

Estado: El preprint no ha sido enviado para publicación

# Clave de identificación por ecolocación de 20 especies de murciélagos del suroeste de Perú

Joaquín Ugarte

DOI: 10.1590/SciELOPreprints.1214

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): 2020-09-14

Postado en (AAAA-MM-DD): 2020-09-15

## Clave de identificación por ecolocación de 20 especies de murciélagos del suroeste de Perú

### Key of the echolocation calls of 20 species of bats from southwestern Peru

Joaquín A. Ugarte-Núñez

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

Asociación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible Sallqa Perú

Knight Piésold Consulting

[jugarte@knightpiesold.com](mailto:jugarte@knightpiesold.com)

Conflict of interest: None.

#### Resumen

Se presenta una clave de identificación por ecolocación y la descripción de los parámetros acústicos de 20 especies de murciélagos que ocupan hábitats similares de las regiones desérticas de la costa del Pacífico y vertientes occidentales de los Andes del sur del Perú (departamentos de Arequipa, Moquegua y Tacna).

La clave incluye la distribución de las especies en los principales hábitats y en los tres departamentos. Los parámetros de los llamados y la clave, incluyen aspectos relacionados a su caracterización que permiten una fácil identificación en campo, como en gabinete. Se incluye un esquema a escala de los sonogramas de búsqueda. Se agrupa a las especies sobre la base de sus características taxonómicas, bioacústicas y de uso del hábitat de forrajeo.

Esta clave será de ayuda para desarrollar acciones de monitoreo de la actividad, distribución y ecología para las 20 especies, o enfocar esfuerzos hacia las especies de distribución restringida (*Lasiurus arequipae* y *Eumops chiribaya*), los nuevos registros para esta región (*Artibeus fraterculus* y *Eumops perotis*), y aquellas amenazadas o raras (*Tomopeas ravus*, *Myotis atacamensis*, *Amorphochilus schnablii*, *Mormopterus kalinowskii* y *Platalina genovensium*).

**Palabras clave:** clave, ecolocación, desierto, vertientes occidentales de los Andes

## **Abstract**

*I present an echolocation key and the description of acoustic parameters for 20 species of bats that occur in similar habitats of the Pacific coast and western slopes of the Andes of southern Peru (Arequipa, Moquegua and Tacna departments).*

*The distribution of these species in habitats and every department is included in the key. The description of the calls in the key, include characters which will make easier the identification both in the field and the Lab. This also includes time and frequency parameters and scaled schematic drawings of the sonograms. The species are clustered based on their taxonomy, acoustic features and foraging habitat use.*

*This research will be useful to develop actions to study the activity, distribution and ecology of these taxa, and additionally to concentrate efforts over short ranging species (i.e. *Lasiurus arequipae* and *Eumops chiribaya*), new records in the area (i.e. *Artibeus fraterculus* and *Eumops perotis*), and threatened or barely known bats (i.e. *Tomopeas ravus*, *Myotis atacamensis*, *Amorphochilus schnablii*, *Mormopterus kalinowskii* and *Platalina genovensium*).*

**Key words:** *key, echolocation, desert, western slopes of the Andes*

El en Perú, los murciélagos representan la tercera parte de todos los mamíferos (Pacheco, 2019; Velazco, 2020), sin embargo, debido a su tamaño pequeño, hábitos nocturnos y refugios ocultos, este grupo se encuentra entre los más elusivos de los mamíferos, por lo que suelen ser subestimados en los inventarios, monitoreos u otros estudios (Obrist *et al.*, 2004).

El monitoreo de murciélagos, como importantes indicadores de biodiversidad, es cada vez más importante para poder entender y conocer los aspectos de su biología y ecología que nos permitan direccionar más eficazmente acciones de conservación y manejo, en especial entender el impacto de origen humano sobre sus hábitats y poblaciones (Obrist *et al.*, 2004; Fenton, 2013; Walters *et al.*, 2013). Los estudios por medios acústicos, cada vez van tomando mayor relevancia y uso, como un método complementario, alternativo y muchas veces más eficiente que los métodos tradicionales que suelen representar deficientemente al grupo de los insectívoros aéreos (Kalko *et al.* 1996; O'Farrell & Gannon 1999; Flaquer *et al.*, 2007; Walters *et al.*, 2013).

En Perú, los estudios acústicos son relativamente escasos, limitándose a nuevos registros y/o la descripción de los llamados o pulsos de ecolocación de algunas pocas especies: *Platalina genovensium* en un refugio por Malo de Molina *et al.* (2011), *Myotis atacamensis* en Lima por Pacheco *et al.* (2015) que probablemente sea *Myotis bakeri* de acuerdo con Moratelli *et al.* (2019), *Amorphochilus schnablii* por Falcao *et al.* (2015), *Mormopterus kalinowskii* por Flores *et al.* (2019) y *Promops davisoni* como primer registro para Chile por Ossa *et al.* (2018) incluyendo grabaciones realizadas en Tacna, al sur de Perú. Debido a la variación geográfica en los llamados que podría presentarse en algunas especies, así como el solapamiento que podría haber entre especies (Orozco-Lugo, 2013; Ratcliffe & Jakobsen, 2018; Russo *et al.*, 2018), es que resulta importante obtener grabaciones específicas del suroeste de Perú (departamentos de Arequipa, Moquegua y Tacna).

Esta región del país comparte las mismas características ecológicas, como parte de la zona norte del desierto de Atacama y de la vertiente occidental de los Andes. De acuerdo con la Memoria Descriptiva del Mapa Nacional de Ecosistemas Del Perú (MINAM, 2019), estos tres departamentos presentan los mismos ecosistemas.

La clave y caracterización acústica de las 20 especies hasta ahora incluidas en la quiroptero fauna de esta región de Perú, considera para Arequipa 20 especies, 16 incluidas por Pari *et al.* (2015), el nuevo registro de *Eumops chiribaya* por Medina *et al.* (2018), la descripción de *Lasiurus arequipae* por Málaga *et al.* (2020) y los registros de *Artibeus fraterculus* y *Eumops perotis* (Ugarte, por publicar). Para Moquegua, además de la descripción de *E. chiribaya* (Medina *et al.*, 2014), se incluyen los registros acústicos de este trabajo, haciendo un total de 11 especies. Finalmente, para Tacna se considera un total de 11 especies, 7 registradas por Aragón y Aguirre (2014) y Lanchipa y Aragón (2018), a los que se suma el registro de *Promops davisoni* de Flores *et al.* (2015), el de *Nyctinomops aurispinosus* de Portugal-Zegarra *et al.* (2020), el muy probable registro de *Lasiurus arequipae* considerado como *Lasiurus sp.* en la tesis de Portugal (2018) y la adición de *Nyctinomops macrotis* con el registro acústico incluido en este trabajo.

#### Clave de llamados de ecolocación de 20 especies del Suroeste Peruano

1a.	Principalmente FM con un ancho de banda mayor a 20 kHz	2
1b.	Principalmente FQC, siempre un ancho de banda menor a 20 kHz	11
2a.	Principalmente un solo componente, sin armónicos.	3
2b.	Dos o tres armónicos.	7
3a.	Frecuencia pico mayor a 90kHz con un ancho de banda mayor a 60 kHz. Toda la costa, valles y desierto en Arequipa y Tacna. Ocasionalmente hasta 2800 m de altitud.	<i>Amorphochilus schnablii</i>
3b.	Frecuencia pico menor a 90kHz con un ancho de banda menor a 60 kHz	4
4a.	Frecuencia pico mayor a 50 kHz, algunas veces supera los 60 kHz, generalmente alrededor de los 57 kHz. Diversos ambientes naturales y antrópicos hasta 3500 m de altitud en los tres departamentos.	<i>Myotis atacamenis</i>
4b.	Frecuencia pico menor a 50 kHz	5
5a.	FM descendente inicial y final con la porción media hacia una FQC leve. Llamado completo con forma de "S" muy extendida verticalmente. Frecuencia pico alrededor de 35 kHz y una duración de 4 ms. En valles costeros y de la vertiente occidental en Arequipa posiblemente hasta 3000 m de altitud. Probable en la costa de Tacna.	<i>Lasiurus arequipae</i>
5b.	FM descendente inicial con un componente de FQC suavizado al final (frecuencia mínima).	6
6a.	Frecuencia pico alrededor de 42 kHz (desde 39 hasta 48 ocasionalmente). En valles costeros y de la vertiente occidental de Arequipa hasta 3000 m de altitud, generalmente cerca de cuerpos de agua.	<i>Myotis oxyotus</i>
6b.	Frecuencia pico alrededor de 32 kHz en búsqueda de insectos voladores. Presenta llamados con armónicos cerca de vegetación, con una frecuencia pico menor a 20 kHz en busca de invertebrados perchados en la vegetación. Ambientes naturales y antrópicos desde el nivel del mar hasta más de 5000 m en los tres departamentos.	<i>Histiotus montanus</i>
7a.	Harmónicos principalmente de FM sin solaparse significativamente. Ancho de banda del llamado mayor a 55 kHz.	8
7b.	Harmónicos principalmente de FM que se solapan significativamente. Ancho de banda del llamado menor a 55 kHz.	9

8a.	Frecuencia pico alrededor de los 85 kHz. Áreas de cactáceas columnares principalmente desde cerca del nivel del mar en lomas costeras hasta los casi 3000 m de altitud en los tres departamentos.	<i>Platalina genovensium</i>
8b.	Frecuencia pico muy variable, generalmente alrededor de los 69 kHz, ocasionalmente baja a 60 kHz o sube a más de 105 kHz. En valles costeros de Arequipa hasta los 1900 m de altitud.	<i>Glossophaga soricina</i>
9a.	Un componente inicial alrededor de los 40 kHz con un segmento corto de FQC y luego un descendente de FM. La frecuencia pico está alrededor de los 70 a 75 kHz en el segundo armónico. Una secuencia se presenta en grupos de dos a cuatro llamados. Algunos valles costeros y zonas litorales con mamíferos marinos de Arequipa y Tacna.	<i>Desmodus rotundus</i>
9b.	Sin ningún componente de FQC inicial, fuertes componentes de FM, a veces con una leve FQC.	10
10a.	Frecuencia pico alrededor de 68 kHz en el segundo armónico, a veces alrededor de 87 kHz en el tercero. En valles de la parte baja de la vertiente occidental en el norte de Arequipa, desde 1000 hasta 1900 m de altitud.	<i>Sturnira bogotensis</i>
10b.	Frecuencia pico alrededor de 60 kHz. Ancho de banda menor a otros Phyllostomidae. Solamente en valles costeros del norte de Arequipa.	<i>Artibeus fraterculus</i>
11a.	Frecuencia pico mayor a 30 kHz.	12
11b.	Frecuencia pico menor a 30 kHz.	15
12a.	Dos o más pulsos intercalados en un mismo pase o secuencia, principalmente convexos.	13
12b.	Un solo tipo de pulso por pase o secuencia, nunca convexos.	14
13a.	Pulso en FQC convexo descendente con un componente de FM ascendente inicial corto. Intercala llamados entre 32 y 45 kHz (frecuentemente a 35 y a 41 kHz). Duración entre 9 y 11 ms. Muy raro en valles costeros del norte de Arequipa.	<i>Molossus molossus</i>
13b.	Llamado más común es un pulso con un corto componente FM al inicio seguido por uno FQC convexo ascendente, entre 32 y 34 kHz de frecuencia pico. Intercala ocasionalmente con un segundo llamado de FM descendente con un componente principal FQC alrededor de 38 kHz de frecuencia pico, con un ancho de banda mayor. Ampliamente distribuido en desierto, valles costeros y zonas urbanas hasta los 2700 m de altitud en los tres departamentos.	<i>Promops davisoni</i>
14a.	FQC descendente de corta duración (~5 ms) con una frecuencia pico alrededor de los 43 kHz. En valles costeros y quebradas secas de Arequipa.	<i>Tomopeas ravus</i>
14b.	Llamado más común es FQC con un componente FM muy corto inicial ascendente con un pico a 34 kHz (puede llegar ocasionalmente a 37 kHz) con una duración de 10 ms. Un segundo tipo de llamado es FM descendente con un componente principal FQC alrededor de 42 kHz de frecuencia pico con un ancho de banda y duración mayores. En todo tipo de ambientes naturales y antrópicos desde el nivel del mar a más de 2400 m en los tres departamentos.	<i>Mormopterus kalinowskii</i>
15a.	Frecuencia pico por debajo de 18 kHz	16
15b.	Frecuencia pico sobre 18 kHz	18
16a.	Frecuencia pico a 17 kHz en dos tipos de pulsos (FM-FQC y FQC) con una duración de 14 ms aproximadamente. En desierto, valles costeros y vertientes occidentales hasta 2300 m en los tres departamentos.	<i>Nyctinomops macrotis</i>
16b.	Frecuencia pico por debajo de 17 kHz.	17
17a.	Frecuencia pico entre 15 y 16 kHz, con un ligero componente inicial FM descendente seguido por uno de FQC con una duración de 11 a 14 ms. Valles costeros y quebradas secas de Arequipa y Moquegua.	<i>Eumops chiribaya</i>
17b.	Frecuencia pico a 11 kHz con una duración mayor a 20 ms generalmente. Solamente en valles costeros y quebradas del norte de Arequipa.	<i>Eumops perotis</i>

18a.	Frecuencia pico generalmente sobre 24 hasta 26 kHz en la misma secuencia o pase en su forma de FQC. Puede pasar los 30 kHz incrementando su ancho de banda en llamados de tipo FM-FQC. Los pulsos de FM-FQC como de FQC, no se intercalan regularmente. Ampliamente distribuido en todo tipo de ambientes naturales y antrópicos hasta los 3660 m de altitud en los tres departamentos.	<i>Tadarida brasiliensis</i>
18b.	Frecuencia pico por debajo de 24 kHz.	19
19a.	Frecuencia pico de 18 a 20 kHz de un llamado FQC típico con una duración de 13 ms. También presenta pulsos FM-FQC a 20 kHz. Valles costeros y zonas desérticas de los tres departamentos.	<i>Nyctinomops aurispinosus</i>
19b.	Frecuencia pico de 22 a 23 kHz de un llamado de FQC principalmente con un pequeño componente FM inicial con una duración de 9 ms en promedio. Puede llegar a solaparse con <i>T. brasiliensis</i> cuando usa FM-FQC de banda más ancha. Valles costeros y desierto en Arequipa y Moquegua.	<i>Nyctinomops laticaudatus</i>

*FM: Frecuencia modulada; FC: Frecuencia constante; FQC: Frecuencia casi (quasi) constante; kHz: kilohertz; ms: milisegundos.*

Los llamados de ecolocación de las 20 especies de murciélagos registradas para el suroeste de Perú, presentan características de frecuencia y tiempo que permiten discriminarlas entre sí, en especial por la frecuencia pico, el ancho de banda y la duración (Tabla 1). Todos los parámetros incluidos en la tabla corresponden a la fase de búsqueda usada con mayor frecuencia por las especies grabadas en los tres departamentos.

En la Tabla 1 se incluye la caracterización de los pulsos de ecolocación de la familia Phyllostomidae, a pesar de ser un grupo que se considera que no es buen candidato para estudios acústicos (dificultad de registrarlos por sus llamados, por su baja intensidad y altas frecuencias), sin embargo, es posible que se puedan incluir en estudios acústicos en la medida que se conozcan más las variaciones intra e interespecíficas, especialmente la frecuencia pico, número de armónicos, intervalo entre pulsos, entre otros parámetros de los llamados de búsqueda (Kalko, 2004).

Asimismo, los Phyllostomidae de estas regiones áridas del país, están representados por pocas especies, por lo que su discriminación en fase de búsqueda puede realizarse con relativa facilidad, ya que no existe solapamiento de sus frecuencias pico o la forma como se configuran sus armónicos, además que la estructura del pulso está relacionada con el tipo de alimentación.

Especies\Parámetros	PF (kHz)	LF (kHz)	HF (kHz)	BW (kHz)	Dur (ms)	IP (ms)	N	Tipo
<i>Artibeus fraterculus</i>	<b>61.22</b>	<b>46.71</b>	<b>91.60</b>	<b>44.89</b>	<b>2.98</b>	<b>78.65</b>	116	FMd/a
	+3.59	+4.40	+6.41	+7.60	+0.91	+28.75		
<i>Desmodus rotundus</i>	<b>72.92</b>	<b>33.28</b>	<b>85.93</b>	<b>52.65</b>	<b>4.73</b>	<b>29.47</b>	113	FMd/a
	+3.95	+1.73	+9.51	+9.17	+1.46	+18.12		
<i>Glossophaga soricina</i>	<b>67.66</b>	<b>44.84</b>	<b>134.80</b>	<b>89.96</b>	<b>1.19</b>	<b>30.23</b>	123	FMd/a
	+4.90	+6.22	+7.96	+8.99	+0.39	+19.46		
<i>Platalina genovensium</i>	<b>84.97</b>	<b>44.89</b>	<b>116.12</b>	<b>71.23</b>	<b>1.29</b>	<b>61.46</b>	447	FMd/a
	+2.79	+2.01	+2.92	+3.14	+0.46	+47.45		
<i>Sturnira cf bogotensis</i> (2º arm)	<b>68.55</b>	<b>51.88</b>	<b>110.73</b>	<b>58.85</b>	<b>2.08</b>	<b>71.15</b>	125	FMd/a
	+2.71	+4.82	+6.62	+8.70	+0.55	+19.97		
<i>S. cf bogotensis</i> (3º arm)	<b>87.13</b>	--	--	--	--	--	124	
	+4.21	--	--	--	--	--		
<i>Amorphochilus schnablii</i>	<b>99.70</b>	<b>78.75</b>	<b>138.92</b>	<b>60.17</b>	<b>2.58</b>	<b>32.06</b>	591	FMd
	+4.87	+4.46	+7.84	+10.59	+0.69	+10.28		
<i>Histiotus montanus</i>	<b>31.36</b>	<b>22.18</b>	<b>59.67</b>	<b>37.49</b>	<b>6.10</b>	<b>132.10</b>	302	FMd
	+2.29	+1.16	+3.52	+3.55	+0.61	+17.63		
<i>Lasiurus arequipae</i>	<b>35.39</b>	<b>19.27</b>	<b>75.56</b>	<b>56.29</b>	<b>3.97</b>	<b>91.31</b>	74	FMd
	+3.44	+2.41	+11.78	+12.78	+1.23	+46.69		
<i>Myotis atacamensis</i>	<b>57.81</b>	<b>51.40</b>	<b>90.09</b>	<b>38.69</b>	<b>2.51</b>	<b>64.04</b>	3100	FMd
	+5.04	+5.61	+11.88	+12.49	+0.99	+14.29		
<i>Myotis oxyotus</i>	<b>41.48</b>	<b>39.30</b>	<b>56.51</b>	<b>33.35</b>	<b>3.21</b>	<b>107.77</b>	325	FMd
	+3.45	+3.09	+9.17	+8.06	+1.41	+58.33		
<i>Eumops perotis</i>	<b>11.50</b>	<b>8.60</b>	<b>14.24</b>	<b>5.63</b>	<b>22.33</b>	<b>98.00</b>	3	FMd-FQC
	+0.46	+1.10	+1.29	+2.26	+4.73	+5.66		
<i>Eumops chiribaya</i>	<b>15.75</b>	<b>15.24</b>	<b>20.10</b>	<b>4.86</b>	<b>11.85</b>	<b>307.32</b>	101	FMd-FQC
	+1.09	+0.59	+2.59	+2.38	+2.60	+123.29		
<i>Molossus molossus</i> (bajo)	<b>34.94</b>	<b>31.66</b>	<b>36.95</b>	<b>5.29</b>	<b>10.46</b>	<b>97.90</b>	80	FQCd
	+1.90	+2.24	+2.22	+1.34	+2.38	+47.33		
<i>M. molossus</i> (alto)	<b>41.95</b>	<b>38.68</b>	<b>44.08</b>	<b>5.40</b>	<b>9.50</b>	<b>97.90</b>	60	FQCd
	+1.94	+1.92	+2.33	+1.60	+2.26	+47.33		
<i>Mormopterus kalinowskii</i>	<b>34.75</b>	<b>33.73</b>	<b>35.32</b>	<b>1.49</b>	<b>9.73</b>	<b>184.98</b>	339	(FM)-FQCd
	+2.68	+2.63	+2.96	+0.78	+2.18	+92.24		
<i>Nyctinomops aurispinosus</i>	<b>18.79</b>	<b>17.86</b>	<b>20.05</b>	<b>2.19</b>	<b>13.40</b>	<b>430.62</b>	71	(FM)-FQCd
	+1.43	+3.25	+3.44	+1.09	+51.69	+88.25		
<i>Nyctinomops laticaudatus</i>	<b>22.91</b>	<b>21.78</b>	<b>23.49</b>	<b>1.70</b>	<b>9.40</b>	<b>304.01</b>	63	(FM)-FQCd
	+1.17	+1.09	+1.48	+0.76	+2.00	+174.00		
<i>Nyctinomops macrotis</i>	<b>17.43</b>	<b>15.12</b>	<b>18.95</b>	<b>3.83</b>	<b>14.60</b>	<b>514.12</b>	92	(FM)-FQCd
	+0.66	+0.71	+0.94	+0.97	+1.96	+151.36		
<i>Promops davisoni</i> (ascendente)	<b>31.96</b>	<b>31.08</b>	<b>32.24</b>	<b>1.15</b>	<b>10.18</b>	<b>190.52</b>	607	FMa-FQCa
	+0.50	+0.61	+0.54	+0.36	+1.46	+112.47		
<i>P. davisoni</i> (descendente)	<b>38.47</b>	<b>35.81</b>	<b>46.13</b>	<b>8.72</b>	<b>10.06</b>	<b>95.59</b>	189	FMd-FQCd
	+2.30	+4.12	+3.64	+3.45	+2.72	+27.72		
<i>Tadarida brasiliensis</i>	<b>25.16</b>	<b>23.33</b>	<b>31.22</b>	<b>7.88</b>	<b>10.03</b>	<b>230.87</b>	421	(FM)-FQCd
	+0.95	+2.99	+3.93	+4.80	+2.21	+95.43		
<i>Tomopeas rarus</i>	<b>43.40</b>	<b>41.56</b>	<b>45.71</b>	<b>4.15</b>	<b>5.18</b>	<b>122.79</b>	50	FQCd
	+0.90	+1.62	+1.36	+2.30	+1.09	+22.37		

**Tabla 1.** Parámetros bioacústicos principales de 20 especies de quirópteros del suroeste de Perú. La media se muestra en negrita y debajo su desviación estándar. **PF (kHz):** Frecuencia pico en kilohertz; **LF (kHz):** Frecuencia mínima; **HF (kHz):** Frecuencia máxima; **BW (kHz):** Ancho de banda; **Dur (ms):** Duración del llamado en milisegundos; **IP (ms):** Interpulso; **N:** Cantidad de pulsos medidos.

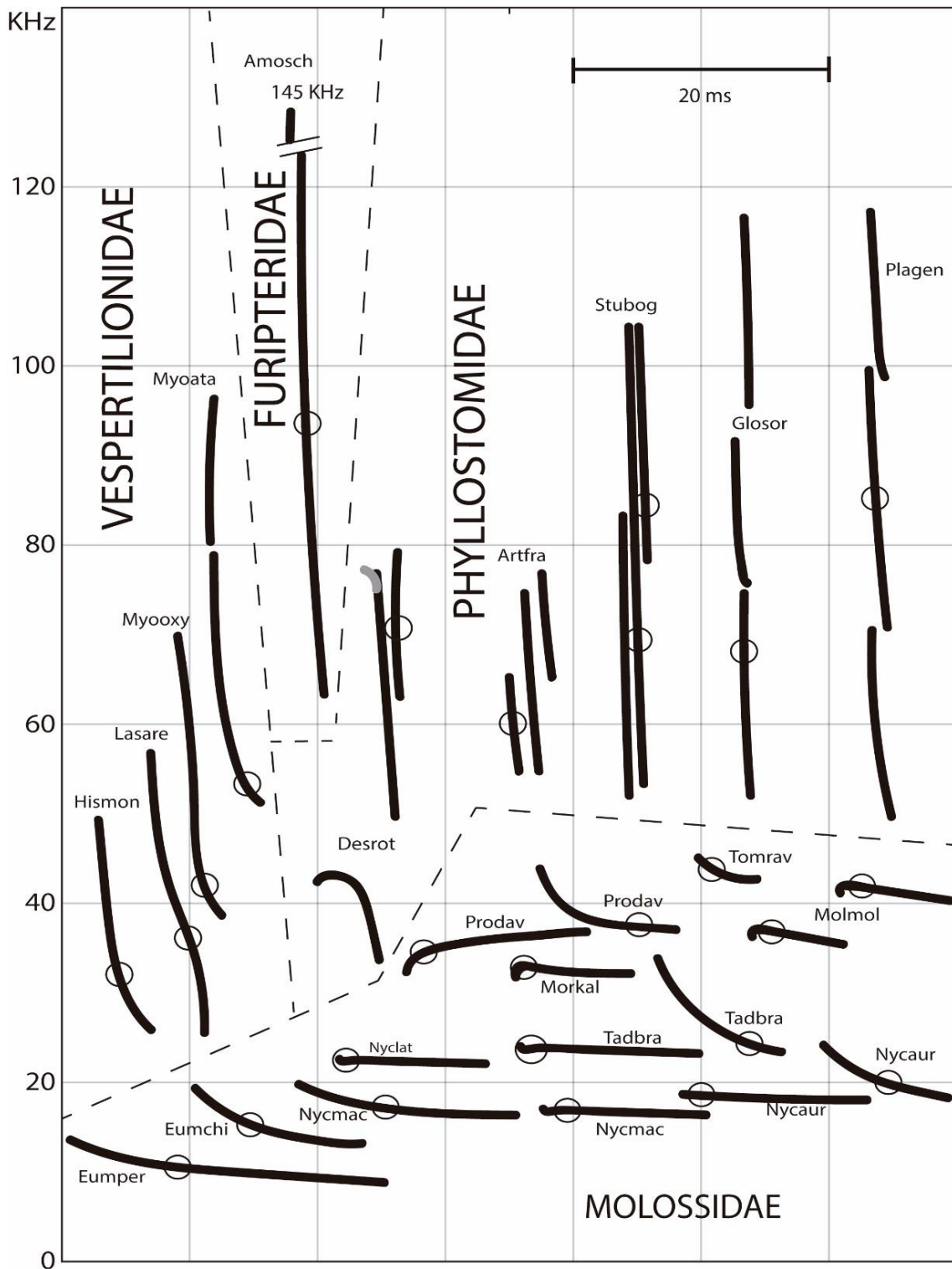
El diseño de los pulsos de ecolocación depende en gran medida de los hábitos alimenticios que determina las características del espacio en el que los murciélagos buscan su alimento (Neuweliet, 2000; Schnitzler y Kalko, 2001; Denzinger y Schnitzler, 2013). Los parámetros de frecuencia y tiempo de los pulsos son muy variables y están relacionados con la familia a la que pertenecen. De esta manera, como se puede ver en el Esquema 1 que grafica el sonograma característico de la fase de búsqueda, existen dos grandes grupos de tipos de llamados o pulsos de ecolocación: 1) los de frecuencia modulada descendente (FMd) con un amplio ancho de banda y, 2) los de frecuencia cuasi-constante (FQC) que tienen un ancho de banda mucho menor y ecolocalizan a frecuencias más bajas; cada grupo representado por familias características.

Las especies del primer gran grupo (FM de amplio ancho de banda), se dividen en tres familias, dos de ellas, los Vespertilionidae (4 especies) y Furipteridae (1 especie), son insectívoros aéreos y generalmente no presentan armónicos en sus pulsos, y la tercera familia es la de los Phyllostomidae de hábitos alimenticios más variados, que puede diferenciarse en la forma de sus llamados por sus hábitos alimenticios, siendo *Desmodus rotundus* (hematófago) una especie con los pulsos de ecolocación más complejos por presentar un primer armónico con un segmento de FQC, los frugívoros (*Artibeus fraterculus* y *Sturnira cf bogotensis*) tienen armónicos que se solapan en gran parte de su rango de frecuencias y, los nectarívoros (*Platalina genovensium* y *Glossophaga soricina*) que casi no se solapan.

De esta manera, el grupo de murciélagos que cazan insectos en el aire dentro de la vegetación, sus bordes, en espacios abiertos y/o lagunas, incluye a especies de las familias Vespertilionidae y Furipteridae, que usan componentes de FM de banda ancha, que son los más adecuados para la localización y caracterización de sus objetivos presa (insectos voladores) en medio de un fondo de vegetación, que también tiene que detectar para evitar colisiones (Schnitzler & Kalko, 2001).

Esta descripción también puede ser aplicable a aquellas especies que no necesariamente son insectívoras, pero que buscan su alimento en la vegetación, como son los Phyllostomidae, los que también usan pulsos o llamados de frecuencia modulada para diferenciar los objetos de fondo, además de complementar su búsqueda con la vista y el olfato (Kalko, 2004).

El segundo gran grupo (FQC con un ancho de banda mucho menor), pertenece a la familia Molossidae. Todos son insectívoros aéreos, que a su vez se pueden subdividir en aquellas especies con el pulso convexo (*Molossus molossus* y *Promops davisoni*) y el resto de las especies (8) con pulso cóncavo o sin inflexión. Forrajean en espacios abiertos, sobre la vegetación, donde las presas están dispersas y son de baja densidad, lo que requiere de pulsos de ecolocación diseñados para un rango de detección mayor sin tener que evitar obstáculos, por lo que reducen significativamente el ancho de banda para concentrar la energía en un rango estrecho de frecuencias, aumentando considerablemente la duración del llamado (Neuweliet, 2000; Jung *et al.*, 2014). Aquellas especies que muestran un ancho de banda mayor o que intercalan sus llamados, son los que generalmente pueden buscar su alimento cerca de la vegetación y el suelo, además del espacio aéreo (Gillam *et al.*, 2009), por lo que son los que normalmente se registran bajo los métodos tradicionales (redes de niebla o trampas arpa) (e.g. *P. davisoni*, *M. kalinowskii* y *Tadarida brasiliensis*) con muy pocos registros de especies de los géneros *Nyctinomops* o *Eumops* por ejemplo (Aragón y Aguirre, 2014; Pari *et al.*, 2015; Lanchipa y Aragón, 2018), que terminan siendo submuestreados.



**Esquema 1.** Llamados de ecolocación de la fase de búsqueda de 20 especies de murciélagos del Suroeste de Perú. El círculo muestra la frecuencia pico del llamado. Las líneas punteadas separan las familias. **Especies:** Hismon: *Histiotus montanus*; Lasare: *Lasiurus arequipae*; Myoxy: *Myotis oxyotus*; Myoata: *Myotis atacamensis*; Amosch: *Amorphochilus schnablii*; Desrot: *Desmodus rotundus*; Artfra: *Artibeus fraterculus*; Stubog: *Sturnira cf bogotensis*; Glosor: *Glossophaga soricina*; Plagen: *Platalina genovensium*; Eumper: *Eumops perotis*; Eumchi: *Eumops chiribaya*; Nycmac: *Nyctinomops macrotis*; Nycaur: *Nyctinomops aurispinosus*; Nyclat: *Nyctinomops laticaudatus*; Tadbra: *Tadarida brasiliensis*; Morkal: *Mormopterus kalinowskii*; Prodav: *Promops davisoni*; Molmol: *Molossus molossus*; Tomrav: *Tomopeas ravus*.

Finalmente, al usar los parámetros descritos en la Tabla 1, así como la clave, es importante considerar estos llamados como referenciales, debido a que la ecolocación en los murciélagos, como su principal sistema sensorial, puede tener algunas variaciones dependiendo de diversas circunstancias ecológicas y de comportamiento, incluso variando entre individuos de la misma especie, o cerca de sus presas, por el tamaño del área de vuelo, por la presencia de otras especies de murciélagos en el área, entre otros factores (Gillam *et al.*, 2009). Por ejemplo, entre *Nyctinomops laticaudatus* y *Tadarida brasiliensis* puede haber solapamientos por tratarse especies que alternan mucho las frecuencias pico de sus llamados, típico de algunos miembros de la familia por su plasticidad (Jung *et al.*, 2014).

### Literatura citada

- Aragón, G. y Aguirre, M. 2014. Distribución de murciélagos en la región de Tacna (Perú). *Idesia*, 32(1), 119-127.
- Denzinger A, Schnitzler H. U. 2013. Bat guilds, a concept to classify the highly diverse foraging and echolocation behaviors of microchiropteran bats. *Front Physiol* 4:164. <https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00164>
- Falcão, F., Ugarte-Núñez, J. A., Faria, D. & Caselli, C.B. 2015. Unravelling the calls of discrete hunters: Acoustic structure of echolocation calls of furipterid bats (Chiroptera, Furipteridae). *Bioacoustics* 24(2):175-183. 10.1080/09524622.2015.1017840.
- Fenton M. B. 2013. Questions, ideas and tools: lessons from bat echolocation. *Animal Behaviour*, Vol. 85, pp. 869-879.
- Flaquer C, Torre I, Arrizabalaga A. 2007. Comparison of sampling methods for inventory of bat communities. *Journal of Mammalogy* 88:526–533.
- Flores, M.; Calizaya, G.; Pacheco, V.; Aragón, G. 2015. Distribution of *Promops davisoni* Thomas, 1921 (Chiroptera: Molossidae) in Peru with a new record and southward range extension. *Check List*, 11(2): 1.573.
- Flores, M., G. Calizaya, G. Portugal-Zegarra, G. Aragón, J. Pacheco-Castillo & E. Rengifo, 2019. Contributions to the natural history of *Mormopterus kalinowskii* (Chiroptera: Molossidae) in the southwest of Peru *Therya Advance*. *THERYA*. 10. 10.12933/therya-19-753.
- Gillam E. H., G. F. McCracken, J. K. Westbrook, Y.-F. Lee, M. L. Jensen & B. B. Balsley. 2009. Bats aloft: variability in echolocation call structure at high altitudes. *Behav Ecol Sociobiol* 64: 69–79.
- Jung K., J. Molinari, E.K.V. Kalko. 2014. Driving Factors for the Evolution of Species-Specific Echolocation Call Design in New World Free-Tailed Bats (Molossidae). *PLoS ONE* 9(1): e85279. doi:10.1371/journal.pone.0085279
- Kalko, E. K. V. 2004. Neotropical leaf-nosed bat (Phyllostomidae): “Whispering” bats as candidates for acoustic surveys? Pp. 63-69 in *Bat echolocation research: tools, techniques and analysis* (Brigham, M., E. K V. Kalko, G. Jones, S. Parsons, y H. J. G. A. Limpens, eds.). Bat Conservation International. Austin, EE.UU. 44 *THERYA* Vol.4(1):33-46 [www.mastozoologiamexicana.org](http://www.mastozoologiamexicana.org) 45 Orozco-Lugo et al.

- Kalko, E. K. V., C. O. Handley, y D. Handley. 1996. Organization, diversity, and long term dynamics of a Neotropical bat community. Pp. 503-553 in Long term studies in vertebrate communities (Cody, M., y J. Smallwood, eds.). Academic Press. Los Angeles, EE.UU.
- Lanchipa T. & G. Aragón. 2018. Ensamble de murciélagos en el valle de Ite, región Tacna, Perú. *Idesia*, 36(1), 83-90.
- Málaga, B., D. Díaz, S. Arias y C. Medina. 2020. Una especie nueva de *Lasiurus* (Chiroptera: Vespertilionidae) del suroeste de Perú. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 91 (2020): e913096. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.3096>
- Malo de Molina, Juan, Sandra Velazco, Víctor Pacheco, y Juan Robledo. 2011. Análisis de las Vocalizaciones del Murciélago Longirrostro Peruano *Platalina genovensium* Thomas, 1928 (Chiroptera: Phyllostomidae). *Revista Peruana De Biología* 18 (3), 311 -18. <https://doi.org/10.15381/rpb.v18i3.443>.
- Medina, César & Diaz, Darwin & Málaga, Brian & Medina, Yasmy & López, Evaristo. (2018). Short Communication: Second record of *Eumops chiribaya* (Chiroptera, Molossidae) in Peru. *Biodiversitas*. 19. 10.13057/biodiv/d190601.
- Medina, C., R. Gregorin, H. Zeballos, H. T. Zamora, L. M. Moras. 2014. A new species of *Eumops* (Chiroptera: Molossidae) from southwestern Peru. *Zootaxa* 3878: 19-36. DOI: 10.11646/zootaxa.3878.1.2.
- MINAM. 2019. Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú: Memoria Descriptiva. Ministerio del Ambiente de Perú. 118 pp.
- Moratelli, R., L.M. Novaes, C. Carrión Bonilla & D. E. Wilson. 2019. A New Species of *Myotis* (Chiroptera, Vespertilionidae) from Peru. *Special Publications, Museum of Texas Tech University*. 239-256 pp.
- Neuweiler G. 2000. *The biology of bats*. Oxford University, New York.
- Obrist, M. K., R. Boesch, & P. F. Flückiger. 2004. Variability in echolocation call design of 26 Swiss bat species: consequences, limits and options for automated field identification with a synergetic pattern recognition approach. *Mammalia*, 68(4). doi:10.1515/mamm.2004.030
- O'Farrell, M. J., & W. L. Gannon. 1999. A comparison of acoustics versus capture techniques for the inventory of bats. *Journal of Mammalogy* 80:24–30.
- Orozco-Lugo, L., A. Guillén-Servent, D. Valenzuela-Galván & H. T. Arita. 2013. Descripción de los pulsos de ecolocalización de once especies de murciélagos insectívoros aéreos de una selva baja caducifolia en Morelos, México. *Therya*, 4, 33-46.
- Ossa G., T. M. Lilley, J. Ugarte-Núñez, L. Ruokolainen, K. Vilches, P. Valladares-Faúndez and V. Yung. 2018. First record of *Promops davisoni* (Thomas, 1921) (Chiroptera, molossidae) from Chile and a description of its echolocation calls. *Mastozoología Neotropical*, Mendoza, ISSN 1666-0536.
- Pacheco, V., A. Zeballos, K. Cervantes, J. Pacheco y J. Salvador. 2015. Mamíferos del Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa. *Científica* 12 (1): 26-41.
- Pacheco, V., B. Inche & W. Wust. 2018. *Mamíferos del Perú*. Grupo La República. 120 pp.

- Pari, A., K. Pino, C. E. Medina, E. López & H. Zeballos. 2015. Murciélagos de Arequipa, Historia Natural y Conservación. Arequipa, Perú. 179 pp.
- Portugal, G. 2018. Diversidad y distribución del orden Chiroptera en el valle de Sama, Tacna. Tesis para optar el título profesional de biólogo. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna, Perú.
- Portugal-Zegarra G., Marisel Flores-Quispe, Giuseppy Calizaya-Mamani, and Giovanni Aragón Alvarado. 2020. New record of *Nyctinomops aurispinosus* with an update of its known distribution. *Therya Notes* 2020, Vol. 1 (1): 67-76. DOI: 10.12933/therya\_notes-20-16
- Quispe, Marisel & Calizaya, Giuseppy & Portugal-Zegarra, Gandhi & Aragón, Giovanni & Pacheco-Castillo, Jaime & Rengifo, Edgardo. (2019). Contributions to the natural history of *Mormopterus kalinowskii* (Chiroptera: Molossidae) in the southwest of Peru *Therya Advance*. THERYA. 10. 10.12933/therya-19-753.
- Ratcliffe, J.M. & L. Jakobsen. 2018. Don't believe the mike: behavioural, directional, and environmental impacts on recorded bat echolocation call measures. *Canadian Journal of Zoology*, Vol. 96, No. 4 : pp. 283-288. <https://doi.org/10.1139/cjz-2017-0219>
- Russo, D., Ancillotto, L., & Jones, G.P. 2018. Bats are still not birds in the digital era: echolocation call variation and why it matters for bat species identification. *Canadian Journal of Zoology*, 96, 63-78.
- Schnitzler H.U. & Kalko E.K. 2001. Echolocation by Insect-Eating Bats. *Bioscience*, 51(7): 557-569.
- Velazco, P.M. 2020. Murciélagos del Perú / Bats of Peru. [http://www.paulvelazco.com/murcielagos\\_peru.html](http://www.paulvelazco.com/murcielagos_peru.html). Accessed on July 18, 2020.
- Walters, C. L., Collen, A., Lucas, T., Mroz, K., Sayev, C. A. and Jones, K. E. 2013. Challenges of using bioacoustics to globally monitor bats. In *Bat Evolution, Ecology, and Conservation* (eds R. A. Adams and S. C. Pedersen), pp. 479– 499. New York: Springer.