

Estudio de caso:

Fomento del servicio ecosistémico de control de plagas por parte de murciélagos en el predio “El Almendral” de Paine



Corredores Biológicos
de **Montaña**
Proyecto GEF

Julio 2021



Estudio de caso basado en investigación encargada a:

MSc. Ignacio Fernández Latapiat
Myotis Chile



Edición:

Equipo Proyecto GEF Corredores Biológicos de Montaña (GEFSEC ID 5135).

Financiado por:

Proyecto GEFSEC ID 5135 *“Protegiendo la Biodiversidad y Múltiples Servicios Ecosistémicos en Corredores Biológicos de Montaña, en el Ecosistema Mediterráneo de Chile”*. Ministerio del Medio Ambiente - ONU Medio Ambiente (2016-2022).

Citar como:

MMA - ONU Medio Ambiente. 2021. *Estudio de Caso: Fomento del servicio ecosistémico de control de plagas por parte de murciélagos en el predio “El Almendral” de Paine*. Basado en investigación encargada a: MSc. Ignacio Fernández Latapiat, Myotis Chile. Financiado en el marco del proyecto GEFSEC ID 5135 Ministerio del Medio Ambiente - ONU Medio Ambiente. Santiago, Chile. 47pp.

Foto de portada superior: Caseta para murciélago en predio El Almendral, Sofía Flores.

Foto de portada inferior: Plantación de almendros en predio El Almendral, Sofía Flores.



Índice de contenidos

1. Resumen ejecutivo.....	6
2. Introducción	7
3. Objetivos	8
3.1. Objetivo general.....	8
3.2. Objetivos específicos	8
4. Área de estudio.....	8
5. Metodología	11
5.1. Caracterización del ensamble de murciélagos y uso del ambiente.....	11
5.1.1. Recopilación de antecedentes bibliográficos.....	11
5.1.2. Estudio de línea base.....	12
5.1.2.1. Transectas nocturnas, estaciones de escucha y redes niebla	12
5.2. Medidas de manejo e instalación de estructuras.....	17
5.2.1. Exclusión de las colonias existentes en inmuebles	17
5.2.2. Instalación de casetas para murciélagos.....	17
5.2.2.1. Características de las casetas para murciélagos y su instalación.....	18
5.3. Servicio de control de plagas que prestan los murciélagos	19
5.3.1. Indicador de alimentación de los murciélagos	19
6. Resultados y su análisis.....	21
6.1. Descripción del ensamble de quirópteros del Predio El Almendral	21
6.1.1. Riqueza de especies de murciélagos y su actividad en distintos ambientes	23
6.1.2. Áreas de alimentación y rutas de vuelo	27
6.2. Exclusión de quirópteros desde la casa patronal	28
6.3. Instalación de casetas para propiciar el establecimiento de los murciélagos.....	31
6.4. Aporte potencial del servicio de control de plagas que prestan los murciélagos.	33
6.4.1. Monitoreo de alimentación de los murciélagos	33
7. Conclusiones y discusión	41
8. Recomendaciones para el cuidado de las casetas	43
9. Referencias bibliográficas	45

Índice de cuadros

Cuadro 1. Calendario de monitoreos mensuales de alimentación de murciélagos.....	20
Cuadro 2. Quirópteros presentes la Región Metropolitana y potencialmente en el área de estudio.	22
Cuadro 3. Especies registradas en el área de estudio.	23
Cuadro 4. Número de llamadas por especie para cada ambiente.	26
Cuadro 5. Monitoreo mensual de alimentación de murciélagos en Tranque bosque y Tranque valle	36

Índice de figuras

Figura 1. Área de estudio, predio El Almendral.....	9
Figura 2. Ambiente de bosque esclerófilo.....	10
Figura 3. Ambiente de plantación	10
Figura 4. Ambiente mixto	11
Figura 5. Ubicación de las metodologías de línea base en el Predio El Almendral.....	12
Figura 6. Proceso de grabación de ecolocaciones de murciélagos durante el estudio de línea base.....	14
Figura 7. Espectrograma de una secuencia de alimentación de <i>Myotis chiloensis</i>	15
Figura 8. Espectrograma de una llamada de búsqueda de <i>Tadarida brasiliensis</i>	15
Figura 9. Proceso de instalación de las redes niebla en el ambiente de plantación.....	16
Figura 10. Caseta plana para murciélagos. a) dimensiones y manera de construirla; (b) caseta armada donde se señala el tipo de anclaje a un muro o árbol.	19
Figura 11. Revisión de EIAs en áreas de 10 kilómetros a la redonda en torno al Predio El Almendral.	22
Figura 12. Porcentaje de llamadas registradas según especie.	24
Figura 13. Porcentaje de llamadas registradas según ambiente.	25
Figura 14. Porcentaje de llamadas por especie para cada ambiente.....	26
Figura 15. Áreas de alimentación de quirópteros (áreas en rojo) y rutas de vuelo (líneas blancas).....	28
Figura 16. Inmuebles donde se inspeccionó presencia de colonias de murciélagos. a) casa patronal; b) parroquia.	29
Figura 17. Individuo de <i>Myotis chiloensis</i> saliendo de la casa patronal.	29
Figura 18. Una de las salidas de la colonia, donde se observa el raspado a la pintura ocasionado por las uñas de los murciélagos cuando se agarran del muro al momento de volver a la colonia.	30

Figura 19. Distribución de las 10 casetas para murciélagos instaladas en el Predio El Almendral.	31
Figura 20. Instalación de caseta para murciélagos. a) proceso de instalación; b) caseta instalada.	32
Figura 21. Ejemplar de murciélago descansando dentro de la Caseta7.	33
Figura 22. Ubicación de Tranque bosque y Tranque valle.	34
Figura 23. Tranque bosque	34
Figura 24. Tranque valle	35
Figura 25. Cantidad de pulsos de alimentación en el Tranque bosque y Tranque valle dentro de la primera hora de actividad.....	37
Figura 26. Número de pulsos de alimentación en Tranque bosque y Tranque valle durante los meses de monitoreo	38
Figura 27. Riqueza de especies identificadas en Tranque bosque y Tranque valle durante los meses de monitoreo.	40

1. Resumen ejecutivo

Los quirópteros están presentes en todo Chile excepto en campos de hielo y algunas islas oceánicas. Estos mamíferos se han adaptado a vivir tanto en ambientes urbanos como en naturales. Estudios han indicado que los ambientes naturales o manejados con mayor diversidad vegetal son los que presentan mayor actividad de quirópteros. Esta presencia está en gran medida modelada por la disponibilidad de insectos. No obstante, se puede promover la presencia y establecimiento de quirópteros por ejemplo utilizando casetas para murciélagos. Estas estructuras son pequeñas construcciones que emulan las condiciones naturales que tienen los murciélagos dentro de un árbol hueco o en el entretecho de una casa, entregando seguridad, tranquilidad y una adecuada temperatura para el descanso.

El Proyecto GEF Corredores Biológicos de Montaña, en el marco del desarrollo de pilotos demostrativos, busca abordar el beneficio del establecimiento de colonias de murciélagos para el control de insectos que pudiesen ser perjudiciales para la agricultura. En este contexto, se invitó a Myotis Chile a participar en el piloto *“Fomento del servicio ecosistémico de control de plagas por parte de murciélagos en el predio El Almendral”*, el cual pretendió propiciar el aumento de este servicio de manera indirecta al incentivar la presencia de murciélagos por medio de la colonización de casetas.

Dentro de los objetivos específicos se contempló: i) Caracterizar el ensamble de murciélagos nativos y describir la utilización del ambiente por parte de estos; ii) Propiciar el establecimiento de los murciélagos en los alrededores de las plantaciones del predio por medio de la instalación de infraestructura; y iii) Describir el aporte potencial del servicio de control de plagas que prestan los murciélagos.

Se realizó un estudio de línea base, que por medio de transectas, estaciones de escucha y redes niebla, pudo detectar cuatro especies (*T. brasiliensis*, *M. chiloensis*, *H. macrotus* y *L. varius*) de las seis descritas para la región. Se identificaron áreas de alimentación de quirópteros, correspondiendo las más relevantes a dos tranques destinados al regadío.

Se hizo una exclusión pasiva de una colonia de murciélagos que habitaba el frontis de la casa patral. Este manejo fue exitoso y se realizó a inicios de la primavera, en un momento que era seguro para los murciélagos, de manera que estos tuviesen tiempo de poder ocupar otros refugios alternativos. Por otro lado, se instalaron diez casetas para murciélagos en las cercanías a las áreas de alimentación, revisando mensualmente su ocupación. Hasta la última revisión, en septiembre 2020, no se detectó colonización de las casetas, pero sí la utilización temporal por parte de un individuo en junio 2020.

Se realizó un monitoreo mensual durante siete meses en dos de las áreas de alimentación, Tranque bosque y Tranque valle, registrando los pulsos de alimentación durante una hora dividida en 12 intervalos de 5 minutos. Si bien no se pudo realizar inferencias estadísticas,

sí se logró identificar ciertos patrones. Los picos de alimentación en ambos tranques se registraron en los intervalos cinco y ocho. No se detectó alimentación en los meses de mayo y agosto en ambos tranques, en tanto que los meses con mayor alimentación fueron diciembre y abril para el Tranque bosque y enero y septiembre para el Tranque valle. La riqueza de especies también varió, registrándose solo una especie (*T. brasiliensis*) alimentándose en el Tranque valle, en tanto que en Tranque bosque se registró alimentación de las cuatro especies identificadas en la línea base más una quinta especie (*L. villosissimus*). La mayor riqueza de quirópteros estaría asociada a la mayor diversidad de especies vegetales e insectos, encontrándose más especies de murciélagos en el bosque esclerófilo comparado con la plantación. Si bien la actividad de alimentación se concentra en los cuerpos de agua, no puede descartarse que exista alimentación en el resto del predio, pudiendo los murciélagos alimentarse del remante de insectos que sobreviva a la aplicación de pesticidas. Además, los murciélagos presentes en el bosque mantienen el equilibrio ecológico en el ecosistema, actuando como barrera o agente preventivo de potenciales plagas que puedan ingresar a la plantación.

2. Introducción

En términos generales, a múltiples escalas espaciales, la diversidad del hábitat se asocia con una mayor biodiversidad (Gardner, 1996; Donald *et al.*, 2001; Robinson y Sutherland, 2002). Esto es probablemente el resultado tanto de la interacción entre taxones como de las influencias positivas que puedan ejercer los diversos hábitats en estos (Benton *et al.*, 2003). Así, por ejemplo, la alta diversidad de plantas puede promover una mayor diversidad de insectos, que a su vez pueden atraer diversas especies de aves y murciélagos que se alimenten de ellos (Galbraith, 1988; Jonsen y Fahrig, 1997; Benton *et al.*, 2003). Según lo expuesto, la abundancia de especies animales está ligada a la composición vegetal, por lo que, siguiendo este argumento, estén entendible que las áreas cultivadas estén pobremente representadas en biodiversidad. Esta condición podría abordarse mediante ciertas técnicas de manejo y enriquecimiento ambiental en zonas agrícolas, de manera de promover el establecimiento de especies claves, como los murciélagos, que además aportan al control de insectos dañinos para la agricultura.

El Proyecto GEF Corredores Biológicos de Montaña, busca consolidar iniciativas público-privadas que busca contribuir al desarrollo de iniciativas público-privadas que permitan la conservación de la biodiversidad y protejan o potencien los beneficios que nos entregan las montañas, fortaleciendo el rol de los municipios, mejorando los incentivos productivos del Estado a quienes intervienen la montaña, protegiendo su biodiversidad, y estableciendo un sistema de monitoreo permanente de nuestros ecosistemas de montaña, todo esto en la Región Metropolitana de Santiago y parte de la Región de Valparaíso. En esta zona existe un ecosistema mediterráneo que posee uno de los hábitats más singulares respecto a la

flora y fauna a nivel mundial, y que proporciona múltiples beneficios ecosistémicos tales como provisión de agua, polinización, formación de suelo, recreación, entre otros.

Dentro del marco de este proyecto, se encargó a Myotis Chile realizar el presente estudio, que entre otras cosas pretendió propiciar el establecimiento de colonias de murciélagos para el control de insectos que pudiesen ser perjudiciales para la agricultura.

En este informe se describen las actividades realizadas desde septiembre 2019 a septiembre 2020, correspondientes al estudio de línea base en el predio El Almendral de Paine, instalación de casetas para murciélagos, monitoreo de alimentación y al manejo de una colonia mixta ubicada en la casona patronal de este predio.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Determinar la contribución de casetas para murciélagos al servicio ecosistémico de control biológico de plagas, que realizan estas especies, en las plantaciones del predio El Almendral de Paine.

3.2. Objetivos específicos

- a) Caracterizar el ensamble de murciélagos nativos y describir la utilización del ambiente por parte de estos.
- b) Propiciar el establecimiento de los murciélagos en los alrededores de las plantaciones del predio por medio de la instalación de infraestructura.
- c) Describir el aporte potencial del servicio de control de plagas que prestan los murciélagos.

4. Área de estudio

El área de estudio corresponde al predio El Almendral (Figura 1), terreno agrícola ubicado en la comuna de Paine, Región Metropolitana de Santiago, de aproximadamente 1.125 ha.

Para efectos del presente estudio, se identifican en el predio los siguientes ambientes (ver ubicación en Figura 1):

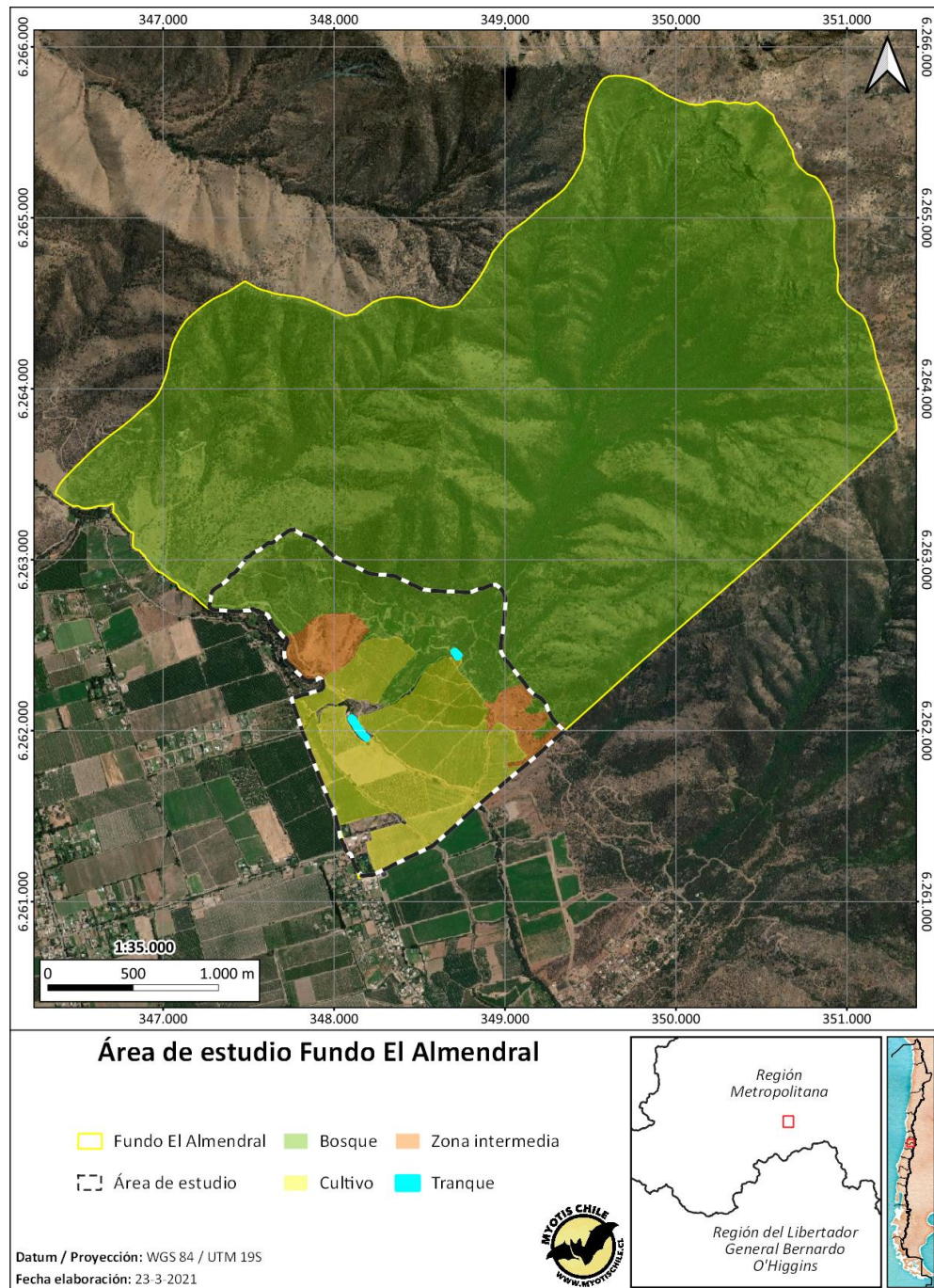


Figura 1. Área de estudio, predio El Almendral.

- **Ambiente de bosque esclerófilo:** Esta zona (Figura 2) se encuentra al noreste y es la más extensa del área de estudio, siendo de aproximadamente 1.006 ha. Corresponde a la ladera de cerro, y posee manchones de bosque esclerófilo maduro. La presente consultoría optó por monitorear los lugares donde hubiese caminos y accesos, privilegiando la ubicación de transectas en la parte baja de la ladera que están ubicadas en el bosque nativo.



Figura 2. Ambiente de bosque esclerófilo
Fotografía: Ignacio Fernández

- **Ambiente de plantación:** Esta zona (Figura 3) se encuentra al sur y es la segunda más grande del predio, siendo de unas 100 ha aproximadamente. Está compuesta principalmente por plantaciones de paltos y almendros, las cuales están delimitadas y por ende no se entremezclan.



Figura 3. Ambiente de plantación
Fotografía: Ignacio Fernández

- **Ambiente mixto:** Este es el más pequeño de los ambientes de estudio (Figura 4), con aproximadamente 22,5 ha. Está compuesto por dos parches ubicados entre los ambientes de bosque y plantación, y posee una composición vegetal conspicua, degradada y con una alta actividad antrópica. Allí se observa un matorral bajo y una restauración inicial de bosque nativo esclerófilo de baja altura, existiendo una pendiente bastante pronunciada. Debido a estas características, las actividades de este estudio se realizan obligadamente solo por los caminos ya establecidos.



Figura 4. Ambiente mixto
Fotografía: Ignacio Fernández

5. Metodología

5.1. Caracterización del ensamble de murciélagos y uso del ambiente

5.1.1. Recopilación de antecedentes bibliográficos

Para identificar las especies de quirópteros¹ presentes en el área de estudio, se revisó bibliografía y publicaciones científicas relevantes a la quiropteroфаuna presente en la Región Metropolitana de Santiago. Complementariamente, se revisaron todos los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) presentados en la región disponibles en el sitio web del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), seleccionando los EIAs ubicados en un radio de 10 kilómetros alrededor del predio. Se definió este radio ya que es una distancia razonable en la cual una colonia de machos de *Tadarida brasiliensis* puede desplazarse para poder alimentarse, en tanto que está muy por encima de la extensión utilizada por una colonia de hembras de

¹ Quirópteros: Grupo de especies que pertenece al orden Chiroptera. Nombre que se le da a los murciélagos

Myotis sp., las que no se desplazan más de 400 m. a la redonda desde su área de refugio (Shelldon *et al.*, 2009). Además, la extensión del radio también permitió incluir mayor cantidad de EIAs en la revisión, ya que existe un bajo número de estos dentro del área de estudio.

5.1.2. Estudio de línea base

Este estudio persiguió levantar información de las especies presentes en el área de estudio y el uso que le dan al ambiente. Dado ello, primero se diferenció la composición vegetal del área de estudio, identificándose tres ambientes: ambiente de bosque esclerófilo, ambiente de plantación y ambiente mixto (ver en 4. Área de estudio). Con ello se pudo definir la metodología y las actividades, las cuales se desarrollaron durante seis noches o campañas de terreno llevadas a cabo entre el 15 y 18 de octubre y el 5 y 7 de noviembre del 2019.

5.1.2.1. Transectas nocturnas, estaciones de escucha y redes niebla

Estas metodologías permiten cuantificar la composición y niveles de actividad del ensamble de quirópteros presente en el área de estudio. Se realizan dentro de las primeras tres horas desde el crepúsculo, debido a que en este período de tiempo es cuando ocurre el pico de actividad, y por tanto indicaría los lugares que los murciélagos utilizan para forrajear². Sus ubicaciones dentro de los tres ambientes se pueden revisar en la Figura 5.

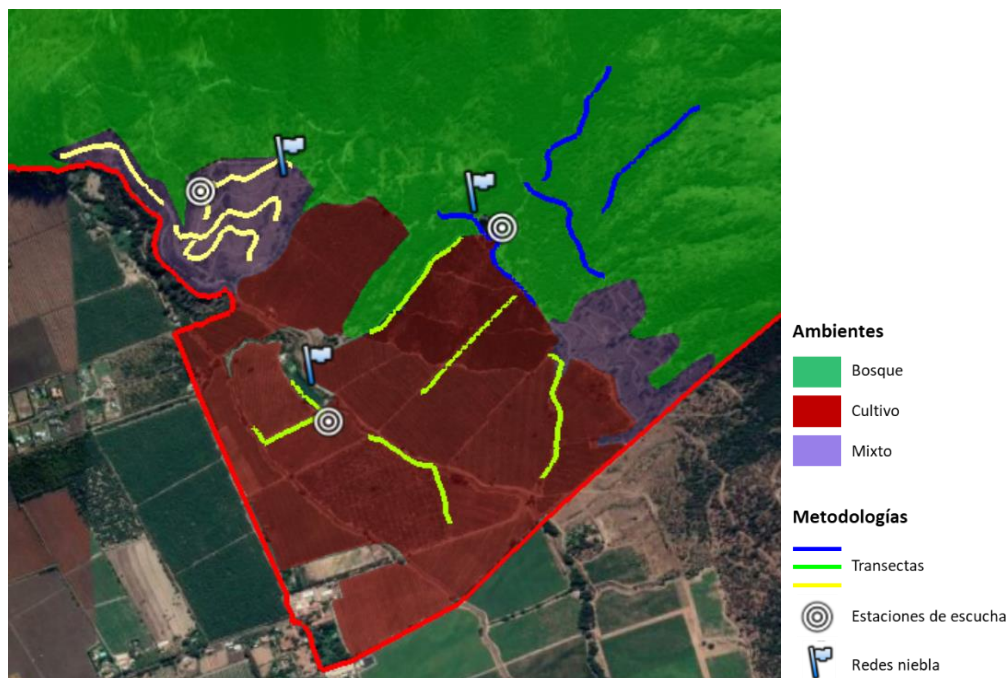


Figura 5. Ubicación de las metodologías de línea base en el predio El Almendral.

² Forrajeo: Búsqueda de alimentos por parte de la fauna silvestre.

Una **transecta** es un recorrido en que, de manera sistemática, se cuantifica la ocurrencia de algún evento (detección de llamados de quirópteros). Ya que los quirópteros son de hábito estrictamente crepuscular-nocturno, y pueden volar a alturas superiores a los 40 m, su observación directa es difícil y poco confiable para efectos de la estructuración de un programa de investigación. Por ello, para el muestreo de este grupo zoológico se recurre a la escucha de los sonidos que emiten para orientarse (denominadas “ecolocaliones³”). Estos sonidos se emiten en el espectro de ultrasonido por tanto no son audibles para el ser humano. Por esta razón, es necesario recurrir a equipos detectores de ultrasonido (“*Bat detector*”; Petterson M500-384) y programas especializados en ultrasonido (Kaleidoscope) que los reciben, los transforman y los grafican, de manera que el investigador pueda realizar la identificación del registro hasta el nivel taxonómico de especie. Cada evento (llamada de murciélago) grabado se georreferenció, de manera de poder tener el registro del lugar de grabación. En cada evento de grabación se trató de identificar la llamada como:

- **Pasada** (cuando solo se registra una secuencia de ecolocalión única)
- **Alimentación** (cuando se registran pulsos de alimentación o *Feeding Buzz en inglés*)
- **Actividad** (registro de múltiples pasadas, pero sin llamadas de alimentación en un corto lapsus de tiempo).

Las transectas se realizaron independientemente para los tres ambientes del área de estudio, realizándose cuatro por ambiente (Figura 5). Las transectas tuvieron una longitud de 400 m cada una, de manera de poder cubrir de forma representativa los diferentes ambientes. Cada transecta estuvo asociada a un camino o sendero, ya que generalmente son por estas estructuras del paisaje que los murciélagos se desplazan de un punto a otro. Se destinaron dos noches por ambiente, y en cada noche de monitoreo se recorrieron senderos distintos de aproximadamente 400 m, recorriendo un total de 800 m por noche y 1.600 m por ambiente. Con esta metodología, se pudo identificar las áreas de mayor actividad de murciélagos y áreas de forrajeo dentro de las transectas, poniendo mayor atención a las áreas potencialmente favorables para murciélagos, donde se grabó las llamadas detectadas (Figura 6).

³ Ecolocalión: Sistema que permite calcular la distancia a la que se encuentran los objetos mediante la emisión de sonidos que son reflejados por aquellos



Figura 6. Proceso de grabación de ecolocaciones de murciélagos durante el estudio de línea base.

Fotografía: Ignacio Fernández

Estas transectas fueron complementadas por **estaciones de escucha** localizadas en los lugares donde había más probabilidades de detectar actividad de murciélagos, por ejemplo, cercano a cuerpos de agua, claros en el bosque, o en áreas potenciales de rutas de vuelo como son las líneas de árboles. En estas estaciones se mantuvieron las grabaciones por dos horas (Servicio de Evaluación Ambiental, 2015). La información que se recopiló en las grabaciones se cruzó con el punto en la transecta donde el murciélago fue grabado, lo que permitió interpretar lo que el murciélago estaba realizando, pudiendo así entender cómo estos murciélagos ocupan el ambiente.

Una vez en gabinete, las llamadas de quirópteros grabadas fueron analizadas utilizando el programa Avisoft SASLab Lite (versión 5.2) y Kaleidoscope software (Figura 7 y Figura 8), para determinar la especie emisora a partir de la “forma” de las llamadas y parámetros tales como: (a) frecuencia final (kHz), (b) frecuencia *peak* (kHz) y (c) duración (ms). Los parámetros registrados fueron comparados con las claves de identificación taxonómica disponibles a nivel nacional (Ossa, 2010; Ossa *et al.*, 2010a, 2010b; Rodríguez-San Pedro & Simonetti, 2013; Rodríguez-San Pedro *et al.*, 2014).

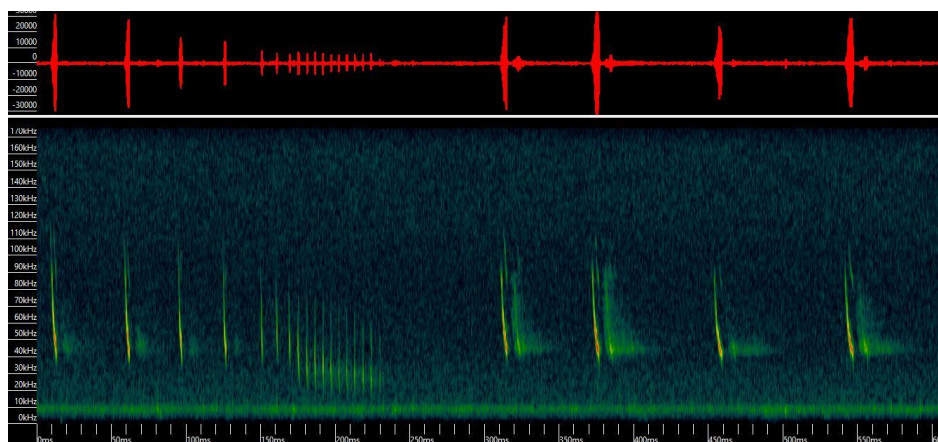


Figura 7. Espectrograma de una secuencia de alimentación de *Myotis chilensis*.

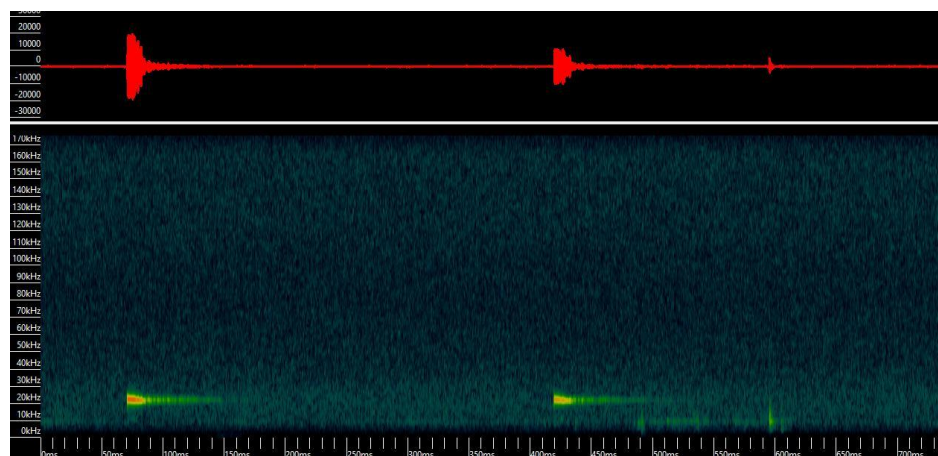


Figura 8. Espectrograma de una llamada de búsqueda de *Tadarida brasiliensis*.

Para cada una de las especies identificadas se analizó su estado de conservación, de acuerdo a lo indicado en los decretos supremos de clasificación de especies⁴ en conformidad a los criterios señalados en el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE) (D.S. N° 75/05, 2005), y el Reglamento de la Ley de Caza (D.S. N° 05/98, 1998). Estos decretos y leyes fueron utilizados como fuentes oficiales para los criterios de clasificación nacional, considerando en primer lugar y en forma excluyente, la clasificación propuesta por el RCE y en segundo lugar el Reglamento de la Ley de Caza.

En función de las características ambientales de cada ambiente, y al hábito de caza de insectos que es propio de los quirópteros, se identificaron aquellas áreas con más probabilidad de presencia de quirópteros (Kunz y Kurta, 1988; Yáñez, 2000; Galaz y Yáñez,

⁴ Decretos supremos de clasificación de especies: D.S. No 151/07, 2007; D.S. No 50/08, 2008; D.S. No 23/09, 2009; D.S. No 33/11, 2011; D.S. No 42/11, 2011; D.S. No 19/12, 2012; D.S. No 13/13, 2013; D.S. No 54/14, 2014; D.S. No 38/15, 2015; D.S. No 16/16, 2016; D.S. No 6/17, 2017; D.S. N°79/18, 2018; N°273/2018

2006; Fernández *et al.*, 2016), y allí se dispusieron **redes niebla** de 12 m x 2,4 m y entramado de 20 x 20 mm en paralelo a la realización de las transectas (Figura 9). El estudio contempló un esfuerzo de muestreo de 24 m de redes niebla por transecta (2 redes niebla) colocadas después del crepúsculo por 3 horas por noche en lugares propicios para el desplazamiento de quirópteros (Caire *et al.*, 1988; Lee & McCracken, 2004; Esbérard *et al.*, 2010). Durante este período de tiempo la red fue revisada cada 20 minutos para determinar presencia o ausencia de quirópteros. Esta metodología es complementaria a las grabaciones, debido a que solo puede capturar murciélagos que tengan estrategias de vuelo a baja altura. De hecho, en algunos países de la Comunidad Europea, no recomiendan la utilización de redes de captura para líneas base, ya que por sí solas no entregan información representativa respecto al ensamble de quirópteros presentes en el área de estudio.



Figura 9. Proceso de instalación de las redes niebla en el ambiente de plantación.
Fotografía: Ignacio Fernández

Por último, por medio de imágenes satelitales, se identificaron las **áreas potenciales de refugio** para murciélagos dentro del área de estudio y los terrenos circundantes. De este modo, se puede poner más énfasis en la búsqueda de señales (por ejemplo, presencia de heces) que indiquen potenciales colonias de murciélagos en lugares como: galpones, casas, cuevas y árboles maduros. Además, se dio importancia al avistamiento de colonias por parte de lugareños. La revisión de las áreas potenciales se realizó durante el día, previo a la realización de las metodologías nocturnas.

5.2. Medidas de manejo e instalación de estructuras

5.2.1. Exclusión de las colonias existentes en inmuebles

En la primera visita a terreno para conocer el predio (28 de agosto), el propietario señaló que existían dos colonias de murciélagos que le generaban molestias, una colonia ubicada en el frontis de la casa patronal, y la otra colonia ubicada en la parroquia que se encontraba a pocos metros de la misma casa, solicitando que estas colonias fuesen reubicadas desde ambos inmuebles por medios pasivos.

Para ello, se realizaron visitas a terreno donde se destinaron cuatro noches para buscar indicios de actividad de quirópteros en la casa patronal y en la parroquia. La actividad comenzó una hora antes del ocaso, haciéndose una exhaustiva búsqueda de heces, grietas y manchas dejadas por los quirópteros cuando estos salen de la colonia. Después de esto, se pretendió ver y escuchar a los murciélagos que salen de la colonia, y registrar sus vocalizaciones, las que ayudan a detectar los lugares por donde salen y entran los murciélagos. Detectado esto, se procedió a señalar al propietario el protocolo de manejo a seguir para que los murciélagos abandonen la colonia y se establezcan en refugios alternativos, saliendo del inmueble.

El protocolo consta de los siguientes pasos:

- 1) Identificar las salidas y entradas de los murciélagos.
- 2) Estimar el tamaño de la colonia.
- 3) Tapar las salidas (si es que hay más de una) y dejar una abierta con una “puerta unidireccional” que permita salir a los murciélagos, pero no volver a ingresar a la colonia.
- 4) Dejar instalada esta puerta unidireccional por una semana.
- 5) Sacar la puerta unidireccional de la colonia y sellar definitivamente el espacio de entrada.
- 6) Considerar que este manejo se puede realizar siempre y cuando no haya crías dentro de la colonia, ni en fechas próximas a las pariciones.

5.2.2. Instalación de casetas para murciélagos

Una vez que se identificaron los lugares donde los murciélagos forrajeaban y se desplazaban, se procedió a proponer la ubicación para la instalación de diez casetas para murciélagos. Las casetas debían disponerse en las inmediaciones de las áreas de forrajeo y en los lugares donde había mayor actividad, de modo de enriquecer el ambiente y hacerlo más atractivo para los quirópteros, y de esta forma, que estos pudiesen encontrar en las casetas refugio, seguridad, tranquilidad y cercanía a las áreas de alimentación. Por otro lado, la ubicación de las casetas no debía entorpecer el proceso de cosecha de frutos en la plantación de paltos y almendros del predio.

El 27 de noviembre de 2019 se presentó en terreno al propietario la propuesta de ubicación de las casetas y se llevó una de ellas para que conociera la infraestructura que se instalaría. Obtenido su consentimiento, el 17 de diciembre de 2019 se procedió a instalar las casetas siguiendo el prototipo y las condiciones más abajo señaladas.

5.2.2.1. Características de las casetas para murciélagos y su instalación.

Para propiciar el establecimiento de colonias de murciélagos en refugios artificiales o casetas, se debe tener especial consideración en aspectos como: tipo de caseta, material de la caseta, altura, ubicación y dirección. Dado que en Chile hasta el momento no hay publicaciones ni estudios que describan el tipo de caseta específica a ocupar para determinadas especies, se utilizaron ejemplos internacionales donde se describen refugios para especies de los mismos géneros presentes en Chile.

Acorde con los estudios de línea base, en este predio se encontraron cuatro especies de murciélagos, entre ellas se destacan *Tadarida brasiliensis* y *Myotis chiloensis*, relativamente comunes en la zona central de Chile y con hábitos alimenticios insectívoros. Estas especies se caracterizan por ser altamente gregarias⁵ y porque sus colonias están compuestas por decenas o más individuos, haciéndolos muy susceptibles a ocupar estructuras como las casetas construidas para esta consultoría. Además, estudios realizados por Bat Conservation International, demuestran que *T. brasiliensis* y murciélagos del género *Myotis*, poseen una alta preferencia por casetas planas, las cuales pueden mantener altas temperaturas durante el día y llegar a albergar decenas de individuos en una sola estructura (Figura 10). Las condiciones mínimas que tienen que tener las casetas para que sean utilizadas por quirópteros son:

- Altura entre los 3,5 a 6 m.
- Localización cerca de cuerpos de agua como ríos, lagunas, estanques, etc.
- Impermeabilización contra el viento y la lluvia.
- Orientación norte en el caso del hemisferio sur.
- La caseta tiene que estar anclada a superficies no móviles.
- Bordes agrícolas que colinden con vegetación nativa (Tuttle *et al.*, 2004).
- Además, en este estudio se aplicó guano de murciélagos al área de aterrizaje de algunas casetas, para que los murciélagos puedan identificar esta estructura como refugio.

⁵ Gregario: Animal que vive en comunidad, acompañado de sus congéneres.



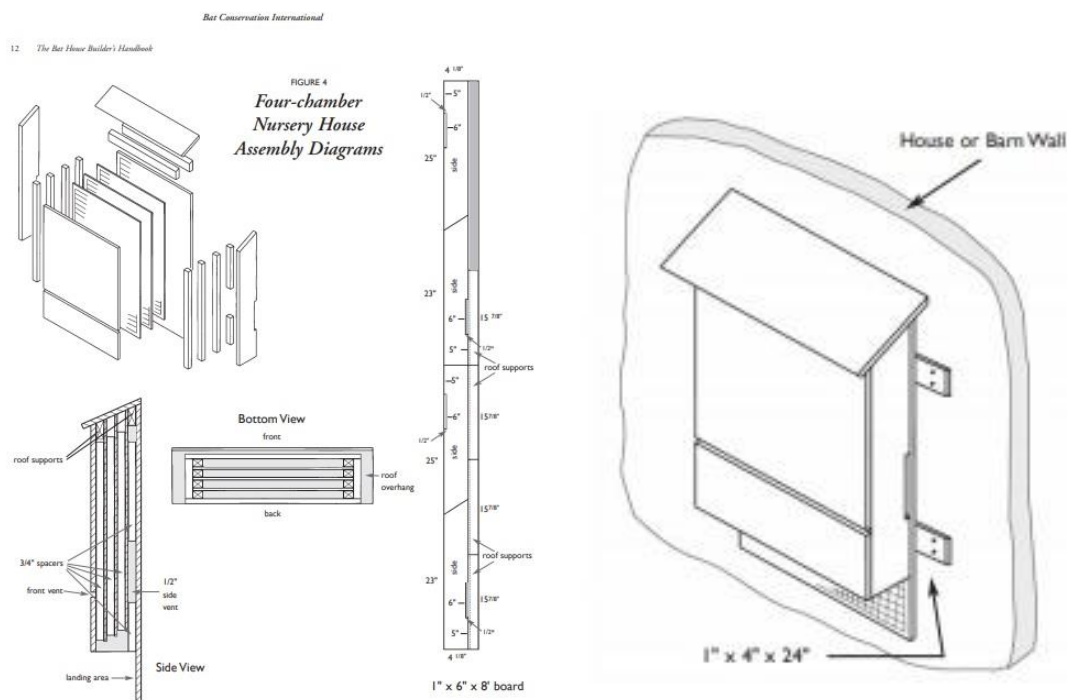


Figura 10. Caseta plana para murciélagos. a) dimensiones y manera de construirla; (b) caseta armada donde se señala el tipo de anclaje a un muro o árbol.

Fuente: Tuttle et al., 2004

5.3. Servicio de control de plagas que prestan los murciélagos

El control de plagas que realizan los murciélagos es conocido en todo el mundo, sin embargo, es muy difícil de cuantificar. Para llegar a una determinación exacta de la cantidad y especies de insectos consumidos, se tendría que coleccionar la totalidad de las heces producidas por un murciélago cada noche. Dado que esta investigación no considera la colección ni identificación de insectos en las heces, se realizó una medición de la alimentación de los murciélagos en el área de estudio, monitoreando cómo esta varía en el tiempo y en relación a la instalación de casetas.

5.3.1. Indicador de alimentación de los murciélagos

En las potenciales áreas de forrajeo identificadas en la línea de base, se definieron dos estaciones de escucha para medir la alimentación de los murciélagos, “Tranque bosque” y “Tranque valle”. La primera se encontró inserta en un tranque rodeado de vegetación nativa o silvestre y la segunda se ubicó en un tranque rodeado de plantaciones de almendros. Durante siete monitoreos mensuales (Cuadro 1) en ambas estaciones de escucha, se

registraron los pulsos de alimentación durante una hora dividida en 12 intervalos de 5 minutos, los que iniciaron después que se registrara el primer vuelo nocturno, aproximadamente 20 minutos después del ocaso. El indicador de alimentación correspondió a los pulsos de alimentación registrados en períodos de 5 minutos y permitió comparar la alimentación entre estaciones de escucha.

Cuadro 1. Calendario de monitoreos mensuales de alimentación de murciélagos.

Mes	Año	Fecha de realización
Diciembre	2019	02-01-2020
Enero	2020	28-01-2020
Febrero	2020	27-02-2020
Marzo	2020	*
Abril	2020	01-05-2020
Mayo	2020	01 y 02-06-2020
Junio	2020	*
Julio	2020	*
Agosto	2020	27 y 28-08-2020
Septiembre	2020	02-10-2020

(*) Meses con monitoreo cancelado debido a las restricciones horarias y de desplazamiento a causa de las condiciones sanitarias.

Considerando que el monitoreo mensual buscó determinar la cantidad de forrajeo en las áreas de alimentación, el diseño metodológico se orientó a contabilizar los pulsos de alimentación que aparecieran en la pantalla del detector de murciélagos. Como este conteo se realizaba de manera rápida, no se alcanzaba a grabar para posteriormente hacer la identificación de las especies. Es por esta razón que no se identificaron las especies presentes en los pulsos de alimentación de los meses de diciembre (ambos tranques), enero (tranque valle) y febrero (ambos tranques). Sin embargo, esta técnica se mejoró, pudiendo grabar de manera efectiva los pulsos de alimentación en ambas estaciones de escucha en los meses de mayo, agosto y septiembre, lo que permitió realizar la identificación de las especies que se alimentaban en estas áreas.

El primer monitoreo se realizó antes de la instalación de las casetas, con fin de poder obtener datos, previo a su ocupación y así poder comparar la alimentación de los murciélagos. Se esperaba poder encontrar un aumento en el índice de alimentación si es que se colonizaban las casetas, ya que estas estaban establecidas en sitios estratégicos cercanos a las áreas de forrajeo. Sin embargo, no hubo colonización durante los meses monitoreados, por tanto, dicha hipótesis no pudo comprobarse.

El análisis de la base de datos de pulsos de alimentación se realizó con el software libre “R-Cran” generándose cálculos básicos de estadística descriptiva. La base de datos analizada constó de 240 observaciones, 120 del “Tranque bosque” y 120 del “Tranque valle”, y se conformó de dos parámetros (riqueza y pulsos de alimentación) y tres factores (intervalo temporal, mes de monitoreo y estación de escucha). Considerando que los monitoreos se realizaron al inicio de la actividad nocturna, que depende del ocaso, todos los meses comenzaron a una hora diferente, y por ello es que los análisis se abordan según los 12 intervalos temporales de 5 minutos.

Se realizó un diagnóstico respecto de la completitud y balance de los datos, a partir del cual se definió la factibilidad de realizar alguna inferencia estadística. A partir del análisis se observó que el grado de datos faltantes (NA) para el indicador “Riqueza” y el indicador “Pulsos de alimentación” fue del 25% como mínimo, lo cual imposibilitó realizar inferencias estadísticas y desarrollar un mayor análisis estadístico de la base de datos en general. Específicamente para el indicador “Riqueza”, la mitad de las observaciones no contaron con registro para el Tranque bosque, y más de la mitad para el Tranque valle. La principal causa de este vacío de datos se debe al ajuste de la metodología, por lo que el primer mes de terreno no se tomó el dato de reconocimiento de especies, el segundo mes solo se tomó para el Tranque bosque y recién el cuarto mes (abril 2020) se pudo estandarizar la metodología para los dos ambientes. Dado ello, la base de datos no cuenta con un modelo balanceado entre ambientes y estaciones de monitoreo, debido a la cantidad de datos faltantes (NA) y a la poca simetría de los datos entre tratamientos.

6. Resultados y su análisis

6.1. Descripción del ensamble de quirópteros del Predio El Almendral

En la revisión de los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) presentados en un radio de 10 kilómetros alrededor del predio, solo se obtuvieron tres informes (Figura 11) con levantamiento de fauna silvestre. Estos estudios fueron presentados en los años 1998, 2002 y 2004, y ninguno de estos presenta una minuciosa línea base ni menciona la presencia de quiropterofauna⁶.

Ahora bien, por medio de revisión bibliográfica, se tiene que las especies presentes en la Región Metropolitana de Santiago (Cuadro 2) podrían estar potencialmente presentes en el área de estudio.

⁶ Quirópteros: Grupo de especies que pertenece al orden Chiroptera. Nombre que se le da a los murciélagos

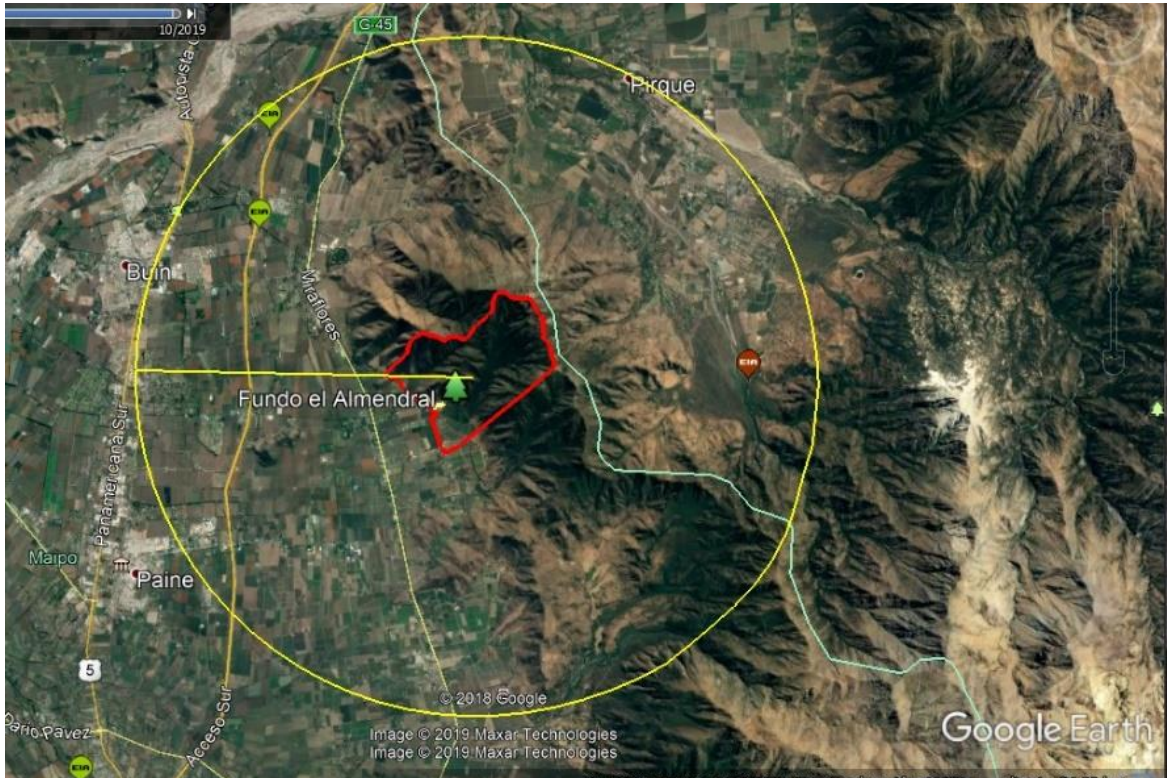


Figura 11. Revisión de EIAs en áreas de 10 kilómetros a la redonda en torno al predio El Almendral de Paine.

Cuadro 2. Quirópteros presentes la Región Metropolitana y potencialmente en el área de estudio. Fuente: Galaz *et al.*, 2020; Rodríguez *et al.*, 2014

Nombre científico	Nombre común
<i>Tadarida brasiliensis</i>	Murciélago de cola libre
<i>Myotis chiloensis</i>	Murciélago cola de ratón del sur
<i>Histiotus montanus</i>	Murciélago orejudo menor
<i>Histiotus macrotus</i>	Murciélago orejudo mayor
<i>Lasiurus varius</i>	Murciélago colorado
<i>Lasiurus villosissimus</i>	Murciélago ceniciento

6.1.1. Riqueza de especies de murciélagos y su actividad en distintos ambientes

Se revisaron en terreno áreas potenciales de refugio que pudiesen albergar colonias de quirópteros, tales como galpones, sala de máquinas, puentes y huecos en árboles, no encontrándose ninguna colonia presente en estos lugares.

Se instalaron redes niebla, sin conseguir la captura de ningún ejemplar. Se realizaron grabaciones de ultrasonido por medio de estaciones de escucha y transectas, registrándose 144 llamadas. De estas, 104 fueron identificadas como pertenecientes a cuatro especies (Cuadro 3), es decir, al 66,6% de las especies potenciales para el área de estudio. Estas llamadas se registraron mayoritariamente en las estaciones de escucha representadas con un 83%, y solamente un 17% de las llamadas fueron registradas por medio de las transectas. Esto se debió primordialmente a que las estaciones de escucha se ubicaron en los lugares donde los murciélagos se estaban alimentando. La base de datos puede revisarse en <https://doi.org/10.15468/fammcc>

Cuadro 3. Especies registradas en el área de estudio.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Categoría de conservación (RCE)	Ley de caza
<i>Vespertilionidae</i>	<i>Myotis chiloensis</i>	Murciélago oreja de ratón del sur	Preocupación menor (LC)	Beneficiosa
	<i>Histiotus macrotus</i>	Murciélago orejudo mayor		
	<i>Lasiurus varius</i>	Murciélago colorado del sur		
<i>Molossidae</i>	<i>Tadarida brasiliensis</i>	Murciélago de cola libre		

Analizando por especie (Figura 12) se observan dos especies dominantes, *Tadarida brasiliensis* y *Myotis chiloensis*, lo que puede deberse a que ambas son especies gregarias⁷ con un número alto de individuos por colonia, características que no comparten las otras especies registradas (*Lasiurus varius* e *Histiotus macrotus*).

⁷ Gregario: Animal que vive en comunidad, acompañado de sus congéneres.

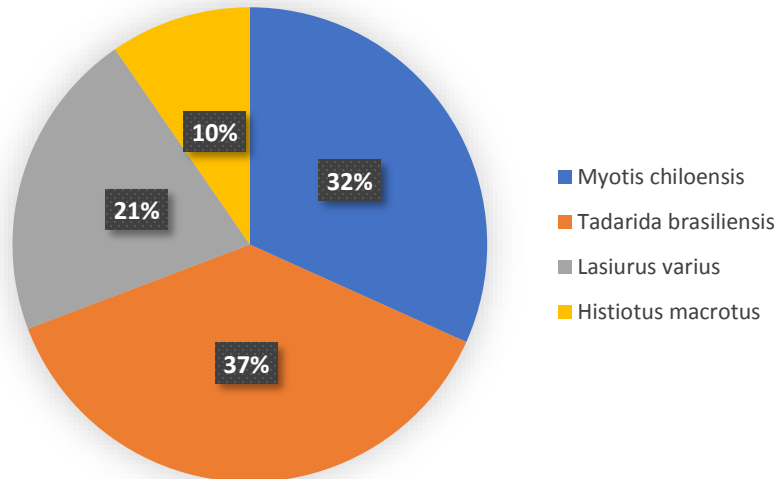


Figura 12. Porcentaje de llamadas registradas según especie.

Analizando por ambientes, el ambiente de bosque registró un 97% de las llamadas en las estaciones de escucha y solamente un 3% en las transectas. En el ambiente de plantación se registró un 78% de las llamadas en las estaciones de escucha y solamente un 22% en las transectas. Finalmente, en el ambiente mixto se registró un 57% de las llamadas en las estaciones de escucha y un 43% en las transectas. Como puede notarse, los ambientes de bosque y de plantación presentaron mayor porcentaje de llamadas en las estaciones de escucha, a diferencia del ambiente mixto donde hubo porcentajes similares en transectas y estaciones. Esto se debe a que las especies registradas prefieren los límites vegetacionales y claros para alimentarse y desplazarse en lugar de áreas cerradas de vegetación. Esta condición sí se da en los ambientes de bosque y plantación, pero no en el ambiente mixto, por tanto allí la vegetación no cumpliría un factor decisivo para el desplazamiento de los murciélagos. Ahora bien, la Figura 13 muestra que la mayoría de las llamadas se registraron en la plantación por sobre el bosque, por lo que puede deducirse que los murciélagos podrían estar cumpliendo un importante rol allí. La actividad en el ambiente mixto es baja, lo que puede deberse a que en este ambiente no hay una cobertura vegetal suficiente para mantener una oferta de insectos atractiva para los murciélagos, lo que se ve reflejado en que el tipo de llamados que se grabaron en este ambiente corresponden solo a desplazamiento y muy pocos a alimentación.

El 54% de las llamadas se registraron en la plantación, por lo que los murciélagos podrían estar cumpliendo un importante rol en ese ambiente.

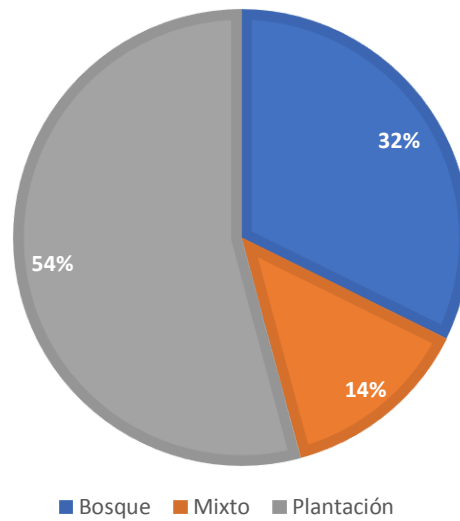


Figura 13. Porcentaje de llamadas registradas según ambiente.

Se encontraron diferencias en la presencia de especies por ambiente (Figura 14 y Cuadro 4). *M. chiloensis* es la única especie que no se encuentra en todos los ambientes, puesto que no se detectó en el ambiente de plantación. Esto puede deberse a que el ambiente de plantación está sujeto a un calendario de fumigación, debido al cual se estaría eliminando una alta cantidad de insectos que viven y se alimentan en el follaje de la plantación. Esto podría afectar a *M. chiloensis* pues prefiere los bordes de áreas con vegetación para forrajear, caso diferente al de las otras especies, que forrajea a mayor altura, por sobre el dosel de los árboles. *T. brasiliensis* fue la especie más registrada en la plantación, seguida por *L. varius*, en tanto que en el ambiente bosque tuvo alta predominancia *M. chiloensis*.

M. chiloensis sería la especie más presente en el bosque, con el 87,1% de las llamadas.

En la plantación, *T. brasiliensis* sería la especie más relevante, con un 58,3% de las llamadas, seguida de *L. varius* con un 28,3%.

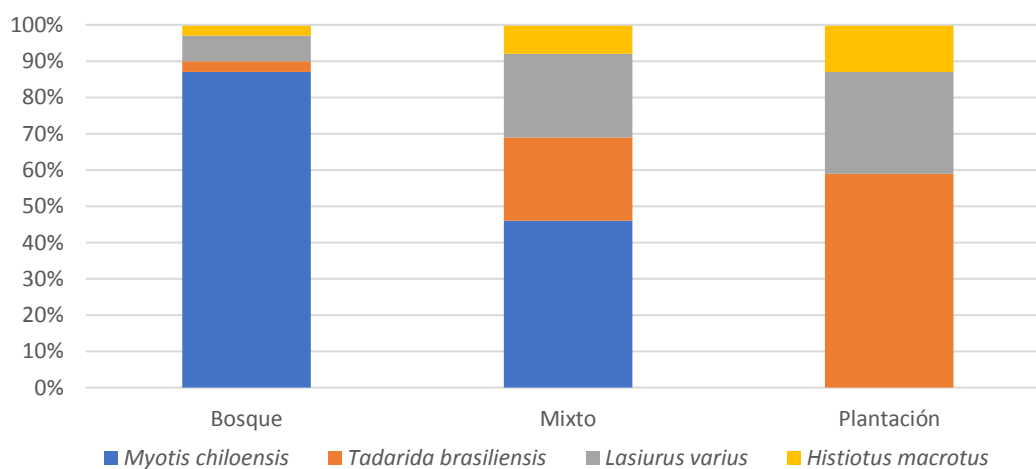


Figura 14. Porcentaje de llamadas por especie para cada ambiente.

Cuadro 4. Número de llamadas por especie para cada ambiente.

Ambiente	Especie	Número de llamados
Bosque	<i>Myotis chiloensis</i>	27
	<i>Tadarida brasiliensis</i>	1
	<i>Lasiurus varius</i>	2
	<i>Histiotus macrotus</i>	1
Mixto	<i>Myotis chiloensis</i>	6
	<i>Tadarida brasiliensis</i>	3
	<i>Lasiurus varius</i>	3
	<i>Histiotus macrotus</i>	1
Plantación	<i>Tadarida brasiliensis</i>	35
	<i>Lasiurus varius</i>	17
	<i>Histiotus macrotus</i>	8

6.1.2. Áreas de alimentación y rutas de vuelo

Las áreas de alimentación o forrajeo encontradas en esta área fueron cuatro (Figura 15). Dos de estas áreas se ubicaron en la zona de bosque esclerófilo, una corresponde al fondo de una quebrada, cubierta por árboles maduros de gran envergadura y matorral de mediana altura, en tanto que la segunda se encuentra al oeste y corresponde a un tranque de regadío rodeado por vegetación nativa y con alta actividad y forrajeo de murciélagos. La tercera área de forrajeo corresponde a un tranque de regadío de mayores dimensiones que el anterior, ubicado en medio del área de plantación. La cuarta área corresponde al parque que circunda la casona patronal y la capilla, está compuesta por pastizales y vegetación alta con presencia de árboles nativos y exóticos rodeados por arbustos ornamentales de baja altura. Todas estas áreas de alimentación son importantísimas en la protección de comunidades de murciélagos, más aún si estas áreas sustentan colonias de maternidades. En este último caso, las hembras buscan lugares de alimentación cercanos a sus refugios, lo que se traduce en un bajo costo energético y menor pérdida de peso para la hembra, lo que beneficiaría a un desarrollo y destete más rápido de la cría.

También se pudieron registrar las rutas de vuelo (Figura 15), las cuales corresponden a escuchas de llamadas de murciélagos que pasan y no se quedan realizando ninguna otra actividad. Una condición para que se considere como una ruta de vuelo, es que tiene que ser ocupada constantemente por un individuo o haber sido ocupada por más de un murciélago, sin importar la especie. La conservación de estas estructuras del paisaje ayuda a los murciélagos a orientarse, facilitando el movimiento desde los sitios de descanso a los sitios de forrajeo.

En las llamadas registradas se observa que los murciélagos ocupan mayormente el ambiente mixto y de plantación para desplazarse. La plantación posee elementos del paisaje que ayudan a los quirópteros a orientarse en el espacio, no obstante, la alimentación ocurre en las áreas abiertas cercanas asociadas a cuerpos de agua. Respecto al ambiente mixto, las rutas no presentaban una asociación con algún camino o línea de árboles ya que este ambiente presenta arbustos de baja altura sin un orden establecido. Ahora bien, en el ambiente de bosque, los murciélagos se alimentan en los claros de bosque y zonas aledañas a cuerpos de agua, y a diferencia de la plantación, no está bajo un calendario de aplicación de pesticidas.

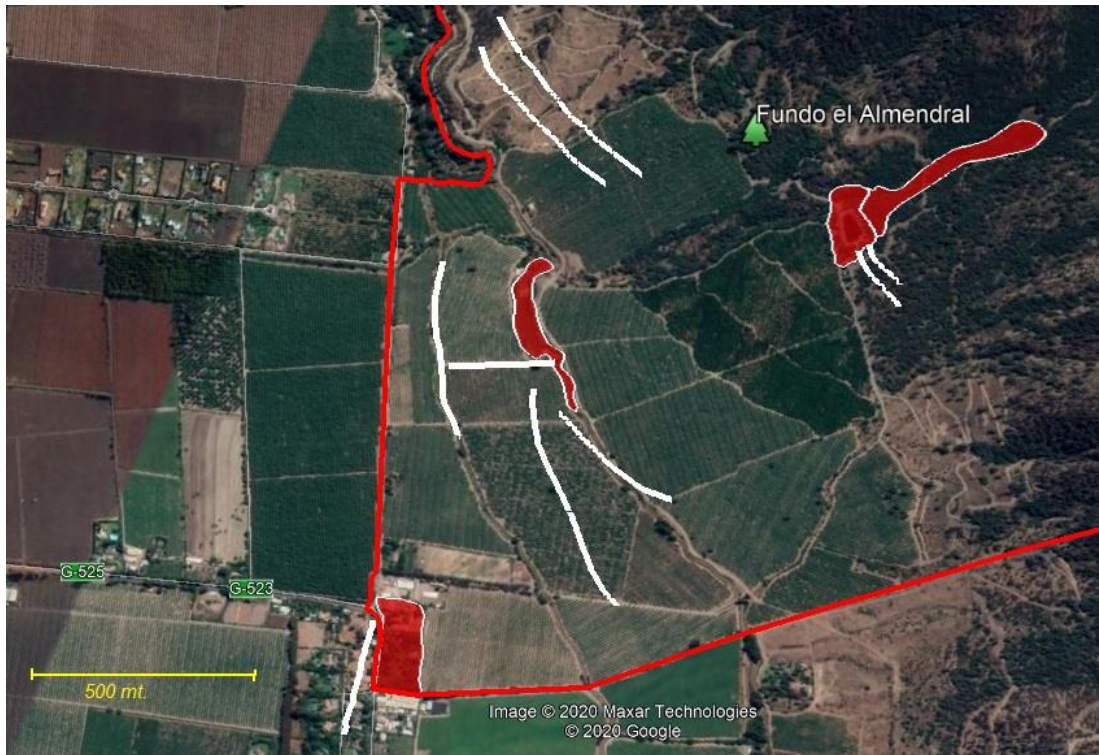


Figura 15. Áreas de alimentación de quirópteros (áreas en rojo) y rutas de vuelo (líneas blancas).

6.2. Exclusión de quirópteros desde la casa patronal

Se destinaron dos días (23 y 25 de septiembre de 2019) para verificar la existencia de colonias de murciélagos en la casa patronal (Figura 16). Allí se verificó la presencia de dos especies, las que corresponden a *Myotis chiloensis* (Figura 17) y *Tadarida brasiliensis*, y se encontraron cuatro salidas por la parte frontal y dos por la parte posterior de la fachada del segundo piso (Figura 18). Se informó el protocolo a seguir a la hija del dueño y a las personas que realizarían el sellado de la propiedad, el cual se inició dentro de la primera semana de octubre.



Figura 16. Inmuebles donde se inspeccionó presencia de colonias de murciélagos. a) casa patronal; b) parroquia.

Fotografía: Ignacio Fernández

En el momento de sellar las salidas de la colonia, los trabajadores se percataron de que gran parte de la colonia estaba establecida en los listones que adornaban la fachada. Al remover estas estructuras, los murciélagos abandonaron la colonia, volando hacia las palmeras del patio a un costado de la casa. Los maestros a cargo de la propiedad sellaron la totalidad de la fachada dejando solamente una apertura con esclusa en la parte superior de esta. Se realizó una visita cinco días después de haber hecho este manejo, y se constató que no había actividad de quirópteros en el interior y frontis de la casa. Una vez verificado esto, se procedió a retirar la esclusa y sellar las aperturas, cerrando también las entradas de la parte trasera del segundo piso.



Figura 17. Individuo de *Myotis chiloensis* saliendo de la casa patronal.

Fotografía: Ignacio Fernández



Figura 18. Una de las salidas de la colonia, donde se observa el raspado a la pintura ocasionado por las uñas de los murciélagos cuando se agarran del muro al momento de volver a la colonia.

Fotografía: Ignacio Fernández

Para la parroquia (Figura 16b), también se destinaron dos días de monitoreo (24 y 26 de septiembre de 2019), donde, una hora antes del crepúsculo, se revisaron indicios de ocupación de murciélagos en esta construcción. No se encontró ninguna señal como heces, grietas con manchas de grasa o restos de insectos. Se procedió a revisar el interior de la parroquia, sin encontrar presencia de quirópteros. Solamente se registró guarenes (*Rattus norvegicus*) y sus heces. Con la ayuda de detectores de murciélagos se procedió a revisar el contorno de la capilla, buscando algún tipo de actividad de quirópteros, arrojando resultados negativos. Después de dos noches de monitoreo de esta estructura se determinó que no estaba siendo ocupada por murciélagos.

Cinco días después de haber implementado el protocolo de exclusión, se procedió a revisar la salida sellada de quirópteros desde la fachada de la casa patronal, donde no se registró actividad durante el ocaso. Esto fue confirmado por el dueño del inmueble, quien indicó no haber registrado posteriormente señas de quirópteros en el interior del entretecho, lugar que era utilizado por los murciélagos como refugio.

6.3. Instalación de casetas para propiciar el establecimiento de los murciélagos

Se instalaron 10 casetas para murciélagos en sectores elegidos estratégicamente (Figura 19 y Figura 20). Estos sectores se designaron en base a la cercanía a las áreas de alimentación, orientación, altura, comodidad para revisión, y obstáculos que perjudicaran la entrada y salida de los quirópteros. No se necesitó hacer mayor manejo del ambiente en la colocación de las casetas, ya que se encontraron las condiciones óptimas para estas. Solamente se procedió a hacer trabajos de poda en las inmediaciones de la entrada de la caseta, con el fin de que los murciélagos pudiesen entrar y salir con mayor facilidad.



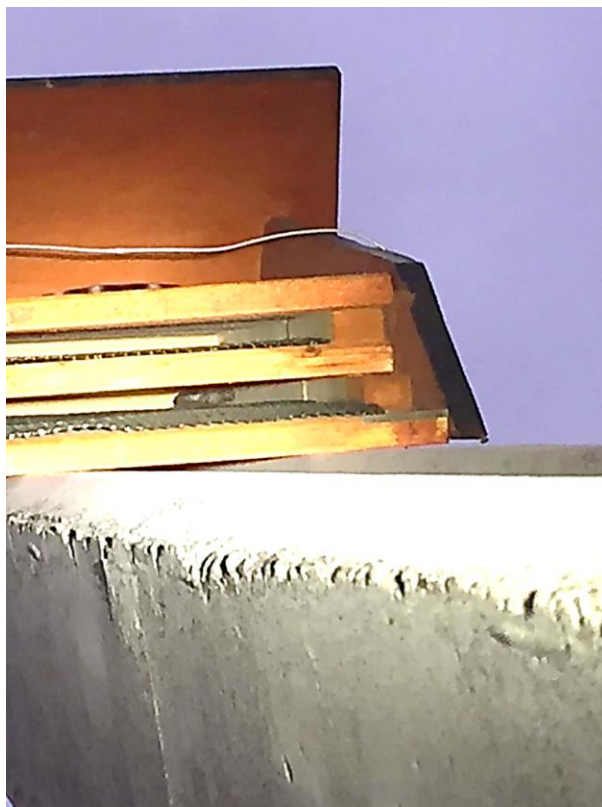
Figura 19. Distribución de las 10 casetas para murciélagos instaladas en el predio El Almendral de Paine.



Figura 20. Instalación de caseta para murciélagos. a) proceso de instalación; b) caseta instalada.

Fotografía: Sofía Flores

Hasta la última revisión efectuada, en septiembre del 2020, no hubo colonización de las casetas. Sin embargo, el 02 de junio de 2020 se registró la presencia de un individuo de murciélago de una especie indeterminada en la Caseta7 (Figura 21). Según la literatura, por lo general las ocupaciones ocurren en los primeros seis meses (48%) dependiendo de la especie y el lugar geográfico (Tuttle, 2004). Con mayor frecuencia ocurren en primavera, cuando las hembras están buscando un lugar para parir, y en otoño, cuando los machos buscan lugares para establecerse. Para el caso del predio El Almendral, si bien no se detectó colonización en 9 meses (diciembre 2019 a septiembre 2020), se tiene presente que los murciélagos requieren tiempo para reconocer estos lugares como refugio, por lo que se debiese realizarse una revisión de las casetas mensualmente. Ahora bien, sí debe considerarse que probablemente los murciélagos ya tienen una buena oferta de refugios en el ambiente de bosque, por tanto, la colonización de las casetas podría tomar más tiempo, teniendo a su favor la cercanía a las áreas de alimentación.



*Figura 21. Ejemplar de murciélago descansando dentro de la Caseta 7.
Fotografía: Ignacio Fernández*

6.4. Aporte potencial del servicio de control de plagas que prestan los murciélagos.

6.4.1. Monitoreo de alimentación de los murciélagos

Se definieron dos estaciones de escucha (Figura 22), el “Tranque bosque” (0,19 ha) (Figura 23) y el “Tranque valle” (0,5 ha) (Figura 24). En estos dos lugares ocurre la mayor cantidad de eventos de forrajeo⁸ respecto de las cuatro áreas de alimentación identificadas anteriormente (Figura 15).

⁸ Forrajeo: Búsqueda de alimentos por parte de la fauna silvestre.

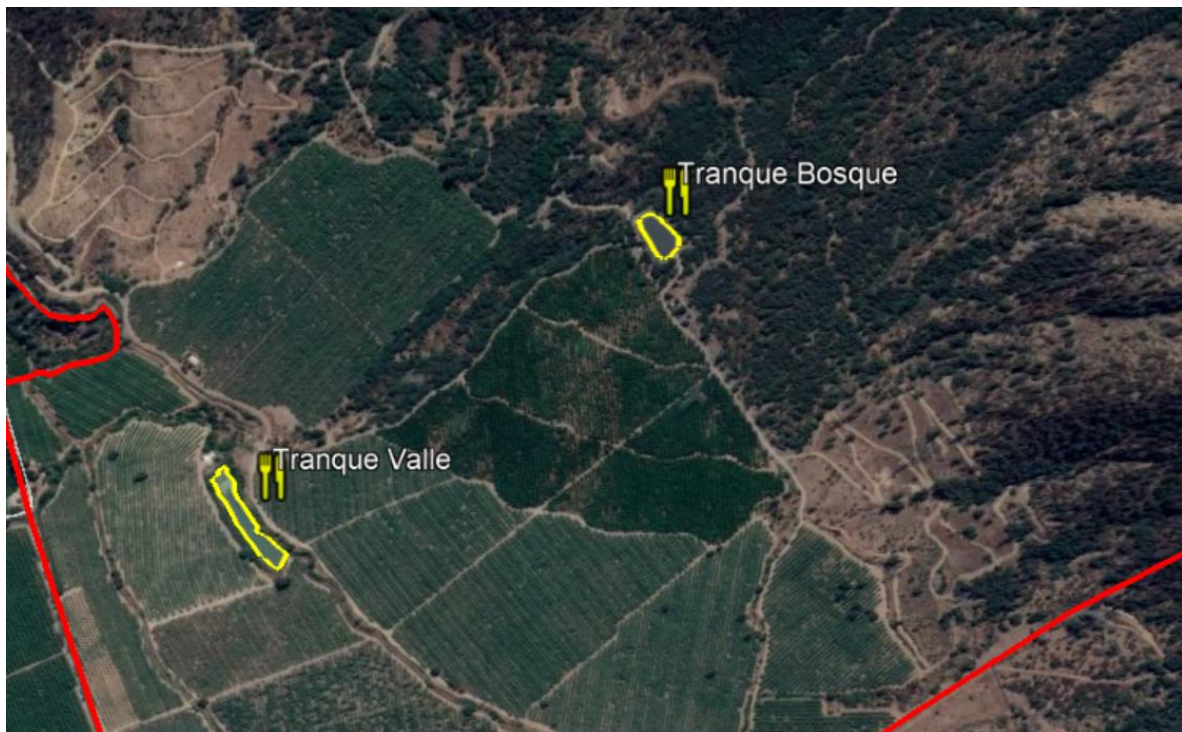


Figura 22. Ubicación de Tranque bosque y Tranque valle.



Figura 23. Tranque bosque
Fotografía: Ignacio Fernández



Figura 24. Tranque valle
Fotografía: Ignacio Fernández

En ambas estaciones de escucha se realizaron monitoreos mensuales donde se registraron los pulsos de alimentación de los murciélagos (Cuadro 5). La base de datos puede revisarse en <https://doi.org/10.15468/fammcc>.

En cuatro de los siete monitoreos el Tranque bosque presentó alimentación bruta mayor que el Tranque valle. Si bien numéricamente el Tranque bosque estaría presentando mayor alimentación, estadísticamente esto no pueda afirmarse puesto que faltan datos para poder realizar inferencias estadísticas. Ahora bien, debe tenerse presente que las dimensiones de ambos tranques son disímiles, siendo el Tranque valle 2,6 veces más grande que el Tranque bosque, superficie que puede influir tanto en la oferta de alimento como en la concentración y detección de los pulsos de alimentación.

Cuadro 5. Monitoreo mensual de alimentación de murciélagos en Tranque bosque y Tranque valle

Año	Mes	Hora de inicio	Hora de término	Tiempo de monitoreo (min)	Alimentación bruta			Alimentación por minuto		
					Tranque bosque	Tranque valle	Promedio	Tranque bosque	Tranque valle	Promedio
2019	Diciembre	21:18	22:18	60	97	8	52,50	1,62	0,13	0,88
2020	Enero	21:01	22:01	60	15	96	55,50	0,25	1,60	0,93
2020	Febrero	20:40	21:40	60	59	20	39,5	0,98	0,33	0,66
2020	Marzo	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2020	Abril	18:23	19:23	60	147	1	74	2,45	0,02	1,23
2020	Mayo	18:05	19:05	60	4	0	2	0,07	0,00	0,03
2020	Junio	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2020	Julio	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2020	Agosto	18:30	19:30	60	0	0	0	0,00	0,00	0,00
2020	Septiembre	20:00	21:00	60	8	63	35,5	0,13	1,05	0,59

* Meses con monitoreo cancelado debido a las restricciones horarias y de desplazamiento a causa de las condiciones sanitarias.

En cuanto a los patrones conductuales de forrajeo, la Figura 25 sugiere que no habría mayor diferencia en términos generales entre las estaciones de escucha, observándose para ambos tranques una distribución de puntos similar con un incremento del número de pulsos de alimentación entre los intervalos temporales 5 y 8. Estos resultados se corresponden a lo publicado por Nabeel *et al.* (2019), quienes señalan que el mayor pico de actividad en murciélagos insectívoros se produce recién ocurrido el ocaso. Por otra parte, en el Tranque bosque se observa que el incremento de pulsos de alimentación se inicia temporalmente antes que en el Tranque valle, observándose para el Tranque bosque a partir del tercer intervalo un leve incremento en los pulsos, mientras que para el Tranque valle el incremento en los pulsos se observa a partir del quinto intervalo. Probablemente, esto está relacionado a la cercanía a los sitios de refugio. Galáz *et al.* (2020) indican que las especies *M. chilensis* y *L. varius* podrían utilizar árboles como refugio. En ese sentido el Tranque bosque, al encontrarse rodeado de bosque esclerófilo, presenta una situación muy disímil al Tranque valle, inserto en plantaciones de almendros, árboles cuya estructura no sería adecuada para ofrecer refugio los murciélagos.

En incremento de los pulsos de alimentación se inicia temporalmente un poco antes en el Tranque bosque respecto del Tranque valle.

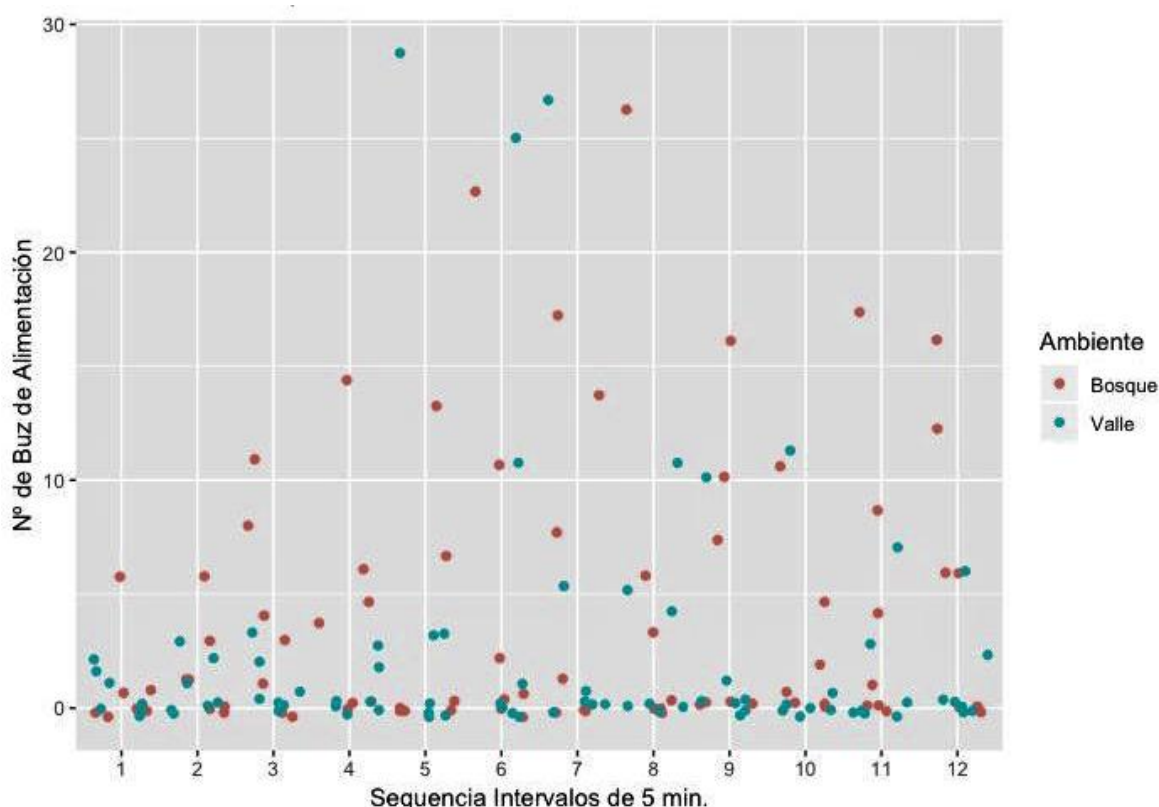


Figura 25. Cantidad de pulsos de alimentación en el Tranque bosque y Tranque valle dentro de la primera hora de actividad.

En cuanto a los meses monitoreados, la Figura 26 muestra que hubo baja o nula alimentación en el Tranque bosque en los meses de mayo y agosto, situación que ocurrió en el Tranque valle en abril, mayo y agosto. Hubo dos picos de alimentación en el Tranque bosque en los meses de diciembre y abril, lo que en el Tranque valle ocurrió en los meses de enero y septiembre. Es posible que los meses cálidos coincidan con la emergencia de insectos desde el medio acuático al medio aéreo. Los altos valores en septiembre y abril podrían deberse a las migraciones de primavera y otoño, siendo en esta última (abril) donde los murciélagos se desplazan a sus lugares de invernada aprovechando de alimentarse lo más posible antes de enfrentar las bajas temperaturas del invierno. Ahora bien, se esperaba que a medida que se fueran colonizando las casetas de murciélagos aledañas a los tranques, la alimentación aumentara, situación que no pudo estudiarse debido a que no hubo ocupación de las casetas durante el período de estudio.

Los altos valores de alimentación en septiembre y abril podrían deberse a las migraciones de primavera y otoño.

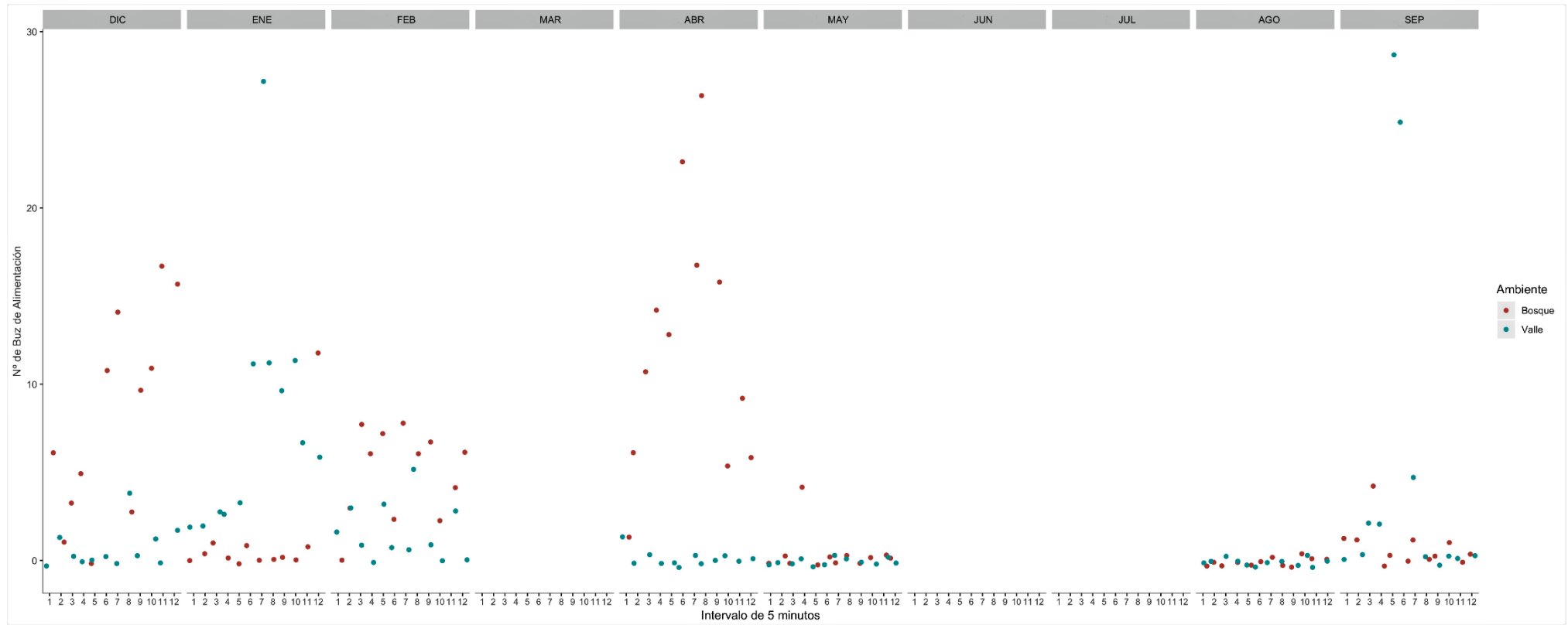


Figura 26. Número de pulsos de alimentación en Tranque bosque y Tranque valle durante los meses de monitoreo

En cuanto a la riqueza, la Figura 27 da cuenta de una menor cantidad de especies en el Tranque valle (1 especie), a diferencia del Tranque bosque donde se registró mayor riqueza (5 especies). La mayor diversidad de murciélagos en el Tranque bosque está modelada por la cercanía del bosque nativo, el cual es hábitat también de una mayor biodiversidad de

La alimentación en el Tranque bosque se asoció a una mayor riqueza de murciélagos respecto al Tranque valle.

insectos y una mayor riqueza vegetal que puede proveer a los murciélagos de diferentes refugios. Muy diferente es el caso del Tranque valle, el que está inserto en plantaciones, las cuales estarían presentando una baja diversidad de especies vegetales y seguramente también de insectos, puesto que los almendros pueden verse afectados por variadas plagas de invertebrados y por ende suelen estar bajo un estricto calendario de pesticidas. Por lo general, los murciélagos que se podrían ver forrajeando en la plantación son las especies más generalistas, como *T. brasiliensis*, especie que se alimenta sobre el dosel de árboles y arbustos buscando insectos voladores que se estén desplazando. Por otro lado, se destaca un aumento en el número de especies de murciélagos en los meses de abril y septiembre, lo que puede deberse a que en este período ocurren las migraciones de otoño y primavera, generando un alto movimiento de individuos desde y hacia los sitios de invernada.

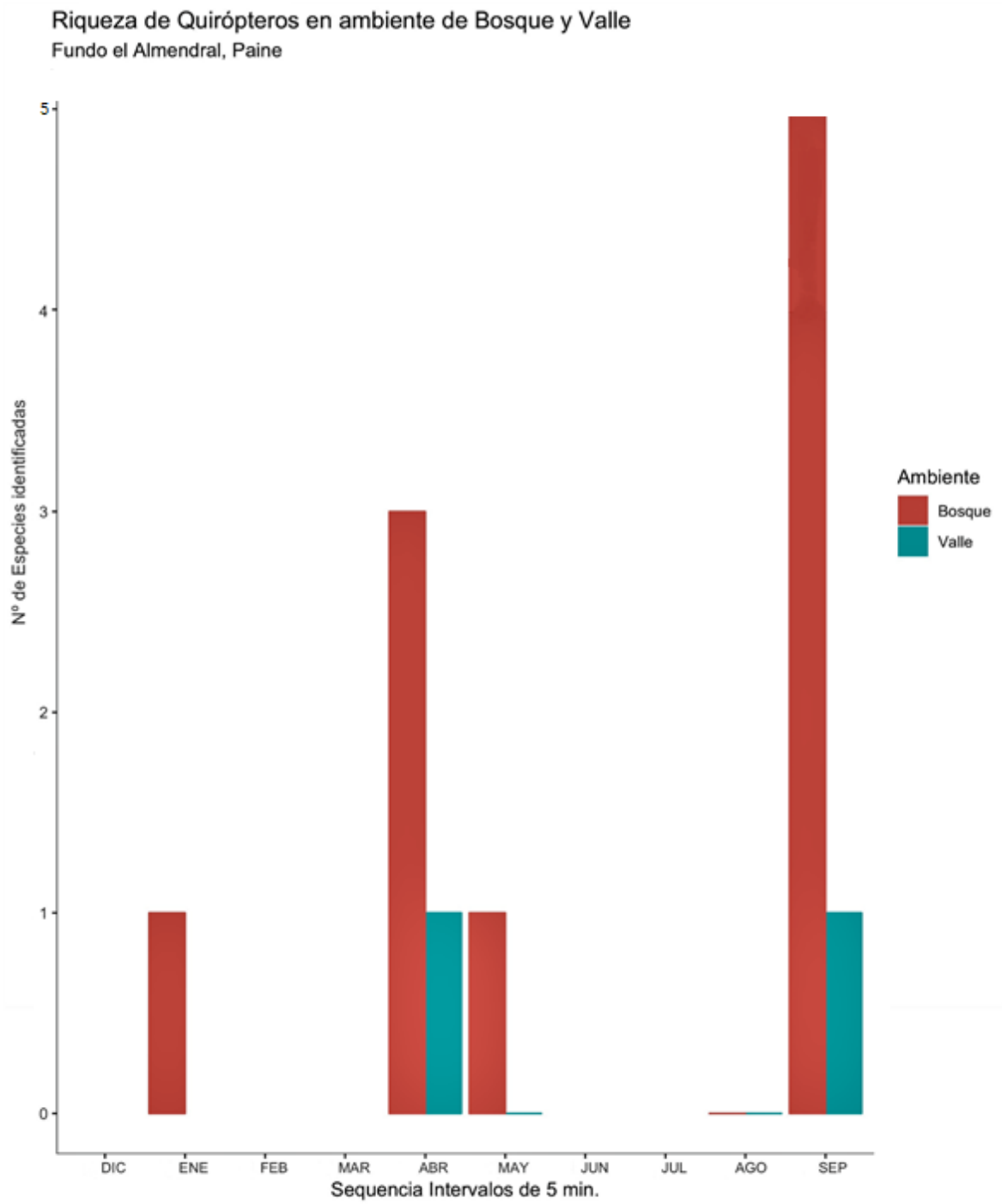


Figura 27. Riqueza de especies identificadas en Tranque bosque y Tranque valle durante los meses de monitoreo.

7. Conclusiones y discusión

El proceso de exclusión en la casa patronal fue realizado con éxito, pudiéndose iniciar las actividades antes que la colonia se estableciera por completo y previo a que se produjesen las pariciones. En caso contrario, se hubiese tenido que postergar las actividades al mes de marzo, de modo que las crías ya estuviesen destetadas y la colonia ya hubiese comenzado a abandonar el sitio de refugio estival. Esta actividad sin duda fue un ejercicio de exclusión responsable y segura, que además ofreció casetas que, en cierto modo, pretenden compensar la pérdida de refugio de estos murciélagos, y propiciar su alimentación en la plantación y sus alrededores.

En el estudio de línea base se encontraron cuatro de las seis especies potenciales para el área de estudio, agregándose una quinta especie por medio de los monitoreos. Esto da cuenta de la sanidad del lugar, el que puede albergar gran parte de la quiropteroфаuna potencial para el área de estudio.

La alta presencia de *T. brasiliensis* y *M. chiloensis*, es concordante con el hecho de que son las dos especies gregarias⁹ más abundantes de la zona central de Chile. Estas características favorecen el que puedan ocupar casetas como refugios artificiales, ya que ambas comparten gustos al momento de seleccionar sitios de descanso. Se recomienda poder hacer un seguimiento a largo plazo a las casetas instaladas de manera de poder recabar información de las especies que colonicen estas casetas, así como el número de integrantes y época del año en que las ocupan.

Hasta la última revisión (septiembre 2020), no se produjo colonización de las casetas por parte de los murciélagos. Esto se puede deber a que en el momento en que se instalaron, los murciélagos ya estaban establecidos en sus colonias. No obstante, debe considerarse que los murciélagos pueden ocupar casetas durante gran parte del año, y es más probable que esto ocurra cuando hay movimientos poblacionales como migración otoñal y primaveral, o cuando hay alguna perturbación en sus refugios naturales. Al respecto, Tuttle *et al.* (2004) describen que, en Estados Unidos, muchas casetas no son colonizadas durante el invierno, sino hasta inicio de verano, sin embargo, en ese país hay especies que entran en hibernación absoluta, las cuales no realizan ningún tipo de actividad en los meses más fríos, lo cual no ocurre en la zona central de Chile, por lo que también es esperable tener actividad durante los meses de otoño e invierno. Esto también se corrobora con la presencia de un individuo en la Caseta7 durante uno de los monitoreos invernales. En términos generales, las casetas para murciélagos se utilizan para enriquecer ambientes deficientes en refugios para murciélagos, o como medida compensatoria cuando ha ocurrido la pérdida de refugios naturales. En este piloto el principal propósito de la instalación de casetas fue facilitar el establecimiento de murciélagos en áreas cercanas a áreas de alimentación, para de esta forma promover la actividad de forrajeo de los quirópteros y con ello el control

⁹ Gregario: Animal que vive en comunidad, acompañado de sus congéneres.

biológico. Probablemente debido a la presencia de un bosque esclerófilo maduro y a su alta cantidad de refugios potenciales, se ha atrasado la colonización de las casetas instaladas o no sea necesario el uso de estas para que los murciélagos se refugien.

En cuanto a la presencia de especies en los diferentes ambientes, en la línea base del ambiente bosque se detectaron cuatro especies, las cuales se registraron alimentándose en el Tranque bosque, adicionándose una quinta especie (*L. villosissimus*). En cuanto al ambiente valle, de las tres especies registradas en la línea base, solo *T. brasiliensis* se detectó alimentándose en el Tranque valle. Al respecto, debe tenerse presente el cambio metodológico y su consecuente falta de registro de especies en varios meses de monitoreo, por lo que se podría estar subestimando la riqueza de especies en los tranques. Por otro lado, la mayor superficie del Tranque valle, podría estar dispersando los pulsos de alimentación, haciéndolos imperceptibles al micrófono.

Probablemente, la población de murciélagos del área de estudio ha aprendido que las áreas cercanas a los cuerpos de agua poseen más presencia de insectos, los cuales se desarrollan dentro de este medio y solo salen del agua cuando pasan a estado adulto, momento en el que serían interceptados por los murciélagos. Esto concuerda con la hipótesis de que los quirópteros prefieren sobrevolar áreas donde detecten mayor presencia de insectos, y justamente, de las cuatro áreas de alimentación detectadas, las más relevantes fueron los dos tranques, por lo que es aquí donde cumplen un rol ecológico importante. Ahora bien, en el ambiente de plantación, siempre va a existir un pequeño porcentaje de insectos que va a sobrevivir a la aplicación de pesticidas (Søgaard *et al.*, 2020), pudiendo los murciélagos alimentarse de este remanente. De hecho, la línea base mostró que el 54% de los llamados se registró en el ambiente plantación, por lo que no puede descartarse que los murciélagos puedan alimentarse de los insectos remanentes.

La presencia de murciélagos es importante dentro del bosque que se conserva junto a la plantación, puesto que mantienen el equilibrio ecológico en el ecosistema, actuando como barrera o agente preventivo de potenciales plagas que puedan ingresar a la plantación. Cada especie de murciélago utiliza un nicho específico en el entramado trófico, por lo que se debiera proteger y preservar todas las especies que mantienen el equilibrio ecosistémico y además, ofrecen un beneficio totalmente gratis al ser humano.

8. Recomendaciones para el cuidado de las casetas

La instalación de casetas para murciélagos es algo que se viene haciendo hace mucho tiempo en Europa y Estados Unidos, y ha proporcionado grandes avances en el tema de investigación y protección de murciélagos. En Chile, esta actividad está recién incorporándose en el marco de manejo y protección de colonias de murciélagos, contándose pocas experiencias de instalación de casetas. En este piloto demostrativo, la instalación de casetas de murciélagos buscó proporcionar albergue y protección a las colonias que se alimentan cerca de las áreas de producción agrícola.

Estas casetas fueron construidas con madera, lo cual las hace muy susceptibles a los cambios de temperatura y humedad, generando deformaciones y aperturas en las uniones del techo y de los diferentes paneles. En la siguiente lista de chequeo se dejan las indicaciones para mantener las casetas operativas por muchos años y los cuidados que deben darse a los sitios donde se encuentran:

- **Uniones de paneles y del techo:** Los cambios de temperatura y de humedad pueden ocasionar levantamiento y deformación del techo o separación de los paneles. Esto puede modificar la temperatura interna de las casetas y generar corrientes de aire que pueden perturbar a los murciélagos. Se recomienda revisar periódicamente la estructura exterior de las casetas y repararlas cuando sea pertinente.
- **Mantención con barniz:** La luz solar y la lluvia pueden afectar la madera de las casetas, por lo tanto, se recomienda cada dos años, o cuando sea necesario, aplicar una capa de barniz protector. Esta aplicación debe ser solo por el exterior de la caseta y en temporadas en que estén totalmente desocupadas, generalmente durante el invierno, de manera que, en primavera, cuando vuelvan a ser utilizadas, no tengan olor a barniz, pues es bastante molesto para los murciélagos.
- **Nidos de avispas papeleras:** Las avispas papeleras, como la especie *Polistes dominulus*, fabrican panales en las alturas, y por lo general no son agresivas excepto cuando son molestadas. Estos nidos pueden no significar una amenaza a la colonia de murciélagos, pero sí pueden molestar si el panal crece en dimensiones desmesuradas cerca de una caseta. Se aconseja sacar los panales en invierno cuando estos están sin la presencia de las avispas.
- **Sobrecalentamiento de la caseta:** Cuando la caseta presenta un sobrecalentamiento, es posible ver a los murciélagos cerca de la entrada de la caseta y en las cámaras más cercanas al muro. Si se observa esta conducta, se puede ofrecer a los murciélagos una segunda caseta para que la colonia se disperse en una mayor superficie (misma cantidad de murciélagos, pero en dos casetas, genera menor calor al haber mayor espaciamiento). Otra opción es cubrir el techo y los paneles más expuestos al sol con papel blanco para que así puedan reflejar los rayos solares durante el día.

- **Excremento:** Las casetas para murciélagos modernas son afortunadamente autolimpiantes. Los excrementos se acumulan en el suelo directamente debajo de las casetas. Este material se biodegrada naturalmente y no hay mayor necesidad de eliminarlo. Lo que sí se puede hacer es recolectarlo para luego incorporarlo en plantas como abono natural.
- **No son mascotas:** El hecho de instalar casetas para murciélagos genera espacio e instancias para que los murciélagos se instalen. Esto no implica que los murciélagos pasen a ser propiedad de las personas. Estos animales deben ser dejados en tranquilidad y no ser sacados o perturbados en las casetas. Si en tiempo de crianza se escapa alguna cría, esta debe ser tomada con guantes gruesos y dejada en la entrada de la caseta. Esta escalará sola por dentro de la caseta hacia donde se encuentre su madre.

9. Referencias bibliográficas

- Benton, T. G., Vickery, J. A. and Wilson, J. D. 2003. *Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key?* Trends in Ecology and Evolution, 18(4): 182- 188.
- Caire, W., R.M. Hardisty & K.E. Lacy. 1988. *Capture heights and times of Lasiurus borealis (Chiroptera: Vespertilionidae) in southeastern Oklahoma*. Proceedings of the Oklahoma Academy of Sciences, 68: 51-53 pp.
- Donald, P. F., Green, R. E. and Heath, M. F. (2001). *Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations*. Proceedings of the Royal Society of London, Series B, 268: 25-29.
- Esbérard, C.E.L. & H.G. Bergallo. 2010. *Foraging activity of the free-tailed bat Molossus molossus (Chiroptera: Molossidae) in southeastern Brazil*. Brazilian Journal of Biology 70 (4): 1011-1014 pp.
- Fernández I., J. Yañez, JL Allendes, G. Ossa & A. Rodríguez. 2016. *Murciélagos de Chile: Lineamiento para su Estudio*. Gestión Ambiental, Nº 32: 5-18. CEA Ediciones.
- Galáz, J.L., José Yañez & Ignacio Fernández. 2020. *Los murciélagos de Chile; Guía para su reconocimiento*. Cea Ediciones, Valdivia, Chile, 128 pp.
- Gardner, B. 1996. *European agriculture: policies, production and trade*. Routledge, London.
- Galbraith, H. 1988. *Effects of agriculture on the breeding ecology of lapwings Vanellus vanellus*. Journal of Applied Ecology, 25: 487-503.
- Kunz, T. H. & A. Kurta. 1988. *Capture methods and holding devices*. En: Kuntz T. H. *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. Smithsonian Institution Press. Washington, D. C. London. 1-28 pp.
- Lee, Y. & G. McCracken. 2004. *Flight activity and food habits of three species of Myotis bats (Chiroptera: Vespertilionidae) in sympatry*. Zoological Studies, 43(3): 589-597 pp.
- Nabeel G., Hiromi Kondo & Steven Taylor. 2019. *Urban Bat Activity in Colorado Springs*. Conference: Summer Faculty-Student Collaborative Research (SCoRe) Symposium, 27.
- 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*. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

- Ossa, G., F. Díaz, O. O'hrens, J. Laker & C. Bonacic. 2010a. *Conociendo los murciélagos a través de sus ultrasonidos*. La Chiricoca 11: 26-31.
- Ossa, G., J.T. Ibarra, K. Barboza, F. Hernández, N. Gálvez, J. Laker & C. Bonacic. 2010b. *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: 131– 139.
- Robinson, R. A. and Sutherland, W. J. 2002. *Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain*. Journal of Applied Ecology, 39: 157-176.
- Rodríguez-San Pedro, A., J.L. Allendes, P. Carrasco-Lagos & R.A. Moreno. 2014. *Murciélagos de la Región Metropolitana de Santiago, Chile*. Seremi del Medio Ambiente Región Metropolitana de Santiago, Universidad Santo Tomás y Programa para la Conservación de los Murciélagos de Chile, 51 pp.
- Rodríguez-San Pedro, A. & J.A. Simonetti. 2013. *Acoustic identification of four species of bats (Order Chiroptera) in central Chile*. Bioacoustics 22: 165-172.
- Sheldon F. Owen, Michael Menzel, Mark Ford, Brian Chapman, Karl Miller, John Edwards, Petra Bohall. 2009. *Home-range Size and Habitat Used by the Northern Myotis (Myotis septentrionalis)*. American Midland Naturalist 150: 352-359 DOI: 10.1674/0003-0031(2003)150[0352:HSAHUB] 2.0.CO;2.
- Søgaard P., Jørgensen, Carl Folke, Patrik J.G. Henriksson, Karin Malmros, Max Troell and Anna Zorzet. 2020. *Coevolutionary Governance of Antibiotic and Pesticide Resistance*. Trends in Ecology & Evolution. 2653 No. of Pages 11
- Jonsen, I. D. and Fahrig, L. 1997. *Response of generalist and specialist insect herbivores to landscape spatial structure*. Landscape Ecology, 12: 185-197.
- Tuttle M. Mark Kiser & Selena Kiser. 2004. *The bat house builder's handbook*. Bat Conservation International.
- Yáñez, J. 2000. Capturas y Recolectas. En: Muñoz-Pedreros A. y J Yáñez (Eds.). *Mamíferos de Chile*. Valdivia, Chile, Ediciones CEA. 367-378 pp.



Corredores Biológicos
de **Montaña**
Proyecto GEF