conservation Bioacoustics. 2014. Raven Pro: Interactive Sound Analysis
378 Software (Version 1.5) [Computer software]. Ithaca, NY: The Cornell Lab of
379 Ornithology. Available from <http://ravensoundsoftware.com/>.

380 Denzinger A, Schnitzler H. U. 2013. Bat guilds, a concept to classify the highly diverse
381 foraging and echolocation behaviors of microchiropteran bats. *Front Physiol*
382 4:164. <https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00164>

383 Eisenberg, J. F. y Redford, K. H. 1999. *Mammals of the neotropics: Volume 3. Ecuador,*
384 *Peru, Bolivia, Brazil. The University of Chicago Press, USA. 609 pp.*

385 Findley, J. S. 1972. Phenetic relationships among bats of the genus *Myotis*. *Syst. Zool.*
386 21, 31-52.

387 Holderied, M.W. & Jones, G. 2009. Flight dynamics of bats. Pp. 459-475 In '*Ecological*
388 *and Behavioral Methods for the Study of Bats*', edited by T.H. Kunz & S. Parsons.
389 Johns Hopkins University Press, Baltimore.

390 Iriarte, A. 2008. *Mamíferos de Chile. Lynx Edicions. Barcelona, España. 420 p.*

391 Montero-Commisso, F. G., C. Gazzolo and G. Gonzalez. 2008. Nuevos registros de
392 quirópteros para la Reserva Nacional de Paracas, Perú. *Ecología Aplicada* 7(1–2):
393 183–185.

394 Moratelli, R. & C. J. Burgin. 2019. Family Vespertilionidae (Vesper Bats). Pp. 710-981
395 in: Wilson, D. E. & Mittermeier R. A. eds. (2019). *Handbook of the Mammals of*
396 *the World. Vol. 9. Bats. Lynx Edicions, Barcelona.*

397 Moratelli, R., L.M. Novaes, C. Carrión Bonilla & D. E. Wilson. 2019. A New Species of
398 *Myotis* (Chiroptera, Vespertilionidae) from Peru. *Special Publications, Museum*
399 *of Texas Tech University. 239-256 pp.*

400 Neuweiler G. 2000. *The biology of bats. Oxford University, NewYork.*

401 Norberg, Ulla & Rayner, Jeremy. 1987. *Ecological Morphology and Flight in Bats*
402 *(Mammalia; Chiroptera): Wing Adaptations, Flight Performance, Foraging*

403 Strategy and Echolocation. Royal Society of London Philosophical Transactions
404 Series B. 316. 10.1098/rstb.1987.0030.

405 Nowak, R. 1999. Walker's Mammals of the World, Vol. 1, Sixth Edition. The Johns
406 Hopkins University Press, Baltimore and London.

407 Ortiz de la Puente, J. 1951. Estudio monográfico de los quirópteros de Lima y
408 alrededores. Pub. Mus. de Hist. Nat. UNMSM (A) 7: 1-48.

409 Ossa G, Forero L, Novoa F, Bonacic C. 2015. Caracterización morfológica y bioacústica
410 de los murciélagos (Chiroptera) de la Reserva Nacional Pampa de Tamarugal.
411 Biodiversidata. 3:21–29.

412 Pacheco, V., A. Zevallos, K. Cervantes, J. Pacheco y J. Salvador. 2015. Mamíferos del
413 Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa. Científica 12 (1): 26-41.

414 Pacheco, V., R. Cadenillas, E. Salas, C. Tello y H. Zeballos. 2009. Diversidad y
415 endemismo de los mamíferos del Perú. Revista Peruana de Biología, 16(1): 5-32.

416 Pari, A., K. Pino, C. E. Medina, E. López y H. Zeballos. 2015. Murciélagos de Arequipa,
417 Historia Natural y Conservación. Arequipa, Perú. 179 pp.

418 Rodriguez-San Pedro A., J. L. Allendes, M. L. Castillo-Castillo, D. A. Peñaranda & F. T.
419 Peña-Gómez. 2014. Distribution extension and new record of *Myotis atacamensis*
420 (Lataste, 1892) (Chiroptera: Vespertilionidae) in Chile. Check List, 10(5), 1164-
421 1166.

422 Rodriguez-San Pedro A., D. A. Peñaranda, J. L. Allendes & M. Castillo. 2015. Update on
423 the distribution of *Myotis atacamensis* (Chiroptera: Vespertilionidae):
424 southernmost record and description of its echolocation calls. Chiroptera
425 Neotropical 2015 - 21(2): 1342-1346.

426 Ruedi M., B. Stadelmann, Y. Gager, E.J. Douzery, C.M. Francis, L.K. Lin, A. Guillén-
427 Servent, A. Cibois. 2013. Molecular phylogenetic reconstructions identify East
428 Asia as the cradle for the evolution of the cosmopolitan genus *Myotis* (Mammalia,
429 Chiroptera). *Mol. Phylogenet. Evol.*, 69, pp. 437-449.

430 Simmons, N. B. 2005. Order Chiroptera. En: D. E. Wilson y D. M. Reeder (Eds.),
431 Mammal species of the World: a taxonomic and geographic reference. 3rd ed.,
432 Vol. 1, 2. Johns Hopkins University Press, Baltimore, USA, 2142 pp.

433 Schnitzler H.U. & Kalko E.K. 2001. Echolocation by Insect-Eating Bats. *Bioscience*,
434 51(7): 557- 569.

435 Tate, G. H. H. 1941. Results of the Archbold expeditions. 39. A review of the genus
436 *Myotis* (Chiroptera) of Eurasia, with special reference to species occurring in the
437 East Indies. *Bull. Am. Mus. nat. Hist.* 78, 537-565.

438 Taylor, Marianne; Tuttle, Merlin, eds. (2019). *Bats: An Illustrated Guide to All Species*.
439 Washington, DC: Smithsonian Books. ISBN 9781588346476.

440 Ugarte-Núñez, J. y E. Salzar. 1998. Estudio de la Biodiversidad de la Cuenca del
441 Cotahuasi: Riqueza Faunística. Zona II. Asociación Especializada para el
442 Desarrollo (AEDES). 354 pp.

443 Vargas-Rodríguez, R., Peñaranda, D., Ugarte Nuñez, J., Rodríguez-San Pedro, A., Ossa
444 Gomez, G. & Gatica Castro, A. 2016. *Myotis atacamensis*. The IUCN Red List of
445 Threatened Species 2016: e.T14143A22050638.

446 Vaughan, S. Parsons, K. E. Barlow & M. R. Gannon. 2004. *Acta Chiropterológica*, 6(1):
447 75–90.

- 448 Wilson D.E. 2008. [2007]. Genus *Myotis*. In: Mammals of South America, vol. 1,
449 marsupials, xenarthrans, shrews and bats (edited by Gardner A.), pp. 468–481.
450 Chicago and London: The University of Chicago Press.
- 451 Zamora, H. 2005. Murciélagos de Atiquipa: Diversidad, Abundancia Poblacional y Uso
452 de Hábitat. Tesis para optar el título profesional de biólogo. Universidad Nacional
453 de San Agustín de Arequipa.
- 454

455

TABLAS

456

Tabla 1. Localidades de muestreo para grabaciones (Ac) y Morfología alar

457

(Mo) en el suroeste de Perú (Arequipa, Moquegua y Tacna).

Localidad	Provincia	Dpto.	Habitat	Latitud	Longitud	Altitud	Datos
El Huayco	Arequipa	Arequipa	MR-CC	16°25'22.46"S	71°38'2.33"O	2044 m	Ac
Sachaca			Ur-CC	16°25'34.88"S	71°33'59.68"O	2259 m	Ac
Uzuña			LA	16°35'18.70"S	71°19'24.22"O	3264 m	Ac
Siguas			Ce	16°20'40.14"S	72° 8'12.85"O	1323 m	Ac
Puente Chilina			MR-CC-Ur	16°22'55.53"S	71°32'5.22"O	2359 m	Ac
Vitor			UrRu	16°25'24.15"S	71°49'4.92"O	1631 m	Ac
Cotahuasi	La Unión	Arequipa	UrRu	15°12'41.61"S	72°53'28.44"O	2679 m	Ac, Mo
Tomepampa			UrRu-CC	15°10'2.28"S	72°49'45.54"O	2645 m	Ac
Quechualla			FR	15°19'29.04"S	73° 3'35.40"O	1621 m	Ac
Lluta	Caylloma	Arequipa	UrRu-CC	16° 0'55.33"S	72° 0'51.87"O	3021 m	Ac
Huacán			MD	16° 2'21.85"S	72°14'17.96"O	2881 m	Ac
Chuquibamba	Condesuyos	Arequipa	Ur	15°50'21.31"S	72°39'5.30"O	2912 m	Ac
Mamacocha	Castilla		LA	15°40'38.85"S	72°14'44.58"O	1696 m	Ac
Ongoro			CC-MR	15°54'52.91"S	72°28'37.81"O	834 m	Ac
Chocavento	Caravelí		UrRu	15°24'30.01"S	74°36'46.78"O	194 m	Ac, Mo
Ocoña	Camaná		Es-MR	16°27'3.52"S	73° 6'38.60"O	5 m	Ac
Chiguay			Ce-CC	16°21'30.53"S	73° 7'40.90"O	79 m	Ac, Mo
Bodeguillas			MR-CC	16°36'48.29"S	72°45'0.23"O	17 m	Ac, Mo
Urasqui			CC-MR	16° 0'49.01"S	73°10'2.76"O	370 m	Ac, Mo
Guerrero			Til	16°32'36.84"S	72°35'22.42"O	991 m	Ac
Mejía	Islay		LC-Pa	17° 8'1.88"S	71°52'36.99"O	12 m	Ac, Mo
Omate	Sanchez Cerro	Moquegua	UrRu	16°40'26.01"S	70°58'12.57"O	2183 m	Ac, Mo
Guaneros			DEV	16°51'52.27"S	70°59'5.00"O	2744 m	Ac
Cogri			DEV	16°39'50.59"S	70°59'18.25"O	2218 m	Ac
Ite	Ilo	LC-To	17°52'40.60"S	71° 1'0.13"O	23 m	Ac	
Ciudad de Tacna	Tacna	Tacna	Ur	18° 0'33.92"S	70°15'30.32"O	561 m	Ac
Tomasiri			CC-MR	17°50'27.10"S	70°31'7.89"O	439 m	Ac

458 MR: Monte Ribereño, CC: Campos de Cultivo; Ur: Zona urbana, UrRu: Urbano rural,

459 LA: Laguna andina, CE: Cerro sin vegetación; FR: Cultivos de frutales, MD: Matorral

460 desértico, Es: Estuario, Til: Tilandsial, LC: Laguna costera, Pa: Pastizal, DEV: Desierto

461 con escasa vegetación, To: Totoral

462

463 **Tabla 2. Parámetros acústicos analizados para *M. atacamensis* en el suroeste**
 464 **de Perú (Arequipa, Moquegua y Tacna).**

	PF (kHz)	LF (kHz)	HF (kHz)	BW (kHz)	CD (ms)	IP (ms)	N
General	57.81±5.04	51.40±5.61	90.09±11.88	38.69±12.49	2.51±0.99	64.09±14.29	3100
Lag. costera	59.75±2.86	47.81±1.86	98.81±7.85	50.99±7.70	3.32±0.64	53.34±16.29	311
Lag. andina	53.46±2.91	44.03±2.60	77.92±11.46	33.89±11.97	3.69±0.89	65.27±17.86	324

465 PF: Frecuencia pico; LF: Frecuencia más baja; HF: Frecuencia más alta; BW: Ancho de
 466 banda; CD: Duración del llamado; IP: tiempo entre pulsos; y N: número de pulsos
 467 analizados.