



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y OCEANOGRÁFICAS

“Espectrogramas de Quirópteros de Chile Central”

Guía de campo

Por: Michael Soto Hermosilla

Tesis presentada a la Facultad de Nombre de Facultad de la Universidad de Concepción para optar al grado académico de Biólogo

Febrero 2024
Concepción, Chile

Profesor Guía: Fulgencio Lison Gil

© 2019, Nombre

Ninguna parte de esta tesis puede reproducirse o transmitirse bajo ninguna forma o por ningún medio o procedimiento, sin permiso por escrito del autor.

Guía de campo “Espectrogramas de Quirópteros de Chile Central”

Field Guide “Spectrograms of Chiroptera of Central Chile”

Soto, Michael* & Lison, Fulgencio

Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Departamento de Zoología

*misoto2016@udec.cl; flison@udec.cl

RESUMEN

El presente estudio se enfoca en los conflictos metodológicos para la identificación de murciélagos de la zona central de Chile, mediante el uso de grabadores ultrasónicos, con el objetivo de ordenar, estandarizar y establecer los espectrogramas tipo para cada una de las especies, y con esto mejorar la calidad de los datos utilizados por profesionales en campañas de líneas base de proyectos sometidos en el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). Se analizaron grabaciones de los géneros más representativos de las especies distribuidas en Chile; estos son: *Myotis*, *Histiotus*, *Lasiurus* y *Tadarida*, además, se realizó una búsqueda bibliográfica de los parámetros de los pulsos en literatura científica, con el fin de comparar los resultados de las grabaciones. Los resultados obtenidos solo son congruentes para las especies del género *Lasiurus* y la especie *Tadarida brasiliensis*, el resto de las especies presentan incongruencias significativas entre la información publicada y los resultados de los análisis, por lo que no es posible establecer de manera robusta los espectrogramas para las especies del género *Histiotus* y del género *Myotis*.

INTRODUCCION

El servicio de evaluación de ambiental (SEA) es responsable de evaluar los proyectos de inversión y velar por el cumplimiento de los estándares establecidos por el estado. Desde su creación en 1997, se ha modernizado mediante la actualización de instructivos, metodologías y también estableciendo los criterios mínimos para una determinación fiable de los impactos medioambientales asociados a la construcción, funcionamiento y cierre de los proyectos en el país. Una de estas exigencias son la calidad y cantidad de estudios de líneas base para los distintos componentes (bióticos, sociales, medio físico, etc.), que son claves para la caracterización más realista del ambiente a intervenir.

Los estudios de líneas base del medio biótico tienen como misión identificar, describir e interpretar la composición e interacciones ecológicas, y así proporcionar los antecedentes técnicos para la predicción, estimación y cuantificación de los impactos en la diversidad de especies. Estos se realizan en los distintos tipos de ecosistemas, terrestres, marinos y limnéticos, dependiendo de la ubicación, naturaleza del proyecto y del área de influencia determinada para cada componente de estudio.

Desde la creación del SEA, la cantidad y la calidad de estudios de líneas base se ha perfeccionado de manera paulatina, incorporando estudios voluntariamente o solicitados por parte de las distintas autoridades competentes llamadas OAECAs (Órganos de la Administración del Estado con Competencia Ambiental, ejemplo: Dirección General de Aguas DGA, Corporación Nacional Forestal CONAF, Servicio Agrícola y Ganadero SAG, etc.) quienes durante el proceso de evaluación realizan las observaciones, correcciones o solicitudes de campañas complementarias. Además, los organismos del Estado han establecido los lineamientos o criterios a considerar mediante la elaboración de guías o instructivos para los distintos componentes, con la finalidad de facilitar, optimizar y mejorar el funcionamiento del proceso de evaluación.

Aunque las guías establecen las directrices, criterios y lineamientos para el desarrollo de líneas base y describen las metodologías para el estudio de los distintos grupos faunísticos pero solo para algunos tipos de proyectos (Centrales hidroeléctricas, Mineros, entre otros), dejando

vacíos o ambigüedades como la cantidad de componentes mínimos a evaluar, ya que generalmente se realizan estudios de los principales grupos bióticos. Este problema da pie a sesgar una parte importante para la caracterización real del ecosistema en estudio, y por consiguiente una estimación del impacto subvalorada. No obstante, en los últimos años, se han publicado un importante número de guías, mejorando el proceso de evaluación. Una de estas guías, particularmente la publicada por SEA el año 2022, denominada “Criterio de evaluación en el SEIA: criterios técnicos para campañas de terreno de fauna terrestre y validación de datos”, la cual tiene por objetivo dar solución a este problema, estableciendo las exigencias mínimas, como componentes a evaluar, cantidad de campañas, vigencia de los estudios, etc. Antes de la publicación de esta guía, los estudios y el levantamiento de la información en terreno quedaban a voluntad o criterio del titular del proyecto o a solicitud, particularmente del SAG, si es que así lo considera pertinente. Los taxones que se estudian independientemente del tipo de proyecto son micromamíferos, mesomamíferos, herpetozoos y aves (diurnas y nocturnas), a diferencia de los grupos de artrópodos y quirópteros, ya que no son grupos de mucho interés social y en este caso político.

En los últimos años, la desinformación y/o rechazo para este particular grupo de mamíferos ha disminuido considerablemente, ya que históricamente se han considerado como animales peligrosos y han sido sujetos de rechazo por la opinión pública por las enfermedades que de manera correcta pueden transmitir a la población (Filovirus, Henipavirus y el actualmente conocido Coronavirus) (Hermida & Geneviève, 2022); sin embargo, el aumento en la divulgación de información científica por parte de especialistas o aficionados por medio de las redes sociales, además de la gran cantidad de información a raíz de la pandemia produjo la reducción de desinformación en la sociedad.

Actualmente, es bien conocido por parte de la comunidad científica, los beneficios o servicios ecosistémicos que proveen a la población, producto de esto es que a nivel mundial una gran parte de las especies se encuentran con alguna categoría de conservación; según la IUCN hay casi 1500 especies de murciélagos, de las cuales el 38% se encuentra clasificada con alguna categoría de amenaza (En peligro crítico, En peligro y Vulnerable); en Chile casi la totalidad de las especies (13 especies) se encuentran clasificadas en el Reglamento de Clasificación de Especies

(RCE), no obstante, solo cuatro presentan alguna categoría de amenaza debido a las distribuciones restringidas principalmente; estas son: *Amorphochilus schnablii*, *Histiotus laephotis*, *Mormopterus kalinowskii* y *Promops davisoni*.

En los últimos años, la necesidad de crecimiento económico en congruencia con el cuidado del medio ambiente ha potenciado la inversión de proyectos de energía renovables no convencionales, como proyectos fotovoltaicos y eólicos; estos últimos, con gran efecto sobre murciélagos. El barotrauma es el efecto producido por el efecto de cambios de presión y velocidad en los animales, para el caso particular de los murciélagos este efecto es producido por las aspas de los aerogeneradores, causando mortalidad a raíz del efecto directo o indirecto por la caída (Servicio Agrícola y Ganadero, 2015; Agencia Internacional de Energía, 2023).

En base a lo anterior y considerando la importancia, el desconocimiento ecológico y los efectos del aumento en los proyectos eólicos, la caracterización completa de los componentes bióticos se vuelve primordial para comprender o inferir el estado del ecosistema evaluado. En la actualidad, se evalúan parámetros ecológicos como la abundancia, la riqueza de especies y la estimación cuantitativa de la diversidad de especies mediante índices ecológicos, como el Índice de Shannon, Simpson y equidad de Jacquard, principalmente. Estas estimaciones no son precisas si no se consideran todas o la mayoría de las especies, ya que podrían quedar fuera de los estudios segmentos o partes claves dentro de la trama trófica del ecosistema en evaluación.

Los métodos específicos para la descripción de especies y para la realización de estudios de líneas base en el grupo de quirópteros se dividen en dos grandes grupos: los directos e indirectos. Los métodos directos son aquellos que necesariamente se llevan a cabo por parte de un profesional y dependen de la presencia de un operador para la instalación u operación de instrumentos. Ejemplo de este grupo es la técnica de captura de ejemplares mediante trampas de tipo niebla o arpa, las cuales obstruyen el paso de los individuos mediante redes muy finas para su identificación, inspección y cuantificación visual de manera directa. Por otra parte, también tenemos los métodos indirectos, uno de estos es la metodología utilizada mediante el uso de detectores de señales ultrasónicas emitidas por los individuos, de este tipo encontramos métodos pasivos y activos. El método pasivo consiste en dejar el detector afianzado en un lugar estratégico para grabar todos los pulsos recibidos durante todo el tiempo necesario (noches) y determinado

por el especialista. Por otra parte, el método activo, el profesional manipula el detector identificando los lugares con mayor probabilidad de registros, grabando durante un intervalo de tiempo acotado (desde 15 a 60 minutos), en todos los puntos de interés determinados por el especialista, esta metodología depende completamente de un operador.

Por otra parte, todos estos métodos de estudio tienen ventajas y desventajas. Por ejemplo, las técnicas más simples y de bajo costo, como el uso de instrumentos de ultrasonido, no son tan confiables para estimaciones ecológicas, ya que no se puede determinar las abundancias totales y/o relativas, aunque pueden establecer valores de riqueza robustos, los resultados obtenidos son principalmente de carácter diagnóstico de presencia y ausencia, además, de otros aspectos ecológicos como simpatria específica, ya que los pulsos registrados pueden ser de más de una especie, sin embargo, la deficiencia se aprecia en la resolución del método, ya que no es posible determinar si los pulsos corresponden a uno o más ejemplares de la misma especie e inclusive cohorte, y no hay manera de corroborar la cantidad de ejemplares. Las estimaciones se hacen en base a la cantidad de pasadas, que consisten en una secuencia con una cantidad mínima de pulsos por grabación (2 a 5 consecutivos), respecto al tiempo total de muestreo. La mayor fortaleza de este método es la gran cantidad de datos que se pueden obtener, a diferencia de las capturas mediante redes niebla o arpa, que presentan deficiencias respecto a la realidad debido principalmente a que existen especies que presentan mayor maniobrabilidad, por lo que tienen mayor capacidad de eludir, evitar o sobrepasar las trampas.

Los métodos mencionados deben ajustarse a los objetivos específicos del estudio. Si el objetivo es caracterizar un ambiente, área o espacio geográfico, la mejor alternativa es mediante ultrasonido, mientras que si el objetivo corresponde a diagnosticar el estado ecológico o sanitario o para la realización de medidas de mitigación, reparación o compensación, la única opción es el método directo mediante el uso de trampas.

Las guías de campo son un instrumento de gran utilidad para la identificación de ejemplares en terreno y para el diseño de muestreo, ya que con la información previa al estudio, respecto a los nichos específicos, como requerimientos de hábitat, ciclo reproductivo, distribuciones, hábitos alimenticios, etc., nos entregan una vista general de donde enfocar los

esfuerzos para mejorar la caracterización del ambiente en donde se pretende ubicar el proyecto. En Chile, existen tres guías de campo: "Murciélagos de la Región Metropolitana de Santiago" elaborada por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) en el año 2015, "Los Murciélagos de Chile - guía para su reconocimiento (2020)", y "Guía de manejo de colonias de murciélagos en construcciones", también generada por MMA en el año 2021. Sin embargo, ninguna de estas guías dispone de los espectrogramas ni de los parámetros físicos de los pulsos, como la frecuencia mínima o máxima, duración, amplitud, duración entre pulsos, entre otros. Esto limita la identificación a solo profesionales expertos o con los conocimientos y/o competencias en este grupo en particular, por lo que, una herramienta sencilla y descriptiva como una guía de campo puede subsanar este problema, proporcionando la información precisa para que cualquier profesional del área biológica pueda realizar la identificación de las especies en terreno con equipos de ultrasonido.

OBJETIVOS

Objetivo general

Confeccionar una guía de campo completa y sencilla para la identificación rápida de las especies de quirópteros de la zona central de Chile a partir de la información obtenida mediante detectores de ultrasonido.

Objetivos secundarios

- Analizar parámetros espectrográficos de los pulsos de ecolocalización de las especies de murciélagos presentes. espectrograma para cada especie, a partir de grabaciones de ultrasonidos.
- Determinar aquellos parámetros que permiten la identificación de especies usando ultrasonidos.
- Comparar los parámetros obtenidos con las publicaciones y guías existentes.

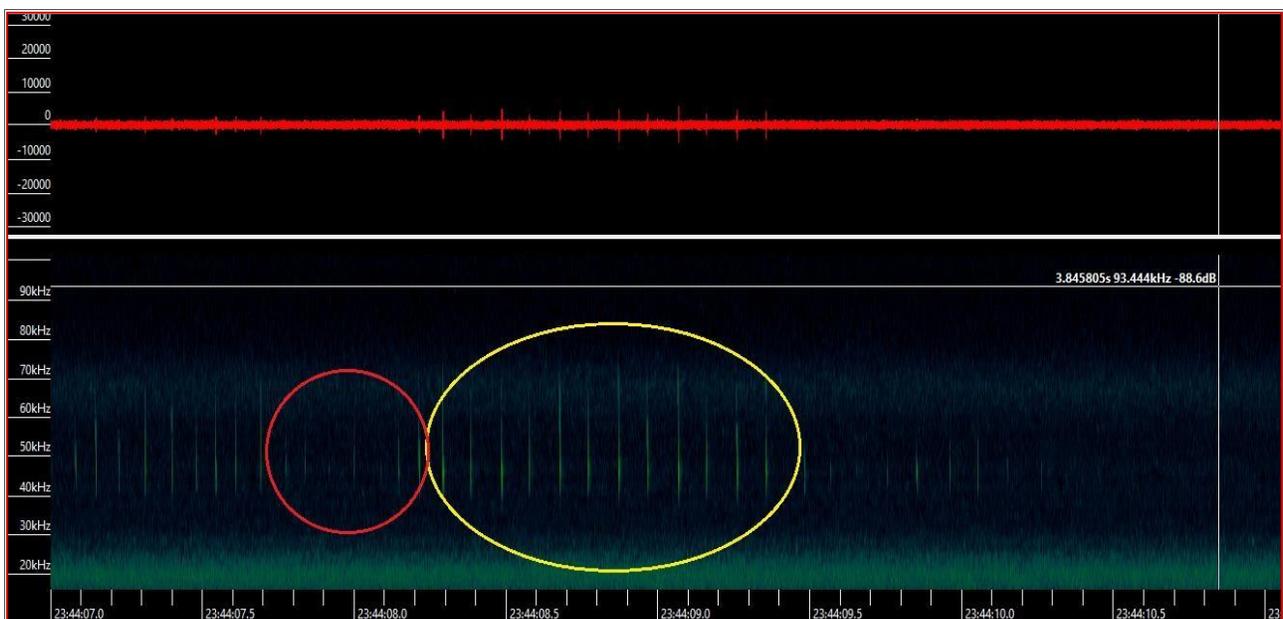
MÉTODOLOGIA

Matriz de datos

Para la construcción de la matriz de datos se analizó y procesó las grabaciones de ultrasonidos disponibles, las cuales fueron obtenidas mediante métodos activos e inactivos, para esto se utilizó el software Kaleidoscope (versión 5.4.6), y se extrajo los parámetros espectrográficos de cada pulso, tales como, duración (tiempo de término menos tiempo de inicio), intervalo entre pulsos, frecuencia inicial, final, peak y promedio.

Antes de la obtención de dichos parámetros de cada grabación, se preseleccionaron grupo de pulsos de navegación con la mejor visualización e integridad, para mayor representación de los parámetros, así despreciando el ruido ambiental, la intensidad del pulso, considerando la distancia entre el dispositivo de grabación y la fuente emisora (murciélago) y que presentó continuidad homogénea entre un pulso y el siguiente. Posteriormente, los datos obtenidos se traspasaron a la matriz antes mencionada. Se calcularon las medias parciales al total de pulsos por cada grabación y se identificó de manera preliminar, a nivel más bajo posible.

Figura 1. Esquema de representativo de preselección de pulsos.



Fuente. Elaboración propia.

Tabla 1. Parámetros físicos de los pulsos a obtener y analizar.

Variable	unidad	Definición
Duración	Milisegundos (ms)	Diferencia entre final e inicio del pulso
Intervalo entre pulsos	Milisegundos (ms)	Tiempo transcurrido entre un pulso y el siguiente
Frecuencia inicial	KHz	Frecuencia al comienzo del pulso
Frecuencia final	KHz	Frecuencia al final del pulso
Frecuencia media	KHz	Frecuencia media del pulso
Frecuencia peak	KHz	Frecuencia peak de energía del pulso

Fuente. Elaboración propia.

Finalmente, constituida la matriz los pulsos se agruparon e identificaron de forma preliminar a nivel de género, mediante los siguientes criterios, estructura del pulso, frecuencia peak de energía y patrón de la secuencia de pulsos. Posteriormente, se analizaron los pulsos por género, en el Software IBM SPSS Statistics 27.

Análisis de Componentes principales (PCA)

Para los grupos obtenidos a partir del análisis de Clúster, dichos pulsos se analizarán mediante el método de Análisis de Componentes Principales (PCA), para determinar cuál de todos los parámetros obtenidos es o son más característicos para identificar especies.

Análisis de clúster k-means

Este análisis tiene por objetivo agrupar los pulsos que no han sido identificado a nivel de especie o para corroborar dicha identificación, además de proporcionar cuales son los parámetros más representativos para cada grupo (centroide) y así definir el pulso tipo por especie.

Búsqueda bibliográfica

Una vez establecidos los valores (o rangos) de los parámetros se compararán con las publicaciones en literatura científica y guías de quirópteros para Chile. La búsqueda se realizará en las plataformas Web of Science, Google Scholar y Scielo principalmente.

En conjunto se realizará un compendio de información de las variables ecológicas como, distribución, hábitos alimenticios, periodos reproductivos, entre otros aspectos relevantes, dicha información se recopilará a partir de las fichas oficiales del Ministerio del Medio Ambiente, guías y publicaciones.

Espectrogramas

Para determinar la representación gráfica del pulso tipo por especie, se utilizará el resultado obtenido a partir del Análisis de clúster, para luego establecer uno de los archivos de origen (matriz) que contengan dichos parámetros, utilizando como criterio los valores exactos para su selección, dicha imagen se extraerá a partir de la interfaz del software Kaleidoscope 5.

RESULTADOS

Se analizó un total de 90 grabaciones, y se obtuvieron los parámetros de un total de 1219 pulsos. Los parámetros obtenidos se distribuyen de manera normal, y las agrupaciones preliminares dieron un total de un 68% para el género *Myotis*, seguido de *Lasiurus* y *Tadarida* con 12% y 13% respectivamente, finalmente se obtuvo un 7% de pulsos del género *Histiotus*.

Respecto al origen de los datos, estos corresponden a localidades ubicadas entre las regiones Metropolitana y de la Araucanía.

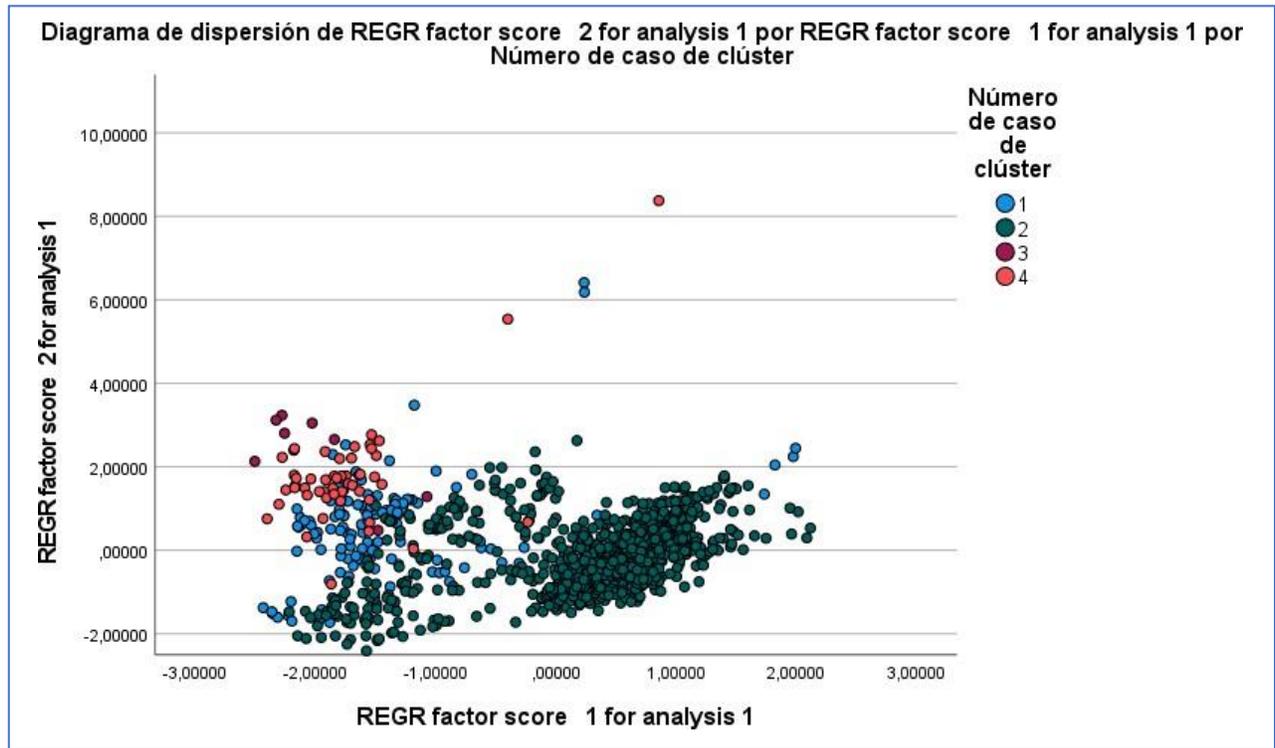
Se analizó el conjunto total de datos, sin considerar la identificación a priori, donde los resultados de los análisis de componentes principales, agruparon las variables relacionadas a la frecuencia (media y peak) en la primera componente, la cual explica un 74% de la variación de los datos, mientras que la segunda componente añade un 8% a la variación, y esta componente agrupa los parámetros relacionadas con la temporalidad de las frecuencias de los pulsos (intervalo entre pulsos principalmente), por lo que ambas componentes explican un 83% de la variación total de los datos.

Tabla 2. Varianza total de componentes principales (PCA) para el total de los pulsos.

Varianza total explicada			
Componente	Autovalores iniciales		
	Total	% de varianza	% acumulado
1	4,474	74,567	74,567
2	0,534	8,895	83,463

Fuente: Software IBM SPSS Statistics 27

Figura 2. Diagrama de dispersión en base componentes principales (PCA) para todos los casos.



Fuente: Software IBM SPSS Statistics 27

Tabla 3. Centros de Clúster resultantes para todos los casos.

Variables	Centros de clústeres finales				ANOVA
	Clúster				Sig.
	1	2	3	4	
Duración	11,5 ± 4,9	7,2 ± 3,1	13,8 ± 5,5	15,1 ± 3,9	<0,000
IPI	270,9 ± 133,9	83,1 ± 64,3	960,9 ± 417,9	509,2 ± 191,7	0,000
Fini	49,2 ± 15,3	73,9 ± 13,8	34,7 ± 14,1	36,3 ± 10,7	<0,000
Ffin	26,1 ± 6,6	37,5 ± 6,6	22,4 ± 7,6	22,4 ± 4,1	<0,000
Fpmean	31,8 ± 8,1	46,9 ± 6,2	26,3 ± 9,3	26,6 ± 5,0	<0,000
Fppeak	30,8 ± 7,9	45,1 ± 6,0	26,1 ± 8,3	26,1 ± 4,5	<0,000

Fuente: Software IBM SPSS Statistics 27.

Género *Myotis*

Al igual que en los análisis general de los datos, las variables que explican la mayor cantidad de la variación para este género son la frecuencia media y peak, pero con menor porcentaje de explicación, ya que solo alcanza un 45%, no obstante la segunda componente aumenta este valor hasta un 69% acumulado de la variación de los datos, y este componente agrupa los parámetros frecuencia inicial y duración principalmente.

Por otra parte, los datos clasificados para el género *Myotis* se agruparon en dos clúster, donde los centros obtenidos para la frecuencia media son de 46,2 kHz y 49,3 kHz para el clúster 1 y 2 respectivamente, aunque los parámetros que impulsan de gran manera la segunda componente principal son significativamente distintos entre los grupos, excepto las variables Duración y Frecuencia inicial.

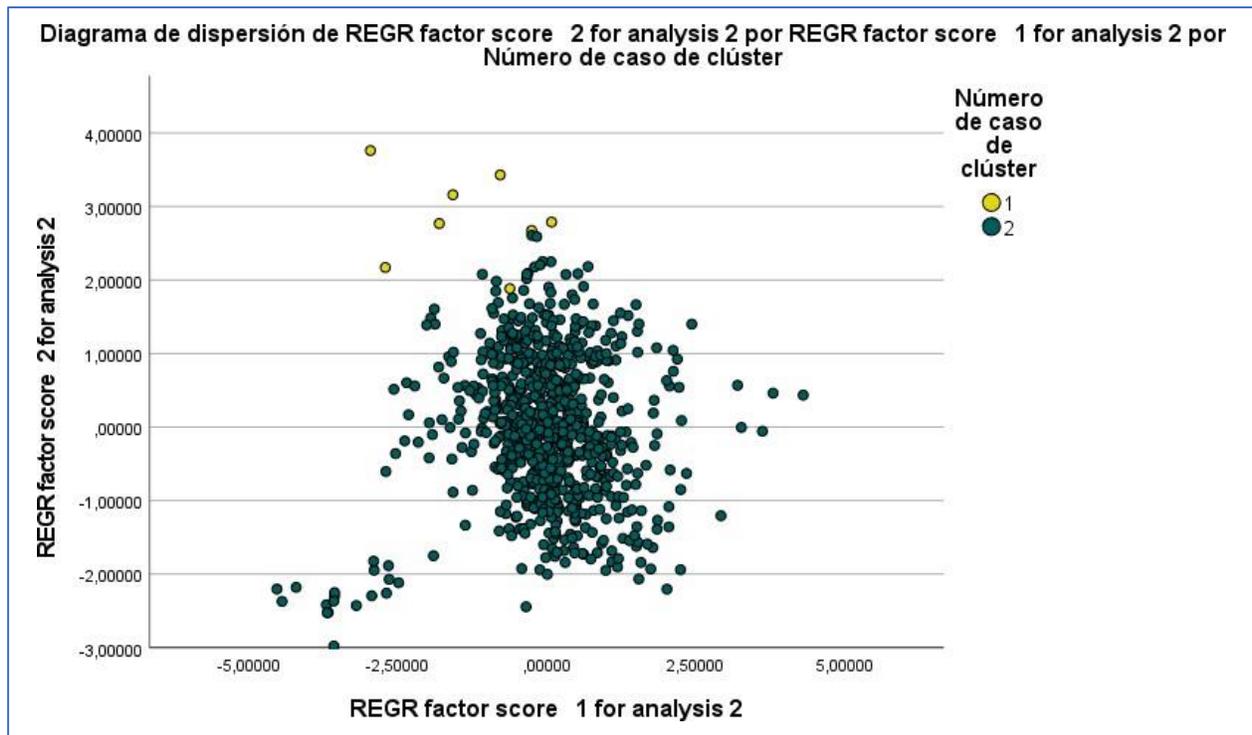
Finalmente, en la Figura 3 se puede visualizar solo un gran grupo conformado por el clúster número 2, ya que los casos que se agrupan en el clúster n°1 son solo 9 pulsos a diferencia de los 801 pulsos que conforman el clúster n°2.

Tabla 4. Centros de Clúster resultantes para los casos preseleccionados como género *Myotis*.

Centros de clústeres finales			ANOVA
Variables	Clúster		Sig.
	1	2	
Duración	6,9 ± 1,8	6,6 ± 2,3	0,713
IPI	220,0 ± 56,1	74,9 ± 20,4	<0,000
Fini	75,6 ± 13,0	78,6 ± 8,8	0,311
Ffin	35,1 ± 2,6	38,4 ± 3,0	0,001
Fpmean	46,2 ± 3,2	49,3 ± 3,0	0,003
Fppeak	43,6 ± 2,7	47,4 ± 2,9	<0,000

Fuente: Software IBM SPSS Statistics 27

Figura 3. Diagrama de dispersión en base componentes principales (PCA) para los casos preseleccionados como género *Myotis*.

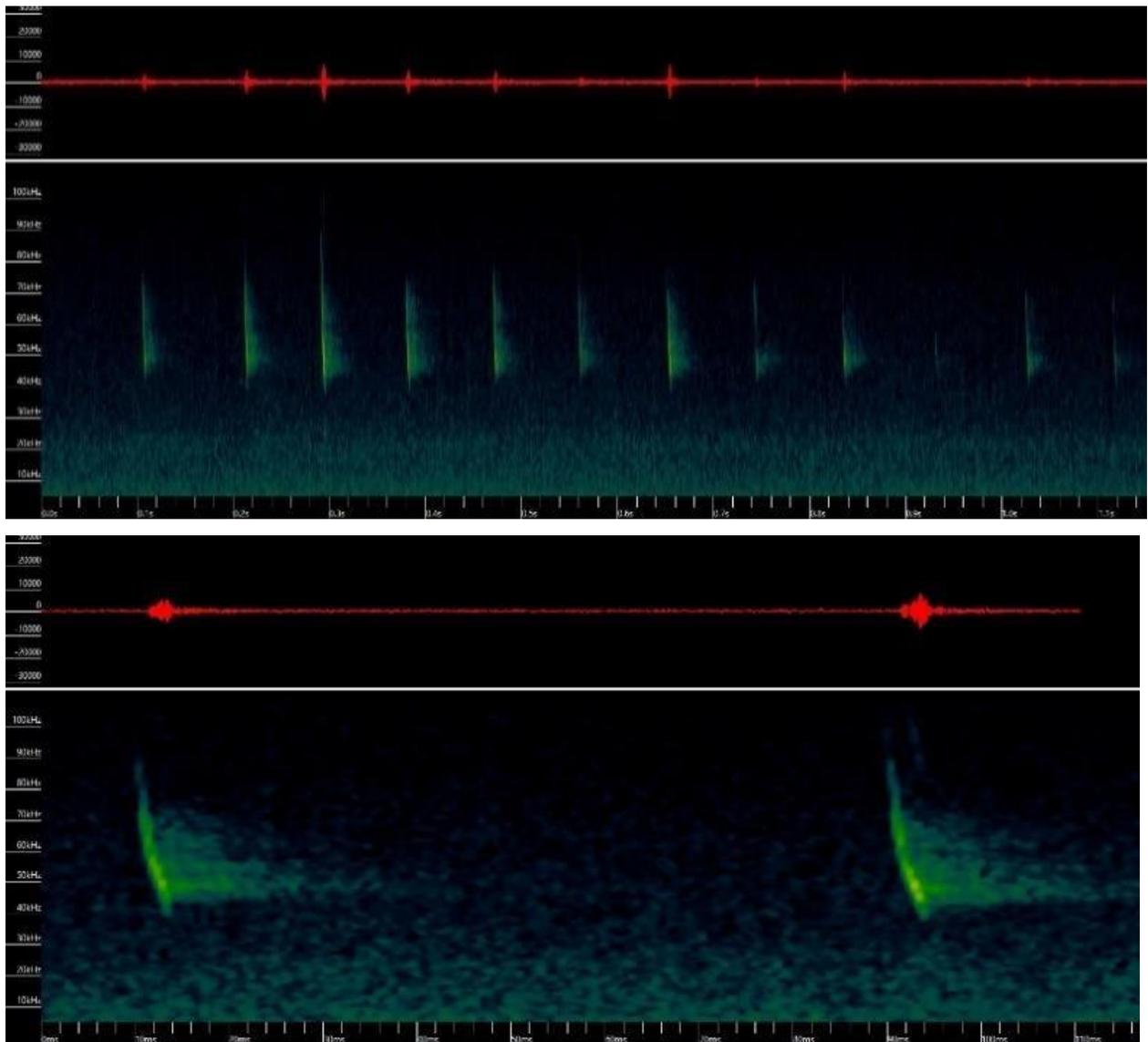


Fuente: Software IBM SPSS Statistics 27.

Espectrogramas

A partir de estos resultados anteriores, podemos establecer el espectrograma tipo para el clúster 2, el cual correspondería a la especie *M. chiloensis*.

Figura 4. Sonograma tipo para la especie *Myotis chiloensis*. Arriba-vista general; Abajo- Pulso tipo.



Fuente: Software Kaleidoscope 5.

Género *Lasiurus*

La clasificación preliminar de los pulsos para este género dio un total de 149 pulsos. Las variables agrupadas en la primera componente (PCA), corresponden también a la frecuencia media, peak y final, dando un alto porcentaje de la explicación de la variación de los datos, alcanzando un 67%, sin embargo, la segunda componente añade un 16%, dando un total de 84% de la variación acumulada por ambas componentes.

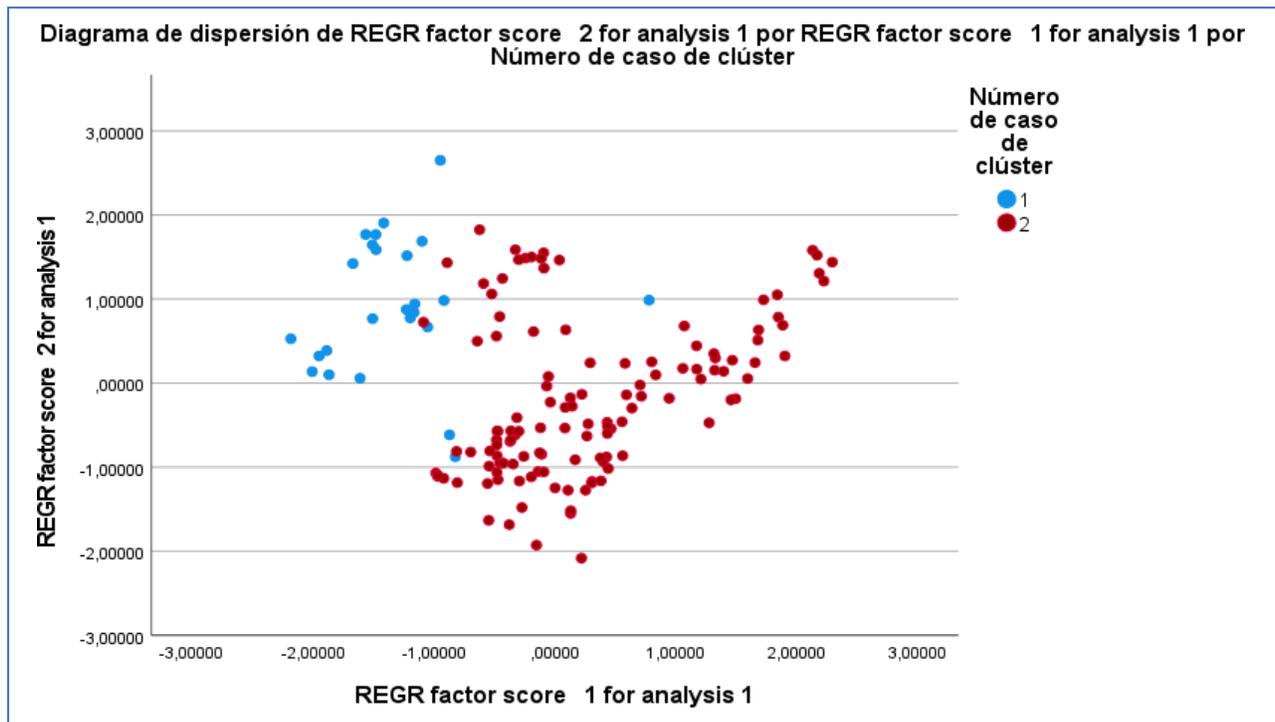
Los centros obtenidos a partir del conjunto de datos corresponden a dos, considerando las frecuencias medias, estas obtuvieron valores de 31,5 kHz y 37,2 kHz respectivamente, por lo que, los clúster n°1 y n°2 corresponderían a las dos especies de *Lasiurus* descritas.

Tabla 5. Centros de Clúster resultantes para los casos preseleccionados como género *Lasiurus*.

Centros de clústeres finales			ANOVA
	Clúster		Sig.
	1	2	
Duración	9,7 ± 4,4	11,3 ± 4,6	0,069
IPI	274,7 ± 62,9	121,2 ± 24,0	<0,000
Fini	44,7 ± 9,1	55,6 ± 16,5	<0,000
Ffin	27,1 ± 2,8	32,1 ± 3,7	<0,000
Fpmean	31,5 ± 2,7	37,2 ± 5,0	<0,000
Fppeak	30,4 ± 2,5	35,7 ± 4,8	<0,000

Fuente: Software IBM SPSS Statistics 27.

Figura 5. Diagrama de dispersión en base componentes principales (PCA) para los casos preseleccionados como género *Lasiurus*.



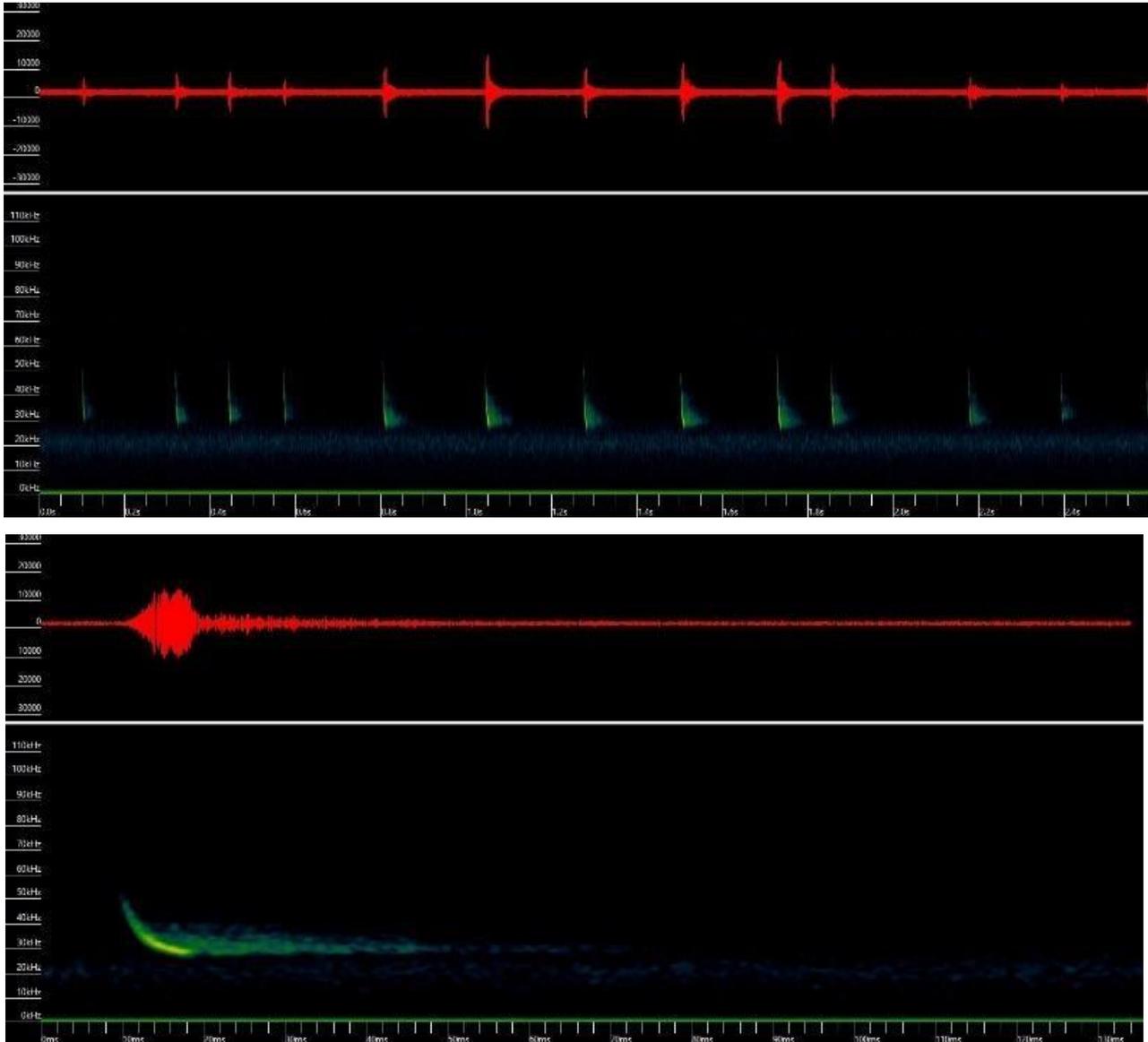
Fuente: Software IBM SPSS Statistics 27.

Espectrogramas

A partir de los valores obtenidos para cada clúster, los espectrogramas resultantes de la matriz analizada son los siguientes.

- *L. villosissimus*

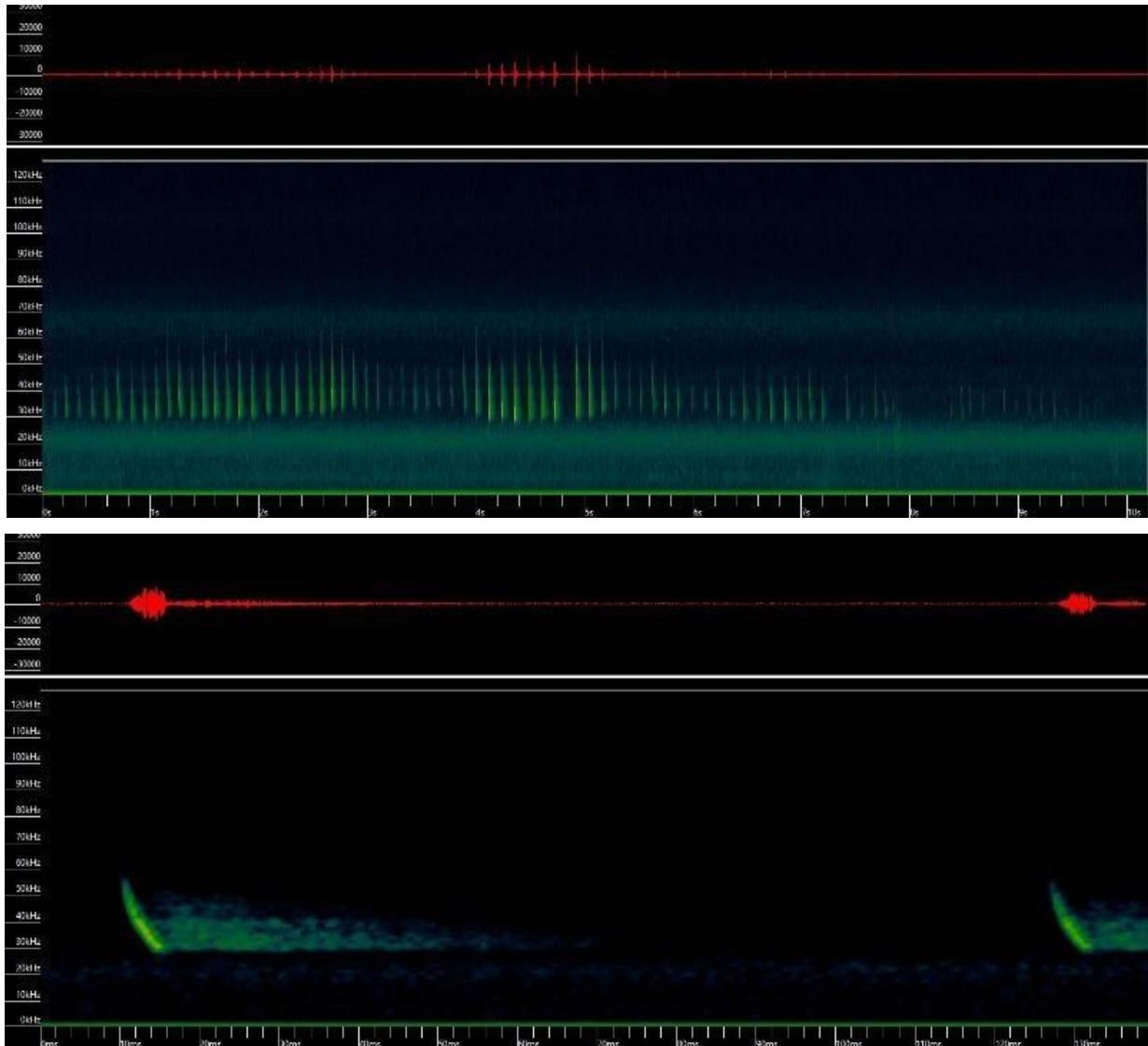
Figura 6. Sonograma tipo para la especie *Lasiurus villosissimus*. Arriba-vista general; Abajo- Pulso tipo.



Fuente: Software Kaleidoscope 5.

- *L. varius*

Figura 7. Sonograma tipo para la especie *Lasiurus varius*. Arriba-vista general; Abajo- Pulso tipo.



Fuente: Software Kaleidoscope 5.

Género *Tadarida*

Las variables analizadas para el género *Tadarida*, el cual es representado solo por la especie *T. brasiliensis*, se agruparon en la primera componente explicando un 68% de la variación de estos, las variables agrupadas para esta componente corresponden a las mismas que en los casos previos. Por otra parte, la segunda componente explica un 16% de la variación, alcanzando un valor acumulado de 85%. Los casos preseleccionados para este género fueron 156 pulsos.

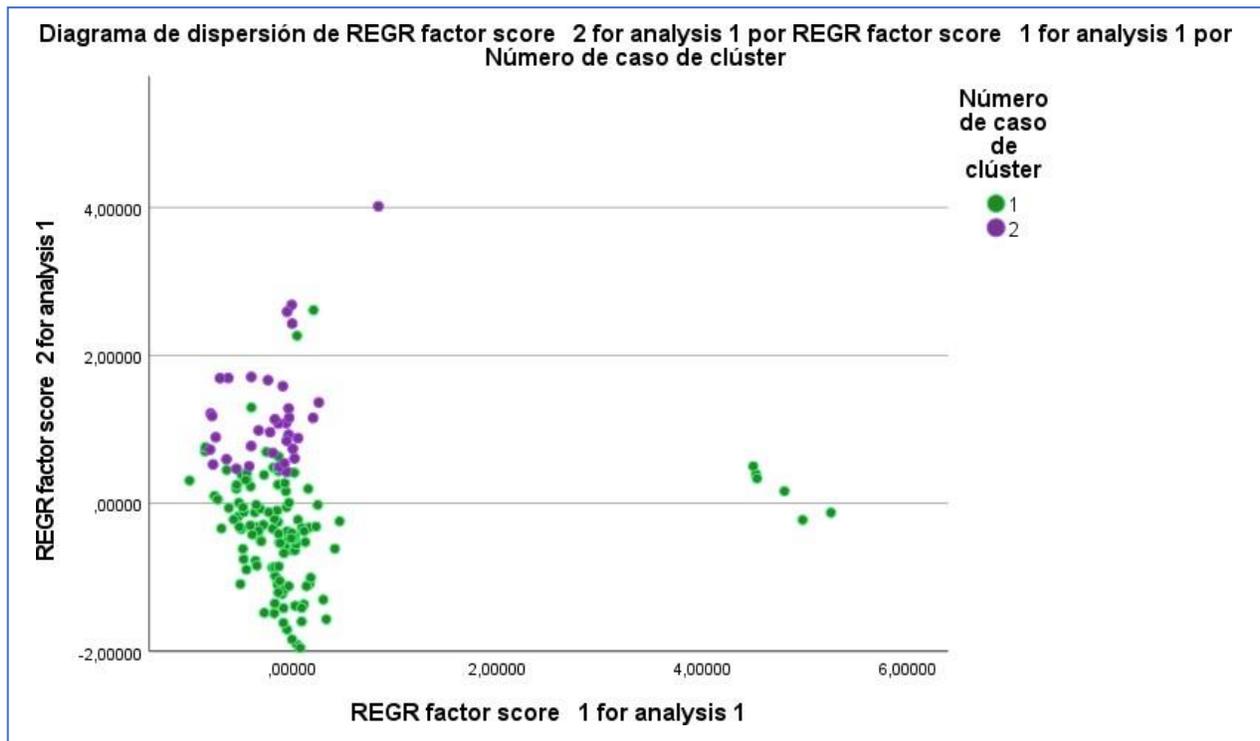
Los centros resultantes de los análisis son dos y ambos presentan diferencias significativas para todas las variables. La agrupación es desigual ya que el clúster n°1 agrupa el 77% de los casos, por lo que el clúster n°2 solo integra el 23%. Ambos clústeres difieren entre sí en solo 5 kHz la frecuencia media, variable que más explica la variación de los casos, en base a esto podemos decir que las diferencias aunque significativas, son bastante reducidas, mostrando la mayor variación entre el intervalo de pulsos, parámetro que para todos los grupos anteriores también presenta diferencias importantes.

Tabla 6. Centros de Clúster resultantes para los casos preseleccionados como *Tadarida brasiliensis*.

Centros de clústeres finales			ANOVA
	Clúster		Sig.
	1	2	
Duración	13,2 ± 4,0	16,9 ± 4,9	<0,000
IPI	291,2 ± 92,5	650,0 ± 182,6	<0,000
Fini	45,8 ± 13,4	31,8 ± 4,8	<0,000
Ffin	23,8 ± 5,4	20,9 ± 1,9	0,002
Fpmean	29,4 ± 6,7	24,6 ± 2,0	<0,000
Fppeak	28,6 ± 6,5	24,4 ± 1,9	<0,000

Fuente: Software IBM SPSS Statistics 27

Figura 8. Diagrama de dispersión en base componentes principales (PCA) para los casos preseleccionados como *Tadarida brasiliensis*.



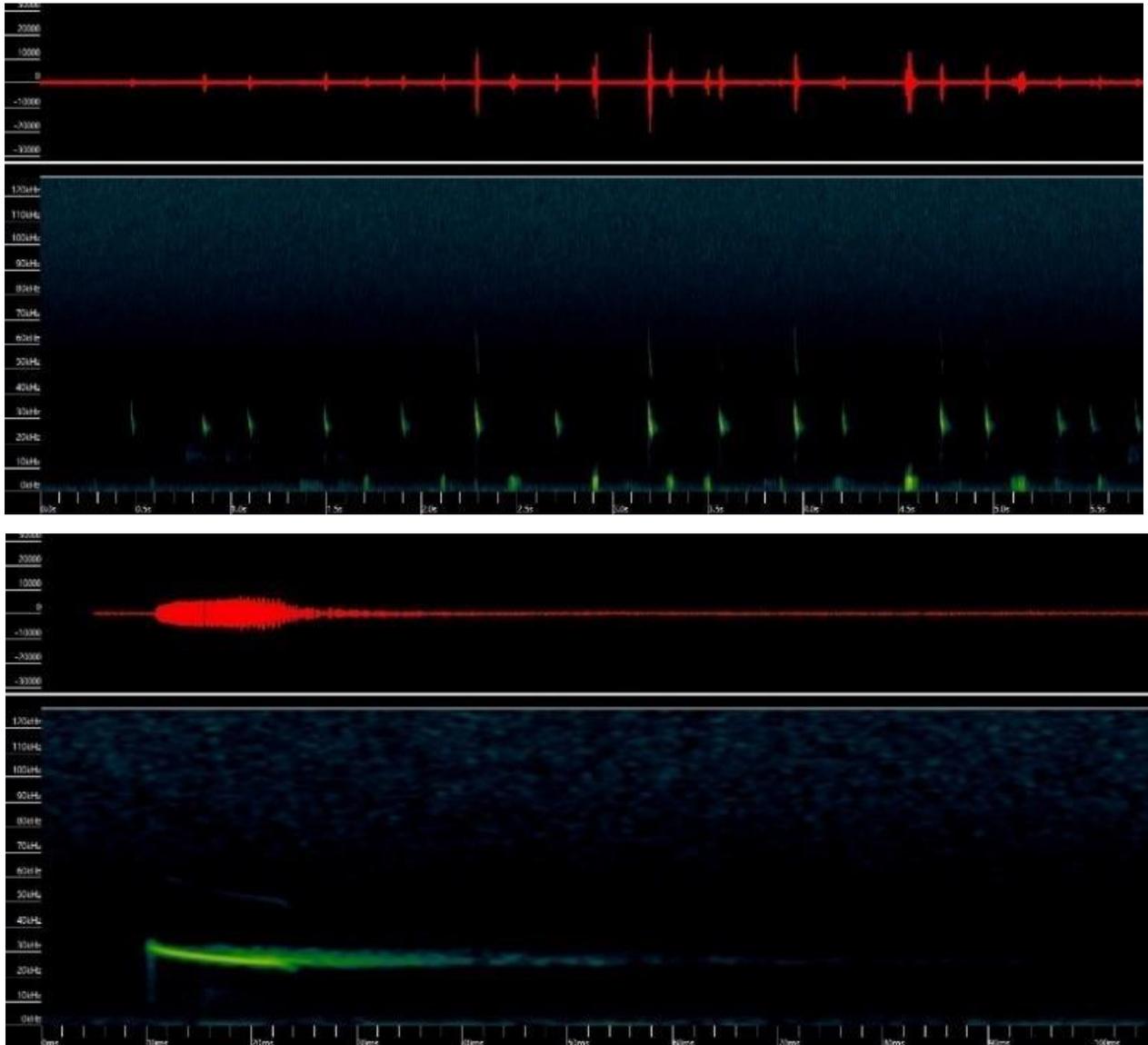
Fuente: Software IBM SPSS Statistics 27.

Espectrogramas

Como se estableció anteriormente el clúster n°1 corresponde al grupo con el mayor número de casos, por lo que este clúster representaría a la especie *T. brasiliensis*. Los pulsos agrupados en el clúster n°2 podrían corresponder a variaciones intraespecíficas (subespecie).

- Clúster 1

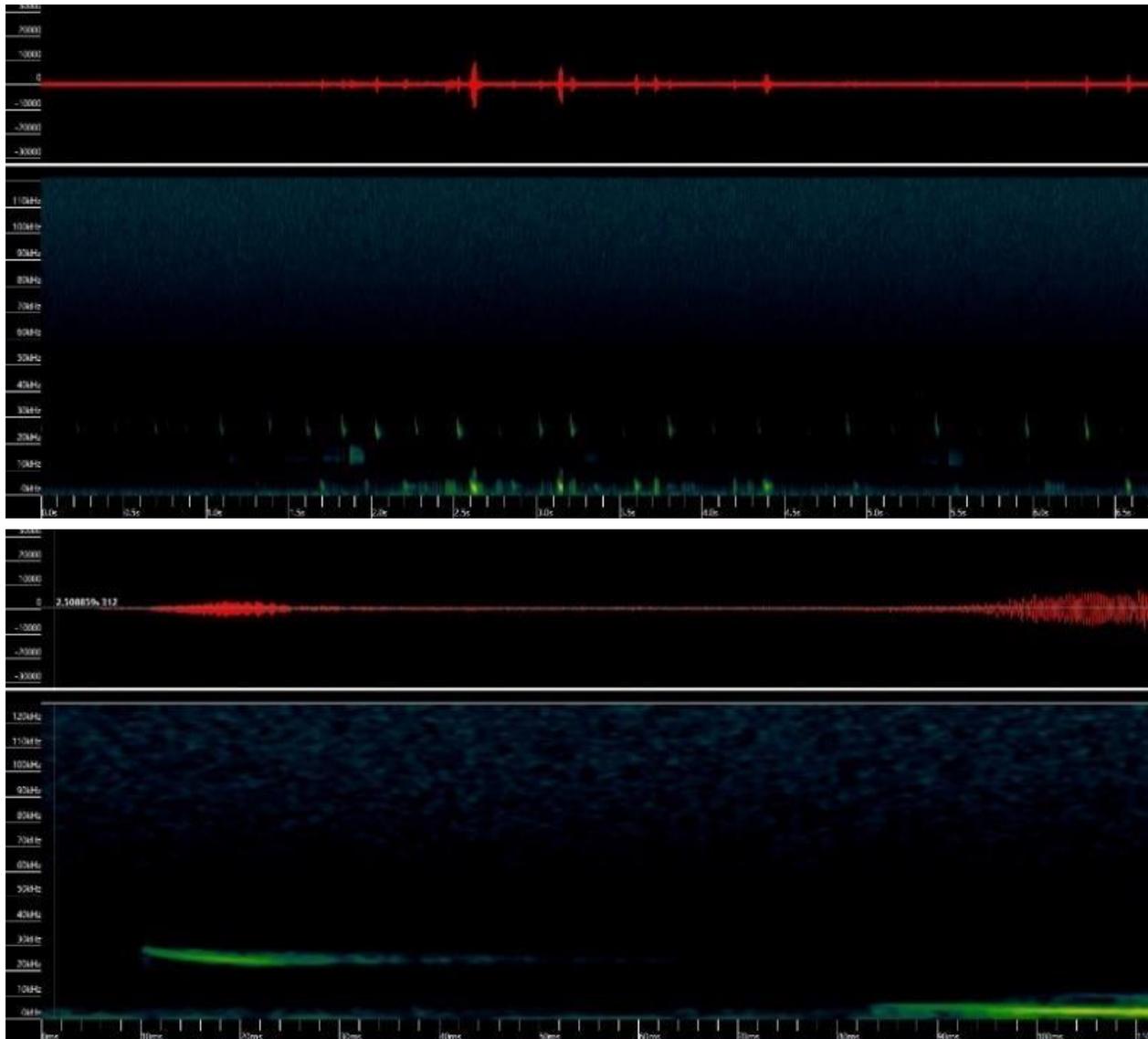
Figura 9. Sonograma tipo para la especie *Tadarida brasiliensis* resultante del clúster 1. Arriba-vista general; Abajo- Pulso tipo.



Fuente: Software Kaleidoscope 5.

- Clúster 2

Figura 10. Sonograma tipo para la especie *Tadarida brasiliensis* resultante del clúster 2. Arriba-vista general; Abajo- Pulso tipo.



Fuente: Software Kaleidoscope 5.

Género *Histiopus*

Respecto a los datos para este género, la cantidad es asignada para este grupo es la más reducida, con un total de 82 pulsos o casos. Las variables que integran las componentes principales resultantes son congruentes con los grupos anteriores, siendo las frecuencias media y frecuencia peak, las variables que explican de mayor manera la variación de los datos. Estas variaciones alcanzan un 51% de explicación para la primera componente, y un 19% para la segunda componente, alcanzando un valor de la de la variación acumulada de 70% aproximadamente.

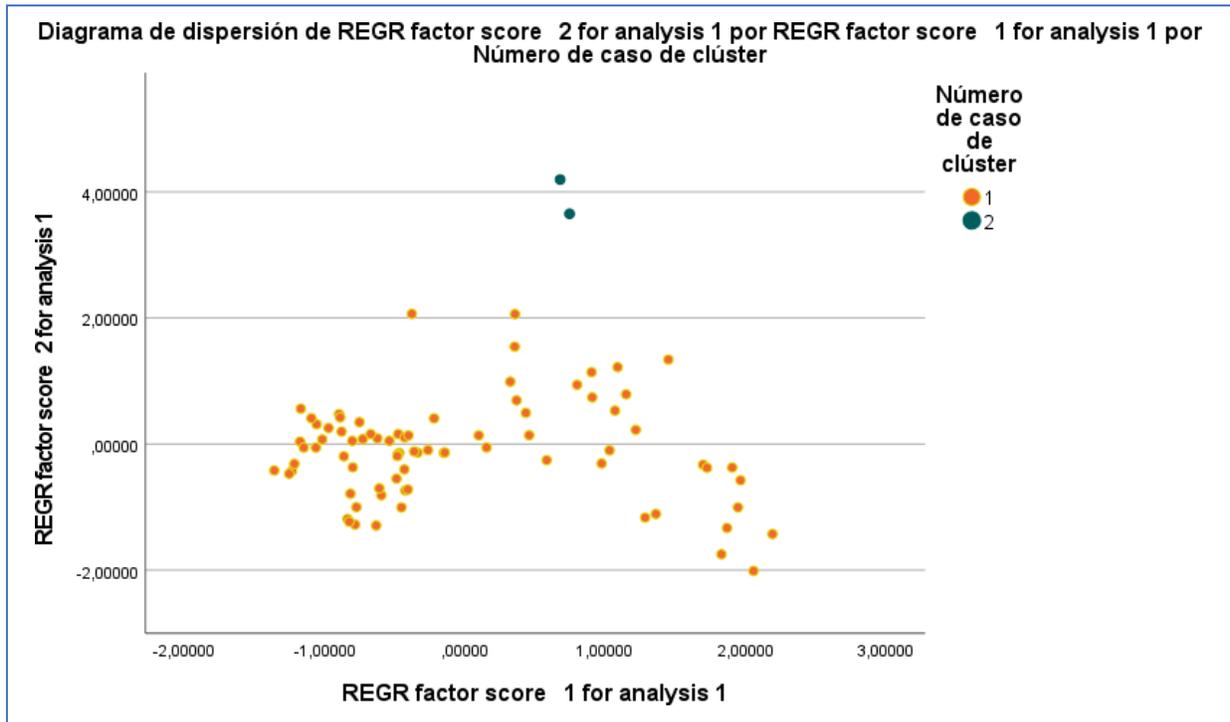
El análisis de K-medias, dio como resultado dos clúster, pero solo para la variable intervalo entre pulsos la diferencia entre los clúster fue significativa. No obstante, el clúster n°2 agrupa casi la totalidad de los casos, ya que para el clúster n°1 solo integra a dos pulsos, esto es representado de manera gráfica en la Figura 11. Por lo tanto, los parámetros característicos del clúster resultante son; frecuencia media de 38,1 kHz y frecuencia peak de 35,9 kHz.

Tabla 7. Centros de Clúster resultantes para los casos preseleccionados como género *Histiopus*.

	Centros de clústeres finales		ANOVA
	Clúster		Sig.
	1	2	
Duración	6,5 ± 2,1	5,1 ± 3,0	0,357
IPI	150,0 ± 167,3	1023,5 ± 9,3	<0,000
Fini	60,8 ± 10,7	58,0 ± 8,0	0,720
Ffin	30,1 ± 4,7	32,3 ± 2,8	0,523
Fpmean	38,1 ± 5,3	38,6 ± 4,0	0,883
Fppeak	35,9 ± 5,2	38,0 ± 2,4	0,581

Fuente: Software IBM SPSS Statistics 27.

Figura 11. Diagrama de dispersión en base componentes principales (PCA) para los casos preseleccionados como género *Histiopus*.



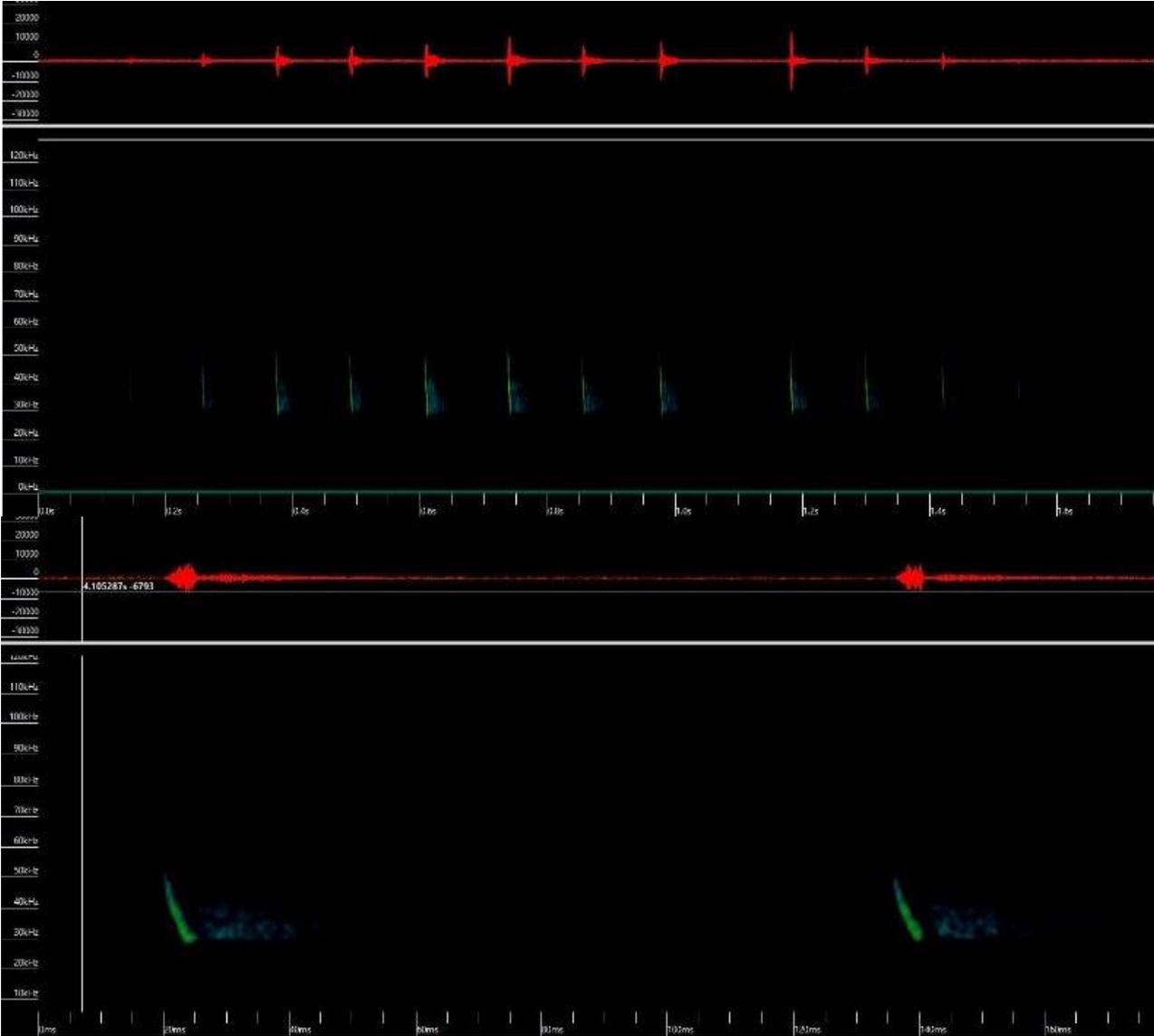
Fuente: Software IBM SPSS Statistics 27

Espectrogramas

A partir del resultado anterior, se identificó el espectrograma característico del clúster n°1 el cual es representado en la siguiente figura, este espectrograma correspondería a *H. montanus* o *H. magellanicus*.

Clúster 1

Figura 12. Sonograma tipo para la especie *Histiotus montanus* o *H. magellanicus*. Arriba-vista general; Abajo- Pulso tipo.



Fuente: Software Kaleidoscope 5.

DISCUSION

Contexto filogenético

Filogenéticamente, las especies distribuidas en Chile están agrupadas principalmente en la superfamilia Vespertilionidae. Este grupo comprende un total de 526 especies distribuidas en 4 subfamilias, siendo la familia de murciélagos más diversa del planeta (Vinícius et al., 2023). La mayoría de las especies contenidas en este grupo son insectívoras; proporción que se refleja en la diversidad específica descrita para Chile, la cual se encuentra representada por cuatro familias con un total de 16 especies, donde 9 especies están contenidas en las dos familias mayor representadas en Chile, Vespertilionidae y Molossidae (9 y 4 especies respectivamente), a diferencia de la especie hematófaga *Desmodus rotundus* y nectarívora *Platalina genovensium*, ambas pertenecientes a la familia Phyllostomidae, por último, la única especie representante de la familia Furipteridae es *Amorphochilus schnablii*, que también tiene hábitos alimenticios insectívoros. A continuación se presenta el listado de especies de murciélagos de Chile, modificada a partir de la publicada por D'Elía et. al. (2020), incluyendo las dos especies recientemente descritas para Chile (* Rodríguez-San Pedro et. al. 2022).

Orden **Chiroptera** Blumenbach, 1779

Familia **Furipteridae** Gray, 1866

Amorphochilus schnablii Peters, 1877

Familia **Molossidae** Gervais, 1856

Mormopterus kalinowskii (Thomas, 1893)

Tadarida brasiliensis (I. Geoffroy Saint-Hilaire, 1824)

Promops davisoni (Thomas, 1921)

* *Nyctinomops aurispinosus* (Peale, 1848)

Familia **Phyllostomidae** Gray, 1825

Desmodus rotundus (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1810)

Platalina genovensium Thomas, 1928

Familia **Vespertilionidae** Gray, 1821

Eptesicus laeophotis (Thomas, 1916)

Eptesicus macrotus (Poeppig, 1835)
Eptesicus magellanicus (Philippi, 1866)
Eptesicus montanus (Philippi y Landbeck, 1861)
Lasiurus varius (Poeppig, 1835)
Lasiurus villosissimus (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1806)
Myotis atacamensis (Lataste, 1892)
Myotis chiloensis (Waterhouse, 1840)
**Myotis arescens* (Rodríguez-San Pedro 2022)

Las relaciones entre las familias distribuidas en Chile pertenecientes a este gran grupo (superfamilia Vespertilionidae), son recíprocamente monofiléticos, por lo que las diferencias entre géneros están claramente identificadas a nivel taxonómico (Hooper & Van Den Bussche, 2003) al igual que las diferencias morfológicas, en cambio, esto se complejiza a nivel específico, como es el caso para los géneros de la familia Vespertilionidae, particularmente los géneros *Myotis* e *Histiotus*, también considerado como *Eptesicus*.

En el documento “Lista actualizada de los mamíferos vivientes de Chile (2020)” en 1943, Osgood estableció solo una especie de *Myotis* para Chile (*Myotis chiloensis*), por lo que consideró a *Myotis atacamensis* como una subespecie de *chiloensis* al igual que *Myotis arescens*, lo que fue rectificado por LaVal en 1973 mediante análisis morfométricos, elevando de categoría a la subespecie *atacamensis*, dejando incluso a *M. arescens* como sinónimo de *Myotis chiloensis*, finalmente en la revisión sistemática desarrollada por Novaes et. al. 2022, establece bajo análisis moleculares, morfométricos, morfológicos y acústicos que *Myotis chiloensis arescens* no es subespecie de *M. chiloensis* y válida a nivel específico, aumentando así la riqueza específica con una nueva especie endémica para Chile.

Por otra parte, otro grupo con problemas taxonómicos es el género *Histiotus*, para este género se presentan dificultades taxonómicas tanto a nivel genérico como específico. El último estudio filogenético para este grupo fue desarrollado por Vinícius, C. et al. 2023, el cual mediante

análisis morfométricos y moleculares, clasificó a este género de manera independiente a su grupo hermano (*Eptesicus*), situación que se mantenía hasta la fecha con lo descrito en la “Lista actualizada de mamíferos vivos de Chile”, publicado en 2020, por D’Elía et. al. El problema se agudiza a nivel específico; en la actualidad se reconocen 4 especies para nuestro país, *H. montanus*, *H. laephotis*, *H. macrotus* e *H. magellanicus*, éstas se encuentran descritas en la lista actualizada de murciélagos de Chile, publicada el año 2016 por Rodríguez-San Pedro, donde realiza los siguientes comentarios: “*H. macrotus* ha sido históricamente confundida con sus congéneres *montanus* y *laephotis*”, además presume que “las poblaciones del norte de Perú pertenezcan a otra especie, y que las del norte de Argentina y sur de Chile, correspondan a dos grupos taxonómicos distintos (Giménez *et al.*, 2015)”; añade que según Handley & Gardner (2008) *H. montanus* presenta dos subespecies, *H. montanus montanus* y *montanus magellanicus*, y a su vez que “*H. magellanicus* es sinónimo de *H. montanus* Koopman (1993)”, finalmente que “*H. laephotis* es considerada como subespecie de *H. montanus* (Anderson, 1997)”, o “como subespecie de *H. macrotus* (Handley & Gardner, 2008)”, estos comentarios son congruentes con los planteados en la publicación D’Elía et. al. (2020), que actualiza el listado de mamíferos de Chile.

La situación actual para el género *Lasiurus* es más simple, las actualizaciones taxonómicas se encuentran claramente descritas en la publicación de D’Elía et. al. (2020), donde contextualiza el cambio de *L. varius* a especie distribuida en el cono sur distinta de *L. borealis*, además de la elevación de categoría especie a *L. villosissimus*.

Finalmente, las especies restantes corresponden a géneros monotípicos, por lo que actualmente no presentan problemas de nivel taxonómico.

Como bien es sabido, las dificultades metodológicas para la identificación y cuantificación para este grupo de mamíferos es compleja, debido a la gran capacidad de maniobrabilidad y evadir los mecanismos más confiables para la identificación, como lo son las trampas Niebla y/o Arpa, en contraste con el método indirecto mediante Ultrasonido, que reduce de manera importante la calidad de resolución, pero aumenta considerablemente la capacidad de registrar una mayor cantidad de especies (Abarca Díaz, J. 2016), sin embargo se recomienda que los métodos se

realicen de manera complementaria, ya que en el estudio de Flaquer et. al. (2007), detecto una correlación entre el hábitat (cuevas) y los registros por tipo de método, para este caso se consideró los métodos de inspección de refugios, acústicos y de captura (arpa).

Respecto a la información recabada bibliográficamente, la calidad de los espectrogramas que se encuentran presentes en las publicaciones no es idónea (cabe señalar que algunas de las publicaciones solo presentan los parámetros acústicos) ya que la representación gráfica contiene uno o a lo más dos pulsos, por lo que se pierde información que contextualice el pulso, esto ocurre en variadas publicaciones (Rodríguez-San Pedro et al. (2016); Rodríguez-San Pedro et al. (2022); Giménez et al. (2023); Gillam & McCracken, (2006); Arévalo-Cortés et al. (2023); Ossa et al. (2015). Algunos aspectos que facilitan el proceso de identificación mediante el análisis de los espectrogramas, son los patrones presentes en una secuencia de pulsos, como intermitencia de la potencia entre un pulso y el siguiente, esto presente en género *Histiotus*, u ondulaciones en la secuencia de pulsos, esto se refiere a la variación en la frecuencia final entre un pulso y el siguiente, este patrón se visualiza en el género *Lasiurus*, por otra parte, las especies de *Myotis* (distribuidas en Chile) mantienen los pulsos muy conservados respecto a la frecuencia peak de energía, lo que es visible trazando una línea referencial al nivel de la frecuencia peak de energía del conjunto de pulsos, por otra parte también se puede visualizar una pequeña extensión cuasi-constante debajo del peak de frecuencia por cada pulso, el cual se difumina rápidamente. Estas sutilezas se visualizan solo analizando una secuencia integral de pulsos de navegación, y que es resultado de condiciones o variables ambientales, fisiológicas y/o sociales (Corcoran, 2022; Obrist & Wenstrup, 1998; Rodríguez San-Pedro & Simonetti, 2014; Corcoran & Weller, 2018; Ossa et al., 2010; Jung et al., 2014; Kiai, et al., 2023)

A partir de las publicaciones asociadas a los espectrogramas o parámetros de los pulsos tipo de las especies distribuidas en Chile, fue posible vislumbrar la distorsión o incongruencia de los datos publicados además de un claro déficit en los estudios de este particular grupo.

Myotis

Los resultados del presente estudio muestran una discrepancia con el resultado publicado por Rodríguez-Sanpedro et. al. 2022, esto se debe a que las grabaciones utilizadas, fueron obtenidas desde puntos geográficamente distantes, por lo que dicha distancia no incorpora la variación intraespecífica en la totalidad de su rango de distribución, resultado que se ve reflejado en el presente estudio obteniendo un solo gran grupo que incorpora todas las muestras categorizadas para este género, por lo tanto, la distribución de *M. chiloensis* cubre una gran superficie del territorio chileno desde la región metropolitana hasta la de región de magallanes, y *M. arescens* correspondería a una subespecie.

Debido al origen de las grabaciones analizadas no coinciden con las distribuciones descritas para la especie *M. atacamensis*, no es posible contrastar ni establecer el espectrograma tipo para esta especie, no obstante, la coherencia de los datos publicados no presenta discrepancias, cabe señalar que la información es acotada y escasa, sin embargo se propone que los datos publicados siguen siendo válidos para identificar esta especie.

Tabla 8. Valores de parámetros obtenidos a partir de literatura para la especie *Myotis chiloensis*, en contraste con los valores obtenidos en el presente estudio.

<i>Myotis chiloensis</i>							K means
Duración (ms)	2 a 4	3,79	5,21	4	2,1	5,02*	6,6 ± 2,3
Intervalo entre pulsos (ms)	0	95,06	110,47	0	77,5	72,85*	74,9 ± 20,4
F inicial (kHz)	0	89,29	92,17	89	0	95,45*	78,6 ± 8,8
F final (kHz)	0	39,26	38,54	39	0	39,75*	38,4 ± 3,0
F media (kHz)	0	0	0	0	43,4	0*	49,3 ± 3,0
F peak (kHz)	0	46,96	45,31	0	0	47,53*	47,4 ± 2,9

*datos publicados para *M. arescens* por Rodríguez-San pedro et. al. 2022.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 9. Valores de parámetros obtenidos a partir de literatura para la especie *Myotis atacamensis*.

<i>Myotis atacamensis</i>		
Duración (ms)	3 a 4	3,61
Intervalo entre pulsos (ms)	0	77,77
Fstart (kHz)	0	85,74
Fend (kHz)	0	47,75
Fpmean (kHz)	0	0
Fppeak (kHz)	0	58,32

Fuente: elaboración propia.

Histiotus

A partir de los valores obtenidos en la búsqueda bibliográfica para el género *Histiotus*, los análisis resultan inconsistentes para la todas las especies excepto, *H. magellanicus*, donde los resultados del análisis k-means se ajustan de mejor manera, sin embargo; la publicación de Giménez et. al. 2023, aporta gran incertidumbre a los resultados previamente publicados, estableciendo parámetros de frecuencias inferiores a los 20 kHz, lo cual es poco común para los géneros descritos para Chile, pero no es una característica excepcional para murciélagos (Brigham, R. M., et al., 2004), además, en dicho estudio plantea que utilizaron las grabaciones obtenidas mediante el método de grabaciones post liberación (liberación manual), el cual tiene varias desventajas, como lo es la incertidumbre respecto al nivel de estrés provocado por la captura y manipulación del ejemplar, que al momento de liberar emiten vocalizaciones distorsionas (Brigham, R. M., et al., 2016), por lo que incorporar este tipo de grabaciones al análisis para la definición de los parámetros tipo de los pulsos no es precisa. Respecto a la especie *H. laeophotis*, se encontró solo un par de publicaciones con datos de pulsos y una de estas corresponde al primer registro para Chile, además, la historia taxonómica de este género es confusa.

Tabla 10. Valores de parámetros obtenidos a partir de literatura para la especie *Histiotus montanus*.

<i>Histiotus montanus</i>					
Duración (ms)	3,6	3,34	3,6	3	3,84
Intervalo entre pulsos (ms)	0	136,12	144,5	0	286,85
Fstart (kHz)	0	53,77	46,4	54	19,79
Fend (kHz)	0	29,62	25,5	29	12,14
Fpmean (kHz)	0	0	0	0	0
Fppeak (kHz)	0	35,36	32,1	0	19,87

Fuente: elaboración propia.

Tabla 11. Valores de parámetros obtenidos a partir de literatura para la especie *Histiotus macrotus*.

<i>Histiotus macrotus</i>			
Duración (ms)	5	5	4,06
Intervalo entre pulsos (ms)	0	0	154,03
Fstart (kHz)	0	64	28,34
Fend (kHz)	0	26	12,34
Fpmean (kHz)	0	0	0
Fppeak (kHz)	0	0	28,5

Fuente: elaboración propia.

Tabla 12. Valores de parámetros obtenidos a partir de literatura para la especie *Histiotus magellanicus*, en contraste con los valores obtenidos en el presente estudio.

<i>Histiotus magellanicus</i>				K-medias
Duración (ms)	9,8	4,12	6,96	5,1 ± 3,0
Intervalo entre pulsos (ms)	0	124,28	62,14	1023,5 ± 9,3
Fstart (kHz)	0	58,86	29,43	58,0 ± 8,0
Fend (kHz)	0	29,4	14,7	32,3 ± 2,8
Fpmean (kHz)	0	0	0	38,6 ± 4,0
Fppeak (kHz)	0	29,25	14,63	38,0 ± 2,4

Fuente. Elaboración propia.

Lasiurus

Las diferencias entre las especies distribuidas en Chile son claras, pero los alcances distribucionales son importantes de esclarecer, y así establecer programas de conservación de ser necesario, por ejemplo, la especie *L. villosissimus* está categorizada como Datos insuficientes según el Reglamento de Clasificación de Especies, lo que demuestra el bajo nivel de conocimiento para esta especie. No obstante los resultados obtenidos para este género son coherentes con los parámetros obtenidos en la búsqueda bibliográfica, por lo que los espectrogramas propuestos no representan conflictos para la identificación.

Tabla 13. Valores de parámetros obtenidos a partir de literatura para la especie *Lasiurus villosissimus*, en contraste con los valores obtenidos en el presente estudio

<i>Lasiurus villosissimus</i>						K-medias
Duración (ms)	7,5	10	10,3	10,7	5,9	9,7 ± 4,4
Intervalo entre pulsos (ms)	0	0	0	0	189,7	274,7 ± 62,9
Fstart (kHz)	0	43	34	21,35	0	44,7 ± 9,1
Fend (kHz)	0	24	15	0	0	27,1 ± 2,8
Fpmean (kHz)	0	0	19,9	22,95	0	31,5 ± 2,7
Fppeak (kHz)	0	0	0	0	25,2	30,4 ± 2,5

Fuente: elaboración propia.

Tabla 14. Valores de parámetros obtenidos a partir de literatura para la especie *Lasiurus varius*, en contraste con los valores obtenidos en el presente estudio.

<i>Lasiurus varius</i>				K-medias
Duración (ms)	7,6	4,91	5	11,3 ± 4,6
Intervalo entre pulsos (ms)	0	157,8	0	121,2 ± 24,0
Fstart (kHz)	0	65,44	65	55,6 ± 16,5
Fend (kHz)	0	35,68	35	32,1 ± 3,7
Fpmean (kHz)	0	0	0	37,2 ± 5,0
Fppeak (kHz)	0	41,06	0	35,7 ± 4,8

Fuente: elaboración propia.

Tadarida

La situación para la única especie de este género es clara (*Tadarida brasiliensis*), ya que los resultados de los análisis son coherentes con los datos publicados. Respecto a los resultados de los clústeres, a pesar de que el análisis K-medias arroja diferencias significativas para todas las variables, la dispersión de los datos es baja, además la diferencia se puede explicar por la variaciones intraespecíficas de las poblaciones muestreadas, producto de aislamiento geográfico, plasticidad fenotípica o adaptaciones al ambiente local, hipótesis que se vinculan entre sí.

Tabla 15. Valores de parámetros obtenidos a partir de literatura para la especie *Tadarida brasiliensis* en contraste con los valores obtenidos en el presente estudio.

<i>Tadarida brasiliensis</i>								K-medias
Duración (ms)	13,6	13,62	13	15	15,3	13,7	15,7	13,2 ± 4,0
Intervalo entre pulsos (ms)	0	286,9	0	31	0	273,1	426,6	291,2 ± 92,5
Fstart (kHz)	0	28,03	28	30,3	0	27,6	0	45,8 ± 13,4
Fend (kHz)	0	21,05	21	22,24	0	24,4	0	23,8 ± 5,4
Fpmean (kHz)	0	0	0	25,21	0	0	0	29,4 ± 6,7
Fppeak (kHz)	0	24,31	0	25,21	39,2	0	0	28,6 ± 6,5

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSION

Las dificultades metodológicas que presenta la caracterización e identificación de especies de murciélagos son claras, esto sin considerar la experticia que se necesita para la discriminación de las sutilezas entre las especies al momento de analizar los espectrogramas principalmente, ya que la identificación de murciélagos mediante capturas es sin duda la más precisa, pero no es el método más utilizado para la determinación de la estructura comunitaria. Es por esto que la importancia de un buen mecanismo o método de identificación de especies conlleva a procesos con bajo nivel de incertidumbre, por lo que repercute en un bajo porcentaje de error en la toma de decisiones, como es el caso de los procesos de evaluación de proyectos en el Servicio de Evaluación Ambiental; es en este proceso donde el rol del especialista en terreno (Biólogo o profesionales a fines), es el responsable de levantar información precisa, objetiva, confiable y con la mayor rigurosidad, con el fin de presentar de la mejor manera las características e interacciones ecológicas del ecosistema en evaluación.

El rol de los profesionales al momento de realizar procesos de identificación de especies es fundamental, ya sean en laboratorio o en terreno, y se considera como parte central de las responsabilidades de la profesión, sin embargo, esta responsabilidad no debe de estar sujeta a las limitaciones propias de la experiencia y conocimiento. A raíz de lo anterior, se vislumbra la gran importancia de una buena descripción taxonómica de las especies por parte de los especialistas en publicaciones y la claridad y facilidad para diseñar claves dicotómicas, guías de campo u otros medios que permitan al investigador definir e identificar sin sesgos, ni subjetividades los individuos.

El presente estudio, pone en evidencia la dificultad para la identificación de las especies de murciélagos en Chile mediante el método de grabaciones de ultrasonido, producto de la incongruencia, deficiencia y falta de información de este particular grupo de mamíferos. Además del bajo número de publicaciones descriptivas y ecológicas de murciélagos, por lo que es un área difícil de abordar pero con importante espacio para la investigación.

Finalmente, los errores en la identificación de especies repercuten indirectamente en las políticas de conservación, ya que estas se basan en criterios como la abundancias y principalmente distribuciones de especies, por lo que si estas ultimas se subestiman o exageran las

consideraciones para establecer las categorías por parte de quienes realizan la toma de decisiones estaría errada y/o sesgada.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Abarca Díaz, J.A., Pérez Quezada, J. (2016). Comparación de tres métodos de muestreo de murciélagos (orden: Chiroptera) en la zona mediterránea de Chile Central. Santiago: Universidad de Chile.

Agencia Internacional de Energía. (2023). Probabilidad de que los murciélagos sufran barotraumatismo cerca de palas de aerogeneradores en movimiento [Resumen educativo]. Trabajando juntos para resolver los efectos ambientales de la energía eólica (WREN).

Arévalo-Cortés, J., Tulcan-Flores, J., Zurc, D., Montenegro-Muñoz, S.A., Calderón-Leytón, J.J., Fernández-Gómez, R.A. (2023). Description of the echolocation pulses of insectivorous bats with new records for southwest Colombia.

Brigham, R. M., Kalko, E. K. V., Jones, G., Parsons, S. y Limpens, H. J. G. A. (eds.) (2016). Bat Echolocation Research: Tools, Techniques, and Analysis. Bat Conservation International. Austin, Texas, EE. UU.

Cea. (2020). Los Murciélagos de Chile. Guía para su reconocimiento. Santiago: Cea.

Cláudio, Vinícius C., Novaes, Roberto L. M., Gardner, Alfred L., Nogueira, Marcelo R., Wilson, Don E., Maldonado, Jesús E., Oliveira, João A., Moratelli, Ricardo. (2023). Taxonomic re-evaluation of New World *Eptesicus* and *Histiotus* (Chiroptera: Vespertilionidae), with the description of a new genus. *Zoologia (Curitiba)*, 40.

Corcoran, A. J. (2022). Sing or Jam? Density-Dependent Food Competition Strategies in Mexican Free-Tailed Bats (*Tadarida brasiliensis*). *Front. Ecol. Evol.* 10:877579.

D'Elía, G., Canto H., J., Ossa, G., Verde-Arregoitia, L.D., Iriarte, A., Amador, L., Quiroga-Carmona, M., Hurtado, N., Bostelmann, E., Cadenillas, R. y Valdez, L. (2020). Lista actualizada de los mamíferos vivientes de Chile. Santiago: Museo Nacional de Historia Natural.

Flaquer, C., Torre, I., Arrizabalaga, A. (2007). Comparison of Sampling Methods for Inventory of Bat Communities. *Journal of Mammalogy*, 88(2), 526-533.

Gillam, E.H., Ulanovsky, N. & McCracken, G.F. (2007). Rapid jamming avoidance in biosonar. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1606), 651-660.

Giménez, A.L., De Paz, Ó. & Giannini, N.P. (2023). Acoustic differentiation and its relationships with ear size in three *Histiotus* species (Chiroptera, Vespertilionidae) from Patagonia, Argentina. *Mammal Research*, 68(2), 383-395.

Hermida Borroto, M.C. & Ménard, G. (2022). El murciélago como fuente de zoonosis virales. *Mediciego: Colegio Jean-de-Brébeuf*.

Hoofer, S.R. & Van Den Bussche, R.A. (2003). Molecular Phylogenetics of the Chiropteran Family Vespertilionidae. *Acta Chiropterologica*, 5(1), 1-63.

Jung, K., Molinari, J. y Kalko, E. K. V. (2014). Driving Factors for the Evolution of Species-Specific Echolocation Call Design in New World Free-Tailed Bats (Molossididae). *PLoS ONE*, 9(1), e85279.

Kiai, A., Clemens, J., Kössl, M., Poeppel, D., & Hechavarría, J. C. (2023). Flexible control of vocal timing in bats enables escape from acoustic interference. *PLoS ONE*, 18(5), e85279.

Ministerio del Medio Ambiente. (2011). Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación. Diario Oficial de la República de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente. (2015). Murciélagos de la Región Metropolitana de Santiago. Santiago: Ministerio del Medio Ambiente.

Obrist, M. K. y Wenstrup, J. J. (1998). Hearing and Hunting in red Bats (*Lasiurus borealis*, Vespertilionidae): Audiogram and ear Properties. *Journal of Experimental Biology*, 201(1), 143-154.

Obrist, M. K. y Wenstrup, J. J. (1998). Hearing and Hunting in red Bats (*Lasiurus borealis*, Vespertilionidae): Audiogram and ear Properties. *Journal of Experimental Biology*, 201(1), 143-154.

Ommundsen, P., Lausen, C. y Matthias, L. (2017). First Acoustic Records of the Brazilian Free-Tailed Bat (*Tadarida brasiliensis*) In British Columbia. *Northwestern Naturalist*, 98(2), 132-136.

Ossa, G., Bonacic, C. y Barquez, R. M. (2014). First record of *Histiotus laeophotis* (Thomas, 1916) from Chile and new distributional information for *Histiotus montanus* (Phillipi and Landbeck, 1861) (Chiroptera, Vespertilionidae). *Mammalia*, 78(3), 373-377.

Ossa, G., et al. (2010). Análisis de las llamadas de ecolocación y morfometría de una población de *Myotis chiloensis* (Waterhouse, 1838) del bosque templado del Sur de Chile. *Cienc. Inv. Agr.* 37(2), 131-139.

Rodríguez-San Pedro, A. y Simonetti, J. A. (2014). Variation in search-phase calls of *Lasiurus varius* (Chiroptera: Vespertilionidae) in response to different foraging habitats. *Journal of Mammalogy*, 95(5), 1004-1010.

Rodríguez-San Pedro, A., Allendes, J.L., Ossa, G. (2016). Lista actualizada de los murciélagos de Chile con comentarios sobre taxonomía, ecología, y distribución. Santiago: Museo Nacional de Historia Natural.

Rodríguez-San Pedro, A., Saldarriaga-Córdoba, M.M., Aguilar-Álvarez, R., Novaes, R.L.M., Moratelli, R. (2022). Systematic review of *Myotis* (Chiroptera, Vespertilionidae) from Chile based on molecular, morphological, and bioacoustic data. *Zootaxa*, 5188(5), 430-452.

Schwartz, C., Tressler, J., Keller, H., Vanzant, M., Ezell, S. y Smotherman, M. (2007). The tiny difference between foraging and communication buzzes uttered by the Mexican free-tailed bat, *Tadarida brasiliensis*. *Journal of Comparative Physiology A*, 193(8), 853-863.

Servicio Agrícola y Ganadero. (2015). Guía para la Evaluación del Impacto Ambiental de Proyectos Eólicos y de Líneas de Transmisión Eléctrica en Aves Silvestres y Murciélagos. Santiago: Ministerio de Agricultura.

Servicio Agrícola y Ganadero. (2021). Guía de manejo de colonias de murciélagos en construcciones. Santiago: Ministerio de Agricultura.

Servicio de Evaluación Ambiental de Chile. (2022). Criterio de Evaluación en el SEIA: Criterios Técnicos para Campañas de Terreno de Fauna Terrestre y Validación de Datos. Santiago: Servicio de Evaluación Ambiental de Chile.

ANEXO

A continuación, se presenta un listado a partir de las distintas publicaciones que presentan valores de parámetros de pulsos para las especies distribuidas en Chile utilizadas para la comparación de los análisis resultantes.

Tabla 16. Publicaciones que contienen información de parámetros de pulsos para las especies descritas en Chile.

Nombre	Autor	Especie	Frecuencia	Duración (ms)	IPI (ms)	Fstart (kHz)	Fend (kHz)	Fpmax (kHz)	Fpmean (kHz)	Fppeak (kHz)	DOI
Lista actualizada de los murciélagos de Chile con comentarios sobre taxonomía, ecología, y distribución	Rodríguez-San Pedro et. al. 2017	<i>Amorphochilus schnablii</i>	FM	4,4				75,8			10.4067/S0717-65382017000100012
Lista actualizada de los murciélagos de Chile con comentarios sobre taxonomía, ecología, y distribución	Rodríguez-San Pedro et. al. 2017	<i>Desmodus rotundus</i>	QFC-FM	5,5				72,6			10.4067/S0717-65382017000100012
Echolocation calls of free-flying common vampire bats <i>Desmodus rotundus</i> (Chiroptera: Phyllostomidae) in Chile	Rodríguez-San Pedro & Allendes (2017)	<i>Desmodus rotundus</i>	QFC-FM	5,5	42,97	41,97	25,68	84,61		72,56	10.1080/09524622.2016.1231079
Lista actualizada de los murciélagos de Chile con comentarios sobre taxonomía, ecología, y distribución	Rodríguez-San Pedro et. al. 2017	<i>Histiotus laeophotis</i>	FM	1.3				30,3			10.4067/S0717-65382017000100012
First record of <i>Histiotus laeophotis</i> (Thomas, 1916) from Chile and new distributional information for <i>Histiotus montanus</i> (Phillipi and Landbeck, 1861) (Chiroptera, Vespertilionidae)	Ossa et. al. 2015	<i>Histiotus laeophotis</i>	FM	1,3	94,00	38,2	26,3			30,4	10.1515/mammalia-2014-0041
Lista actualizada de los murciélagos de Chile con comentarios sobre taxonomía, ecología, y distribución	Rodríguez-San Pedro et. al. 2017	<i>Histiotus macrotus</i>	FM-QFC	5				33,1			10.4067/S0717-65382017000100012
Murciélagos de la Región Metropolitana de Santiago, Chile	Rodríguez-San Pedro et al. (2014)	<i>Histiotus macrotus</i>	FM-QFC	5		64	26				10.4067/S0717-65382014000200006

Nombre	Autor	Especie	Frecuencia	Duración (ms)	IPI (ms)	Fstart (kHz)	Fend (kHz)	Fpmax (kHz)	Fpmean (kHz)	Fppeak (kHz)	DOI
Acoustic differentiation and its relationships with ear size in three <i>Histiotus</i> species (Chiroptera, Vespertilionidae) from Patagonia, Argentina	Giménez et al. (2023)	<i>Histiotus macrotus</i>	FM-QFC	4,06	154,03	28,34	12,34	18,24		28,5	10.1007/s13364-023-00688-0
Lista actualizada de los murciélagos de Chile con comentarios sobre taxonomía, ecología, y distribución	Rodríguez-San Pedro et. al. 2017	<i>Histiotus magellanicus</i>	FM	9,8				29,2			10.4067/S0717-65382017000100012
Acoustic differentiation and its relationships with ear size in three <i>Histiotus</i> species (Chiroptera, Vespertilionidae) from Patagonia, Argentina	Giménez et al. (2023)	<i>Histiotus magellanicus</i>	FM	4,12	124,28	58,86	29,4	36,74		29,25	10.1007/s13364-023-00688-0
Lista actualizada de los murciélagos de Chile con comentarios sobre taxonomía, ecología, y distribución	Rodríguez-San Pedro et. al. 2017	<i>Histiotus montanus</i>	FM-QFC	3,6				32,0			10.4067/S0717-65382017000100012
Acoustic identification of four species of bats (Order Chiroptera) in central Chile	Rodríguez-San Pedro & Simonetti (2013)	<i>Histiotus montanus</i>	FM-QFC	3,34	136,12	53,77	29,62	44,62		35,36	10.1080/09524622.2013.763384
First record of <i>Histiotus laephotis</i> (Thomas, 1916) from Chile and new distributional information for <i>Histiotus montanus</i> (Phillipi and Landbeck, 1861) (Chiroptera, Vespertilionidae)	Ossa et. al. 2015	<i>Histiotus montanus</i>	FM-QFC	3,6	144,5	46,4	25,5			32,1	10.1515/mammalia-2014-0041
Murciélagos de la Región Metropolitana de Santiago, Chile	Rodríguez-San Pedro et al. (2014)	<i>Histiotus montanus</i>	FM-QFC	3		54	29				10.4067/S0717-65382014000200006

Nombre	Autor	Especie	Frecuencia	Duración (ms)	IPI (ms)	Fstart (kHz)	Fend (kHz)	Fpmax (kHz)	Fpmean (kHz)	Fppeak (kHz)	DOI
Acoustic differentiation and its relationships with ear size in three <i>Histiotus</i> species (Chiroptera, Vespertilionidae) from Patagonia, Argentina	Giménez et al. (2023)	<i>Histiotus montanus</i>	FM-QFC	3,84	286,85	19,79	12,14	13,52		19,87	10.1007/s13364-023-00688-0
Lista actualizada de los murciélagos de Chile con comentarios sobre taxonomía, ecología, y distribución	Rodríguez-San Pedro et al. 2017	<i>Lasiurus varius</i>	FM-QFC	7,6				36,4			10.4067/S0717-65382017000100012
Acoustic identification of four species of bats (Order Chiroptera) in central Chile	Rodríguez-San Pedro & Simonetti (2013)	<i>Lasiurus varius</i>	FM-QFC	4,91	157,80	65,44	35,68	52,73		41,06	10.1080/09524622.2013.763384
Murciélagos de la Región Metropolitana de Santiago, Chile	Rodríguez-San Pedro et al. (2014)	<i>Lasiurus varius</i>	FM-QFC	5		65	35				10.4067/S0717-65382014000200006
Lista actualizada de los murciélagos de Chile con comentarios sobre taxonomía, ecología, y distribución	Rodríguez-San Pedro et al. 2017	<i>Lasiurus villosissimus</i>	FM-QFC	7,5				30,0			10.4067/S0717-65382017000100012
Murciélagos de la Región Metropolitana de Santiago, Chile	Rodríguez-San Pedro et al. (2014)	<i>Lasiurus villosissimus</i>	FM-QFC	10		43	24				10.4067/S0717-65382014000200006
Echolocation of the big red bat <i>Lasiurus egregius</i> (Chiroptera: Vespertilionidae) and first record from the Central Brazilian Amazon	López-Baucells et al. (2014)	<i>Lasiurus villosissimus</i>	FM-QFC	10,3		34	15		19,9		10.1080/01650521.2014.907600
Acoustic Surveys Reveal Hoary Bat (<i>Lasiurus cinereus</i>) and Long-Legged Myotis (<i>Myotis volans</i>) in Yukon	Slough et al. (2014)	<i>Lasiurus villosissimus</i>	FM-QFC	10,7		21,35			22,95		10.1898/13-08.1
Inconspicuous echolocation in hoary bats (<i>Lasiurus cinereus</i>)	Corcoran et al. (2018)	<i>Lasiurus villosissimus</i>	FM-QFC	5,9	189,7			28,4		25,2	10.1098/rspb.2018.0355

Nombre	Autor	Especie	Frecuencia	Duración (ms)	IPI (ms)	Fstart (kHz)	Fend (kHz)	Fpmax (kHz)	Fpmean (kHz)	Fppeak (kHz)	DOI
Lista actualizada de los murciélagos de Chile con comentarios sobre taxonomía, ecología, y distribución	Rodríguez-San Pedro et. al. 2017	<i>Mormopterus kalinowskii</i>	QFC	11,5				33,4			10.4067/S0717-65382017000100012
Systematic review of <i>Myotis</i> (Chiroptera, Vespertilionidae) from Chile based on molecular, morphological, and bioacoustic data	Novaes et. al. (2022)	<i>Myotis arescens</i>	FM	5,02	72,85	95,45	39,75	69,53		47,53	10.11646/zootaxa.5188.5.2
Lista actualizada de los murciélagos de Chile con comentarios sobre taxonomía, ecología, y distribución	Rodríguez-San Pedro et. al. 2017	<i>Myotis atacamensis</i>	FM	3 a 4				50 a 56			10.4067/S0717-65382017000100012
Systematic review of <i>Myotis</i> (Chiroptera, Vespertilionidae) from Chile based on molecular, morphological, and bioacoustic data	Novaes et. al. (2022)	<i>Myotis atacamensis</i>	FM	3,61	77,77	85,74	47,75	73,53		58,32	10.11646/zootaxa.5188.5.2
Lista actualizada de los murciélagos de Chile con comentarios sobre taxonomía, ecología, y distribución	Rodríguez-San Pedro et. al. 2017	<i>Myotis chiloensis</i>	FM	2 a 4				42 a 47			10.4067/S0717-65382017000100012
Acoustic identification of four species of bats (Order Chiroptera) in central Chile	Rodríguez-San Pedro & Simonetti (2013)	<i>Myotis chiloensis</i>	FM	3,79	95,06	89,29	39,26	60,92		46,96	10.1080/09524622.2013.763384
Systematic review of <i>Myotis</i> (Chiroptera, Vespertilionidae) from Chile based on molecular, morphological, and bioacoustic data	Novaes et. al. (2022)	<i>Myotis chiloensis</i>	FM	5,21	110,47	92,17	38,54	68,57		45,31	10.11646/zootaxa.5188.5.2
Murciélagos de la Región Metropolitana de Santiago, Chile	Rodríguez-San Pedro et al. (2014)	<i>Myotis chiloensis</i>	FM	4		89	39				10.4067/S0717-65382014000200006

Nombre	Autor	Especie	Frecuencia	Duración (ms)	IPI (ms)	Fstart (kHz)	Fend (kHz)	Fpmax (kHz)	Fpmean (kHz)	Fppeak (kHz)	DOI
Analysis of the echolocation calls and morphometry of a population of <i>Myotis chiloensis</i> (Waterhouse, 1838) from the southern Chilean temperate forest	Ossa et al. 2010	<i>Myotis chiloensis</i>	FM	2,1	77,5				43,4		10.4067/S0718-162020100002000131
Lista actualizada de los murciélagos de Chile con comentarios sobre taxonomía, ecología, y distribución	Rodríguez-San Pedro et al. 2017	<i>Platalina genovensium</i>	FM	1,3				89,2			10.4067/S0717-65382017000100012
Lista actualizada de los murciélagos de Chile con comentarios sobre taxonomía, ecología, y distribución	Rodríguez-San Pedro et al. 2017	<i>Tadarida brasiliensis</i>	QFC	13,6				24,3			10.4067/S0717-65382017000100012
Acoustic identification of four species of bats (Order Chiroptera) in central Chile	Rodríguez-San Pedro & Simonetti (2013)	<i>Tadarida brasiliensis</i>		13,62	286,90	28,03	21,05	27,41		24,31	10.1080/09524622.2013.763384
Murciélagos de la Región Metropolitana de Santiago, Chile	Rodríguez-San Pedro et al. (2014)	<i>Tadarida brasiliensis</i>	QFC	13		28	21				10.4067/S0717-65382014000200006
Description of the echolocation pulses of insectivorous bats with new records for southwest Colombia	Arévalo-Cortés et al. (2023)	<i>Tadarida brasiliensis</i>	QFC	15	31	30,3	22,24	29,76	25,21	25,21	10.21203/rs.3.rs-2729814/v1
The tiny difference between foraging and communication buzzes uttered by the Mexican free-tailed bat, <i>Tadarida brasiliensis</i>	Schwartz et al. (2007)	<i>Tadarida brasiliensis</i>	QFC	153				45,8		39,2	10.1007/s00359-007-0237-7
Driving Factors for the Evolution of Species-Specific Echolocation Call Design in New World Free-Tailed Bats (Molossidae)	Jung et al. (2014)	<i>Tadarida brasiliensis</i>	QFC	13,7	273,1	27,6	24,4				10.1371/journal.pone.0085279

Nombre	Autor	Especie	Frecuencia	Duración (ms)	IPI (ms)	Fstart (kHz)	Fend (kHz)	Fpmax (kHz)	Fpmean (kHz)	Fppeak (kHz)	DOI
FIRST ACOUSTIC RECORDS OF THE BRAZILIAN FREE-TAILED BAT (<i>TADARIDA BRASILIENSIS</i>) IN BRITISH COLUMBIA	Ommundsen et al. (2017)	<i>Tadarida brasiliensis</i>	QFC	15,7	426,6			24,67			10.1898/NWN16-24.1

Simbología: FM (frecuencia modulada); FC (frecuencia constante); QFC (Cuasi frecuencia constante); IPI (intervalo entre pulsos).

Fuente: Elaboración propia.

