

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**COMPARACIÓN DE TRES MÉTODOS DE MUESTREO DE MURCIÉLAGOS
(ORDEN: *CHIROPTERA*) EN LA ZONA MEDITERRÁNEA DE CHILE CENTRAL**

JORGE ANDRÉS ABARCA DÍAZ

Santiago, Chile

2016

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**COMPARACIÓN DE TRES MÉTODOS DE MUESTREO DE MURCIÉLAGOS
(ORDEN: *CHIROPTERA*) EN LA ZONA MEDITERRÁNEA DE CHILE CENTRAL**

**COMPARISON OF THREE SAMPLING METHODS FOR INVENTORY OF BATS
(ORDER: *CHIROPTERA*) IN MEDITERRANEAN REGION OF CENTRAL CHILE**

JORGE ANDRÉS ABARCA DÍAZ

Santiago, Chile

2016

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**COMPARACIÓN DE TRES MÉTODOS DE MUESTREO DE MURCIÉLAGOS
(ORDEN: *CHIROPTERA*) EN LA ZONA MEDITERRÁNEA DE CHILE CENTRAL**

Memoria para optar al título profesional de:
Ingeniero en Recursos Naturales Renovables

JORGE ANDRÉS ABARCA DÍAZ

	Calificaciones
Profesor Guía	
Jorge Pérez Quezada Ingeniero Agrónomo, M.S., Ph.D.	7,0
Profesores Evaluadores	
Mauricio Galleguillos Torres Ingeniero Agrónomo, M.S., Dr.	6,9
Ricardo Pertuzé Concha Ingeniero Agrónomo, Ph.D.	6,3
Colaborador	
Martín Escobar Cuadros Ingeniero Forestal	

Santiago, Chile

2016

AGRADECIMIENTOS

Agradezco estar escribiendo estas líneas porque eso significa que este proceso está llegando a su fin. Ha sido un recorrido bastante largo, el cual no habría sido posible de no ser por el apoyo y colaboración de muchas personas que han acompañado durante este trabajo.

Agradezco a mi familia y amigos por estar siempre ahí, en las buenas y en las malas, en este camino del pregrado que ha tenido sus tragos amargos pero que gracias a ellos he podido salir adelante y llegar hasta donde estoy ahora.

A mis profesores, a Martín Escobar con quien empezamos esta idea colocando trampas en lugares que hoy nos reiríamos, pero que con el tiempo aprendimos la técnica gracias a su experiencia en terreno. Martín ha tenido la gentileza de compartir sus conocimientos de ecología de campo conmigo, de lo cual siempre estaré muy agradecido. Agradezco también a Jorge Pérez por guiar esta memoria con sus correcciones y comentarios oportunos, si no fuera por él, seguramente esta memoria aún estaría en construcción.

Esta memoria significó mucho trabajo en terreno que fue posible gracias a la valiosa colaboración de los alumnos del “Taller Diseño y Aplicación de Estudios en Ecología de Fauna Silvestre” versión 2013: Bryan Casanova, Víctor Olivares, Cristóbal Puelma, Ignacio Lobos, María Cristina Guzmán, Pilar Fernández, Daniela López, Soledad Álvarez, Vivianne Claramunt, Javiera Olivares y Solange Lobos. También ayudaron en las campañas de terreno: Natalia Vidal, Darío De La Fuente, Marcela Iturrieta, Tahia Rannou, Camila Monti, Juan José De Ramón y Mariela. Gracias a todos ellos.

Agradezco al Sr. Jaime Gaete por darnos siempre las facilidades y comodidades para acceder al Santuario de la Naturaleza “Las Torcazas de Pirque”, espero que este estudio sea un aporte a la conservación de ese gran santuario. Y finalmente, pero no menos importante, mencionar la contribución de Diego Peñaranda, del Programa para la Conservación de los Murciélagos de Chile, quien con sus conocimientos sobre quirópteros ayudó a que este fuera un mejor trabajo.

¡Muchas gracias a todos!

ÍNDICE

Resumen	1
Abstract	2
Introducción.....	3
Objetivos	5
Objetivo General.....	5
Objetivos Específicos.....	5
Materiales y Métodos.....	6
Características del área de estudio	6
Métodos	8
Metodologías a comparar	8
Diseño experimental	10
Análisis de datos y análisis estadísticos	11
Comparación del método acústico con los métodos de captura	15
Resultados	16
Estimación de la riqueza y abundancia de quirópteros	16
Método acústico.....	16
Muestreo mediante capturas.....	18
Estimación de costo de aplicación de los métodos	19
Características del sitio	19
Método acústico versus métodos de capturas.....	21
Discusión	24
Conclusiones.....	29
Bibliografía.....	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del área de estudio.....	6
Figura 2: Dibujo de una trampa arpa de cuatro corridas.....	9
Figura 3: Diagrama de una red niebla instalada..	10
Figura 4: Esquema evaluación vegetacional en sitio de muestro.....	14
Figura 5: Gráfico del análisis de función discriminante.....	17
Figura 6: Proporción de registros acústicos ó de captura por especie	22

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Especies esperadas para el área de estudio.	7
Cuadro 2: Coeficientes de las variables acústicas.	17
Cuadro 3: Índice de Actividad acústica por especie.	18
Cuadro 4: Número de individuos capturados y tasas de captura por especie y método.	18
Cuadro 5: Costos de aplicación de los métodos comparados.	19
Cuadro 6: Correlación entre el Índice de actividad y la cobertura vegetal.	20
Cuadro 7: Índice de Actividad promedio (\pm EE) de las especies de murciélagos según distancia al cuerpo de agua más cercano.	20
Cuadro 8: Correlación entre la tasa de captura de <i>Myotis chiloensis</i> y la cobertura vegetal.	20
Cuadro 9: Costo de identificar una especie y de capturar un individuo.	22

RESUMEN

El estudio de los murciélagos es complejo, debido a que son animales nocturnos y voladores. Estudios comparativos entre las metodologías usadas para evaluar poblaciones de murciélagos evidencian resultados similares entre los métodos comparados, aunque ninguno de ellos detectaría por sí sólo la totalidad de las especies esperadas en un sitio. En Chile aún no existen estudios comparativos de los distintos métodos que faciliten la elección de uno por sobre otro o el uso combinado de más de uno. Sin embargo, a pesar de no contar con este tipo de información, el Servicio Agrícola y Ganadero recomienda el uso de las redes de niebla para la evaluación de los murciélagos en el contexto de los estudios de impacto ambiental. El objetivo de este trabajo fue comparar tres métodos de muestreo usados comúnmente en la evaluación de murciélagos: acústico, trampas arpa y redes-niebla. Desde octubre de 2013 a marzo de 2014, se estimó mensualmente la riqueza y abundancia relativa de murciélagos mediante el uso de los tres métodos en 12 sitios de remanente de bosque esclerófilo mediterráneo en Chile central. Con esta información se compararon los métodos en términos de riqueza máxima estimada, abundancia estimada por especie y costo de implementación de cada uno de ellos, hasta alcanzar la riqueza máxima registrada por cada método. Además, se evaluó el efecto de algunos atributos del sitio en los resultados obtenidos. El muestreo acústico detectó la totalidad de la riqueza potencial, es decir, las 6 especies esperadas para el área de estudio, mientras que los métodos de captura sólo detectaron 2 especies (33,3%). El método acústico registró murciélagos en los 12 puntos del área de muestreo, a diferencia de las trampas arpa que lo hicieron en 5 puntos (41,6%) y las redes-niebla en 4 (33,3%) de los mismos. Los valores de abundancia relativa de las especies *Myotis chiloensis* y *Lasiurus varius* fueron similares para todos los métodos. Las trampas arpa fue el método más costoso en promedio por noche de aplicación, siendo un 31% y 95% más costoso que los métodos acústico y redes-niebla, respectivamente. El método acústico fue el menos costoso por especie identificada, ya que las redes-niebla fueron dos veces más costosas y las trampas arpa cuatro veces. No se encontró diferencia entre las tasas de captura de trampas arpa y redes-niebla, pero el valor promedio de cada individuo capturado es un 49% más costoso con las trampas arpa. La abundancia de *Tadarida brasiliensis* estimada mediante el muestreo acústico, se correlacionó negativamente con la cobertura vegetal alrededor del sitio de evaluación. En cambio, la abundancia de *Myotis chiloensis* estimada mediante ambos métodos de captura, se correlacionó positivamente con la cobertura vegetal del dosel superior. Considerando los valores de riqueza obtenidos y costos asociados a la implementación de cada método, el monitoreo acústico sería suficiente por sí solo para realizar una adecuada caracterización de la comunidad de murciélagos en la zona central de Chile. En tanto las redes-niebla aparecen como el método indicado sólo cuando se requiere la captura de individuos.

Palabras clave: redes-niebla, trampas arpa, monitoreo acústico, costo-beneficio, bosque esclerófilo.

ABSTRACT

The study of bats is complex because they are nocturnal and flying animals. Comparative studies of methodologies used to assess bat populations show similar results among the compared methods, but none of them detects all of the expected species on a site by itself. In Chile, there is a lack of comparative studies of these methods that facilitate the choice of one over other, or the combined use of more than one. However, despite not having this information, it is recommended to use mist-nets for bats assessment in the context of environmental impact studies. The aim of this study was to compare three methods of sampling commonly used in the evaluation of bats (acoustic, harp trap and mist-nets). From October 2013 to March 2014, richness and relative abundance of bats was estimated monthly using acoustic method, harp traps and mist-nest, at 12 sites of Mediterranean sclerophyllous forest remnants, in central Chile. The methods were compared in terms of maximum estimated richness, relative abundance estimated by species and cost of implementing each of them to reach the estimated maximum richness for each method. Furthermore, the effects of some site attributes on the results were evaluated. The acoustic sampling detected 100% of the 6 species expected for the study area, while trapping methods reported the same species corresponded to only 33.3% (2). The acoustic method recorded bats in 100% of the points of the sampling area, while harp traps did in 42% and mist-nets in 33% of the points. The relative abundance values of species *Myotis chiloensis* y *Lasiurus varius* were similarly recorded by all methods. Harp trap was the most expensive method in average per night of application, being 31% and 95% more expensive than the acoustic method and mist-nets, respectively. The acoustic method was less expensive per identified species, because mist-nets were twice more expensive and harp traps four times. No difference between catch rates of harp trap and mist-nets was found, but the average value of each captured individual was 49% more expensive with the harp trap. The abundance of *Tadarida brasiliensis* estimated by acoustic sampling was negatively correlated with the vegetation coverage. Instead, the abundance of *Myotis chiloensis* estimated by capture methods was positively correlated with upper canopy vegetation cover. Considering the richness values obtained and associated implementation costs of each method, acoustic monitoring alone would be enough for proper characterization of the bat community in central Chile. Mist-nets seem appropriate only when capturing individuals is required.

Keywords: mist nets, harp traps, acoustic survey, cost-benefit, sclerophyllous forest.

INTRODUCCIÓN

Los murciélagos (orden: *Chiroptera*) son el segundo grupo de mamíferos más diverso y ampliamente distribuido a nivel mundial. Además, es el único que ha desarrollado el vuelo verdadero, factor que habría sido determinante en su amplia distribución y explicaría los diversos hábitos de forrajeo, tipos de refugio, estrategias reproductivas y comportamientos sociales que presenta este grupo de organismos (Nowak, 1994).

Los murciélagos son un grupo difícil de estudiar debido a que son nocturnos y voladores (Weller, 2007). Aquellos que habitan en ambientes de bosque son los más complejos de evaluar, ya que durante la temporada cálida la mayoría de éstos se refugian en cuevas, grietas y bajo la corteza de los árboles (Kunz y Lumsden, 2003). Estos refugios son difíciles de observar porque habitualmente son discretos y usados por unos pocos individuos. Además, la fidelidad a estos refugios, entendida como la tendencia a retornar a una locación previamente ocupada (Switzer, 1993), es mucho menor que la que presentan los murciélagos que se refugian en estructuras permanentes como cuevas, túneles o edificaciones urbanas (Lewis, 1995).

En este escenario, la evaluación del estatus de las poblaciones de murciélagos de bosque a través del seguimiento de estos refugios presenta grandes desafíos. Fuera de su refugio, los murciélagos son difíciles de capturar y monitorear debido a que presentan patrones de actividad que varían enormemente espacial y temporalmente (Weller, 2007). Determinar si una especie está presente en un área forestada puede requerir un esfuerzo significativo y evaluar los parámetros poblacionales más convencionales, como su abundancia, puede ser altamente complejo (O'Shea y Bogan, 2003).

Estudios comparativos entre las metodologías usadas para evaluar poblaciones de murciélagos evidencian resultados similares entre los métodos comparados (Kunz y Brock, 1975; O'Farell y Gannon, 1999; Whitby, 2012), aunque ninguno de ellos detecta por sí sólo la totalidad de las especies esperadas en un sitio (Kuenzi y Morrison, 1998; O'Farell y Gannon, 1999). De manera que la mayoría de estos estudios recomiendan utilizar combinaciones de métodos para la evaluación de quirópteros (Flaquer *et al.*, 2007; O'Farell y Gannon, 1999; Kunz, 2003; MacSwiney *et al.*, 2008; Pech-Canche, 2011).

En algunos casos existen importantes diferencias de relación costo-beneficio entre los métodos utilizados (Hourigan *et al.*, 2008; Whitby, 2012), además de sesgos metodológicos

debido a las características de la comunidad de murciélagos evaluada (Miller, 2002). En este sentido, aunque existen estudios que han comparado el uso de distintos métodos en ecosistemas mediterráneos (Flaquer *et al.*, 2007; O'Farell y Gannon, 1999), en Chile aún no existen trabajos que hayan comparado distintos métodos usados para la evaluación de las poblaciones de quirópteros.

En Chile, el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) recomienda a través de su “Guía de Evaluación Ambiental Componente Fauna Silvestre” (SAG, 2010), el uso de redes niebla para la evaluación de los murciélagos. Sin embargo, los murciélagos son un grupo escasamente conocido en Chile (Galaz y Yáñez, 2006), y no se cuenta con antecedentes concretos que permitan determinar qué método de evaluación es más adecuado según el objetivo del estudio, el ambiente evaluado o el esfuerzo empleado en su aplicación. Éste podría ser un escenario poco favorable para la protección y conservación de este grupo de mamíferos, ya que las evaluaciones ambientales podrían estar llegando a estimaciones erróneas de riqueza y abundancia, debido a una mala elección del método de muestreo (Escobar *et al.*, 2015).

En el presente estudio se compararon tres métodos de muestreo usados en la evaluación de quirópteros (acústico, trampas arpa y redes niebla), para caracterizar la comunidad de murciélagos en el bosque esclerófilo de Chile central. De éstas, las trampas arpa y las redes niebla son dos de los métodos más ampliamente usados para la captura de murciélagos (Tuttle, 1974; Kunz and Kurta, 1988), mientras que el monitoreo acústico resulta ser un método no invasivo de uso más reciente (Griffin, 2002).

OBJETIVOS

Objetivo General

- Realizar una comparación de tres métodos de muestreo de quirópteros en la zona mediterránea de Chile central.

Objetivos Específicos

- Estimar la riqueza de los quirópteros con tres métodos de muestreo.
- Estimar la abundancia relativa de quirópteros con tres métodos de muestreo.
- Determinar los costos asociados a la aplicación de tres métodos de muestreo de quirópteros.
- Determinar si existen diferencias asociadas a las características de la vegetación y distancia a cuerpos de agua de los sitios de evaluación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del área de estudio

El estudio se realizó en el Santuario de la Naturaleza “Las Torcazas de Pirque”, en la comuna de Pirque, Provincia Cordillera, al sureste de la Región Metropolitana (33,7195° Sur, 70,4985° Oeste) (Figura 1). El Santuario tiene una superficie de 827 ha, con un clima templado frío con lluvias invernales y presenta temperaturas medias anuales de 7,5°C como mínima y 21,5°C como máxima. En promedio precipitan anualmente 648 mm (Dirección Meteorológica de Chile, 2010) y se localiza entre los 900 y los 2.500 m.s.n.m.(CNM, 2010).

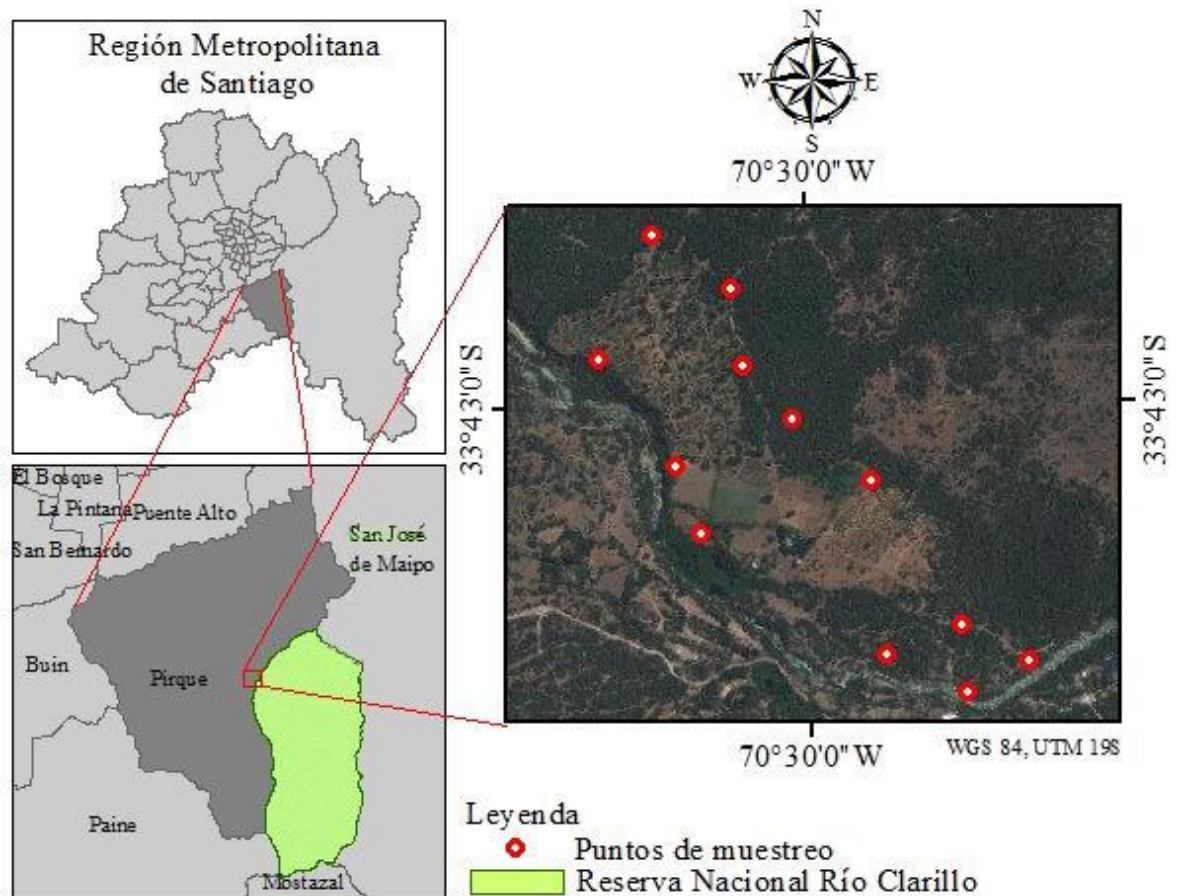


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

El área se incluye en la región ecológica del Matorral y Bosque Esclerófilo (Decreto N°1977, 2007), donde la principal formación vegetal es la de Bosque Esclerófilo de la Pre-Cordillera Andina. En las laderas de exposición sur se concentra un bosque húmedo y denso con un sotobosque de arbustos nativos, mientras en las laderas de exposición norte domina el matorral espinoso con un estrato herbáceo compuesto por hierbas perennes y anuales (Gajardo, 1994).

En el área de estudio se seleccionaron 12 puntos de muestreo ubicados en remanentes de bosque esclerófilo. Los puntos seleccionados se ubicaron sobre caminos dado que estos son usualmente utilizados como vías de vuelo por los murciélagos (Adams *et al.*, 2009; Webala *et al.*, 2011). Cada punto se estableció a una distancia mayor a 150 m de cualquier otro punto de muestreo, para asegurar independencia de los puntos (Korine y Pinshow, 2004; Rodríguez-San Pedro y Simonetti, 2013a).

Según Díaz *et al.* (2002) la riqueza potencial de especies de murciélagos esperada para el área de estudio correspondería a 6 especies, una de la familia de los molósidos, y cinco especies de vespertiliónidos (Cuadro 1). En cuanto a datos de abundancia de estas especies, no se encontró ningún antecedente para el área de estudio.

Cuadro 1. Especies esperadas para el área de estudio.

Orden	Familia	Especies
	<i>Molossidae</i>	<i>Tadarida brasiliensis</i>
<i>Chiroptera</i>	<i>Vespertilionidae</i>	<i>Myotis chiloensis</i>
		<i>Lasiurus varius</i>
		<i>Lasiurus cinereus</i>
		<i>Histiotus montanus</i>
		<i>Histiotus macrotus</i>

Fuente: Díaz *et al.* (2002).

Métodos

Metodologías a comparar

Durante el desarrollo de este estudio se aplicaron las siguientes metodologías de muestreo indirecto y directo de murciélagos en cada punto de muestreo:

Método acústico. Se utilizó un micrófono diseñado para detectar la presencia de murciélagos mediante el registro de las señales ultrasónicas emitidas por los individuos (EchoMeter 3, Wildlife Acoustics, Massachusetts, E.E.U.U.). Este equipo tiene un alcance máximo aproximado de 100 m., direccionalidad óptima del micrófono de 30° vertical y 60° horizontal, y un ancho de banda efectivo de 1 a 192 kHz. Con este equipo se identificaron las especies presentes dentro de la población grabando en terreno y analizando en laboratorio dichas señales ultrasónicas registradas.

Métodos de captura. Se evaluó el uso de las trampas arpa y redes niebla como métodos de captura y registro de especies de murciélagos. Las trampas arpa (Confeción artesanal, Santiago, Chile) son un método exclusivo para la captura de quirópteros (MacSwiney *et al.*, 2008), que consiste en un marco rígido con 2-4 corridas de hilos de pescar de 0,2 mm de grosor dispuestas verticalmente (Figura 2A). Los individuos que impactan el arpa al volar caen en una manga dispuesta en la parte inferior del marco y permanecen dentro de ella (Figura 2B). En este estudio se utilizaron trampas arpa de 4 m de alto desde el suelo por 2 m de ancho, con dos corridas de hilos verticales separadas por 15 cm, con un espacio entre hilos de 2,5 cm.

Las redes niebla han sido un método ampliamente usado para la captura de aves y murciélagos (Kunz y Kurta, 1988). Consiste en redes de nylon con 4-5 tensores que sostienen un bolsillo o manga donde los murciélagos al impactar con la red, quedan depositados (Figura 3). Los equipos que se utilizaron corresponden a redes de nylon (700 Series, Ecotone, Japón) de 10 m de largo por 2,5 m de alto las que se instalaron mediante dos parantes verticales. El tamaño del orificio de la malla es de 24mm.

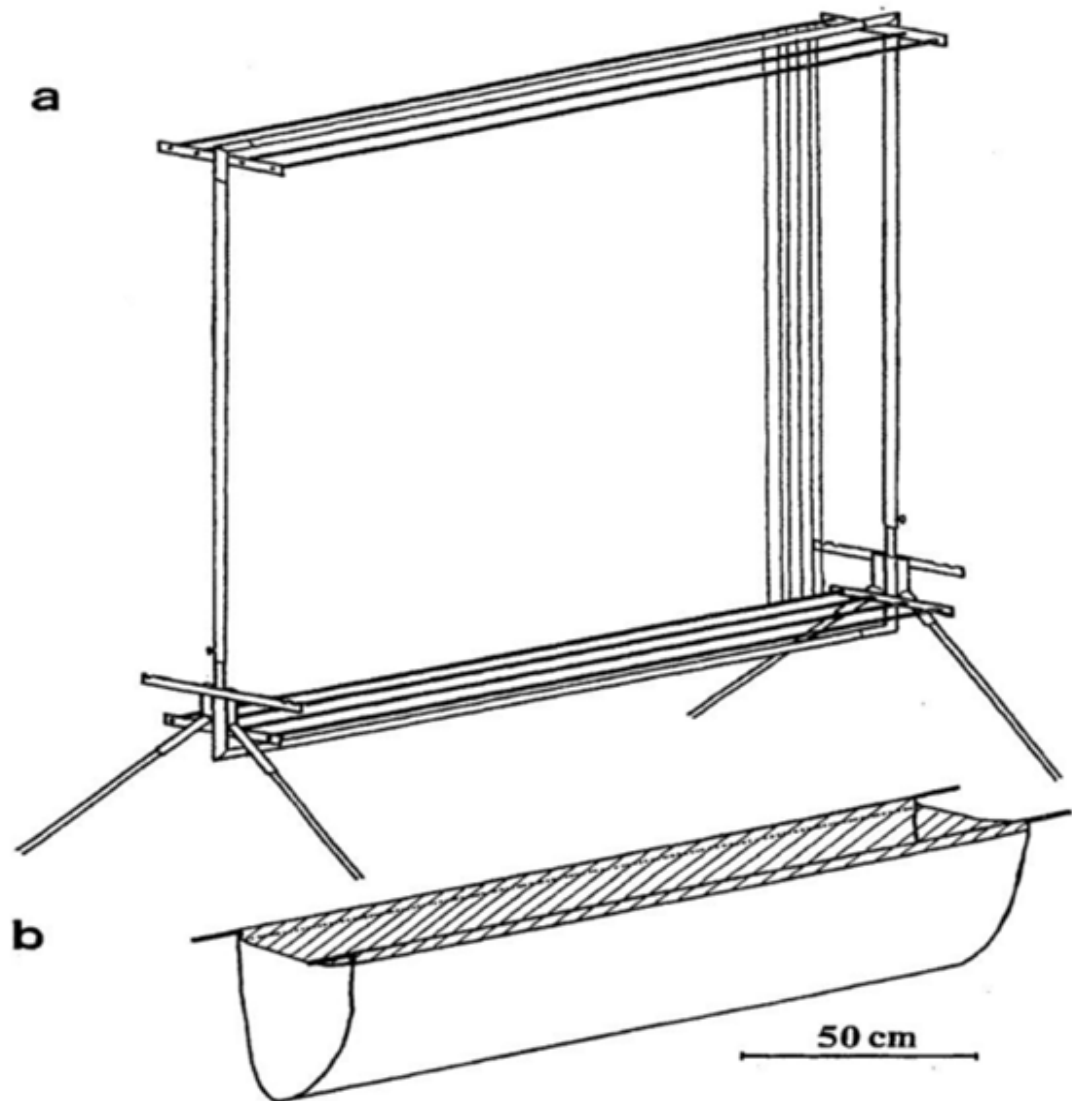


Figura 2. Dibujo de una trampa arpa de cuatro corridas. A) La trampa ensamblada; B) La manga de captura. La mayoría de los hilos verticales se omitieron para tener mayor claridad de la figura. El área achurrada en la manga indica una cubierta plástica usada para evitar que los murciélagos escapen. En operación, la manga queda suspendida de las barras con muescas que se observan en la parte baja de la trampa (Francis, 1989).

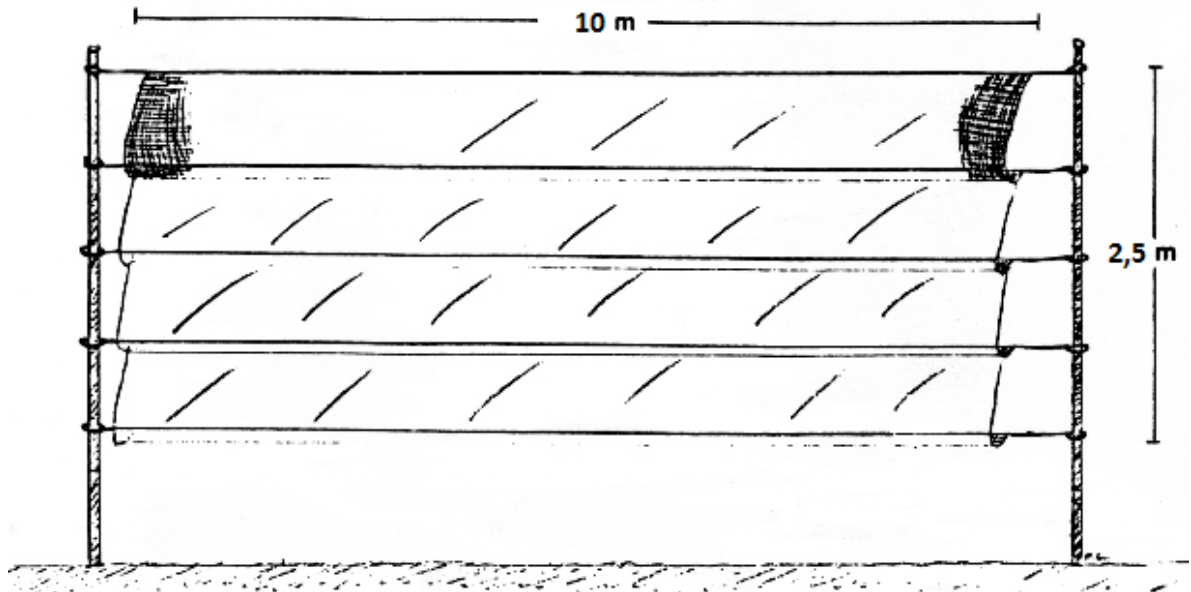


Figura 3. Diagrama de una red niebla instalada. La mayoría de los hilos que componen la malla se omitieron para tener mayor claridad de la figura (Francis, 1989).

Diseño experimental

Se efectuaron 6 campañas de muestreo de 2 noches cada una durante la temporada estival (Octubre a Marzo), totalizando 12 noches de muestreo en cada punto. Todas las campañas se realizaron hasta tres noches antes y tres noches después de la fase de luna llena, para evitar el efecto modulador de la fobia a la luz lunar en la actividad de los murciélagos (Saldaña-Vásquez y Munguía-Rosas, 2013).

En cada una de las campañas de terreno, durante la primera noche se evaluaron seis sitios con el detector ultrasónico, tres sitios con redes niebla y los tres restantes con trampas arpa. Durante la segunda noche, en los puntos evaluados con el método acústico la primera noche se aplicaron los métodos de captura; y los seis restantes se evaluaron con el detector ultrasónico. A lo largo de las campañas, en cada punto se alternaron los métodos de evaluación indirecta y directa de murciélagos para eliminar sesgos temporales. De esta manera, al final del levantamiento de información cada punto de muestreo contó con seis réplicas temporales del uso de equipos ultrasónicos y tres réplicas con cada método de captura.

Análisis de datos y análisis estadísticos

Estimación de la riqueza y abundancia de especies. Los métodos comparados según las estimaciones obtenidas por estos de riqueza o número de especies registradas, y según las estimaciones de abundancia relativa de las especies de murciélagos detectados fueron los siguientes:

Método acústico. Se grabó cada noche con el equipo EM3© (Wildlife Acoustics) durante 10 minutos en cada uno de los puntos que corresponda, en 3 oportunidades de forma aleatoria desde el atardecer hasta 6 horas después del mismo, coincidiendo con el período de máxima actividad de forrajeo de los murciélagos que se alimentan de insectos en vuelo (Kuenzi y Morrison, 2003). Con lo anterior, se totalizaron 30 minutos de monitoreo por noche en cada punto correspondiente a la aplicación de este método. Los archivos de audio se grabaron en formato WAV y el equipo se programó para comenzar y terminar automáticamente la grabación de un archivo cuando se cumplieran los siguientes parámetros: 18 decibeles (dB), 20 kHz y 0,1 segundo de duración. El micrófono se orientó hacia arriba con un ángulo de 45° respecto del suelo y se ubicó a 1,5m de éste (Weller y Zabel, 2002).

Los archivos generados se procesaron en el programa Kaleidoscope1.1.22 para poder ser analizados con el software Avisoft SASLab Lite, donde se seleccionaron los siguientes parámetros del espectrograma: frecuencia de muestreo 44,1 kHz, longitud de transformación rápida de Fourier (FFT) 256, ventana tipo Hamming y traslape del 75% (Barboza *et al.*, 2006; Galarza y Aguirre, 2006). Se eligieron para ser analizados todos los archivos que correspondieron efectivamente a llamadas de ecolocalización de murciélagos. De cada uno de éstos, se seleccionaron entre 2 y 5 pulsos cuya intensidad máxima fue 20 dB por sobre el nivel de ruido medido. A cada pulso se le midió de forma manual los parámetros de duración (tiempo entre el inicio y el final de un pulso, medido en milisegundos (ms) en el oscilograma), frecuencia inicial y final (medidas en el espectrograma), pendiente de la frecuencia modulada (diferencia entre la frecuencia inicial y la final, dividido por la duración del pulso) y frecuencia característica (frecuencia en kHz correspondiente a la máxima intensidad observada en el espectro de poder).

Para obtener la riqueza o número de especies registradas con el método acústico, cada llamada fue identificada a nivel de especie según sus parámetros acústicos mediante un análisis de función discriminante. Esta función se construyó con grabaciones de referencia para las especies potencialmente presentes en el área de estudio. Para este análisis se utilizaron las grabaciones obtenidas de los individuos capturados y los parámetros acústicos descritos en la literatura para las especies que no se capturaron durante el estudio (Ossa, 2010, Rodríguez-San Pedro y Simonetti, 2013b; O'Farrell *et al.*, 2000). La significancia estadística del modelo se probó mediante el análisis de la varianza (test de Wilks, $p < 0,001$) (McDonald, 2009).

Para la estimación de la abundancia o proporción de individuos registrados con el método acústico, se utilizó el Índice de Actividad (Walsh *et al.*, 2004). Este índice se construyó

contabilizando las llamadas o el número de archivos generados por hora en cada punto de muestreo, para cada una de las especies de murciélagos registrada en el punto. Luego, se calcula el promedio de llamadas por hora para cada especie de murciélago obteniendo un valor promedio por punto y con este valor se calcula el valor del índice para el área de estudio. Para evaluar las diferencias entre la abundancia estimada para cada especie se utilizó el análisis de la varianza no paramétrico (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,005$) (McDonald, 2009).

Métodos de captura. Las trampas arpa y redes-niebla se activaron 30 minutos después del atardecer y estuvieron activas durante un período de 6 horas continuas. En el caso de las trampas arpa se revisaron al finalizar el período de captura, en cambio, las redes de niebla se revisaron cada 20 minutos desde su activación (Galarza y Aguirre, 2006). Con los métodos de captura de trampas arpas y redes niebla se registró el número de individuos y especies capturadas. Para determinar la riqueza de especies registradas con cada método de captura, se identificó a cada individuo en terreno siguiendo la clave de identificación de Díaz y colaboradores (2011).

La abundancia relativa se estimó mediante el cálculo de la tasa de captura expresada como número de capturas por noche (Skalski y Robson, 1992) para cada método utilizado (trampas arpa y redes-niebla). Para evaluar diferencias significativas entre las estimaciones de abundancia por método de captura y especies registradas, se utilizó el análisis de la varianza multivariado (test de Wilks, $p > 0,05$) (McDonald, 2009). Todos los análisis estadísticos mencionados se realizaron con el programa Infostat (InfoStat, 2014).

Estimación de costos de aplicación de los métodos. Para estimarlos costos asociados a la aplicación de cada método, se consideró como tiempo de aplicación del mismo, la cantidad de noches que demoraron en registrar la máxima riqueza o número de especies obtenidas con cada uno de los métodos comparados en este estudio (Hourigan *et al.*, 2008). En base a este período de tiempo de aplicación, se calcularon los costos de arriendo de los equipos utilizados y las horas-hombre necesarias para la implementación de cada método en terreno y el posterior análisis de los datos obtenidos para la identificación de las especies registradas. Esto permitió determinar el costo de obtener la riqueza del ensamble de murciélagos para cada uno de los métodos según el máximo de especies que cada método logró registrar. Para hacer los valores comparables, se estandarizaron los costos de implementación y análisis durante el tiempo de aplicación de cada método, por la cantidad de noches durante la cual el método fue aplicado hasta obtener la máxima riqueza registrada.

Para calcular el valor de la hora-hombre, se utilizó la base de datos disponible en www.tusalario.org/chile, donde se indican los salarios promedio para cada tipo de profesional por país. Así, se eligió el tipo de ejecutor u operario necesario para desarrollarlas diferentes tareas en cada etapa de los métodos comparados, seleccionando el salario correspondiente y transformándolo a un valor de hora-profesional, considerando una jornada de 45 horas laborales semanales. Para calcular el valor de arriendo de los equipos

necesarios se promedió el valor de arriendo ofrecido por empresas chilenas a los equipos ocupados en este estudio o similares. En los casos donde no se encontró valores de referencia de arriendo de los equipos ocupados, se calculó el porcentaje del valor de arriendo sobre el valor de compra de los equipos para los casos donde sí se encontró valores de referencia, y ese porcentaje se aplicó al valor de compra de los equipos donde no se encontraron valores de arriendo en el mercado.

Sólo se encontró un valor de arriendo de referencia para un equipo acústico similar al usado en este estudio (<http://conserbat-chile.blogspot.cl/p/arriendo-de-equipos.html>). Este valor corresponde a un 5% del costo de compra del equipo ofrecido en arriendo, por lo que este porcentaje fue aplicado al valor de compra de las trampas arpa y las redes niebla, y se consideró como valor de arriendo ya que no se encontró en el mercado algún valor de arriendo como referencia para dichos equipos.

Para las tareas asociadas a los tiempos de implementación de los métodos, se consideró que estas podían ser ejecutadas por técnicos veterinarios o técnicos agrícolas. De manera que se seleccionaron y promediaron de la base de datos, los salarios para las categorías “Técnico y asistente veterinario” y “Técnico agrónomo”. Para las tareas asociadas al análisis de los datos se consideró el mismo tipo de ejecutor mencionado anteriormente en el caso de los métodos de captura, a diferencia del muestreo acústico donde el análisis de los archivos de las llamadas de ecolocalización de los murciélagos requiere de la participación de un profesional especialista. En este caso se seleccionaron y promediaron de la base de datos los salarios correspondientes a las categorías “Investigador: ciencias naturales y biología” y “Biólogo”.

El valor promedio de honorario mensual de un “Técnico y asistente veterinario” y un “Técnico agrónomo” fue de \$510.535, mientras que para un “Investigador: ciencias naturales y biología” y un “Biólogo” fue de \$938.638 promedio, según lo registrado en www.tusalario.org/chile. Estos valores llevados a un cálculo por hora resultaron en \$2.836 y de \$5.215 respectivamente.

Los métodos de captura requieren del trabajo simultáneo de dos personas en terreno, necesitando el doble de horas-profesional de implementación respecto del método acústico. Se determinó un tiempo de 10 horas para el análisis acústico de las grabaciones obtenidas las tres noches. En cambio, se estableció un tiempo marginal de 0,1 horas de análisis de las muestras obtenidas en terreno por los métodos de captura, ya que la identificación de la especies de los individuos capturados fue simple de realizar.

Características del sitio. Se midió la cobertura vegetal y la distancia a cuerpos de agua de los puntos evaluados, para utilizar estas variables como co-variables en los análisis y evaluar el efecto de las características del sitio sobre los resultados obtenidos con cada método de evaluación. De esta manera se determinó la existencia de algún sesgo metodológico en la implementación de los métodos comparados.

La cobertura vegetal a los costados del camino en el punto de muestreo se evaluó mediante dos transectos de 12 m de largo, perpendiculares al borde del camino (Figura 4). En los puntos de intercepto se registraron los distintos estratos vegetacionales cada 1 m, usando una vara de 2,5 m de alto. Además, se estimó la cobertura sobre el camino con un transecto de 12 m de largo por el centro del camino (Figura 4). En este transecto se estimó el grado de cobertura del dosel con un Tubo Vertical de Cobertura (Fiala *et al.*, 2006), estimando visualmente cuanto porcentaje del área del cilindro se cubre con dosel. Con esta información se realizó el análisis de correlación entre las variables del sitio y la riqueza y abundancia de quirópteros obtenidas con los distintos métodos de muestreo (Gough *et al.*, 1994).

Para la evaluación del efecto de la distancia a los distintos cuerpos de agua, se agruparon los puntos de muestreo en dos categorías: <100 m y >100 m de cualquier cuerpo de agua. Luego mediante un análisis de tabla de contingencia ($p < 0,05$) (Kalinkina, 2011) se estableció la existencia de diferencias entre la abundancia de las especies registradas por los distintos métodos comparados, según el criterio de clasificación de la distancia a los cuerpos de agua. Todos los análisis estadísticos mencionados se realizaron con el programa Infostat (InfoStat, 2014).

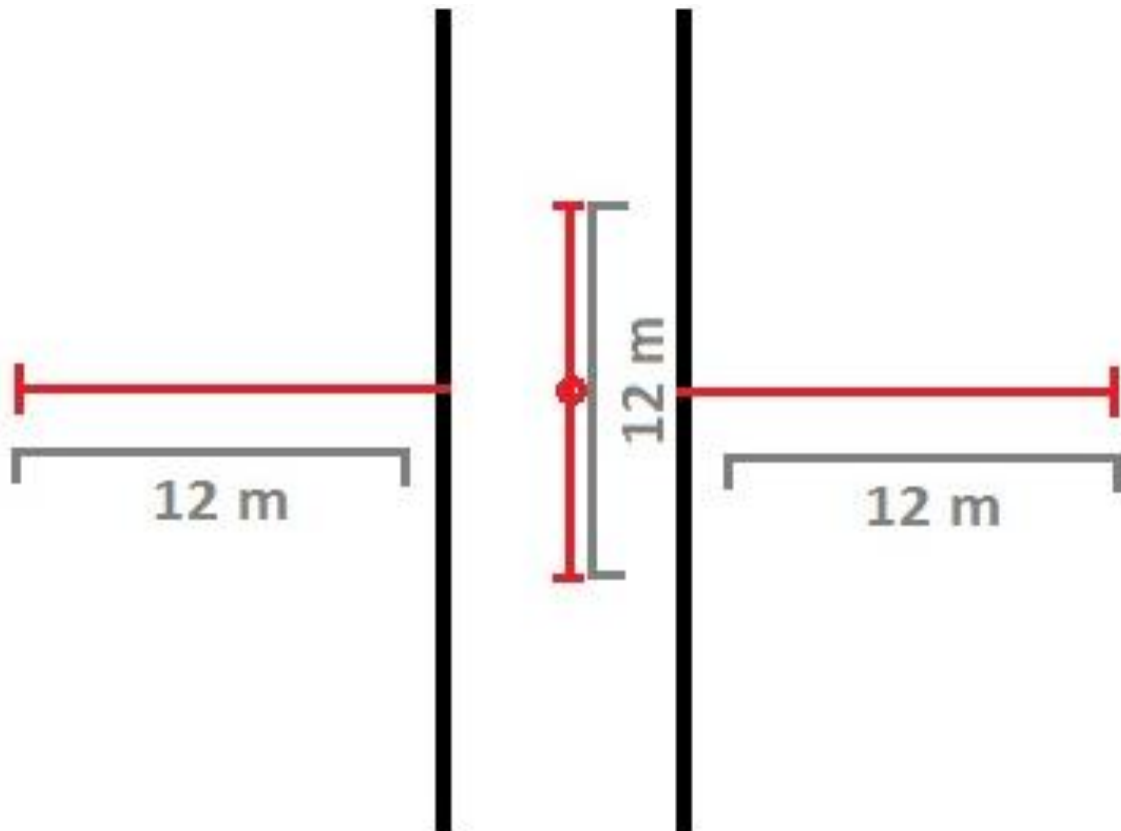


Figura 4. Esquema de la evaluación vegetal en los sitio de muestreo. Las líneas negras indican los bordes del camino y las líneas rojas los transectos.

Comparación del método acústico con los métodos de captura

Para establecer las diferencias y particularidades de cada método utilizado en este trabajo, se comparó la riqueza o el número de especies detectadas por cada uno de los métodos, y la proporción entre la riqueza o número de especies detectadas por métodos, y la riqueza o número de especies esperadas para el área de estudio, que según Díaz *et al.* (2002) corresponde a 6 especies. Además se comparó el número de sitios de muestreo en donde cada método registró la presencia de murciélagos, respecto del total de sitios muestreados en el área de estudio. Con esto se determinó cuál de los métodos fue más efectivo.

De igual forma, se comparó la abundancia relativa o proporción de registros por especie de archivos de grabación o individuos capturados, según sea el caso, de cada uno de los métodos evaluados, sólo para las especies que fueron detectadas por cada uno de los tres métodos comparados en este estudio.

También se comparó el costo por noche de aplicación de los métodos evaluados, es decir, el costo de arriendo de los equipos utilizados y las horas-hombre necesarias para la implementación de cada método en terreno y el posterior análisis de los datos obtenidos para la identificación de las especies registradas. Así se evaluó cuál fue el método más barato o menos costoso de aplicar. Además, se calculó el costo por especie identificada por noche de muestreo, según la riqueza máxima registrada por cada método. Con este análisis se determinó el método más eficiente. En el caso de los métodos de captura se estableció el costo por individuo capturados por noche de muestreo.

Finalmente, se compararon las relaciones detectadas entre la abundancia estimada para las especies de murciélagos registradas por los distintos métodos y las características del sitio de evaluación.

RESULTADOS

Estimación de la riqueza y abundancia de quirópteros

Método acústico

Durante las campañas realizadas se obtuvieron 33,2 horas efectivas de registros acústicos y se grabaron 6.911 archivos. Del total de grabaciones, se identificaron 710 archivos como posibles llamadas para ser analizados. De éstos, 330 se clasificaron como llamadas efectivas de ecolocación de alguna especie de quiróptero, que permitieron registrar la presencia de murciélagos en los 12 puntos evaluados en el área de estudio. La frecuencia media de grabación de archivos fue de $9,6 \pm 2,0$ archivos/hora de muestreo.

El análisis de función discriminante se construyó en base a las grabaciones de los individuos capturados durante este estudio (para *Lasiurus varius* y *Myotis chiloensis*) y llamadas de referencias bibliográficas para el resto de las especies no capturadas (Rodríguez-San Pedro y Simonetti, 2013b; Vargas-Rodríguez *et al.*, 2014). Esta clasificación presentó un error de un 9,07% en la asignación de las especies y el modelo fue estadísticamente significativo (MANOVA Wilks 0,01; $F= 149,75$; $p<0,001$). Los dos primeros ejes discriminantes explicaron un 99,84% de la variación y la clasificación de los registros acústicos permitió identificar la presencia de las 6 especies potenciales de murciélagos presentes en el área de estudio (Figura 5).

De acuerdo a las ponderaciones, las variables que contribuyeron más a la capacidad discriminante de la función fueron en orden decreciente: duración (ms), la frecuencia final (kHz) y la frecuencia inicial (kHz) (Cuadro2).

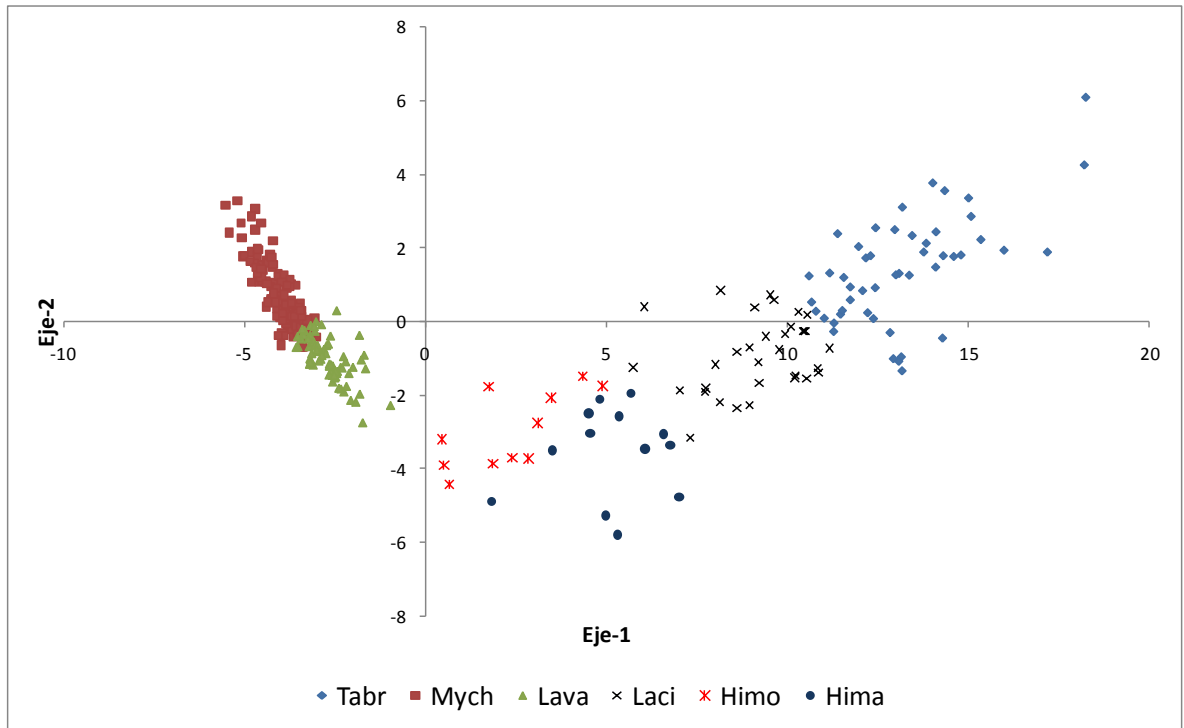


Figura 5. Gráfico del análisis de función discriminante de las llamadas de *Tadarida brasiliensis* (Tabr), *Myotis chiloensis* (Mych), *Lasiurus varius* (Lava), *Lasiurus cinereus* (Laci), *Histiotus montanus* (Himo) e *Histiotus macrotus* (Hima).

Cuadro2. Coeficientes de las variables acústicas.

Variables	Coeficientes estandarizados	
	Eje 1	Eje 2
Duración	0,85	0,77
Frecuencia inicial	-0,72	-0,47
Frecuencia final	-0,77	0,50
Pendiente	0,52	0,25
Frecuencia máxima	-0,11	0,16

Las comparaciones múltiples del Índice de Actividad de la especies de murciélagos presentaron diferencias significativas (Kruskal-Wallis $H = 20,88$; $p < 0,005$) (Cuadro 3). Se observa que *Myotis chiloensis* y *Lasiurus varius* presentaron los valores más altos de Índice de Actividad, no presentando diferencias significativas entre ellas. Por otro lado, el resto de las especies presentó valores menores de Índice de Actividad.

Cuadro 3. Índice de Actividad acústica por especie.

Especie	N° de archivos identificados	Proporción	Índice de Actividad (± EE)
<i>Tadarida brasiliensis</i>	46	0.14	8,5 (± 3,68) ^{ab}
<i>Myotis chiloensis</i>	172	0.52	29,25 (± 8,63) ^c
<i>Lasiurus varius</i>	65	0.20	11,33 (± 3,64) ^{bc}
<i>Lasiurus cinereus</i>	29	0.09	5,08 (± 1,77) ^{ab}
<i>Histiotus macrotus</i>	11	0.03	2,25 (± 1,24) ^a
<i>Histiotus montanus</i>	7	0.02	1,17 (± 0,53) ^a

(Kruskal-Wallis H = 20,88; p < 0,005. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas.)

Muestreo mediante capturas

Luego del período de muestreo se totalizaron 432 horas de captura efectivas, 216 horas con cada método. Se capturó un total de 42 individuos pertenecientes a dos de las seis especies esperadas para el área de estudio (Cuadro 4).

Cuadro 4. Número de individuos capturados y tasas de captura por especie y método.

Especie	Trampa arpa	Redes niebla	Total	Trampa Arpa (Tasa de captura ± EE)	Red-Niebla (Tasa de captura ± EE)
<i>Myotis chiloensis</i>	30	9	39	0,875 (± 0,55)	0,25 (± 0,17)
<i>Lasiurus varius</i>	1	2	3	0,03 (± 0,03)	0,06 (± 0,06)
Total	31	11	42	0,451 (± 0,40)	0,153 (± 0,13)

(MANOVA Wilks, p>0,05. No se evidenciaron diferencias significativas)

Las capturas ocurrieron en seis de los doce puntos (50%) de muestreo en el área de estudio. En tres de estos puntos las capturas se lograron solamente con uno de los métodos, en dos puntos con trampa arpa, y en uno con redes niebla. En los tres restantes, se capturaron individuos con ambos métodos.

Aunque el número de capturas fue mayor con trampas arpa que con redes-niebla, la comparación de las tasas de captura (Cuadro 4) entre los métodos no evidenció diferencias significativas entre métodos (MANOVA Wilks 0,98; F = 1,05; p = 0,311), ni entre especies capturadas (MANOVA Wilks 0,93; F = 3,20; p = 0,081).

Estimación de costo de aplicación de los métodos

Todos los métodos demoraron 2 noches en alcanzar la máxima riqueza o número de especies registradas con cada método, por lo que el cálculo del costo de arriendo de equipos y horas-hombre necesarias para la implementación en terreno y análisis de los datos obtenidos, fue considerando 2 noches de aplicación. El costo total por noche (equipamiento, implementación y análisis) para las redes niebla fue de 5,06 UF, siendo el método más barato. El muestreo acústico resultó un 49% más caro y las trampas arpa un 94% más costosa (Cuadro 5).

Cuadro 5. Costos de aplicación de los métodos comparados.

Método de muestreo/Ítem	Muestreo acústico	Trampas arpa	Redes niebla
Costo de arriendo del equipo (UF)	3,51	5,85	1,05
Costo de personal necesario			
Horas-profesional de implementación (h)	18	36	36
Tiempo de análisis de datos (h)	10	0,1	0,1
Costo de implementación por noche (UF)	1.99	3.98	3.98
Costo del análisis por noche (UF)	2.03	0.02	0.02
Costo total por noche en UF (equipos + implementación + análisis)	7,54	9.86	5,06

Características del sitio

En el caso del monitoreo acústico, la especie *Tadarida brasiliensis* fue la única que presentó una correlación significativa con alguna de las variables de estructura vegetal evaluadas (Cuadro 6). En este caso, el índice mostró correlación negativa con la cobertura de vegetación alrededor del sitio de evaluación, es decir, que a mayor cobertura vegetal en el entorno del punto de muestreo, menor el número de grabaciones por hora registrados.

En relación al efecto de la distancia a los distintos cuerpos de agua presentes en el área de estudio, se observó que la mayoría de las especies presentaron un mayor Índice de Actividad en los puntos ubicados a menos de 100 m de algún cuerpo de agua y sólo para

Myotis chiloensis fue levemente superior en los cuerpos de agua ubicados a más de 100 m. Sin embargo, estas diferencias sólo fueron marginalmente significativas para las especies *Lasiurus cinereus* e *Histiotus montanus* (Cuadro 7).

Cuadro 6. Correlación entre el Índice de actividad y la cobertura vegetal.

Especie	Coeficiente de Correlación	
	Cobertura costado camino	Cobertura sobre camino
<i>Tadarida brasiliensis</i>	-0,58*	-0,45
<i>Myotis chiloensis</i>	-0,12	0,32
<i>Lasiurus varius</i>	-0,53	-0,32
<i>Lasiurus cinereus</i>	-0,43	-0,47
<i>Histiotus macrotus</i>	-0,38	-0,20
<i>Histiotus montanus</i>	-0,42	-0,46

*Indica correlación estadísticamente significativa ($p < 0,05$).

Cuadro 7. Índice de Actividad promedio (\pm EE) de las especies de murciélagos según distancia al cuerpo de agua más cercano.

Especie	Distancia a un cuerpo de agua		
	<100 m	> 100 m	<i>p</i>
<i>Tadarida brasiliensis</i>	13,7 (\pm 5,60)	1,2 (\pm 0,80)	0,093
<i>Myotis chiloensis</i>	27,3 (\pm 12,82)	32,0 (\pm 11,95)	0,802
<i>Lasiurus varius</i>	15,9 (\pm 5,32)	5,0 (\pm 3,29)	0,149
<i>Lasiurus cinereus</i>	7,7 (\pm 2,59)	1,4 (\pm 0,87)	0,076
<i>Histiotus macrotus</i>	3,1 (\pm 2,08)	1,0 (\pm 0,63)	0,419
<i>Histiotus montanus</i>	2,0 (\pm 0,79)	0,0 (\pm 0,00)	0,060

(*p* indica valor de significancia, $p < 0,05$)

En los métodos de evaluación mediante capturas, en ambos métodos la especie *Myotis chiloensis* presentó una correlación positiva con la presencia de cobertura vegetal en el dosel (Cuadro 8). El bajo número de sitios con capturas no permitió la evaluación del efecto de la distancia a cuerpos de agua de los sitios evaluados en las tasas de captura.

Cuadro 8. Correlación entre la tasa de captura de *M. chiloensis* y la cobertura vegetal.

Método de Captura	Coeficiente de correlación de Pearson	
	Cobertura costado camino	Cobertura sobre camino
Trampa Arpa	0,40	0,77*
Red-Niebla	0,30	0,73*

*Indica correlación estadísticamente significativa ($p < 0,05$).

Método acústico versus métodos de capturas

El muestreo acústico generó el inventario completo de la comunidad de murciélagos esperada para el área de estudio de 6 especies, siendo así el método más efectivo. Por el contrario, ambos métodos de captura fallaron en capturar el 67% de las especies de quirópteros esperada para el área de estudio, ya que por sí solos ambos métodos registraron las mismas 2 especies. Además, en cuanto a la detección de la presencia de quirópteros, el método acústico registró su presencia en el 100% de los sitios de muestreo, mientras que la captura mediante trampas arpa y redes-niebla sólo registraron la presencia de murciélagos en un 42% y 33% de los puntos, respectivamente.

En cuanto a las estimaciones de abundancia, los datos sólo permitieron comparar los resultados para las únicas especies registradas con todos los métodos: *Myotis chiloensis* y *Lasiurus varius*. Al graficar las proporciones de los registros obtenidos en el monitoreo acústico y en ambos métodos de captura para estas especies, se observa que todos los métodos determinan una mayor abundancia de *Myotis chiloensis* por sobre *Lasiurus varius* (Figura 6). Sin embargo, las magnitudes de esta diferencia en la proporción de los registros variaron según el método utilizado, siendo menor la diferencia registrada por el método acústico que por los métodos de captura. Las trampa arpa presentaron para *Myotis chiloensis* y *Lasiurus varius* valores de un 97% y 3% de los registros respectivamente. En cambio, las redes-niebla presentaron un 82% y un 18% de los registros para cada una de las especies mencionadas.

Al considerar los costos totales por cada especie que pudo identificar cada método, observamos que el muestreo acústico es el menos costoso con un valor de 3,77 UF por especie identificada, siendo así el método más eficiente (Cuadro 9). Las redes niebla resultaron ser un 103% más caras y las trampas arpa un 296% más costosa la identificación de cada especie capturada por dicho método. Al comparar entre los métodos de captura, vemos que el método con trampas arpa es 1,95 veces más costoso que con las redes niebla. Sin embargo, el costo de cada individuo capturado resulta un 45% más barato con las trampas arpa que con las redes niebla, dado que las trampas arpa capturaron 2,81 veces más individuos que las redes niebla.

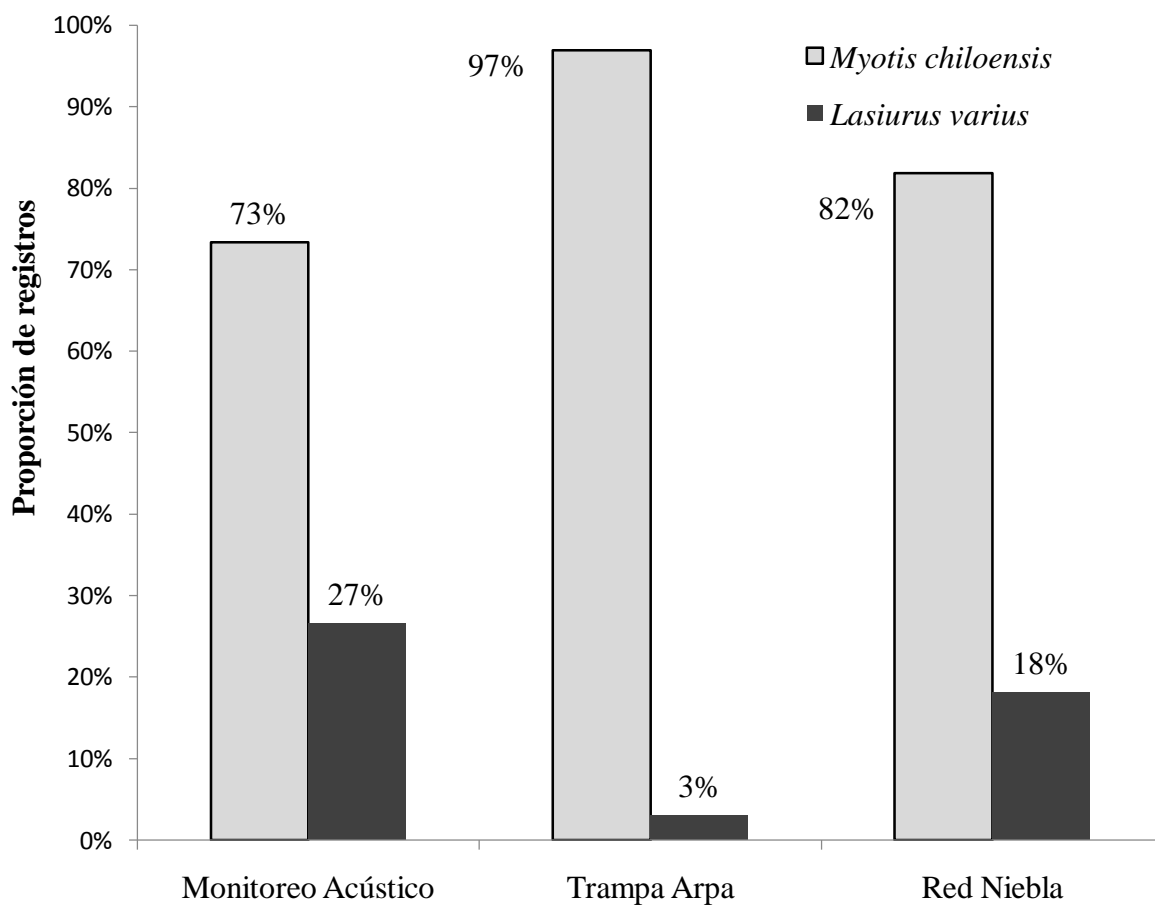


Figura 6. Proporción de registros acústicos y de captura por especie.

Cuadro 9. Costo de identificar una especie y de capturar un individuo

Costo especie identificada \ Método de muestreo	Muestreo acústico	Trampas arpa	Redes niebla
Número de especies identificadas	6	2	2
Costo por especie identificada por noche (UF)	3,77	14,94	7,66
Número de individuos capturados	-	31	11
Costo por individuo capturado por noche (UF)	-	0,32	0,46

Según las características del sitio, con el muestreo acústico se encontró una correlación negativa significativa entre el Índice de Actividad de la especie *Tadarida brasiliensis* con la cobertura vegetal al costado del camino. Esta situación no pudo ser evaluada mediante los métodos de captura, ya que no se capturaron individuos de dicha especie. De la misma forma, la correlación positiva y significativa observada entre la tasa de captura de la especie *Myotis chiloensis* y la cobertura vegetal por sobre el camino, no se pudo determinar al comparar la cobertura con el Índice de Actividad de tal especie.

En cuanto a los efectos de los cuerpos de agua, el muestreo acústico mostró diferencias para *Lasiurus cinereus* y *Histiotus montanus*, situación que no se vio reflejada en los métodos de captura ya que no se capturaron individuos de estas especies.

Finalmente, desde una perspectiva logística, es posible mencionar que a diferencia del método acústico que sólo requiere de una persona para su aplicación en terreno, los métodos de captura necesitan dos personas para la instalación de las trampas arpa o de la redes niebla según sea el caso. Respecto de la calificación o capacitación necesaria del personal en terreno, en todos los métodos es suficiente con técnicos para la operación de las herramientas necesarias para la aplicación de los mismos. Sin embargo, luego de realizadas las grabaciones en terreno, el método acústico requiere de un profesional para poder asignar las grabaciones a alguna de las posibles especies, ya que es necesario el uso de herramientas estadísticas.

DISCUSIÓN

Mediante el muestreo acústico se registró la totalidad de las especies de murciélagos potencialmente presentes en el área de estudio, mientras que con los métodos de captura sólo fue posible registrar un tercio de éstas. Este patrón comparativo, donde el muestreo acústico registra un mayor porcentaje de especies que los métodos de captura, se ha observado en otros estudios que han evaluado dichos métodos (O'Farrell y Gannon, 1999; MacSwiney *et al.*, 2008).

El número de archivos de grabación por hora registrado durante el muestreo acústico (9,6 grabaciones/hora) fue similar al obtenido por Ossa (2010) con 10,05 grabaciones/hora en la Reserva Río Clarillo, ubicada dentro de la misma comuna de este estudio. La duración promedio de los pulsos de las llamadas fue el parámetro acústico que mejor discriminó las grabaciones de las llamadas de ecolocalización, resultado que coincide con lo observado por otros autores (Ossa, 2010; Rodríguez-San Pedro y Simonetti, 2013b).

Los problemas de clasificación de las llamadas se encuentran principalmente entre las especies *Myotis chiloensis* y *Lasiurus varius*, ya que las características de sus llamadas se traslapan en varios de sus atributos dificultando su diferenciación (Rodríguez-San Pedro y Simonetti, 2013b). Esto podría deberse a que ambas especies habitan en el mismo tipo de ambiente, entre la vegetación del bosque bajo el dosel, y/o porque ambas se alimentan de insectos del mismo tamaño y comportamiento, produciéndose una convergencia en ambas especies a ecolocalizar de la misma forma para explotar el mismo recurso (Ossa *et al.*, 2010; Rodríguez-San Pedro y Simonetti, 2014).

Las especies que el monitoreo acústico sí detectó y que no pudieron ser capturadas (*Tadarida brasiliensis*, *Lasiurus cinereus*, *Histiotus montanus* e *Histiotus macrotus*), tienen la característica de volar a gran altura por sobre el dosel o en espacio abiertos (Canals *et al.*, 2005). Además, presentan alas un poco más largas que el promedio de los quirópteros, con forma ligeramente redondeada que les permite un vuelo rápido y energéticamente económico (Norberg y Rayner, 1987), en espacios no obstruidos como son sus lugares de forrajeo de insectos o de migración (McCracken *et al.*, 2008). De manera que la probabilidad de que fueran capturados por alguna de las redes o trampas arpa sería bastante baja, en comparación con aquellas especies que se desplazan a la altura de las trampas.

Respecto a la abundancia de las especies registradas, el Índice de Actividad por especie estimado mediante el muestreo acústico reveló resultados disímiles a los encontrados por Ossa (2010) en la Reserva Río Clarillo. Allí se registró que el 86% de las llamadas

correspondió a *Myotis chiloensis* y entre un 4 y 5% al resto de las especies esperadas, mientras que en este estudio del total de llamadas grabadas, un 52% correspondió a *Myotis chiloensis*, 20% a *Lasiurus varius*, 14% a *Tadarida brasiliensis* y entre 2 y 9% al resto de las especies. Esta diferencia podría estar dada por la distinta temporalidad considerada en ambos trabajos, ya que Ossa (2010) evaluó la actividad de murciélagos durante otoño y primavera, o por sesgos asociados a los diferentes equipos acústicos empleados al realizar las grabaciones (Adams *et al.*, 2012), ya que utilizó un equipo marca Pettersson ® modelo D240X.

En cuanto a las especies capturadas, si bien no se encontraron diferencias significativas entre el número de capturas con trampas arpa y redes-niebla, sí se registró un mayor número de capturas con las trampas arpa. Esta tendencia ha sido descrita por otros autores que han comparado estos métodos, evidenciando que en general las trampas arpa son más efectivas en las capturas que las redes niebla (LaVal y Fitch, 1977; Tidemann y Woodside, 1987; Francis, 1989). La razón sería que para los murciélagos es más fácil detectar una red niebla que posee hilos horizontales y verticales, que una trampa arpa que solo tiene hilos verticales (Berry *et al.*, 2004). Sin embargo, también se ha reportado que algunas especies han sido capturadas exclusivamente con redes-niebla (LaVal y Fitch, 1977; MacSwiney *et al.*, 2008).

Al comparar la abundancia estimada de las dos especies de murciélagos que los distintos métodos coincidieron en detectar (*Myotis chiloensis* y *Lasiurus varius*), se observó un patrón similar entre los resultados. Actualmente el Índice de Actividad es ampliamente usado como un índice de abundancia relativa y en algunos casos se ha probado que existen frecuencias relativas similares entre métodos de captura y muestreo acústico (Johnson *et al.*, 2008). Sin embargo, la relación entre éstos parámetros está escasamente documentada (Kalko *et al.*, 2008), de manera que es importante considerar los diferentes sesgos asociados a cada uno de los métodos cuando se establecen relaciones directas entre ambos resultados, ya que podrían inducir a conclusiones erróneas respecto de las características de un ensamble de murciélagos dado (Law *et al.*, 1998; Hopkins, 2004).

Desde la perspectiva de los costos, resulta llamativo que el método de captura mediante trampas arpa, método específico para evaluar murciélagos, sea el más caro de los tres métodos al comparar el costo total por noche de muestreo. Las diferencias con los otros métodos se explican por el elevado costo del equipamiento, en comparación con las redes niebla, y una baja detección de las especies potenciales si contrastamos con el muestreo acústico donde en la evaluación resultó que las trampas arpa son un 296% más costosas por especie identificada. Este resultado coincide con otros trabajos que han determinado que las trampas arpa son hasta un 845% más costosas que el muestreo acústico por especie

identificada (Hourigan *et al.*, 2008). Por otro lado, al comparar el costo de cada individuo capturado por las trampas arpa y las redes niebla, las trampas arpa resultan un 20% más baratas gracias a que éstas capturaron un 181% más de individuos que las redes niebla.

Aunque las redes niebla son en el método menos costoso por noche de muestreo, es el muestreo acústico el más barato al estandarizar por especie detectada, similar a lo encontrado por Hourigan *et al.*(2008). Esto se explica por la diferencia en la detección de especies que tiene el método acústico en comparación con los de captura. Los costos del análisis de los archivos de grabación de las llamadas de ecolocalización, no serían suficientes como para restarle eficiencia al método en el costo involucrado en la identificación de cada especie detectada.

Del punto de vista logístico, los métodos de captura resultan más complejos en terreno porque necesitan dos personas para el traslado e instalación de equipos, a diferencia del monitoreo acústico que sólo requiere de una. Sin embargo, este último requiere de un mayor tiempo de análisis de la información obtenida en terreno que debe ser realizado por un profesional especialista. Esto resulta relevante según la rapidez con la cual es necesario requerir de los datos de riqueza de un sitio dado, y según si existe la disponibilidad de un profesional para el análisis de las grabaciones del método acústico. Si bien estas limitantes pudieran parecer poco importantes para la elección de un método por sobre otro, en realidad pueden *a priori* descartar alguno de los métodos por lo anteriormente expuesto.

En la evaluación de las características de los sitios de muestreo con cada una de las especies, *Tadarida brasiliensis* presentó una correlación negativa significativa entre el Índice de Actividad y la cobertura lateral de vegetación. Se ha descrito que esta especie se desplaza y forrajea en espacios abiertos alejados de la vegetación y del suelo (Schnitzler y Kalko, 2001; Rodríguez-San Pedro y Simonetti, 2013a), pudiendo explicarse así los resultados obtenidos. La ausencia de capturas de esta especie no permitió evaluar la existencia de esta relación por parte de los otros métodos comparados.

Por otro lado, *Myotis chiloensis* presentó una correlación positiva significativa entre las tasas de captura y la presencia de vegetación por sobre los puntos de muestreo, pero no se observó el mismo resultado entre el Índice de Actividad de la especie y la presencia de vegetación al costado o por sobre el punto de muestreo. Es probable que esta diferencia se deba a que la instalación de la trampa arpa o red niebla debe hacerse con la intención de bloquear un área por la cual los murciélagos podrían atravesar volando, y tratando que la vegetación circundante ayude a guiar o forzar el vuelo de los individuos hacia la trampa para incrementar el éxito de captura (Vonhof, 2002). De manera que en este caso la

relación positiva de *Myotis chiloensis* con la vegetación sobre el camino podría deberse al “efecto embudo” de la vegetación que lleva a los individuos directo a ser capturados.

Respecto a no detectar la relación entre *Myotis chiloensis* y la cobertura vegetal mediante el método acústico, este resultado contrasta con otros estudios acústicos que determinaron que la actividad de forrajeo de esta especie, se concentra significativamente en bordes de parches de vegetación y en la zona interior de bosques y plantaciones forestales (Rodríguez-San Pedro y Simonetti, 2013a, Rodríguez-San Pedro y Simonetti, 2015), ambientes similares a las condiciones evaluadas en este estudio. Al considerar la fisionomía de la especie, con sus alas cortas y redondeadas, sumado a su ecolocación de frecuencia modulada (Ossa *et al.*, 2010), estas características le permitirían forrajear en espacios cerrados por la vegetación (Schnitzler *et al.*, 2003). Sin embargo, parece ser que la actividad de *Myotis chiloensis* en espacios más abiertos es suficiente como para no encontrar diferencias con ambientes con mayor cobertura vegetal en zonas mediterráneas.

La mayor actividad acústica de *Lasiurus cinereus* en los puntos cercanos a cuerpos de agua, podría deberse a que estos sitios ofrecen zonas de vuelo sin obstáculos, que soportan altas cantidades de insectos que son presas de esta especie. *Lasiurus cinereus* posee una alta carga alar (proporción entre el peso del individuo y la superficie de sus alas) y relación de aspecto (razón entre el ancho y alto de las alas), lo que indica que está fuertemente adaptado para un vuelo veloz y poco maniobrable (Barclay, 1986). Observaciones confirman individuos volando rápidamente en línea recta en áreas abiertas, persiguiendo insectos desde largas distancias (Belwood y Fullard, 1984, Barclay, 1985). Sin embargo, la relación de la actividad de esta especie con cuerpos de agua debe explorarse mejor, ya que otros autores han observado una relación contraria al resultado de este estudio (Johnson *et al.*, 2008).

En el caso de *Histiopus montanus*, se ha registrado en espacios abiertos (Giménez *et al.*, 2012), en el borde e interior de plantaciones adultas de pino y cercana a instalaciones humanas (Rodríguez-San Pedro y Simonetti, 2013a; Meynard *et al.*, 2014), donde buscaría insectos que habitan sobre la superficie del follaje (Sánchez, 2011). De manera que al igual que *Lasiurus cinereus*, resulta necesario evaluar mejor esta relación para probar que esta especie se podría asociar a la presencia de cuerpos de agua, por lo menos en ecosistemas mediterráneos.

Finalmente, el muestreo acústico resultó ser el método más eficiente en el costo por cada especie detectada y el único método que logró registrar el total de especies potenciales para el área de estudio. Actualmente el Servicio Agrícola y Ganadero (2012) declara que el uso

de las redes nieblas corresponde a la metodología adecuada para la evaluación de quirópteros. Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio muestran que el muestreo acústico podría ser una alternativa efectiva y costo eficiente por sí sola (Hourigan *et al.*, 2008; MacSwiney *et al.*, 2008), o que también podría ser considerada como complementaria a los métodos de captura tradicionales (Flaquer *et al.*, 2007; Lintott *et al.*, 2013). De manera que parece recomendable considerar el uso del muestreo acústico dentro de los lineamientos de la autoridad ambiental para las evaluaciones de los murciélagos en la zona central de Chile.

CONCLUSIONES

En términos de la estimación de la riqueza de murciélagos, el muestreo acústico registró la totalidad de las especies potencialmente presentes en el área de estudio, mientras que los métodos de captura sólo permitieron registrar un 33,3% de la riqueza potencial. Esto sugiere que las evaluaciones realizadas sólo con métodos de captura estarían subestimando la riqueza de murciélagos en ambientes mediterráneos de Chile central.

La abundancia relativa de murciélagos muestra resultados similares entre los métodos evaluados, sin embargo, es necesario considerar además la expresión del Índice de Actividad y de las tasas de capturas como índices de abundancia relativa, y la relación entre el Índice de Actividad y las tasas de captura con trampas arpa y redes niebla.

La eficiencia mostrada por el método acústico en el costo por especie identificada podría justificar la elección de este método en las futuras evaluaciones de poblaciones de quirópteros, aunque las redes nieblas resultaron ser el método menos costoso por noche de muestreo.

Al no encontrarse las mismas relaciones entre los resultados de cada método y las características del sitio donde se aplicó, podría además ser necesario observar los resultados desde la perspectiva de los sesgos propios de los equipos usados y la ecología de cada una de las especies que habitan el área en estudio.

Si bien la complementariedad de los métodos de evaluación de la comunidad de quirópteros puede arrojar variadas aproximaciones de las características de una población, el uso del método acústico aparece como suficiente para evaluar la riqueza de los murciélagos de Chile central.

BIBLIOGRAFÍA

Adams, A. M., M. K. Jantzen; R. M. Hamilton; y M. B. Fenton. 2012. Do you hear what I hear? Implications of detector selection for acoustic monitoring of bats. *Methods in Ecology and Evolution* 3:992–998.

Adams, M. D.; B.S. Law y K. O. French. 2009. Vegetation structure influences the vertical stratification of open- and edge-space aerial-foraging bats in harvested forests. *Forest Ecology and Management* 258: 2090–2100.

Barboza, K.; L.F. Aguirre y E.K.V. Kalko. 2006. Protocolo estandarizado para obtener el registro y el análisis de las llamadas emitidas por murciélagos. *Ciencia y tecnología* 5: 9-13.

Barclay, R. M. R. 1985. Long- versus short-range foraging strategies of hoary (*Lasiurus cinereus*) and silver-haired (*Lasionycteris noctivagans*) bats and the consequences for prey selection. *Canadian Journal of Zoology* 63: 2507-25 15.

Barclay, R. M. R. 1986. The echolocation calls of hoary (*Lasiurus cinereus*) and silver-haired (*Lasionycteris noctivagans*) bats as adaptations for long- versus short-range foraging strategies and the consequences for prey selection. *Canadian Journal of Zoology* 64: 2700-2705.

Belwood, J. J. y J. H. Fullard. 1984. Echolocation and foraging behavior in the Hawaiian hoary bat, *Lasiurus cinereus semotus*. *Canadian Journal of Zoology* 62: 2113-2120.

Canals, M.; M. Grossi; J. Iriarte-Díaz y C. Veloso. 2005. Biomechanical and ecological relationships of wing morphology of eight Chilean bats. *Revista Chilena de Historia Natural* 78: 215-227.

CMN (Consejo de Monumentos Nacionales), Chile. 2010. Santuarios de la Naturaleza de Chile. Santiago, Chile: CNM. 144 p.

Decreto N° 1977. Declara Santuario de la Naturaleza el predio denominado Las Torcasas de Pirque, ubicado en la comuna de Pirque, provincia Cordillera, región Metropolitana. [en línea]. 11 de octubre de 2007. Santiago, Chile: 03 de diciembre de 2007. Recuperado en: <<http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=267079>> Consultado el: 26 de enero de 2015.

InfoStat. 2014. [en línea]. Córdoba, Argentina: Di Rienzo J.A.; F.Casanoves; M.G.Balzarini; L.Gonzalez; M.Tablada y C.W. Robledo. Recuperado en: <<http://www.infostat.com.ar>> Consultado el: 30 de julio de 2014

Dirección Meteorológica de Chile. 2010. Anuario climatológico 2010. Santiago, Chile. 92 páginas.

Díaz I. A.; C. Sarmiento; L. Ulloa; R. Moreira; R. Navia; E. Véliz y C. Peña. 2002 Vertebrados terrestres de la Reserva Nacional Río Clarillo, Chile central: representatividad y conservación. *Revista Chilena de Historia Natural* 75: 433-448.

Díaz M. M.; L. F. Aguirre y R. M. Bárquez. 2011. Clave de identificación de los murciélagos del cono sur de Sudamérica. Centro de Estudios en Biología Teórica Aplicada. Cochabamba, Bolivia. 94 p.

Escobar, M. A. H.; N. Vidal; D. De La Fuente y J. A. Abarca. 2015. Incorporación de los murciélagos en la evaluación ambiental de parques eólicos y líneas de transmisión eléctrica en Chile: ¿mito ó realidad? *Gestión Ambiental* 29:11-22

Fiala, A. C. S.; S. L. Garman y A. N. Gray. 2006. Comparison of five canopy cover estimation techniques in the western Oregon Cascades. *Forest Ecology and Management* 232: 188-197.

Flaquer, C.; I. Torre, y A. Arrizabla. 2007. Comparison of sampling methods for inventory of bat communities. *Journal of Mammalogy* 88(2): 526-533.

Francis, C. 1989. A comparison of mist nets and two designs of harp traps for capturing bats. *Journal of Mammalogy* 70(4): 865-870.

Gajardo, R. 1994. La Vegetación Natural de Chile: clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 165 p.

Galarza M.I. y L.F. Aguirre (Eds.) 2006. Métodos estandarizados para el estudio de murciélagos en Bosques Montanos. BIOTA. Cochabamba, Bolivia.

Galaz J. y J. Yáñez. 2006. Los Murciélagos de Chile: Guía para su reconocimiento. Ediciones del Centro de Ecología Aplicada. Santiago, Chile. 80 páginas.

- Giménez, A. L.; N. P. Giannini; M. I. Schiaffini y G. M. Martin. 2012. New record of the rare *Histiotus magellanicus* (Chiroptera, Vespertilionidae) and others bats from central Patagonia, Argentina. *Mastozoología Neotropical* 19(2): 213-224p.
- Gough, L.; J. B. Grace y K. L. Taylor. 1994. The relationship between species richness and community biomass: the importance of environmental variables. *Oikos* 70: 271-279p.
- Griffin D. R. 2004. The past and future history of bat detectors. En: Brigham, R; E. Kalko; G. Jones; S: Parsons; y H. Lumpens (eds.). Bat Echolocation Research: tools, techniques and analysis. Bat Conservation International. Austin, Texas. 167 p.
- Hopkins C. 2004. A comparison of acoustics and capture methods as means of assessing bat diversity and activity in Honduras. Tesis Máster en Ciencias. Leeds, U.K.: University of Leeds. 39 p.
- Hourigan C. L.; C. P. Catterall; D. Jones y M. Rhodes. 2008 A comparison of the effectiveness of bat detectors and harp traps for surveying bats in an urban landscape. *Wildlife Research* 35: 768-774.
- Joshua B. J.; J. E. Gates y W. M. Ford. 2008. Distribution and activity of bats at local and landscape scales within a rural-urban gradient. *Urban Ecosystems* 11: 227-242.
- Kalinkina N. M. 2011. Relationship between hydrobiological and hydrochemical parameters of lakes of Karelia as influenced by their geological characteristics. *Proceedings of the 8th International Scientific and Practical Conference* 11: 352-355p.
- Kalko, E. K. V.; S.E. Villegas; M. Schmidt; M. Wegmann y C. F. J. Meyer. 2008. Flying high - assessing the use of the aerosphere by bats. *Integrative and Comparative Biology* 48: 60-73.
- Korine C. y B. Pinshow. 2004. Guild structure, foraging space use, and distribution in a community of insectivorous bats in the Negev Desert. *Journal of Zoology* 262: 187-196.
- Kuenzi A. J. y M. L. Morrison. 1998. Detection of Bats by Mist-Nets and Ultrasonic Sensors. *Wildlife Society Bulletin* 26: 307-311.
- Kuenzi, A. J. y M. L. Morrison. 2003. Temporal patterns of bat activity in southern Arizona. *The Journal of Wildlife Management* 67: 52-64.

- Kunz, T. H. y C. Brock. 1975. A comparison of mist nets and ultrasonic detectors for monitoring flight activity of bats. *Journal of Mammalogy*. 56(4): 907-911.
- Kunz, T. H. y A. Kurta. 1988. Capture methods and holding devices. En: Kunz, T. H. 1988. Ecological and behavioral methods for the study of bats. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. 533 pp.
- Kunz T. H. 2003. Censusing bats: Challenges, solutions, and sampling biases. En: O'Shea, T.J. y M.A. Bogan. 2003. Monitoring trends in bat populations of the United States and territories: Problems and prospects. U.S. Geological Survey, Biological Resources Discipline, Information and Technology Report. (USGS/BRD/ITR-2003-0003). E.E.U.U.: USGS. 274 p.
- Kunz, T.H. y L.F. Lumsden. 2003. Ecology of cavity and foliage roosting bats. En: Kunz, T.H. y M.B. Fenton, (Eds.). Bat Ecology. University of Chicago
- Lacki M. J.; J. P. Hayes y A. Kurta (eds.). 2007. Bats in forests: conservation and management. Baltimore, MD: Johns Hopkins University. 329 pp.
- Law B.; J. Anderson y M. Chidel. 1998. A bat survey in State Forests on the south-west slopes region of New South Wales with suggestions of improvements for future surveys. *Australian Zoologist* 30(4): 467-479.
- Lewis, S.E. 1995. Roost fidelity of bats: A review. *Journal of Mammalogy* 76:481-496.
- Lintott P. R.; E. Fuentes-Montemayor; D. Goulson y K. J. Park. 2013. Testing the effectiveness of surveying techniques in determining bat community composition within woodland. *Wildlife Research* 40: 675-684p.
- MacSwiney M. C.; F. M. Clarke y P. Racey. 2008. What you see is not what you get: the role of ultrasonic detectors in increasing inventory completeness in Neotropical bat assemblages. *Journal of applied Ecology* 45:1364-1371.
- McCracken G.F.; E. Gillam; J. Westbrook; Y-F Lee; M. Jensen y B. Balsley. 2008. Brazilian free-tailed bats (*Tadarida brasiliensis*: *Molossidae*: *Chiroptera*) at high altitude: links to migratory insect populations. *Integrative & Comparative Biology* 48:107-118.
- McDonald J.H. 2009. Handbook of Biological Statistics (2nd ed.). Sparky House Publishing, Baltimore, Maryland. 291 p.

Meynard, C. N.; M. Soto-Gamboa; P. A. Heady III y W. F. Frick. 2014. Bats of the Chilean temperate rainforest: patterns of landscape use in a mosaic of native forests, eucalyptus plantations and grasslands within a South American biodiversity hotspot. *Biodiversity & Conservation* 23: 1949-1963

Miller B. 2002. Acoustics surveys and non-phylostomid neotropical bats: How effective are they? En: Brigham, R; E. Kalko; G. Jones; S: Parsons; y H. Lumpens (eds.). Bat Echolocation Research: tools, techniques and analysis. Bat Conservation International. Austin, Texas. 167 p.

Norberg U. M. y J. M. V. Rayner. 1987. Ecological morphology and flight in bats (*Mammalia, Chiroptera*) wing adaptations, flight performance, foraging strategy and echolocation. *Philosophical Transactions Royal Society of London B* 316: 335-427.

Nowak, R. 1994. Walker's Mammals of the World. 5ta edición. Baltimore, EEUU: Johns Hopkins University Press. 289 p.

O'Farrell, M. J. y W. L Gannon. 1999. A comparison of acoustic versus capture techniques for the inventory of bat. *Journal of Mammalogy* 80(1):24-30.

O'Farrell, M. J.; C. Corben y W. L. Gannon. 2000. Geographic variation in the echolocation calls of the hoary bat (*Lasiurus cinereus*). *Acta Chiropterologica* 2(2): 185-196.

O'Shea, T. J. y M. A. Bogan. 2003. Monitoring trends in bat populations of the United States and territories: Problems and prospects. U.S. Geological Survey, Biological Resources Discipline, Information and Technology Report (USGS/BRD/ITR-2003-0003). E.E.U.U.: USGS. 274 p.

Ossa, G. 2010. Métodos bioacústicos: una aproximación a la ecología de comunidades de murciélagos en las eco-regiones mediterránea y el bosque templado de Chile. Tesis Ingeniero Agrónomo, Especialidad Ciencias Animales. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Pontificia Universidad Católica de Chile. 143h.

Ossa, G.; J.T. Ibarra; K. Barboza; F. Hernández; N. Gálvez; J. Laker y C. Bonacic. 2010. Analysis of the echolocation calls and morphometry of a population of *Myotis chiloensis* (Waterhouse, 1838) from the southern Chilean temperate forest. *Ciencia e Investigación Agraria* 37(2): 131-139.

Pech-Canche J. M.; C. MacSwiney y E. Estrella. 2010. Importancia de los detectores ultrasónicos para mejorar los inventarios de murciélagos neotropicales. *Therya* 1:227-234.

Rodríguez-San Pedro A. y J. A. Simonetti. 2013a. Foraging Activity by Bats in a Fragmented Landscape Dominated by Exotic Pine Plantations in Central Chile. *Acta Chiropterologica* 15 (2): 393-398.

Rodríguez-San Pedro A. y J. A. Simonetti. 2013b. Acoustic identification of four species of bats (Order: *Chiroptera*) in central Chile. *Bioacoustics: The International Journal of Animal Sound and its Recording* 22(2): 165-172

Rodríguez-San Pedro A. y J. A. Simonetti. 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. y J. A. Simonetti. 2015. Does understory clutter reduce bat activity in forestry pine plantations? *European Journal of Wildlife Research* 61(1): 177-179

Russo D. y G. Jones. 2002. Identification of twenty-two bat species (*Mammalia: Chiroptera*) from Italy by analysis of time-expanded recordings of echolocation calls. *Journal of Zoology* 258: 91–103.

SAG (Servicio Agrícola y Ganadero). 2012. Guía de Evaluación Ambiental: Componente Ambiental Fauna Silvestre. Santiago, Chile. 29 p.

Saldaña-Vázquez R.A. y M.A. Munguía-Rosas. 2013. Lunar phobia in bats and its ecological correlates: A meta-analysis. *Mammalian Biology* 78 (3): 216-219.

Sánchez F. 2011. La heterogeneidad del paisaje del borde norte de Bogotá (Colombia) afecta la actividad de los murciélagos insectívoros. *Actualidad y divulgación científica*. 14(1): 71-80.

Schnitzler, H. U. y E. Kalko. 2001. Echolocation by insect-eating bats. *BioScience* 51(7):557-569.

Schnitzler, H. U.; C. F. Moss y A. Denzinger. 2003. From spatial orientation to food acquisition in echolocating bats. *Trends in Ecology and Evolution* 18: 386–394.

Skalski J. R. y D. S. Robson. 1992. Techniques for wildlife Investigations: Design and analysis of capture data. *Journal of mammalogy* 74 (1): 244-247

Switzer P. 1993. Site fidelity in predictable and unpredictable habits. *Evolutionary ecology* 7(6).533-555.

Vargas-Rodríguez, R.; A. Rodríguez-San Pedro y J. L. Allendes. 2014. Parque Cordillera Yerba Loca: un santuario para los murciélagos de la Región Metropolitana de Santiago, Chile. Trabajo presentado en el simposio “El desarrollo energético eólico y su impacto en los murciélagos de Latinoamérica y el Caribe: fundamentos para el establecimiento de lineamientos de evaluación de impactos en la RELCOM” realizado en el I COLAM, Quito, Ecuador.

Vonhof, M. 2002. Handbook of Inventory Methods and Standard Protocols for Surveying Bats in Alberta. Edmonton, Alberta: Alberta Environment Fisheries and Wildlife Management Division. 68 p.

Walsh, A.; R. Barclay y G. McCracken. 2004. Designing bat activity surveys for inventory and monitoring studies at local and regional scales. En: Brigham, R; E. Kalko; G. Jones; S. Parsons; y H. Lumpens (eds.). Bat Echolocation Research: tools, techniques and analysis. Bat Conservation International. Austin, Texas. 167 p.

Webala, P. W.; M. D. Craig; B. S. Law; K. N. Armstrong; A. F. Wayne y J. S. Bradley. 2011. Bat habitat use in logged jarrah eucalypt forests of south-western Australia. *Journal of Applied Ecology* 48: 398–406.

Weller T. J. y C. J. Zabel. 2002. Variation in bat detections due to detector orientation in a forest. *Wildlife Society Bulletin* 30: 922–930.

Weller, T. J. 2007. Assessing population status of bats in forests: challenges and opportunities. (cap. 10, pp. 263-291) En: Lacki M. J.; J. P. Hayes y A. Kurta (eds.). Bats in forests: Conservation and Management. Baltimore, MD: Johns Hopkins University. 329 pp.

Wilkins, K. 1989. *Tadarida brasiliensis*. *Mammalian species* 331: 1-10.

Whitby M. D. 2012. Evaluating the effectiveness of three acoustic monitoring techniques for landscape level bat population monitoring. Tesis Máster en Ciencias. Indiana, E.E.U.U.: BallStateUniversity. 81 p.