



Corredores Biológicos  
de **Montaña**  
Proyecto GEF

Estudio de caso:

**DETERMINACIÓN DEL  
SERVICIO ECOSISTÉMICO  
DE CONTROL BIOLÓGICO  
DE PLAGAS QUE PRESTAN  
LOS MURCIÉLAGOS NATIVOS,  
EN TRES COMUNAS  
DENTRO DEL ÁREA  
DEL PROYECTO  
GEF MONTAÑA**



Estudio de caso basado en investigación encargada a:



Bioecos E.I.R.L

Servicios de Consultoría Ecológica, Bioacústica y Conservación: PhD. *Annia Rodríguez*, MSc. *Juan Luis Allendes*.

**Con la colaboración de:**

Laboratorio de Entomología del Servicio Agrícola y Ganadero Dirección Regional Metropolitana de Santiago: *César Palma*.

Laboratorios de Ecología Molecular y de Ecología y Genética de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile: PhD. *Elie Poulin*, PhD. *David Véliz*, PhD. *Caren Vega*, *Noemi Rojas* y *Tania Lucero*.

Laboratorio AUSTRAL - Omics de la Facultad de Ciencias de la Universidad Austral de Chile: PhD. *Andrea Silva*.

Laboratorios de Parasitología y Entomología del Instituto de Salud Pública, área de Biología Molecular y Bioinformática: PhD. *Mónica Saldarriaga*.

**Edición:**

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

**Contrapartes:**

División de Recursos Naturales y Biodiversidad, Ministerio del Medio Ambiente.

División de Información y Economía Ambiental, Ministerio del Medio Ambiente.

Sección de Recursos Naturales y Biodiversidad, SEREMI Medio Ambiente Región Metropolitana de Santiago.

**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 (2016-2021).

**Citar como:**

MMA - ONU Medio Ambiente. 2018. Estudio de Caso: Determinación del Servicio Ecosistémico de Control Biológico de Plagas que prestan los Murciélagos Nativos en Agroecosistemas, en tres comunas dentro del área del Proyecto GEF Montaña. Basado en investigación encargada a: PhD. *Annia Rodríguez* y MSc. *Juan Luis Allendes*, BIOECOS E.I.R.L. Financiado en el marco del proyecto GEFSEC ID 5135 Ministerio del Medio Ambiente - ONU Medio ambiente. Santiago, Chile. 76pp.

**Foto de portada:** *Histiotus montanus* en captura de monitoreo, *Ignacio Fernández*.



Corredores Biológicos  
de Montaña  
Proyecto GEF





Corredores Biológicos  
de **Montaña**  
Proyecto GEF

Estudio de caso:

**DETERMINACIÓN DEL  
SERVICIO ECOSISTÉMICO  
DE CONTROL BIOLÓGICO  
DE PLAGAS QUE PRESTAN  
LOS MURCIÉLAGOS NATIVOS,**  
EN TRES COMUNAS  
DENTRO DEL ÁREA  
DEL PROYECTO  
GEF MONTAÑA

# ÍNDICE

<b>1  RESUMEN EJECUTIVO</b>	<b>8</b>
<b>2  INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
<b>3  OBJETIVOS</b>	<b>13</b>
<b>4  METODOLOGÍA</b>	<b>14</b>
4.1  Identificación y caracterización de sitios a muestrear.	<b>15</b>
4.2  Caracterización del ensamble de murciélagos insectívoros presentes en los viñedos orgánicos.	<b>21</b>
4.3  Rol de los murciélagos como depredadores de insectos plaga en los viñedos.	<b>26</b>
-Colecta de fecas.	<b>26</b>
-Identificación de insectos plaga.	<b>28</b>
-Secuenciación de ADN de insectos plaga.	<b>32</b>
-Análisis de heces de murciélagos.	<b>37</b>
4.4  Cuantificación de los impactos de la depredación por murciélagos sobre la abundancia local de insectos plaga en los viñedos.	<b>38</b>
4.5  Estimación del valor económico del servicio de control biológico ofrecido por los murciélagos en los viñedos.	<b>40</b>
4.6  Descripción de la percepción social del servicio ecosistémico de control de plagas que prestan los murciélagos dentro de los viñedos.	<b>40</b>
<b>5  RESULTADOS</b>	<b>43</b>
5.1  Ensamble y actividad de murciélagos insectívoros en los viñedos.	<b>44</b>
5.2  Rol de los murciélagos como depredadores de insectos plaga en los viñedos.	<b>51</b>
5.3  Impactos de la depredación por murciélagos sobre la abundancia local de insectos plaga en los viñedos.	<b>53</b>
5.4  Estimación del valor económico del servicio de control de plagas que prestan los murciélagos en los viñedos de Chile central.	<b>57</b>
5.5  Percepción social del servicio ecosistémico de control de plagas que prestan los murciélagos.	<b>58</b>
<b>6  CONCLUSIONES</b>	<b>62</b>
<b>7  REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>65</b>
<b>8  APÉNDICE.</b>	<b>72</b>
Recomendaciones para proteger y potenciar el control biológico que realizan los murciélagos en cultivos agrícolas.	

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1 </b>	Mapa con la ubicación de los viñedos (sitios piloto) en estudio.	<b>16</b>
<b>Figura 2 </b>	Cuatro de los seis viñedos (sitios piloto) en estudio. Antiyal (A); Huelquén (B); La Montaña (C); Emiliana fundo Los Morros (D).	<b>16</b>
<b>Figura 3 </b>	Mapa de la viña Antiyal donde se muestran los puntos fijos de monitoreo en borde (B) e interior (I) y transectos (T) en borde (líneas en morado) e interior (líneas en azul).	<b>22</b>
<b>Figura 4 </b>	Mapa de la viña Huelquén donde se muestran los puntos fijos de monitoreo en borde (B) e interior (I) y transectos (T) en borde (líneas en morado) e interior (líneas en azul).	<b>23</b>
<b>Figura 5 </b>	Mapas de viña La Montaña donde se muestran los puntos fijos de monitoreo en borde (B) e interior (I) y transectos (T) en borde (líneas en morado) e interior (líneas en azul).	<b>23</b>
<b>Figura 6 </b>	Mapa de viña Emiliana, fundo Los Morros, donde se muestran los puntos fijos de monitoreo en borde (B) e interior (I) y transectos (T) en borde (líneas en morado) e interior (líneas en azul).	<b>24</b>
<b>Figura 7 </b>	Mapa de viña Santa Rita donde se muestran los puntos fijos de monitoreo en borde (B) e interior (I) y transectos (T) en borde (líneas en morado) e interior (líneas en azul).	<b>24</b>
<b>Figura 8 </b>	Mapa de viña Telliery donde se muestran los puntos fijos de monitoreo en borde (B) e interior (I) y transectos (T) en borde (líneas en morado) e interior (líneas en azul).	<b>24</b>
<b>Figura 9 </b>	Equipo de detección acústica SongMeter SM4BAT FS utilizado para el registro de pases de ecolocación de murciélagos en los puntos fijos.	<b>25</b>
<b>Figura 10 </b>	Equipo de detección acústica Pettersson D240x y grabadora digital Zoom H2n utilizado para el registro de pases de ecolocación de murciélagos en los transectos.	<b>25</b>
<b>Figura 11 </b>	Ejemplar de la especie <i>Myotis chiloensis</i> capturado con red entomológica en viña Santa Rita.	<b>26</b>
<b>Figura 12 </b>	Toma de muestras a ejemplar de la especie <i>Myotis chiloensis</i> capturado en viña Santa Rita.	<b>27</b>
<b>Figura 13 </b>	Ejemplar de la especie <i>Myotis chiloensis</i> capturado con red de niebla en viña La Montaña.	<b>27</b>
<b>Figura 14 </b>	Fotografía de una pequeña colonia de murciélagos oreja de ratón del sur ( <i>Myotis chiloensis</i> ) refugiada en el sótano del hotel en Viña Santa Rita.	<b>27</b>
<b>Figura 15 </b>	Fotografía de una pequeña colonia de murciélagos oreja de ratón del sur ( <i>Myotis chiloensis</i> ) refugiada en el techo de una edificación en Viña La Montaña.	<b>27</b>
<b>Figura 16 </b>	Fecas de murciélago oreja de ratón del sur ( <i>Myotis chiloensis</i> ) colectadas en refugio en Viña La Montaña.	<b>28</b>
<b>Figura 17 </b>	Plagas objetivo identificadas para el área de estudio, sin muestra para secuenciación de ADN. a) <i>Proeulia crisopteryx</i> , b) <i>Agrotis bilitura</i> .	<b>29</b>
<b>Figura 18 </b>	Plagas objetivo identificadas para el área de estudio, con muestra para secuenciación de ADN. a) <i>Lobesia botrana</i> , b) <i>Proeulia auraria</i> , c) <i>Agrotis ipsilon</i> , d) <i>Chileulia stalactitis</i> , e) <i>Tomarus villosus</i> , f) <i>Athlia rustica</i> .	<b>30</b>

<b>Figura 19 </b>	Colecta de insectos asociados a los viñedos.	<b>31</b>
<b>Figura 20 </b>	Jaulas de exclusión (25mx16mx5m) colocadas en las viñas Huelquén (a), Antiyal (b) y La Montaña (c).	<b>39</b>
<b>Figura 21 </b>	Rostros de las cinco especies de murciélagos registradas en los sitios piloto. A: Murciélago de cola libre ( <i>Tadarida brasiliensis</i> ), B: Murciélago orejón chico ( <i>Histiotus montanus</i> ), C: Murciélago oreja de ratón del sur ( <i>Myotis chiloensis</i> ), D: Murciélago ceniciento ( <i>Lasiurus cinereus</i> ), E: Murciélago colorado ( <i>Lasiurus varius</i> ).	<b>47</b>
<b>Figura 22 </b>	Media ( $\pm$ error estándar) del número de pases de ecolocación (datos transformados a raíz cuadrada) registrado por especie en los viñedos. Tb: <i>Tadarida brasiliensis</i> ; Hm: <i>Histiotus montanus</i> ; Lc: <i>Lasiurus cinereus</i> ; Lv: <i>Lasiurus varius</i> ; Mch: <i>Myotis chiloensis</i> . Resultados del ANOVA de una vía y test a posteriori Holm-Sidak para las comparaciones múltiples entre especies. Los datos originales fueron transformados a raíz cuadrada para normalizarlos. Diferentes letras indican diferencias significativas entre pases de ecolocalización por especie.	<b>49</b>
<b>Figura 23 </b>	Número total de pases de ecolocación registrado en cada viñedo y proporción de pases por especies. Tb: <i>Tadarida brasiliensis</i> ; Hm: <i>Histiotus montanus</i> ; Lc: <i>Lasiurus cinereus</i> ; Lv: <i>Lasiurus varius</i> ; Mch: <i>Myotis chiloensis</i> .	<b>50</b>
<b>Figura 24 </b>	Diferencias en el número total de pases de murciélagos por pares de puntos (borde e interior) en los viñedos. Cada barra representa la diferencia entre un punto de borde y su correspondiente par de interior según se indica en la Tabla 8. Viña Antiyal (A); Huelquén (H); La Montaña (M); Los Morros (Mo); Santa Rita (R); Teillery (T). El color gris de la barra significa más pases registrados en los bordes; las barras blancas indican más pases en el interior. Los resultados corresponden a una prueba de datos pareados (t-test pareada).	<b>51</b>
<b>Figura 25 </b>	Diferencias en el número de pases registrados para cada especie por pares de puntos (borde e interior) en los viñedos. Cada barra representa la diferencia entre un punto de borde y su correspondiente par de interior según se indica en la Tabla 8. Viña Antiyal (A); Huelquén (H); La Montaña (M); Los Morros (Mo); Santa Rita (R); Teillery (T). El color gris de la barra significa más pases registrados en los bordes; las barras blancas indican más pases en el interior. Los resultados corresponden a una prueba de datos pareados (t-test pareada).	<b>54</b>
<b>Figura 26 </b>	Huevos de <i>Leptoglossus chilensis</i> (chinche).	<b>55</b>
<b>Figura 27 </b>	Ataque de ácaro, <i>Colomerus viti</i> .	<b>55</b>
<b>Figura 28 </b>	Racimos con daños en frutos.	<b>55</b>
<b>Figura 29 </b>	Número promedio ( $\pm$ ES) de pupas/planta en tratamientos control y exclusiones.	<b>56</b>

<b>Figura 30 </b>	Número de frutos dañados/racimo en tratamientos control y exclusiones.	<b>56</b>
<b>Figura 31 </b>	Índice de herbivoría (media ± ES) por planta en tratamientos control y exclusiones.	<b>56</b>
<b>Figura 32 </b>	Sitios asociados con presencia de murciélagos por los encuestados.	<b>60</b>
<b>Figura 33 </b>	Conocimiento de los entrevistados sobre la dieta de los murciélagos (NS/NR=no sabe o no responde).	<b>61</b>
<b>Figura 34 </b>	Prototipo de casetas de murciélagos (bat houses).	<b>75</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1 </b>	Porcentajes de tipos de cobertura de uso de suelo cuantificados a 1, 3 y 5 km de radio alrededor de cada viñedo en estudio.	<b>18</b>
<b>Tabla 2 </b>	Características de manejo orgánico de sitios piloto, edad de los viñedos, año de conversión a viña orgánica, tratamiento orgánico, período de aplicación de dicho tratamiento y taxón objetivo que apunta el tratamiento.	<b>19</b>
<b>Tabla 3 </b>	Características de las viñas (sitios piloto): Número de hectárea, número de plantas por hectáreas, período susceptibilidad planta y agentes dañinos.	<b>20</b>
<b>Tabla 4 </b>	Pesticidas utilizados en Viña Pérez Cruz, costo por hectárea y fecha de aplicación.	<b>21</b>
<b>Tabla 5 </b>	Especies que fueron exitosamente secuenciadas con partidores LCO1490/HCO2198, Lep-F1/Lep-R1 y CovF-1/Nancy. Sí: Hubo éxito de secuenciación. No: No hubo éxito de secuenciación. N/a: No fue probada.	<b>33</b>
<b>Tabla 6 </b>	Número de individuos de cada especie entregada junto con su familia, orden y secuencia de ADN.	<b>34-35</b>
<b>Tabla 7 </b>	Porcentaje de identidad de especies de genoma o secuencias conocidas con respecto a la secuencia de insectos de interés.	<b>36</b>
<b>Tabla 8 </b>	Total de pases de ecolocación registrado por punto fijo de muestreo en cada sitio piloto. Tb: <i>Tadarida brasiliensis</i> ; Hmo: <i>Histiotus montanus</i> ; Lc: <i>Lasiurus cinereus</i> ; Lv: <i>Lasiurus varius</i> ; Mch: <i>Myotis chiloensis</i> .	<b>44-45</b>
<b>Tabla 9 </b>	Total de pases de ecolocación registrado por transecto en cada sitio piloto. Tb: <i>Tadarida brasiliensis</i> ; Hmo: <i>Histiotus montanus</i> ; Lc: <i>Lasiurus cinereus</i> ; Lv: <i>Lasiurus varius</i> ; Mch: <i>Myotis chiloensis</i> .	<b>46</b>
<b>Tabla 10 </b>	Secuencia detectada de <i>Proeulia auraria</i> .	<b>52</b>

# RESUMEN EJECUTIVO



El principal objetivo de este estudio fue determinar la contribución del servicio ecosistémico de control biológico de plagas que prestan los murciélagos nativos para lo cual se buscó caracterizar el ensamble de murciélagos nativos que visitan sitios piloto, cuantificar los impactos positivos, estimar el valor económico de los beneficios que pueden generar, y describir la percepción social del servicio ecosistémico de control de plagas que ellos prestan.

Para ello se trabajó en seis sitios piloto, que correspondieron a viñedos orgánicos rodeados de vegetación nativa y ubicados en las comunas de

Paine, Buin y Melipilla, Región Metropolitana (Viña Antiyal, La Montaña, Huelquén, Santa Rita, Teillery y Fundo Los Morros de viñedos Emiliana). La consultoría se desarrolló entre septiembre 2017 y mayo de 2018. La toma de datos en terreno se desarrolló mayoritariamente entre octubre 2017 y marzo 2018, en donde se realizó la caracterización del ensamble de murciélagos insectívoros a través de monitoreos acústicos se desarrollaron experimentos de exclusión nocturna alrededor de los cultivos y se realizaron una encuesta de percepción social.

Como resultado de las diversas actividades desarrolladas, se registra-

ron un total de 3.854 pases de ecolocación durante 24 noches y 240 horas de grabación. El análisis de estos registros acústicos permitió la identificación de cinco de las seis especies de murciélagos descritas para la región, y que correspondieron a *Tadarida brasiliensis*, *Histiotus montanus*, *Lasiurus cinereus*, *Lasiurus varius* y *Myotis chiloensis*. La única especie no registrada fue *Histiotus macrotus*, tal vez debido a que es una especie solitaria y poco común. La especie dominante en el área de estudio fue *T. brasiliensis* seguida por *M. chiloensis*. En Chile, *T. brasiliensis* suele ser de las más frecuentemente registradas en ambientes modificados, siendo además de hábitos generalistas.

A nivel de viñedo la actividad fue mayor en los bordes en comparación con el interior de los viñedos. Ahora bien, observando la riqueza de especies y la composición del paisaje de los viñedos, resulta aparentemente que a mayor presencia de vegetación nativa, mayor es la diversidad de especies y población de murciélagos. Por otro lado, se detectó que del total de pases de ecolocación registrados, el 45% presentaron una fase final de captura (buzz), en su mayoría (98%) correspondiente a la especie *T. brasiliensis*, lo que nos indica el uso efectivo de los viñedos y los bordes aledaños como

hábitats de forrajeo por esta especie.

En cuanto al análisis de dieta a partir de las heces de murciélagos, hubo 71.659 secuencias de ADN que fueron analizadas. Para *M. chiloensis* se registraron 5.530 secuencias de ADN de artrópodos, siendo los órdenes más abundantes Araneae (36,8%), Lepidoptera (31,8%) y Coleoptera (30,4%). Para *T. brasiliensis* se registraron 927 secuencias de ADN de artrópodos, siendo los órdenes más abundantes Coleoptera (55%) y Lepidoptera (44%). Solo se registró en las heces una de las seis plagas que potencialmente podrían ser consumidas por murciélagos, pero con baja representación. Ahora bien, sí pudieron identificarse otras dos especies de interés económico para la agricultura aunque no específicamente de importancia para los viñedos.

En las jaulas de exclusión nocturna de murciélagos, no se encontraron larvas de insectos y tampoco en los controles. Así mismo, no se registraron diferencias significativas en el número de pupas/planta entre las exclusiones y los controles. Ahora bien, en cuanto al número de uvas dañadas/racimo, fue significativamente superior en los tratamientos donde fueron excluidos los murciélagos respecto a los controles. En cuanto a los

niveles de daño a las hojas por herbivoría, también se registraron diferencias significativas entre tratamientos, siendo el porcentaje de daño mayor en las exclusiones respecto de los controles. De ello se desprende que los murciélagos estarían proporcionando suficiente presión de depredación sobre las plagas de estos cultivos.

También de las jaulas de exclusión se obtuvo un promedio de uvas dañadas por racimo de 5,09 para las exclusiones y de 1,09 para los controles, por lo que el porcentaje de uvas dañadas por racimo correspondió a 8,9% para las exclusiones y 1,9% para los controles. Considerando que sería de 4,0 el promedio de uvas por racimo que se dañarían por la falta de murciélagos, se tendría un 7,01% de uvas por racimo a los que se les evitó su daño. Ahora bien, considerando un rendimiento promedio de uva vinífera de 8.500 kg/ha en los sitios piloto, y un precio de mercado entre \$190-\$250/kg, se estima que el aporte de los murciélagos para los vitivinicultores orgánicos de los sitios piloto sería de entre \$113.050-148.750/ha o un 7% del valor de la cosecha.

En cuanto a la percepción social, un 82,35% de las personas encuestadas afirman haber visto murciélagos, aunque en su mayoría los asocian con palabras como ratones, pájaros y vampiros, y unos pocos mencionan tenerles miedo. No obstante, a pesar de esta percepción negativa, el 79,41% de los encuestados considera que los murciélagos cumplen una función en el ecosistema. En cuanto a la dieta de los quirópteros, la mayor parte de los encuestados (44,13%) desconoce de qué se alimentan, en cambio un 32,35% considera que son insectívoros y un 23,52% considera que, además de consumir insectos se alimentan también de néctar de las flores, plantas, frutos, roedores y sangre. Adicionalmente cuando se consulta a las personas si existe una relación de los murciélagos con los viñedos, solo el 40,07% indica que los murciélagos cumplen una función en el viñedo y el 20,59% no lo sabe. En este sentido, y pese a que las personas han tenido algún tipo de contacto con los murciélagos, sigue existiendo desconocimiento y mitos respecto de su dieta y de la función ecosistémica que cumplen.



# INTRODUCCIÓN

---

Uno de los principales desafíos de la biología de la conservación es preservar los servicios esenciales de los ecosistemas para el bienestar humano (Aguiar et al., 2012), entendiendo que éstos están vinculados a la posibilidad de satisfacer adecuadamente las necesidades humanas fundamentales. En las últimas décadas en Chile los bosques templados y matorral esclerófilo han sido reemplazados por plantaciones forestales y la agricultura (Echeverría et al., 2006; Armesto et al., 2007). La creciente expansión e intensificación de la agricultura ha

resultado en una simplificación de los paisajes naturales, generando transformaciones agrícolas que traen como consecuencia el reemplazo de hábitats naturales. La especialización regional de los agricultores en unos pocos cultivos, sumado al uso de pesticidas, constituyen algunas de las principales causas de la actual pérdida de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos asociados (Butchart et al., 2010). La viticultura es una de las principales actividades agrícolas extendidas en el valle central del país, la cual disminuye la biodiversidad y

simplifica la estructura del paisaje circundante (Underwood et al., 2009). Un importante servicio ecosistémico que podría verse afectado por la simplificación estructural del paisaje y el decline de la biodiversidad es el control biológico de plagas (Veres et al., 2013). A fin de compensar estos efectos se han utilizado prácticas de manejo que incluyen la reducción en el uso de pesticidas y el incremento de vegetación nativa al interior y en los alrededores de las viñas a través del manejo orgánico de los viñedos (Bruggisser et al., 2010).

Las principales plagas de los viñedos son los lepidópteros del género *Proeulia* sp., y *Lobesia botrana* (SAG 2015), cuyas larvas provocan un daño directo a la producción al alimentarse de los racimos, produciendo la pudrición y deshidratación de los frutos, lo que disminuye el rendimiento de las viñas y oca-

siona un daño económico importante. Al ser la mayoría de los murciélagos que habitan en Chile son eficientes depredadores de insectos y otros artrópodos (Canals y Cattán 2008; Rodríguez-San Pedro et al., 2016), contribuyen a mantener la estabilidad de muchos ecosistemas, desempeñando un importante papel en el control de los daños ocasionados por las plagas a los cultivos agrícolas, y en la reducción de los costos asociados al uso de pesticidas (Cleveland et al., 2006; Boyles et al., 2011). Sin embargo, la mayor parte de los estudios sobre esta temática han estado restringidos a ambientes tropicales y subtropicales (Kalka et al., 2008; Williams-Guillén et al., 2008; Morrison et al., 2012; Maas et al., 2013; Karp et al., 2014), y muy pocos han evaluado el impacto de los murciélagos como depredadores de plagas en ambientes templados (Puig-Monserrat et al., 2015).

# 3

## OBJETIVOS

---

### Objetivo general:

Determinar la contribución del servicio ecosistémico de control biológico de plagas que prestan los murciélagos nativos a los agroecosistemas, en sitios pilotos ubicados en el área del proyecto GEF Montaña.

### Objetivos específicos:

a) Caracterizar el ensamble de murciélagos nativos que visitan los sitios piloto.

b) Cuantificar los impactos positivos y estimar el valor económico de los beneficios que pueden generar en éstos.

c) Describir la percepción social del servicio ecosistémico de control de plagas que prestan los murciélagos dentro de los sitios piloto y generar recomendaciones para mejorar dicha percepción.

d) Generar recomendaciones de manejo de los agroecosistemas para potenciar el control de plagas realizado por el ensamble de murciélagos nativos en los sitios piloto.

e) Difundir el rol ecosistémico que cumplen los murciélagos nativos en los agroecosistemas y su impacto productivo positivo en los mismos.



*Lasiurus cinereus*. Foto: Ignacio Fernández

# 4 METODOLOGÍA

---

## 4.1 | IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE SITIOS A MUESTREAR

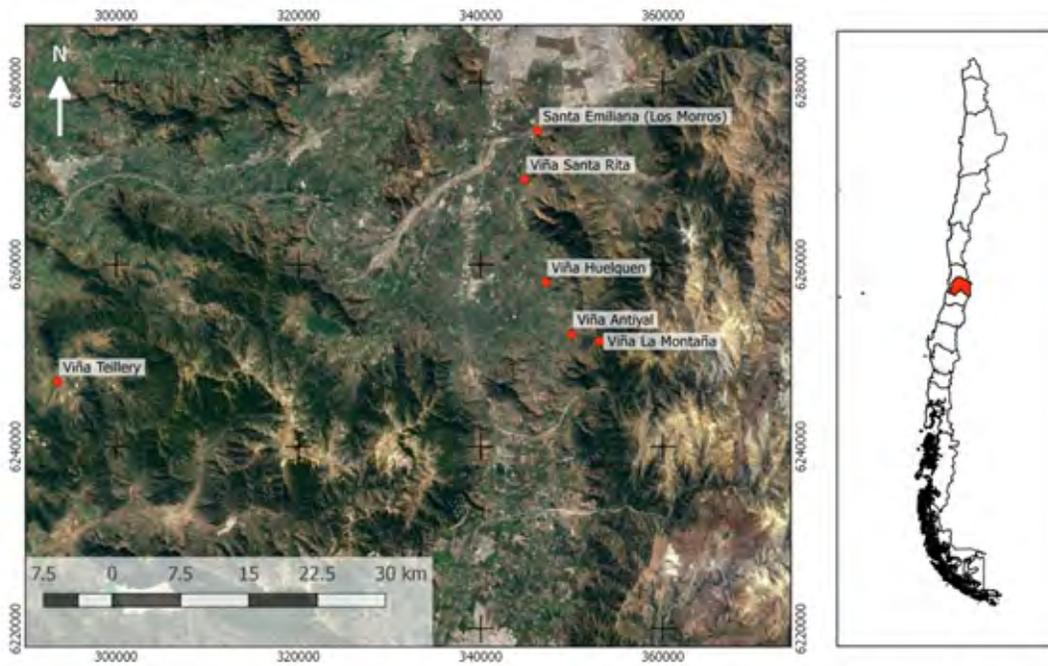
El estudio se realizó en seis viñedos orgánicos ubicados en las comunas de Paine, Buin y Melipilla, de la Región Metropolitana (Figura 1). Estos corresponden a: Viña Antiyal, La Montaña, Huelquén, Santa Rita, Teillery, y Fundo Los Morros de viñedos Emiliana (Figura 2).

Estos seis viñedos pertenecen a un conjunto de doce viñedos orgánicos, ubicados en las comunas de Padre Hurtado, Paine, Buin, Melipilla, Talagante e Isla de Maipo, de la Región Metropolitana y el Valle de Casablanca, V Región, los que forman parte de un proyecto FONDECYT de postdoctorado liderado por la Dra. Annia Rodríguez-San Pedro bajo el patrocinio de la Universidad de Chile. Dicho proyecto, iniciado en enero de 2016 y de tres años de duración, tiene por objetivo principal el examinar el servicio ecosistémico y económico ofrecido por los murciélagos como controladores de plagas de insectos en viñedos de Chile central y, a su vez evaluar cómo estos servicios están influenciados por los cambios en la riqueza y niveles de actividad de murciélagos asociados a los cambios en la heterogeneidad y composición del paisaje. En este senti-

do, se buscó la complementariedad entre ambos estudios con fin de potenciar los resultados.

Ahora bien, estos seis viñedos fueron seleccionados considerando su cercanía a áreas silvestres o áreas de amortiguación de áreas protegidas en el marco del proyecto GEF Corredores Biológicos de Montaña, pero además tomando en consideración la composición del paisaje donde están inmersos a fin de garantizar una variabilidad que permita detectar si existe algún patrón de asociación entre la riqueza de especies y actividad de murciélagos y la vegetación circundante a los viñedos. En consecuencia, la composición del paisaje donde están inmersos cada uno de los viñedos se cuantificó en un rango de escalas que incluye los posibles ámbitos de hogar de las especies de murciélagos que se esperaba encontrar, según mapas de distribución, en el área de estudio.

Para el presente estudio la estructura del paisaje se cuantificó en los rangos 1, 3 y 5 km de radio alrededor de cada viñedo focal, siguiendo a Rodríguez-San Pedro y Simonetti (2015). Para caracterizar la composición del paisaje, se clasificaron y agruparon los distintos tipos de cobertura de uso de suelo se-



**Figura 1 |** Mapa con la ubicación de los viñedos (sitios piloto) en estudio.  
 Fuente: *Annia Rodríguez-San Pedro*



**Figura 2 |** Cuatro de los seis viñedos (sitios piloto) en estudio. Antiyal (A); Huelquén (B); La Montaña (C); Emiliana fundo Los Morros (D). Fotos: *Annia Rodríguez-San Pedro*.

gún las siguientes categorías: zonas agrícolas; ambiente ripario u otros cuerpos de agua; zona industrial; praderas; zona urbana/semiurbana; suelo degradado; bosque esclerófilo y matorral xerófito. Estos datos fueron expresados como el porcentaje de la superficie total cubierta por cada tipo de uso de suelo (Tabla 1). Un último atributo de la selección de los sitios piloto consistió en el tipo de manejo orgánico que realizan los viñedos,

datos suministrados por los administradores de las viñas (Tabla 2). Basado en lo anterior se consultó datos generales sobre las viñas (Tabla 3). Con respecto a la efectividad de los pesticidas se consultó en la viña convencional Pérez Cruz, (Tabla 4), los que señalaron que los productos utilizados eliminan el 80% de huevos y larvas por aplicación, y por experiencia de los viñateros los productos estarían activos por 8 días.

**Tabla 1 |** Porcentajes de tipos de cobertura de uso de suelo cuantificados a 1, 3 y 5 km de radio alrededor de cada viñedo en estudio.

VIÑEDO	TIPO DE COBERTURA	PROPORCIÓN (%)		
		Radio 1 Km	Radio 3 Km	Radio 5 Km
<b>Antiyal</b>	Agrícola	56,0	52,6	45,1
	Ambiente ripario/cuerpos de agua	13,1	2,9	1,0
	Industrial	0,8	0,1	0,0
	Pradera	2,3	1,4	0,6
	Urbano/Semiurbano	23,1	14,7	9,8
	Suelo degradado	2,8	0,5	0,2
	Vegetación nativa	1,9	27,8	43,4
<b>Huelquén</b>	Agrícola	89,2	72,9	71,9
	Ambiente ripario/cuerpos de agua	0,0	0,0	0,0
	Industrial	0,5	1,2	0,5
	Pradera	0,0	0,0	0,0
	Urbano/Semiurbano	3,5	11,3	8,2
	Suelo degradado	0,0	0,0	0,2
	Vegetación nativa	6,8	14,6	19,1

**Tabla 1 |** Porcentajes de tipos de cobertura de uso de suelo cuantificados a 1, 3 y 5 km de radio alrededor de cada viñedo en estudio.

VIÑEDO	TIPO DE COBERTURA	PROPORCIÓN (%)		
		Radio 1 Km	Radio 3 Km	Radio 5 Km
<b>La Montaña</b>	Agrícola	17,7	7,2	15,6
	Ambiente ripario/cuerpos de agua	0,0	1,5	1,0
	Industrial	0,0	0,0	0,0
	Pradera	5,5	1,6	0,6
	Urbano/Semiurbano	0,0	8,9	5,1
	Suelo degradado	0,0	0,0	0,2
	Vegetación nativa	76,7	80,9	77,5
<b>Emiliana (Fundo Los Morros)</b>	Agrícola	30,2	41,1	47,4
	Ambiente ripario/ cuerpos de agua	19,3	8,9	5,3
	Industrial	0,0	1,9	2,5
	Pradera	0,0	0,2	1,0
	Urbano/Semiurbano	17,8	18,6	24,2
	Suelo degradado	0,0	1,7	1,1
	Vegetación nativa	32,6	27,7	18,5
<b>Santa Rita</b>	Agrícola	61,8	61,5	50,1
	Ambiente ripario/cuerpos de agua	0,7	0,3	3,9
	Industrial	2,3	2,3	0,8
	Pradera	0,0	0,9	0,3
	Urbano/Semiurbano	5,1	10,1	11,4
	Suelo degradado	4,3	0,5	1,4
	Vegetación nativa	25,8	24,4	32,0
<b>Teillery</b>	Agrícola	63,7	42,6	26,1
	Ambiente ripario/cuerpos de agua	0,0	0,4	0,2
	Industrial	0,0	1,5	2,0
	Pradera	0,0	0,7	0,3
	Urbano/Semiurbano	0,0	0,0	0,0
	Suelo degradado	15,6	7,2	3,1
	Vegetación nativa	20,7	47,6	68,3

**Tabla 2 |** Características de manejo orgánico de sitios piloto, edad de los viñedos, año de conversión a viña orgánica, tratamiento orgánico, período de aplicación de dicho tratamiento y taxón objetivo que apunta el tratamiento.

VIÑEDO	EDAD	CONVERSIÓN	TRATAMIENTO	PERÍODO APLICACIÓN TRATAMIENTO	OBJETIVO APLICACIÓN
<b>Teillery</b>	19	2000	-Azufre -Aceite Mineral -Javelin WG	-Octubre-Enero -Octubre-Noviembre -3 aplicaciones en: Noviembre, Diciembre y Enero	-Oidio (Hongo) -Arañita Roja (Ácaro) - <i>Lobesia botrana</i> (Polilla)
<b>Antiyal</b>	22	1996	-Azufre -Aceite Mineral -Confusores Sexuales -Compost 501 -Hojarasca	-Octubre-Enero -Septiembre-Diciembre -Todo el año  -Junio-Julio -Junio	-Oidio (Hongo) -Arañita Roja (Ácaro) - <i>Lobesia botrana</i> (Polilla)  -Tierra -Tierra
<b>La Montaña</b>	9	2016	-Azufre -Aceite Mineral -Confusores Sexuales	-Octubre-Enero -Septiembre-Diciembre -Todo el año	-Oidio (Hongo) -Arañita Roja (Ácaro) - <i>Lobesia botrana</i> (Polilla)
<b>Huelquén</b>	18	2000	-Kaligreen y Azufre -QL-Agri 35 -Confusores Sexuales	-Octubre-Enero  -Septiembre-October -Agosto-Marzo	-Oidio (Hongo)  -Arañita Roja (Ácaro) -Nemátodos, Insectos, <i>Lobesia botrana</i> (Polilla)
<b>Santa Rita</b>	18	1999	-Azufre -Aceite Mineral -Confusores Sexuales	-Octubre-Enero -Septiembre-Diciembre -Agosto-Marzo	-Oidio (Hongo) -Arañita Roja (Ácaro) - <i>Lobesia botrana</i> (Polilla)
<b>Emiliana (Fundo Los Morros)</b>	25	2003	-Azufre -Aceite Mineral -Confusores Sexuales -Javelin WG	-Septiembre-Enero -Septiembre-Mayo -Todo el año  -3 aplicaciones en: Noviembre, Diciembre y Enero	-Oidio (Hongo) -Arañita Roja (Ácaro) - <i>Lobesia botrana</i> (Polilla)  - <i>Lobesia botrana</i> (Polilla)

**Tabla 3 |** Características de las viñas (sitios piloto): Número de hectáreas, número de plantas por hectárea, período susceptibilidad planta y agentes dañinos.

VIÑA	N° DE HA	N° PLANTAS/ HA	PERÍODO SUSCEPTIBILIDAD PLANTA	AGENTE DAÑINO
<b>Telliery</b>	45	5.000	Septiembre-Noviembre Septiembre-Enero Septiembre-Noviembre Octubre-Febrero	Arañita Roja Oídio Heladas <i>Lobesia</i>
<b>Emiliana</b>	48	4.000	Septiembre-Noviembre Octubre-Febrero Septiembre-Enero Enero y Noviembre	Heladas <i>Lobesia</i> Oídio Arañita Roja
<b>Antiyal</b>	23	5.800	Septiembre-Octubre Octubre-Febrero Septiembre-Noviembre Septiembre-Enero	Arañita Roja <i>Lobesia</i> Heladas Oídio
<b>Huelquén</b>	87,3	3.968	Septiembre-Octubre Octubre-Febrero Septiembre-Noviembre Septiembre-Enero	Arañita Roja <i>Lobesia</i> Heladas Oídio
<b>La Montaña</b>	16,73	50.000	Julio Noviembre-Febrero Octubre-Diciembre Septiembre-Noviembre	Insectos <i>Lobesia</i> Oídio Heladas
<b>Santa Rita</b>	2	3.000	Julio Noviembre-Febrero Octubre-Diciembre Septiembre-Noviembre	Insectos <i>Lobesia</i> Oídio Heladas

**Tabla 4 |** Pesticidas utilizados en Viña Pérez Cruz, costo por hectárea y fecha de aplicación.

PRODUCTO	QUÍMICO	CONTROL	UNID.	GASTO /HA	COSTO /UNID	COSTO /HA	FECHA APLICACIÓN
<b>Envidor</b>	Spirodiclofen	Falsa Araña de la Vid.	Lts.	0,150	\$ 71.489	\$ 10.723	Octubre
<b>Avaunt</b>	Indoxacard	Burritos - <i>Lobesia botrana</i>	Kgs.	0,170	\$101.604	\$ 17.273	Octubre
<b>Intrepid</b>	Metoxifenoza	<i>Lobesia botrana</i>	Lts.	0,100	\$ 73.371	\$ 7.337	Octubre
<b>Movento</b>	Espirotetramato	Chanchito Blanco	Lts.	0,450	\$ 71.489	\$ 32.170	Noviembre
<b>TOTAL</b>						\$ 67.503	

## 4.2 | CARACTERIZACIÓN DEL ENSAMBLE DE MURCIÉLAGOS INSECTÍVOROS PRESENTES EN LOS VIÑEDOS ORGÁNICOS.

La actividad de murciélagos en los viñedos se estimó a través de técnicas de detección acústica (detectores de murciélagos). La identificación acústica de las especies de murciélagos basado en la forma y el patrón de sus llamadas de ecolocación es una herramienta muy utilizada actualmente para estudiar el uso diferencial de hábitats e inferir sus patrones de actividad (Russo & Jones 2003; Ossa 2010; Rodríguez-San Pedro &

Simonetti 2013, Meynard et al., 2014). Su efectividad ha sido demostrada en varios estudios en los que se ha utilizado, de manera simultánea, detectores de ultrasonido y métodos tradicionales de captura (redes de niebla y trampas de arpa), dando cuenta de la utilidad de los detectores acústicos en los inventarios de murciélagos, en particular para las especies insectívoras (O'Farrell & Gannon 1999).

El monitoreo de los murciélagos se extendió por un período de cuatro meses, entre Octubre de 2017 y Enero de 2018, período que corresponde a las estaciones primavera-verano del hemisferio sur y donde se concentran los mayores niveles de actividad de los murciélagos insectívoros y sus potenciales insectos presas en las regiones templadas (Mann, 1978).

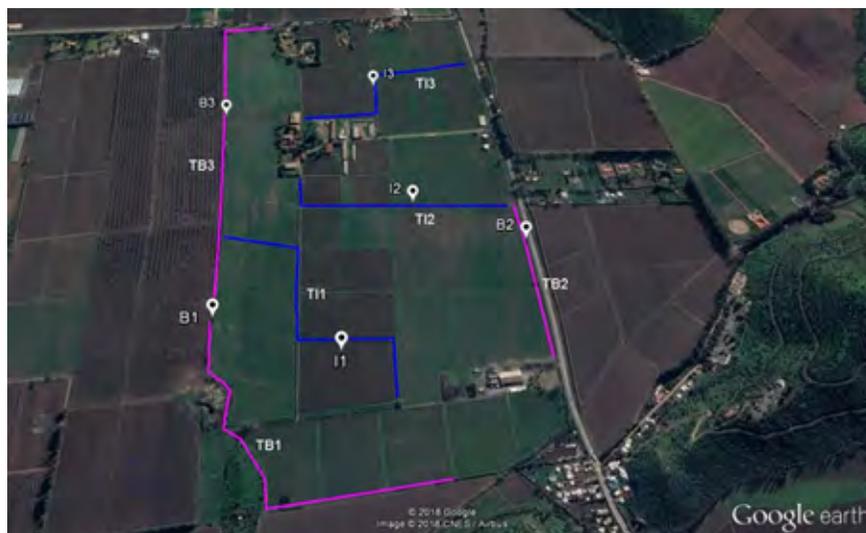
La actividad de murciélagos se registró en el interior y los bordes de cada uno de los viñedos, durante cuatro noches consecutivas por viñedo. Para ello se establecieron, en cada viñedo, seis puntos fijos de grabación (tres al interior y tres en los bordes de los viñedos) (Figuras 3 a 8), y en cada uno se registró la actividad de murciélagos de manera automática y durante toda la noche (comenzando con la puesta de sol y terminando al amanecer), utilizando un

equipo SongMeter SM4BAT FS (Wildlife Acoustics, Inc.) (Figura 9). Además de los puntos fijos, se establecieron seis transectos alrededor de cada viñedo (Figuras 3 a 8), los que se recorrieron en auto a una velocidad de 15 Km/h, utilizando un detector modelo Pettersson D240x acoplado a una grabadora digital portátil modelo Zoom H2n (Figura 10).

La combinación de transectos y puntos fijos resulta eficiente ya que permite monitorear la actividad de murciélagos en un área más grande en un tiempo relativamente corto (Fischer et al., 2009; Hundt 2012). Las grabaciones en los transectos comenzaron con la puesta de sol y se extendieron por tres horas cada noche (las mismas noches donde se realizaron las grabaciones en los puntos fijos) coincidiendo con el primer “peak” de forrajeo de las especies insectívoras



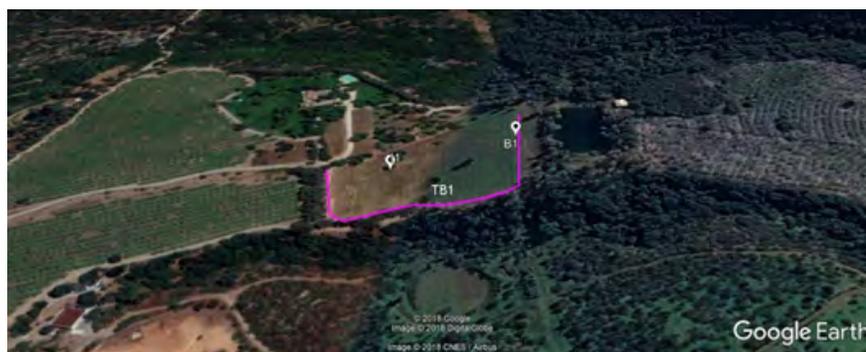
**Figura 3 |** Mapa de la viña Antiyal donde se muestran los puntos fijos de monitoreo en borde (B) e interior (I) y transectos (T) en borde (líneas en morado) e interior (líneas en azul). Fuente: *Annia Rodríguez-San Pedro*.



**Figura 4** | Mapa de la viña Huelquén donde se muestran los puntos fijos de monitoreo en borde (B) e interior (I) y transectos (T) en borde (líneas en morado) e interior (líneas en azul). Fuente: *Annia Rodríguez - San Pedro*.



**Figura 5** | Mapas de viña La Montaña donde se muestran los puntos fijos de monitoreo en borde (B) e interior (I) y transectos (T) en borde (líneas en morado) e interior (líneas en azul). Fuente: *Annia Rodríguez-San Pedro*.





**Figura 6** | Mapa de viña Emilianiana, fundo Los Morros, donde se muestran los puntos fijos de monitoreo en borde (B) e interior (I) y transectos (T) en borde (líneas en morado) e interior (líneas en azul). Fuente: *Annia Rodríguez-San Pedro*.



**Figura 7** | Mapa de viña Santa Rita donde se muestran los puntos fijos de monitoreo en borde (B) e interior (I) y transectos (T) en borde (líneas en morado) e interior (líneas en azul). Fuente: *Annia Rodríguez-San Pedro*.



**Figura 8** | Mapa de viña Telliery donde se muestran los puntos fijos de monitoreo en borde (B) e interior (I) y transectos (T) en borde (líneas en morado) e interior (líneas en azul). Fuente: *Annia Rodríguez-San Pedro*.



**Figura 9** | Equipo de detección acústica SongMeter SM4BAT FS utilizado para el registro de pases de ecolocación de murciélagos en los puntos fijos.



**Figura 10** | Equipo de detección acústica Pettersson D240x y grabadora digital Zoom H2n utilizado para el registro de pases de ecolocación de murciélagos en los transectos.

locales durante la noche (Rodríguez-San Pedro y Simonetti 2015; Mann 1978). Para ello se colocó el detector en la ventana del auto apuntando hacia el camino y se mantuvo encendido en modo “manual” pasando al modo “grabación” cada vez que un “pase” fuese detectado, lo que indicaría la presencia de murciélagos. Definimos un “pase” como aquella secuencia de más de dos llamadas de ecolocación emitidas por un murciélago volando hacia el detector de ultrasonido.

La abundancia relativa de murcié-

lagos se cuantificó a través de un índice de actividad, el cual se calculó contabilizando el número de pases de ecolocación registrados por especie por sitio (Hundt 2012; Rodríguez-San Pedro & Simonetti 2013, 2015). Para cada especie se cuantificó además la actividad de alimentación, documentando los intentos de captura de sus presas indicados por la presencia de una fase final de captura (buzz) en la conducta de ecolocación en cada registro acústico (Griffin et al., 1960). La producción regular de estos “buzzes de alimentación” nos permite confirmar que los

murciélagos se están alimentando sobre los viñedos. La asignación de las llamadas de ecolocación a cada especie se realizó comparando las variables acústicas de las llamadas registradas en cada punto de muestro con las almacenadas en una sonoteca de llamadas de referencia validadas (Rodríguez-San Pedro et al., 2016). Esta sonoteca incluye las llamadas de las seis especies de murciélagos que se esperaba encontrar por distribución en el área de estudio (Rodríguez-San Pedro et al., 2014).

### 4.3 | ROL DE LOS MURCIÉLAGOS COMO DEPREDADORES DE INSECTOS PLAGA EN LOS VIÑEDOS

Considerando que actualmente no existe información suficiente en la literatura que identifique las especies plaga controladas biológicamente por quirópteros nativos en Chile, se realizó un análisis de dieta que constó de varios pasos intermedios:

#### Colecta de fecas

Se procedió a la captura de murciélagos en cada uno de los seis sitios

pilotos y la colecta de sus fecas. Para las capturas de murciélagos se utilizaron redes de niebla (intersección de individuos al vuelo) y redes entomológicas (captura al interior de sus refugios). En cada sitio piloto se colocaron entre cuatro y cinco redes de niebla (7.5 × 12 m), emplazadas en los bordes e interior de cada sitio. Estas redes estuvieron activas durante cuatro noches por viñedo, en el horario comprendido entre la puesta de sol y las cuatro horas subsiguientes, que coinciden con el mayor “peak” de actividad de los murciélagos insectívoros en las regiones templadas (Mann 1978; Kuenzi y Morrison 2003). Las capturas de murciélagos y recolección de fecas se realizaron entre octubre de 2017 y enero 2018. El período final de captura concluyó el mes de febrero.



**Figura 11 |** Ejemplar de la especie *Myotis chiloensis* capturado con red entomológica en viña Santa Rita. Foto: Juan Luis Allendes.



**Figura 12** | Toma de muestras a ejemplar de la especie *Myotis chiloensis* capturado en viña Santa Rita. Foto: Juan Luis Allendes.



**Figura 13** | Ejemplar de la especie *Myotis chiloensis* capturado con red de niebla en viña La Montaña. Foto: Annia Rodríguez-San Pedro.



**Figura 14** | Fotografía de una pequeña colonia de murciélagos oreja de ratón del sur (*Myotis chiloensis*) refugiada en el sótano del hotel en Viña Santa Rita. Foto: Annia Rodríguez-San Pedro.



**Figura 15** | Fotografía de una pequeña colonia de murciélagos oreja de ratón del sur (*Myotis chiloensis*) refugiada en el techo de una edificación en Viña La Montaña. Foto: Annia Rodríguez-San Pedro.



**Figura 16** | Fecas de murciélago oreja de ratón del sur (*Myotis chiloensis*) colectadas en refugio en Viña La Montaña. Foto: *Annia Rodríguez-San Pedro*.

Solo se registraron capturas en las viñas La Montaña y Santa Rita, con un total de 9 y 6 individuos capturados respectivamente, todos correspondientes a la especie *M. chiloensis* (Figuras 11 a 13). Cada murciélago capturado se guardó en bolsas de tela durante 15-30 minutos aproximadamente para coleccionar sus heces y luego fue liberado en el mismo sitio de captura. De cada individuo capturado se obtuvieron en promedio 5 pellets. Además se recolectaron heces procedentes de refugios conocidos tanto en Viña La Montaña (Figura 14) como en Santa Rita (Figura 15), también correspondientes a la especie *M. chiloensis*. Alrededor de 100 pellets fueron colectados por esta vía (Figura 16). Las

heces fueron secadas al aire y se guardarán en tubos Eppendorf. Ahora bien, con fin de aumentar la cantidad de muestras, se consideraron también en el análisis algunos pellets colectados en el marco del proyecto FONDECYT de postdoctorado en las viñas Teillery, Viña Los Robles y Requinoa, lo que también permitió contar con heces de la especie *Tadarida brasiliensis*.

### Identificación de insectos plaga

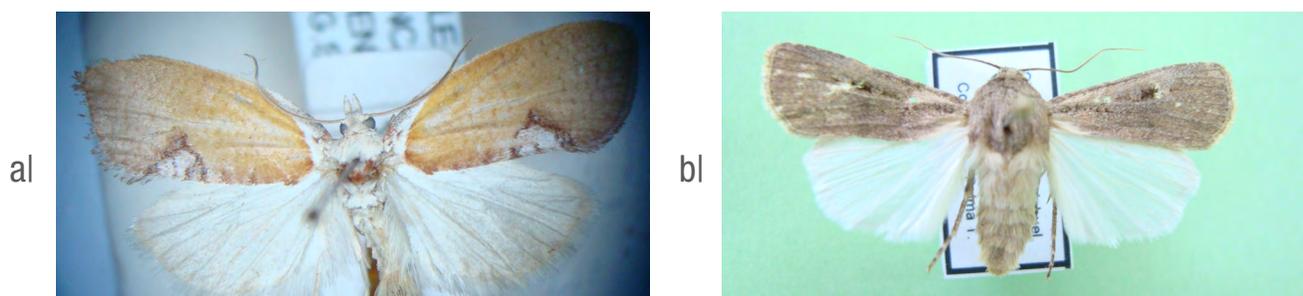
Con la colaboración del entomólogo César Palma, del Laboratorio de Entomología del SAG RM, se realizó una revisión bibliográfica para identificar

aquellas especies documentadas que tendrían la particularidad de ser potencial plaga para vid, pero que además cumplirían la condición de estar presentes en Chile y ser voladores nocturnos, de tal forma de ser potencial alimento para murciélagos.

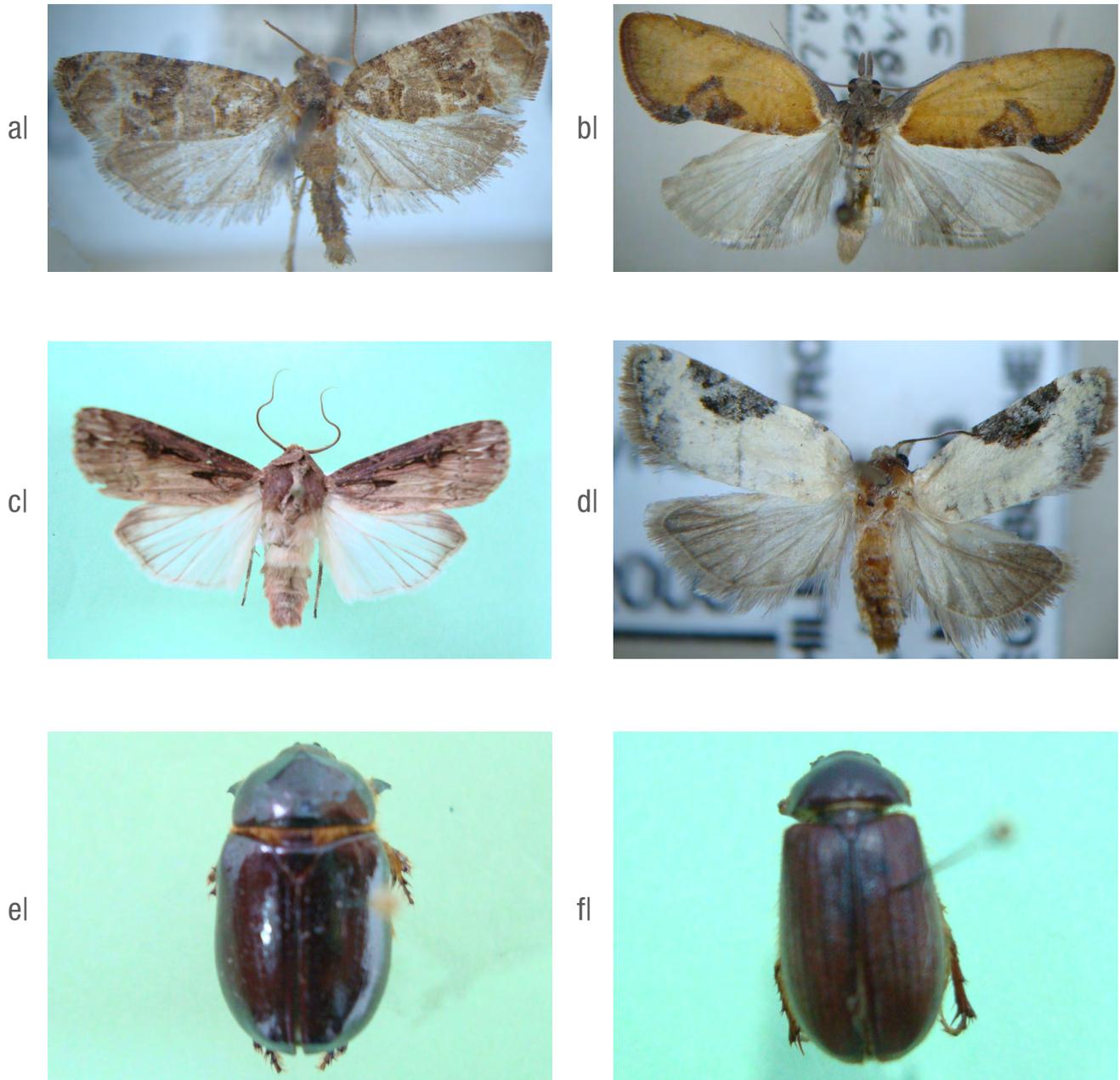
Luego de realizada una lista de los invertebrados plaga con estas características, se seleccionaron aquellas especies que pudiesen ser consideradas como las de mayor importancia en términos de plaga para el cultivo, y que para este estudio llamaremos “plagas objetivo”. Producto de esta selección se ob-

tuvo la siguiente lista (Figura 17 y 18), que se presenta en orden de prioridad según su importancia agrícola para el cultivo y su registro SAG de cantidad de capturas en rutas de trampas para adultos y prospecciones de inmaduros:

- a. *Lobesia botrana*
- b. *Proeulia auraria*
- c. *Proeulia crisopterix*
- d. *Agrotis ipsilon*
- e. *Agrotis bilitura*
- f. *Chileulia stalactitis*
- g. *Tomarus villosus*
- h. *Athlia rustica*



**Figura 17 |** Plagas objetivo identificadas para el área de estudio, sin muestra para secuenciación de ADN. a) *Proeulia crisopterix*, b) *Agrotis bilitura*. Fotos: César Palma.



**Figura 18 |** Plagas objetivo identificadas para el área de estudio, con muestra para secuenciación de ADN. a) *Lobesia botrana*, b) *Proeulia auraria*, c) *Agrotis ipsilon*, d) *Chileulia stalactitis*, e) *Tomarus villosus*, f) *Athlia rustica*. Fotos: César Palma.

Por otro lado, se realizó la colecta de insectos asociados a las plantas de los viñedos. Para ello, y derivado del estudio de exclusión, se colocaron botellas abiertas en un costado con zumo de fruta, tanto dentro de la exclusión como fuera (control), en las cuales fueron colectados los invertebrados (Figura 19). Ahora bien, con fin de aumentar la cantidad de muestras, se consideraron también algunos insectos colectados en el marco del proyecto FONDECYT de postdoctorado, y que han sido colectados durante los dos años que lleva desarrollándose.

Con ambos insumos, y gracias a la colaboración del entomólogo César Palma, se realizó una revisión de las muestras colectadas, con fin de identi-

car si las plagas objetivo se encontraban presentes. Para realizar este chequeo, se debió realizar una identificación taxonómica de las muestras que pudiesen pertenecer a estas especies, para lo cual en algunos casos, requirió realizar acondicionamiento de las muestras (preparaciones de estructuras como alas y principalmente genitalia) para poder ser asociadas a las descripciones existentes en la literatura científica asociada y disponible, y con ello lograr identificar la especie buscada o descartar la muestra.

Como resultado, se registró la presencia de las plagas objetivo *Agrotis ipsilon*, *Tomarus villosus*, y *Athlia rustica*. También se detectó la presencia de otros insectos voladores nocturnos asociados



Figura 19 | Colecta de insectos asociados a los viñedos. Foto: Sofía Flores.

a la vid, como *Hyles annei* (monroy de la vid).

Ahora bien, considerando que la muestra de insectos pudo ser insuficiente en relación a la cantidad y temporalidad del muestreo, se decidió considerar de todos modos para los siguientes análisis a todas las plagas objetivo de las cuales se dispusiera de muestra. Siendo así, seis de las ocho plagas objetivo contaban con ejemplares (Figura 18), quedando fuera del estudio las especies *Proeulia crisopteryx* y *Agrotis bilitura*.

### Secuenciación de ADN de insectos plaga

Con la colaboración de PhD. Elie Poulin, PhD. David Veliz, PhD. Caren Vega, Noemi Rojas y Tania Lucero del Laboratorio de Ecología Molecular y del Laboratorio de Ecología y Genética de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, se aplicó el método de barcoding a seis especies plaga (dos coleópteros y cuatro lepidópteros). Este método permite identificar especies usando únicamente una secuencia corta estandarizada de ADN, eligiendo en este caso el gen de la subunidad 1 del gen citocromo oxidasa (COI) que se encuentra en el ADN mitocondrial.

Para realizar el barcoding, se procesaron muestras de tres especies de insectos previamente fijados en seco (*Tomaras villosus*, *Chileulia stalactitis*, y *Lobesia botrana*), y de tres especies previamente fijadas en etanol (*Agrotis ipsilon*, *Athlia rustica*, y *Proeulia auraria*). La extracción de ADN se realizó de acuerdo al método de sales de Aljanabi & Martínez (1997), y para la amplificación del marcador COI se utilizaron 3 pares de partidores universales ya descritos para la familia y/u orden de las especies en estudio. Los productos de amplificación fueron secuenciados utilizando el método de Sanger por MacroGen Inc. (Seoul, Korea) para los partidores adelantados (forward) y partidores reversos (reverse). Luego se realizó un chequeo de las secuencias obtenidas a través de Basic Local Alignment Search Tool (BLAST) para revisar si la secuencia pertenecía al grupo taxonómica correspondiente. También se revisó que las secuencias estuvieran libres de algún tipo de contaminante debido a que las muestras no eran frescas. Para identificar los grupos taxonómicos correspondientes a las secuencias obtenidas se utilizaron los programas Basic Local Alignment Search Tool (BLAST) y Bold Systems v3. Los niveles de identidad de las secuencias se

realizaron individualmente al comparar las similitudes que aparecen en BLAST contra GenBank.

Como resultado, de las seis especies de plagas objetivo, cinco (*Chileulia stalactitis*, *Lobesia botrana*, *Agrotis ipsilon*, *Athlia rustica* y *Proeulia auraria*) fueron amplificadas y secuenciadas con éxito (Tabla 5), mientras que para la especie *Tomarus villosus* fue necesario conseguir un individuo de muestra fresca para lograr su secuenciación. Los resultados de secuenciación se observan en la

Tabla 6. A partir de los informes entregados por Basic Local Alignment Search Tool (BLAST) y por Bold Systems v3, se pudo determinar el porcentaje de identidad de las 5 primeras especies respecto a las especies de interés (Tabla 7). Para los casos de *Chileulia stalactitis* y *Proeulia auraria*, es de suma importancia recalcar que ni su especie ni su género han sido descrito, lo que explica un porcentaje de identidad de 89%-92% con respecto a las demás especies. En cuanto a *Tomarus villosus*, solo su género es descrito en la literatura.

**Tabla 5 |** Especies que fueron exitosamente secuenciadas con partidores LC01490/HC02198, Lep-F1/ Lep-R1 y CovF-1/Nancy. Sí: Hubo éxito de secuenciación. No: No hubo éxito de secuenciación. N/a: No fue probada.

ESPECIE	PARTIDORES		
	LC01490/HC02198	COV-F1/NANCY	PAT/JERRY
<i>Chileulia stalactitis</i>	sí	n/a	n/a
<i>Lobesia botrana</i>	sí	n/a	n/a
<i>Agrotis ipsilon</i>	no	sí	n/a
<i>Athlia rustica</i>	sí	n/a	no
<i>Proeulia auraria</i>	sí	no	n/a
<i>Tomarus villosus</i>	no	no	sí

**Tabla 6 |** Número de individuos de cada especie entregada junto con su familia, orden y secuencia de ADN.

ESPECIE	NÚMERO DE NUCLEÓTIDOS (PB)	SECUENCIA
<p><b>Orden:</b> Lepidóptera  <b>Familia:</b> Totricidae  <b>Género, Especie:</b>  <i>Chileulia stalactitis</i></p>	<p>676 (8-775)</p>	<p>TCATAAAGATATTGGAACATTATATTTATTTTTGGAATCTGAGCA-  GGTATAGTAGGAACCTCTTTAAGATTATTAATTCGAGCTGAATTG-  GGAAGACCTGGCTCTTTAATCGGAGATGATCAAATTTATAATAC-  TATTGTTACTGCCATGCTTTTATTATAATTTTTTTTATAGTTATGC-  CAATTATAATTGGAGGATTTGGTAATTGATTAGTACCTTTAATAT-  TAGGAGCCCCGACATAGCTTTCCCCCGAATAAATAATATAAGA-  TTTTGATTACTCCCCCCTCAATTATACTTTTAATCTCGAGAAGA-  ATTGTAGAAAATGGAGCAGGAACAGGATGAACAGTTTACCCCC-  CGCTTTCATCAAATATTGCCACAGTGGTAGCTCTGTAGACCT-  GGCAATTTTCTCCTTACATTTAGCCGGTATTTCCCTCAATCTTAG-  GAGCTGTTAATTTATTACAACATTTAATAATACGACCAAATAA-  CATAAGCTTAGACCAAATACCTTATTTGTTGAGCTGTGGGAA-  TTACAGCCCTTCTATTACTCTTATCATTACCCGTTCTGGCTGGT-  GCTATTACTATATTGCTAACTGATCGAAATTTAAATACATCTTTTT-  TTGACCCTGCTGGAGGTGGGACCCTATTCTTTATCAACACTTA-  TTCTGA</p>
<p><b>Orden:</b> Lepidóptera  <b>Familia:</b> Totricidae  <b>Género, Especie:</b>  <i>Lobesia botrana</i></p>	<p>669</p>	<p>GATATTGGAACATTATATTTATTTTTGGTATTTGAGCTGGCA-  TAGTAGGAACCTCTTTAAGTCTTTAATTCGAGCTGAATTAG-  GAAACCCGGGATCATTAAATGGTGATGATCAAATTTATAACTA-  TTGTTACTGCTCATGCTTTTATTATAATTTTTTTATAGTAATGC-  CAATTATAATTGGAGGATTTGGAAATTGATTAGTACCCCTAATAT-  TAGGAGCACCTGATATAGCTTTTCCACGAATAAATAATATAAGA-  TTTTGATTACTACCCCTCCATTATACTTCTAATCTCAAGTAGA-  ATTGTAGAAAATGGAGCAGGTACAGGATGAACAGTTTACCCCC-  CACTTTCATCTAATATTGCTCATAGAGGAAGATCTGTAGATCTT-  GCTATCTTCTCCCTACATTTAGCAGGTATTTCTTCAATTTTAGGA-  GCAGTTAATTTTATTACAACATTTAATAATACGACCAAATAA-  TATATCATTAGATCAAATACCATTATTTGTATGAGCTGTTGGAAT-  TACTGCTTTATTACTTTTATCATTACCAGTTTACGCGGTGC-  TATTACTATATTATTAACAGATCGAAATTTAAATACATCATTTTTT-  GACCCTGCGGGAGGAGGTGATCCAGTTTATATCAACATTTATT-  TTGA</p>
<p><b>Orden:</b> Lepidóptera  <b>Familia:</b> Noctuidae  <b>Género, Especie:</b>  <i>Agrotis ipsilon</i></p>	<p>646</p>	<p>AGCGAAAATGACTTTATTCAACAATCATAAAGATATTGGAACAT-  TATATTTATTTTTGGAATTTGAGCTGGAATAGTGGGAACCTTCAT-  TAAGATTATTAATTCGAGCTGAATTAGGAAACCCAGGATCTTTAA-  TTGGAGATGATCAAATTTATAATAAATTGTTACAGCACATGCTT-  TTATTATAATTTTTTTTATGGTAATACCTATTATAATTGGAGGATTT-  GGTAATTGATTAGTACCATTAATATTAGGAGCCCCTGATATAGCT-  TTCCCTCGAATAAATAACATAAGTTTTGACTTCTTCCCCCTCA-  TTAATTTTATAATTTCAAGAAGAATTGTAGAAAACGGAGCAG-  GAACAGGATGAACAGTGTACCCCACTTTCATCTAATATTGCT-  CATGGAGGAAGTTCTGTAGATCTCGCTATTTTTCCCTTCATT-  TAGCTGGAATTTCTTCTATTTTAGGAGCTATTAATTTTACTA-  CAATTATTAACATACGATTAACAGTTTATCTTTTGTCAAATACC-  TTTATTTATTTGAGCTGTAGGAATTAATGCTTTTTTATTATTAT-  TATCCTTACCTGTCTTAGCTGGAGCTATTACCATACTTTTAAACA-  GATCGAAATTTAAATACATC</p>

ESPECIE	NÚMERO DE NUCLEÓTIDOS (PB)	SECUENCIA
<p><b>Orden:</b> Coleóptera  <b>Familia:</b> Scarabaeidae  <b>Género, Especie:</b>  <i>Athlia rustica</i></p>	665	<p>ATACTTCCTATTTGGAAGCTGAGCCGGTATAGTAGGAACCTCGT-  TAAGACTCTTGATTGAGCAGAGCTTGAAATCCAGGAACATT-  GATTGGAGATGACCAAATTTATAATGTTATCGTAACAGCTCATGC-  TTTTGTCATAATTTTTTTATAGTAATGCCAATCCTTATCGGAGGA-  TTTGGTAATTGATTAGTGCCTTTAATATTAGGAGCCCTGATATA-  GCTTTCCCTCGAATAAACAACATAAGATTCTGACTATTGCCCCC-  TTCATAACTCTACTTCTAATAAGTAGCTTAGTAGAAAATGGTG-  CAGGAAGTGGATGGACTGTTTATCCCCCCTCTCCTCAAATA-  TTGCTCATAGAGGAGCCTCAGTAGATTTAGCTATTTTTAGTCTG-  CATCTAGCCGGAATTTCAATCTAGGTGCAGTAAATTTTAT-  TACAACAGTAATCAATATACGATCAACAGGAATAACATTTGATC-  GTATACCACTATTTGTATGGTCCGTAGTATAACCGCCCTTTAC-  TACTACTTTCACTCCAGTTTTAGCTGGAGCAATTACAATACTTT-  TAACAGACCGAAATTTAAATACTTCCTTTTTTGACCCAGCAGGA-  GGGGGAGACCAATTTTACCAGCACTTGTTTTGATTTTTG-  GTC</p>
<p><b>Orden:</b> Lepidóptera  <b>Familia:</b> Totricidae  <b>Género, Especie:</b>  <i>Proeulia auraria</i></p>	678	<p>AAAGATATTGGAACATTATATTTTTATTTTTGGAATTTGAGCAGG-  TATAGTTGGAACCTCACTAAGATTACTTATTTCGAGCTGAACATA-  GGAAGTCCGGATCTTTAATTGGAGATGATCAAATTTATAATAC-  TATTGTCACACTGCACATGCATTCAATATAATTTCTTTATAGTTA-  TACCAATTATAATTGGAGGATTTGAAAAGTATTAGTACCTTTA-  ATATTAGGAGCCCTGATATAGCTTTTCCACGAATAAATAATA-  TAAGATTTTGACTTTTACCTCCTTCTATTATACTATTAATTTCAA-  GTAGAATTGTAGAAAATGGAGCAGGAACAGGATGAACAGTT-  TACCCCCCTGTCATCTAATATTGCTCACGGAGGTAGTTCTG-  TAGATTTAGCTATTTTTCCCTTCACTTAGCTGGAATTTCTTCA-  ATTTTAGGAGCTGTAAATTTATCACAACATTTATTAACATAC-  GACCTAATAATATAGCTTTAGATCAAATACCTTTATTTGTTTGT-  CAGTTGGTATTACAGCTTTTACTTTTACTATCATTACCAGTAT-  TAGCGGGAGCTATTACTATATTATTAACAGATCGTAATTTAAATAC-  TTCATTTTTGATCCTGCTGGTGGAGGAGATCCAATTTTATAC-  CAACATTTATTTGATTTTT</p>
<p><b>Orden:</b> Coleóptera  <b>Familia:</b> Scarabaeidae  <b>Género, Especie:</b>  <i>Tomarus villosus</i></p>	809	<p>TGAAGTTTATATTTAATTTCTCCCGGATTTGGAATAATCTCCCA-  TATTATTAGTCAAGAAAGAAGAAAAATGAAACATTTGGAACCTC-  TTGGAATAATTTATGCTATAATAGCAATTTGGACTTCTTTGGATTTA-  TTGTTTGAGCCCATCATATTTACTGTGGGAATAGATGTCGA-  TACACGCGCCTATTTTACTTCTGCAACAATAATTATTGCTGTTCC-  CAACTGGAATTTAAATTTTTCAGATGATTAGCCACCCTCCACG-  GATCCCAATTTAAATTTTACCCTCACTTCTATGAGCTTTAGGG-  TTTTGATTCTTATTACAGTCGGCGGTTAACAGGAGTTATTTTA-  GCTAATTCATCTATTGATATTATTTACATGATACTTATTATGTAG-  TTGCCCATTTTCACTATGTTTTATCAATAGGGGCCGTATTTGCA-  ATTATAGCTGGATTTATTCATTGATTTCCATTATTACGGGATTAA-  CAATAAATAATAAATTTTAAAAATTTCAATTTATTATTATTTATT-  GGTGTAATAACAACATTTTTTCCGCAACATTTTTTAGGCCTAA-  GTGGAATACCTCGACGTTACTCCGATTACCCAGATATATATACTA-  CATGAAATGTAGTATCATCAATCGGAAGACTCATTTTCATTAGTTA-  GAATTTTCGTTTTCTTATTATTATTGAGAGGGGTTTACCTCTA-  TACGAAAACTCTTTCACCCCTAAGAATACCATCTTCTATTGA-  ATGACTTCAAAAATTTCCACCCGCTGAGCATAGCTATTCTGAAC-  TTCCTATAT</p>

**Tabla 7 |** Porcentaje de identidad de especies de genoma o secuencias conocidas con respecto a la secuencia de insectos de interés.

ESPECIE	% DE IDENTIDAD	
<b><i>Chileulia stalactitis</i></b>	-90.11% <i>Holoca notosphena</i> -89.9% <i>Ericodesma concordana</i> -89.56% <i>Capua</i> sp. ANIC25 -89.41% <i>Hulda impudens</i> -89% <i>Acropolitis hedista</i> -89.38% <i>Pelochrista subflavana</i>	-90.04% <i>Arotrophora</i> -89.64% <i>Strepsicrates macropetana</i> -89.41% <i>Holoca</i> sp. ANIC48
<b><i>Lobesia botrana</i></b>	-100% <i>Lobesia botrana</i> -93% <i>Lobesia aeolopa</i> -93% <i>Lobesia xylistis</i>	-95% <i>Lobesia vanillana</i> -93% <i>Lobesia semosa</i>
<b><i>Agrotis ipsilon</i></b>	-100% <i>Agrotis ipsilon</i> -96.68% <i>Agrotis proveri</i> -96% <i>Agrotis vancouverensis</i>	-96.84% <i>Agrotis ruta</i> -96.52% <i>Agrotis fatidica luehri</i>
<b><i>Athlia rustica</i></b>	-96.6% <i>Athlia rustica</i> -89.81% <i>Athlia problematica</i> -85.32% <i>Anthocorcina</i> sp. -85.03% <i>Anastrepha grandis</i> -84.66% <i>Relectinum crassum</i>	-84.55% <i>Anomala contusa</i> -84.51% <i>Matsumyia nigrofacies</i> -84.44% <i>Gynpeta ashei</i> -84.42% <i>Tetraopes discodeus</i> -84% <i>Rhizotrogus aestivus</i>
<b><i>Proeulia auraria</i></b>	-92.09% <i>Adoxophyes aurantiana</i> -91.87% <i>Semomesia croesus</i> -91.59% <i>Megalota</i> Brown15DHJ02 -91.58% <i>Hermenias</i> sp. E -91.55% <i>Totrix eusticha</i> -91.55% <i>Pandemis cinnamomeana</i>	-91.43% <i>Capua dura</i> -91.40% <i>Argyrotaenia</i> BioLep121 -91% <i>Clepsis peritana</i> -91-92% <i>Totrix eusticha</i>
<b><i>Tomarus villosus</i></b>	-93.83% <i>Anomala megalia</i> -92.73% <i>Aleochara moesta</i> -92.59% <i>Anomala aereiventris</i> -92.12% <i>Aleochara squalithorax</i>	

## Análisis de heces de murciélagos

Con la colaboración de PhD. Andrea Silva, del Laboratorio AUSTRAL-omics de la Facultad de Ciencias de la Universidad Austral de Chile, y de PhD. Mónica Saldarriaga, asesora en Biología Molecular y Bioinformática en los Laboratorios de Parasitología y Entomología del Instituto de Salud Pública, se realizaron análisis de la dieta de las especies más frecuentes en el área de estudio, las cuales corresponden a *Tadarida brasiliensis* (Familia Molossidae) y *Myotis chiloensis* (Familia Vespertilionidae), ambas insectívoras. Estos análisis se realizaron a través de técnicas de análisis moleculares basadas en la secuenciación masiva (NGS) de fragmentos de gen COI de 500 pb y 18S de 530pb, analizándose un total de 3 muestras de heces de murciélagos por viñedo, conteniendo cada muestra 20 pellets.

Los fragmentos corporales de los insectos colectados en las heces se identificaron a través de análisis moleculares, mediante la extracción y amplificación génica de fragmentos de ácido desoxirribonucleico (abreviado como ADN) utilizando la técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR, por sus siglas en inglés), siguiendo la me-

todoología propuesta por Clare et al., (2009). Complementariamente, se buscaron secuencias nucleotídicas de marcadores disponibles en la base de datos del GenBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>), construyendo partidores para las especies de lepidópteros que causan daño a la vid y de las cuales se contaba con secuencias en el GenBank (*Sitotroga cerealella*, *Cydia molesta*, *Heliothis zea* (*Helicoverpa*), *Orgyia antiqua*, *Hylesia nigricans*, *Eumorpha labruscae*, *Eumorpha satellitia analis*, *Eumorpha vitis* y *Argyrotaea semipurpurana*). Así mismo, se contó con los partidores contruidos para seis de las plagas objetivo identificadas (*Lobesia botrana*, *Proeulia auraria*, *Agrotis ipsilon*, *Chileulia stalactitis*, *Tomarus villosus* y *Athlia rustica*).

Debido a la carencia de una base de datos a nivel nacional que permita parear (“match”) las secuencias de ADN obtenidas de los fragmentos de artrópodos registrados en la dieta, y escasos de estudios taxonómicos de varios grupos de artrópodos que permitan dilucidar sus identidades, en la mayoría de los ítems registrados en las heces las determinaciones fueron a nivel de familia, y solo en algunos casos se lo logró identificar a nivel de género y/o especie.

## 4.4 | CUANTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS DE LA DEPREDACIÓN POR MURCIÉLAGOS SOBRE LA ABUNDANCIA LOCAL DE INSECTOS PLAGA EN LOS VIÑEDOS

Para estimar el impacto de la depredación por murciélagos sobre la abundancia local de insectos se realizaron, en tres de los viñedos a monitorear, experimentos de exclusión nocturna alrededor de los cultivos mediante diferentes tratamientos grupales. Inicialmente se había contemplado la instalación de las exclusiones en cinco de las seis viñas piloto, sin embargo, debido al elevado costo de la instalación de cada exclusión, así como el tiempo que demandó el montaje de cada una de las estructuras en terreno y la necesidad de iniciar los muestreos en una fecha que correspondiera al inicio del período de vuelo de las polillas plaga, se tuvo que reducir el número de exclusiones a tres de los seis sitios piloto, y que corresponden a Viña Antiyal, Huelquén y La Montaña (Figura 19). Estas tres viñas fueron seleccionadas por un tema logístico, debido a la cercanía entre ellas, facilitando así la movilidad entre sitios de muestreo. Además en estas viñas se podía contar con la colaboración de los propietarios y trabajadores quienes se encargaron de cerrar cada exclusión durante la noche y abrirlas durante el día, operación necesaria para llevar a cabo el

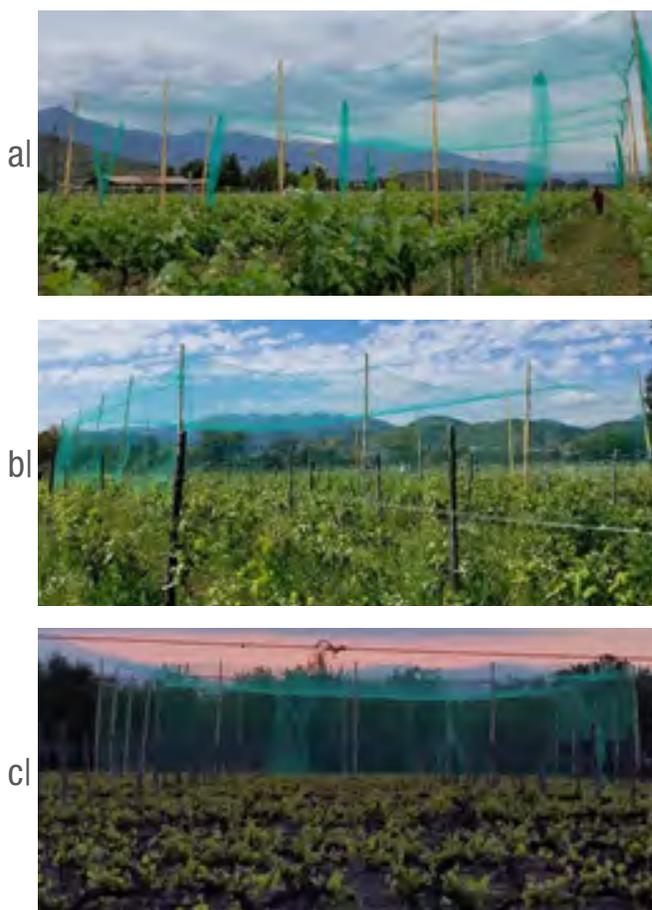
En el caso de Viña Santa Rita, Emilianiana (fundo Los Morros) y Teillery no se pudo contar con esta colaboración, lo que significaba tener que realizar dos viajes diarios (mañana y noche) desde Santiago a Buin, entre noviembre y marzo, para poder abrir y cerrar las exclusiones, situación que se vio limitada por un tema de presupuesto.

En cada uno de los tres viñedos seleccionados se establecieron dos tratamientos: **1)** exclusión nocturna de murciélagos, **2)** tratamiento control (sin jaula exclusión). Las jaulas de exclusión instaladas tenían las siguientes dimensiones ~25 m ancho x ~16 m largo x ~5 m alto y fueron construidas con postes de madera seca (pino) cubiertos por todos los lados, excepto la parte inferior, con una malla agrícola (abertura de malla de 2.5 x 2.5 cm), la cual se mantuvo levantada durante el día y cerrada durante la noche para limitar el acceso de los murciélagos y a la vez permitir el acceso de insectos voladores nocturnos (Kalka et al., 2008; Williams-Guillén et al.,

2008; Maine & Boyles 2015).

Los experimentos de exclusión se llevaron a cabo por un período de 16 semanas entre noviembre de 2017 y marzo de 2018. Estas fechas corresponden con los períodos de vuelo y oviposición de individuos adultos de las especies de lepidópteros plaga más comunes en la Región Metropolitana (González 2003; SAG 2015). El impacto de los murciélagos sobre las poblaciones de insectos plaga en los sitios de estudio se cuantificó a través del conteo de pupas de insectos en cada tratamiento. Para ello se seleccionaron 15 plantas por cada tratamiento, es decir, tanto en la exclusión como el control. Durante cada visita se seleccionaron cinco hojas por planta y se contabilizó el número de pupas de insectos, además del porcentaje de daño foliar por herbivoría y el número de frutos dañados por racimo. El conteo de pupas y estimación de daños se realizó cada 10-15 días hasta cumplir las 16 semanas (Kalka et al., 2008; Williams - Guillén et al., 2008; Maine & Boyles 2015). Finalmente se estimó la supresión relativa de las poblaciones de lepidópteros en cada viñedo a través del cambio proporcional en el número de pupas, daño foliar por herbivoría y daño a racimos en las plantas bajo tratamiento control (sin mallas de exclusión) y las exclusio-

nes nocturnas. Para evaluar el efecto de los distintos tratamientos sobre el número de huevos ovipositados, se utilizó un modelo de efectos mixtos y medidas repetidas, utilizando para el análisis los tratamientos como efecto, las réplicas (exclusión-control) como efecto aleatorio, y especificando cada parcela como un caso para el análisis de medidas repe-



**Figura 20 |** Jaulas de exclusión (25mx16mx5m) colocadas en las viñas Huelquén (a), Antiyal (b) y La Montaña (c).  
Fotos: *Annia Rodríguez-San Pedro*.

#### 4.5 | ESTIMACIÓN DEL VALOR ECONÓMICO DEL SERVICIO DE CONTROL BIOLÓGICO OFRECIDO POR LOS MURCIÉLAGOS EN LOS VIÑEDOS

Para proporcionar una estimación económica del servicio de control biológico prestado por los murciélagos en los viñedos en estudio, se calculó el valor de la diferencia en el daño a los frutos/racimo entre las exclusiones y los controles en base a los 15 racimos colectados en cada tratamiento el último día de muestreo.

#### 4.6 | DESCRIPCIÓN DE LA PERCEPCIÓN SOCIAL DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE CONTROL DE PLAGAS QUE PRESTAN LOS MURCIÉLAGOS DENTRO DE LOS VIÑEDOS.

Para implementar este objetivo se procedió a la realización de una encuesta, a través de una entrevista semiestructurada a los propietarios, trabajadores

de los viñedos y vecinos de la comunidad aledaña. La entrevista fue diseñada por la contraparte técnica del presente estudio, y validada por el equipo consultor. Las encuestas fueron realizadas entre los meses noviembre y diciembre de 2017 en las Viñas La Montaña, Los Morros, Antiyal y Huelquén, y además se encuestaron algunas personas en el poblado de Huelquén, específicamente en el restorán Caupolicán y otro negocio aledaño (estas personas no están asociadas a ninguna de las viñas).

No fue posible realizar encuestas en las viñas Santa Rita y Teillery, debido a que no se encontraban los trabajadores al momento de las visitas, las cuales fueron realizadas en horario nocturno, para el monitoreo de los murciélagos. En estos dos predios no se colocaron jaulas de exclusión, por las razones expuestas más arriba, por lo tanto realizar visitas durante el día para encuestar a los trabajadores de estas dos viñas significaba hacer un viaje extraordinario exclusivamente para ello, limitándonos en tiempo y recursos.

El guión de la entrevista semiestructurada fue el siguiente:

**i. Datos del entrevistado**

- a.
- b. Nombre
- c. Sexo
- d. Edad
- e. Nivel de escolaridad
- f. Ocupación  
Relación con sitio piloto (propietario, trabajador, comunidad colindante, otro)

**ii. Sobre entrevistados**

- a)  
(Si es propietario) ¿Desde hace cuánto tiempo usted es propietario de este terreno?  
Antes de ser propietario de este terreno, ¿venía a este sector?  
(Si es trabajador) ¿Desde hace cuánto tiempo usted trabaja en este terreno?  
Antes de eso, ¿trabajaba usted en algún otro viñedo u otra actividad agrícola en el sector?  
¿Usted vive en este sector?
- f) ¿Desde hace cuánto tiempo?  
(Si es comunidad) ¿Desde hace cuánto tiempo usted vive en este domicilio?  
Antes de eso, ¿vivía usted cerca de este viñedo o de alguna otra

- h) ¿Vive usted con algún familiar que trabaje en estos viñedos?

**iii. Sobre vegetación**

- a) (Indicar qué entenderemos por vegetación natural o nativa)
- b) ¿Existe vegetación natural en este sector?, ¿Podría describirla?
- c) ¿Nota usted algún cambio entre esta vegetación natural y la que había antes (desde que llegó al sector o desde que era niño si creció en el sector)? (Intentar indicar fecha).
- d) ¿Sabe usted si hay vegetación natural cerca de este viñedo?

**iv. Sobre murciélagos**

- a) ¿Sabe usted si hay murciélagos en esta zona?
- b) ¿Qué podría contarnos acerca de ellos?
- c) ¿Los ha visto?, ¿Ha tenido alguna experiencia con ellos?
- d) ¿Habrá la misma cantidad de murciélagos que antes (en su recuerdo)? (Intentar indicar fecha)
- e) ¿Sabe usted dónde pueden encontrarse o verse?, ¿Sabe usted qué comen?

plantación agrícola?

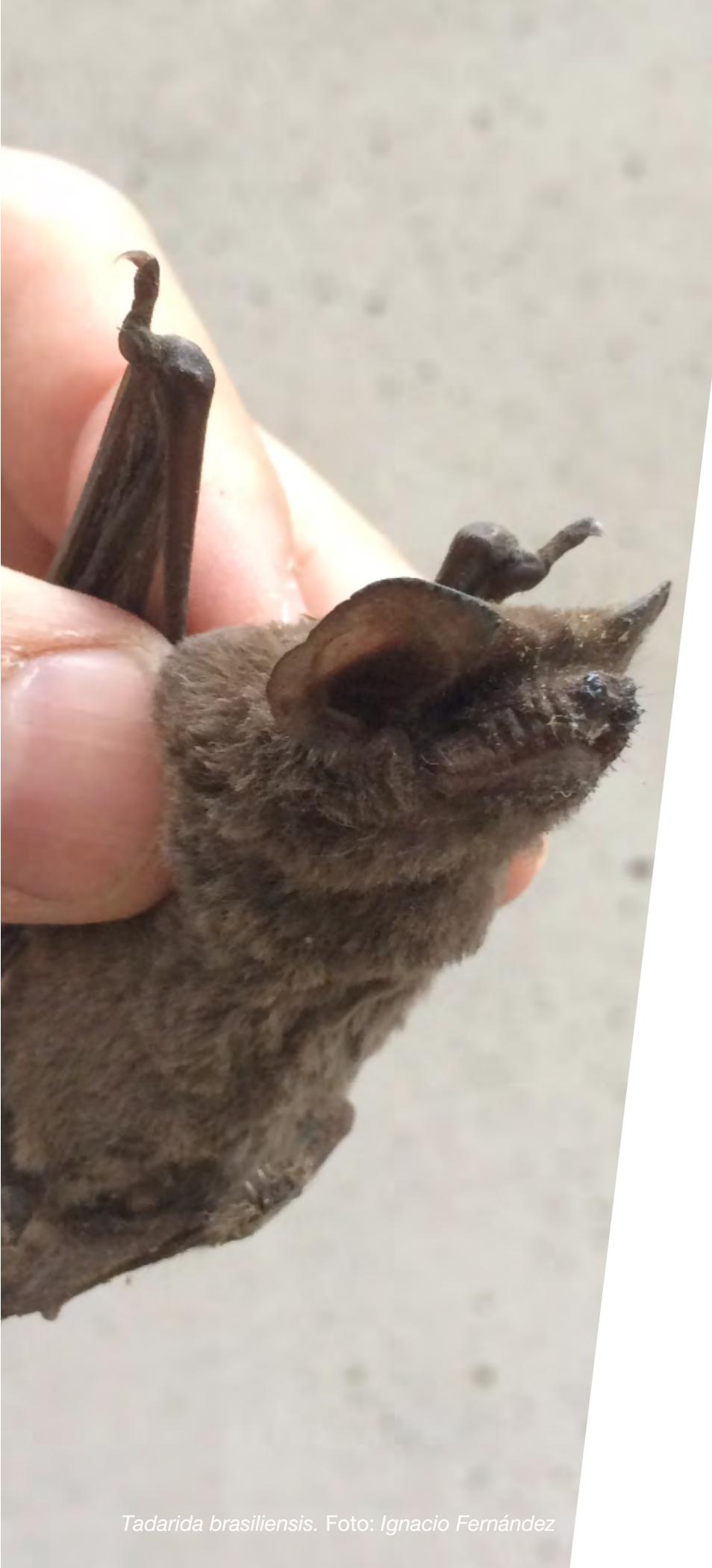
**v. Sobre percepción y Servicios Ecosistémicos (S.S.E.E.)**

- a) ¿Con qué palabras relaciona “murcié-  
b) lago”?
- c) ¿Cree usted que los murciélagos ten-  
gan alguna función?, ¿Cual sería?
- d) ¿Cree usted que exista alguna rela-  
ción entre los murciélagos y la vege-  
tación natural del sector?
- e) ¿Cree usted que exista alguna rela-  
ción entre los murciélagos y los viñe-  
dos u otras plantaciones agrícolas?  
(Si conoce el S.S.E.E.) ¿Podría con-  
tarnos alguna experiencia de los mur-  
ciélagos alimentándose en el viñedo?
- f) (Si conoce el S.S.E.E.) Si quisiéramos  
medir el aporte de los murciélagos  
al control de plagas en los viñedos
- g) ¿cuánto cree que aportan?  
(Si conoce el S.S.E.E.) En su  
opinión, ¿cree que debería dejarse  
que los murciélagos se alimenten en  
los viñedos u otras plantaciones?

- h) (Si NO conoce el S.S.E.E.) ¿Podría us-  
ted decirnos qué es el control biológi-  
co de plagas?, ¿sabe qué animales lo  
realizan?

Antes de iniciar cada entrevista, se le informó al entrevistado sobre el objetivo del estudio, la confidencialidad de los resultados, a la vez que se le pidió su consentimiento para grabar la conversación, y se le indicó el tiempo estimado que tomaría la entrevista.

El procesamiento de las respuestas fue realizado por la contraparte técnica (limpieza de datos, categorización de las respuestas, generación de porcentajes y gráficos), mientras que el análisis de la información colectada en las encuestas y la generación de recomendaciones para la mejora de la percepción fueron realizados por el equipo consultor.



# 5

**RESULTADOS**

---

## 5.1 | ENSAMBLE Y ACTIVIDAD DE MURCIÉLAGOS INSECTÍVOROS EN LOS VIÑEDOS

Se registraron un total de 3.854 pases de ecolocación durante 24 noches y 240 horas de grabación (Tablas 8 y 9). El análisis de los registros acústicos permitió identificar un total de cinco especies de murciélagos, las que corresponden a: *Tadarida brasiliensis* (Murciélago de cola libre), *Histiotus montanus* (Murciélago orejón menor), *Lasiurus cinereus* (Murciélago ceniciento), *Lasiurus varius* (Murciélago colorado) y *Myotis chiloensis*

(Murciélago oreja de ratón del sur) (Figura 20). *Histiotus macrotus* fue la única especie no registrada de las seis especies de murciélagos reportadas para la Región Metropolitana de Santiago (Rodríguez-San Pedro et al., 2014). Mann (1978), considera a *H. macrotus* como una especie solitaria y relativamente poco común en el centro de Chile, particularmente en la zona del valle central o depresión intermedia, lo cual coincide con las propias observaciones realizadas por el equipo consultor, siendo registrada básicamente en la zona de la precordillera, donde parece ser relativamente más abundante (Rodríguez-San Pedro et al., datos no publicados).

**Tabla 8 |** Total de pases de ecolocación registrado por punto fijo de muestreo en cada sitio piloto. Tb: *Tadarida brasiliensis*; Hmo: *Histiotus montanus*; Lc: *Lasiurus cinereus*; Lv: *Lasiurus varius*; Mch: *Myotis chiloensis*.

VIÑA	PUNTO	COORDENADAS DATUM WGS84 HUSO 19		ESPECIES					TOTAL	BUZZES
				Tb	Hmo	Lc	Lv	Mch		
Antiyal	I01	349911.00	6252256.00	78	1	0	1	2	I01	I01
	I02	349772.00	6252472.00	87	0	0	0	0	I02	I02
	I03	350038.01	6252669.14	110	0	0	1	0	I03	I03
	B01	349958.00	6252109.00	91	0	4	3	4	B01	B01
	B02	349783.00	6252583.00	118	0	0	3	0	B02	B02
	B03	350144.00	6252718.00	167	0	1	4	2	B03	B03

VIÑA	PUNTO	COORDENADAS DATUM WGS84 HUSO 19		ESPECIES					TOTAL	BUZZES
				Tb	Hmo	Lc	Lv	Mch		
Huelquén	I01	346783.00	6257340.00	69	2	2	0	0	101	101
	I02	346927.00	6257765.00	77	0	0	0	1	102	102
	I03	346798.00	6258184.00	70	0	0	1	0	103	103
	B01	346478.00	6257421.00	81	4	0	0	0	85	40
	B02	347211.00	6257655.00	92	1	1	1	1	96	54
	B03	346399.00	6258061.00	109	1	1	0	0	111	62
La Montaña	I01	352976.00	6251532.00	62	5	1	12	9	89	37
	I02	349864.00	6251181.00	68	2	0	8	12	90	42
	I03	350085.00	6251198.00	56	10	4	7	16	93	39
	B01	353068.00	6251579.00	65	9	21	15	31	141	80
	B02	349797.00	6251104.00	73	3	17	21	21	135	56
	B03	350171.00	6251097.00	55	1	20	18	44	138	39
Emiliana (Fundo Los Morros)	I01	346525.71	6274689.60	95	0	0	0	0	95	33
	I02	346925.00	6274829.00	85	0	0	0	0	85	25
	I03	347197.00	6274812.00	89	0	0	0	0	89	43
	B01	346406.00	6274566.00	91	0	0	0	0	91	43
	B02	346714.84	6274589.56	82	0	0	0	0	82	42
	B03	347006.00	6274626.00	93	0	0	0	0	93	53
Santa Rita	I01	344757.00	6269314.00	112	0	0	0	0	112	45
	I02	346374.00	6269622.00	108	0	0	0	1	109	51
	I03	345309.00	6267279.00	96	0	1	0	0	97	77
	B01	344821.00	6269509.00	132	0	0	0	18	150	67
	B02	346612.00	6269962.00	117	0	2	0	25	144	33
	B03	345837.00	6267373.00	88	0	0	0	43	131	49
Teillery	I01	293333.00	6246523.00	92	0	0	1	1	94	34
	I02	292933.00	6245487.00	60	0	4	0	1	65	31
	I03	293467.00	6245677.00	81	0	0	3	5	89	33
	B01	293372.00	6246897.00	108	1	0	0	12	121	61
	B02	292720.00	6245208.00	102	0	0	4	10	116	45
	B03	293675.00	6246043.00	113	0	0	0	10	123	72
<b>TOTAL</b>				<b>3.272</b>	<b>40</b>	<b>79</b>	<b>103</b>	<b>269</b>	<b>3.763</b>	<b>1.708</b>

**Tabla 9 I**

Total de pases de ecolocación registrado por transecto en cada sitio piloto. Tb: *Tadarida brasiliensis*; Hmo: *Histiotus montanus*; Lc: *Lasiurus cinereus*; Lv: *Lasiurus varius*; Mch: *Myotis chiloensis*.

VIÑA	TRANSECTO	DISTANCIA (M)	ESPECIES					TOTAL	BUZZES
			Tb	Hmo	Lc	Lv	Mch		
Antiyal	TB1	296	3	0	0	0	0	3	1
	TB2	385	0	0	0	0	1	1	0
	TB3	306	5	0	0	0	0	5	1
	TB4	354	0	0	0	0	0	0	0
	TI1	322	9	0	0	0	2	11	2
	TI2	267	0	0	0	0	0	0	0
La Montaña	TB1	329	0	0	0	2	0	0	0
	TB2	418	0	0	0	1	2	3	0
	TB3	351	4	0	0	0	0	4	1
	TB4	275	0	0	0	0	0	2	0
	TI3	298	6	0	0	0	0	6	2
	TI2	333	1	0	0	0	1	2	0
Huelquén	TB1	879	0	0	0	0	0	0	0
	TB2	435	2	0	0	0	0	2	1
	TB3	1.124	1	0	0	0	0	1	0
	TI1	810	1	0	0	0	0	1	0
	TI2	619	3	0	1	0	0	4	1
	TI3	619	2	0	0	0	0	2	0
Emiliana (Fundo Los Morros)	TB1	322	2	0	0	0	0	2	0
	TB2	455	1	0	0	0	0	1	1
	TB3	307	0	0	0	0	0	0	0
	TI1	412	4	0	0	0	0	4	1
	TI2	561	1	0	0	0	0	1	0
	TI3	521	1	0	0	0	0	1	1
Santa Rita	TB1	1.370	0	0	0	0	0	0	0
	TB2	1.413	0	0	0	0	0	0	0
	TB3	1.262	6	0	0	0	0	6	1
	TI1	2.271	10	0	0	0	0	10	4
	TI2	1.243	1	0	0	0	0	1	0
	TI3	1.694	3	0	0	0	0	3	0
Teillery	TB1	1.137	2	0	0	0	1	3	1
	TB2	730	8	0	0	0	0	8	0
	TB3	1.287	0	0	0	0	2	2	0
	TB4	1.249	0	0	0	0	1	1	0
	TB5	712	1	0	0	0	0	1	0
	TB6	1.042	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>			<b>77</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>91</b>	<b>18</b>



**Figura 21** | Rostros de las cinco especies de murciélagos registradas en los sitios piloto. A: Murciélago de cola libre (*Tadarida brasiliensis*), B: Murciélago orejón chico (*Histiotus montanus*), C: Murciélago oreja de ratón del sur (*Myotis chiloensis*), D: Murciélago ceniciento (*Lasiurus cinereus*), E: Murciélago colorado (*Lasiurus varius*).

Fotos: *Annia Rodríguez-San Pedro* y *Juan Luis Allendes*.

*T. brasiliensis* fue la especie dominante en el área de estudio ( $F_{4,25} = 50.50$ ;  $P < 0.001$ ), con un 87% del total de pases registrados (Tabla 8; Figura 21), aunque sus niveles de actividad variaron entre viñedos ( $F_{5,30} = 6.18$ ;  $P < 0.001$ ), siendo significativamente superior en Santa Rita, Antiyal y Teillery respecto a Huelquén y La Montaña, donde se registraron los valores más bajos de la especie. Por su parte, la actividad de *H. montanus*, *L. cinereus*, *L. varius* y *M. chiloensis* fue bastante similar entre sí, registrando sus mayores niveles de actividad en viña La Montaña (Figura 21). *T. brasiliensis* es una especie de hábitos

que habita en ambientes altamente antropizados, como por ejemplo zonas urbanas, donde ha sido capaz de adaptarse a la disponibilidad de nuevos hábitats y recursos (Oro et al., 2013; Vasconcelos et al., 2015), mostrando cierta preferencia por diversos tipos de estructuras antropogénicas, las cuales utiliza como refugios estacionales o permanentes donde suele establecer colonias de centenares a miles de individuos (Wilkins 1989; Hutson 2001). En Chile *T. brasiliensis* presenta una amplia distribución y suele ser una de las especies de murciélagos más frecuentemente registradas en paisajes modificados, donde las áreas urbanas y semiurbanas representan sitios

generalistas y “sinantrópica”, es decir, potenciales de alimentación (e.g., insectos que son atraídos por las luces del alumbrado público) y refugio (e.g., edificaciones) (Rodríguez-San Pedro y Simonetti 2013; 2015; Rodríguez-San Pedro et al., 2016). *M. chiloensis*, si bien se encuentra asociada a vegetación cercana a quebradas, matorrales y zonas boscosas en general, durante el día se refugia en fisuras de la corteza de árboles y techos de construcciones en zonas urbanas y semiurbanas (Galaz y Yáñez 2006; Ossa y Rodríguez-San Pedro 2015), ello explicaría su relativamente elevada abundancia en los viñedos, siendo la segunda especie mejor representada después de *T. brasiliensis*.

La baja representatividad de *H. montanus*, *L. cinereus* y *L. varius* en los viñedos podría deberse a una preferencia por mejores hábitats de forrajeo, como por ejemplo, remanentes de bosque nativo. Las especies de género *Histiopus* y *Lasiurus* se asocian con hábitats de bosque, de los cuales dependen para obtener refugio y alimento (Handley y Gardner 2008; Altamirano et al., 2017) y su presencia en paisajes agrícolas de Chile central, se ha demostrado, depende de la cantidad de hábitat de bosque

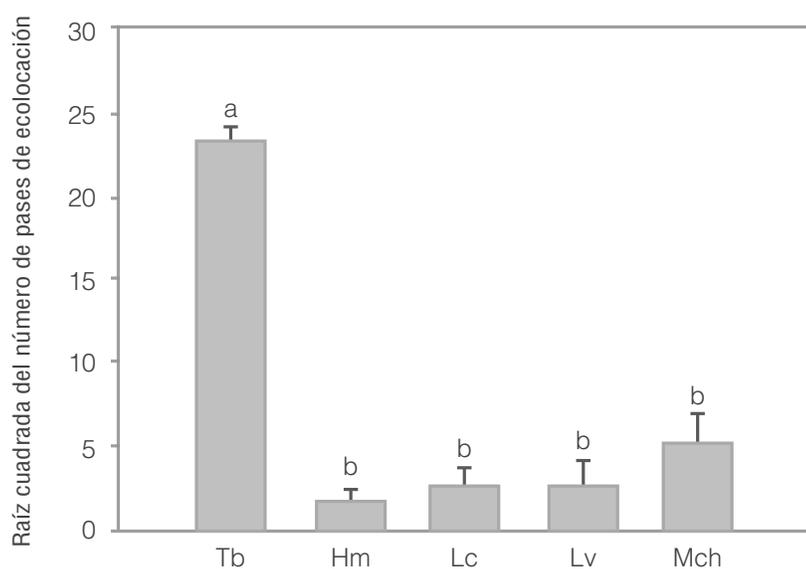
nativo y grado de fragmentación, siendo significativamente menos abundantes en paisajes con una baja proporción de bosque y alto número de parches (Rodríguez-San Pedro y Simonetti 2015). La composición del paisaje donde está inmerso Viña La Montaña, con un 80% de su superficie, medida a 3 km de radio alrededor del viñedo, cubierto por vegetación nativa (Tabla 8), ofrecería condiciones ideales para el forrajeo y refugio de estas tres especies, lo que explicaría la mayor actividad registrada en este sitio respecto a otros sitios pilotos. Con un vuelo lento, aunque maniobrable, debido a una baja carga alar y relación de aspecto (proporción entre el largo y ancho de las alas), es posible que especies como las del género *Histiopus* no sean capaces de efectuar trayectos prolongados de ida y vuelta atravesando una matriz inhóspita (e.g., paisaje agrícola, zona urbana) hacia los remanentes de bosque aislados debido al alto costo energético que ello significaría (Norberg y Rayner 1987).

A nivel de viñedo, la actividad total de murciélagos difirió entre los bordes y el interior, siendo significativamente mayor en los bordes ( $t = 6.73$ , d.f. = 17,  $P < 0.001$ ) (Figura 22), aunque los patrones variaron entre especies (Figura 23 y 24).

*T. brasiliensis*, *M. chiloensis* y *L. varius* fueron significativamente más activos en los bordes respecto al interior de los viñedos ( $t = 3.69$ , d.f. = 17,  $P = 0.002$ ;  $Z = 2.94$ , d.f. = 17,  $P < 0.001$  y  $Z = 2.01$ , d.f. = 17,  $P = 0.042$  respectivamente), mientras que la actividad de *H. montanus* y *L. cinereus* no difirió significativamente entre ambos tipos de hábitats ( $Z = 1.005$ , d.f. = 17,  $P = 0.383$  y  $Z = 1.56$ , d.f. = 17,  $P = 0.123$  respectivamente).

La mayor actividad en los bordes sugiere que los murciélagos prefieren este tipo de hábitat por sobre el interior de los viñedos, lo cual coincide con hallazgos previos, donde los bordes de vegetación aledaña a los cultivos u otros elementos

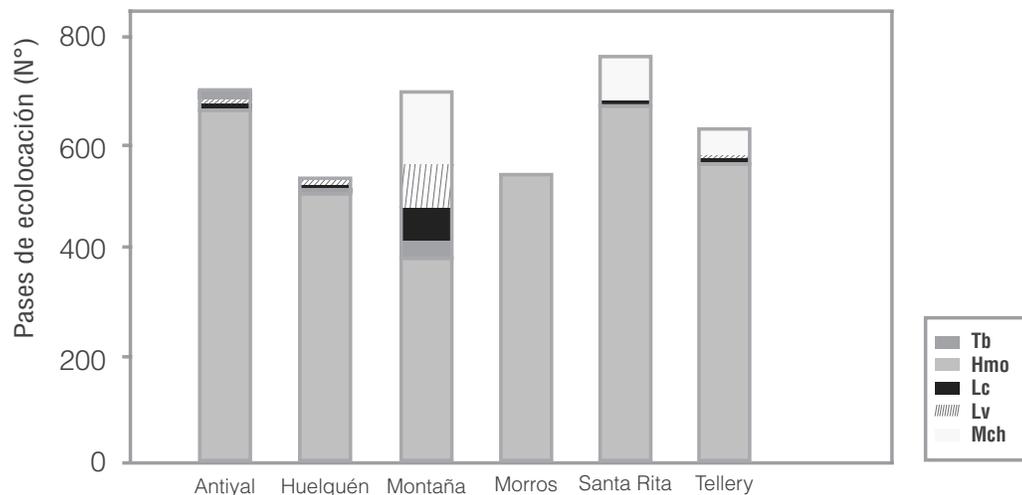
lineales del paisaje agrícola, como son los setos vivos o hileras de vegetación, parecen ser más atractivos para los murciélagos durante su actividad de forrajeo (Frey-Ehrenbold et al., 2013; Heim et al., 2015; Lentini et al., 2012; Rodríguez-San Pedro y Simonetti 2015). Diferencias en la actividad de murciélagos en relación a la composición del borde adyacente no se evaluó directamente en este estudio debido a las limitaciones impuestas por el tamaño de la muestra en los análisis estadísticos. No obstante, un estudio complementario (Rodríguez-San Pedro et al., en revisión, realizado en 16 viñedos de la zona centro de Chile, sugiere un efecto de la composición del borde adyacente sobre la actividad de *L. varius*



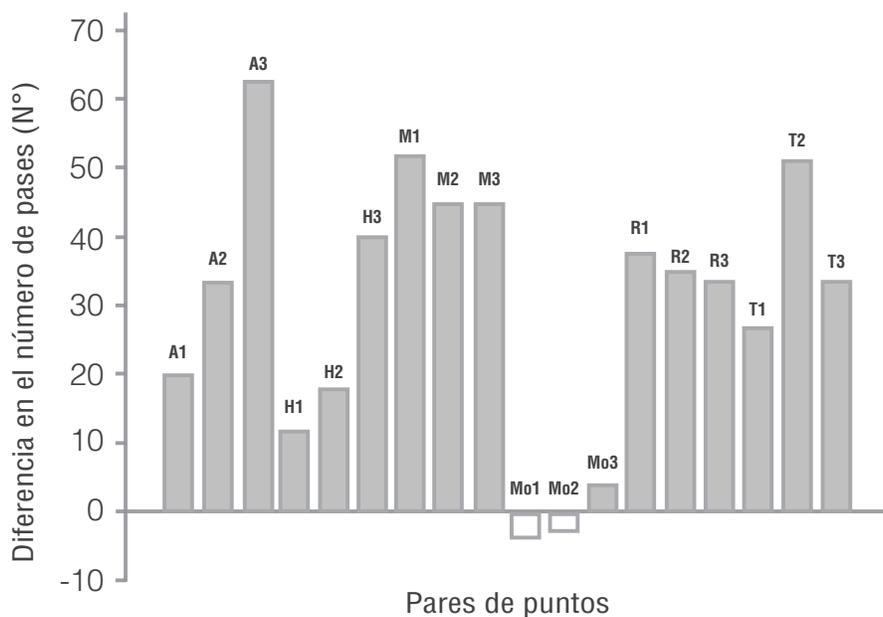
**Figura 22 |** Media ( $\pm$  error estándar) del número de pases de ecolocalización (datos transformados a raíz cuadrada) registrado por especie en los viñedos. Tb: *Tadarida brasiliensis*; Hm: *Histiotus montanus*; Lc: *Lasiurus cinereus*; Lv: *Lasiurus varius*; Mch: *Myotis chiloensis*. Resultados del ANOVA de una vía y test a posteriori Holm-Sidak para las comparaciones múltiples entre especies. Los datos originales fueron transformados a raíz cuadrada para normalizarlos. Diferentes letras indican diferencias significativas entre pases de ecolocalización por especie.

y *M. chilensis*, donde los bordes compuestos por vegetación nativa soportan una mayor actividad de ambas especies respecto a aquellos compuestos por frutales, plantaciones exóticas y zonas urbanas/semiurbanas. En este sentido, los bordes de vegetación nativa podrían proporcionar refugios adecuados en la cercanía de los viñedos, lo que reduciría el costo energético de los desplazamientos entre sitios de refugio y alimentación, además de mejorar la eficiencia del forrajeo (Frey-Ehrenbold et al., 2013; Heim et al., 2015; Lentini et al., 2012; Verboom y Spoelstra 1999).

Del total de pases registrados, el 45% (1.726 pases) presentaron una fase final de captura (buzz), en su mayoría (98%) correspondiente a la especie *T. brasiliensis*, lo que nos indica el uso efectivo de los viñedos y los bordes aledaños como hábitats de forrajeo por esta especie. La producción regular de estos “buzzes de alimentación” nos permite confirmar que *T. brasiliensis* se está alimentando sobre los viñedos, sin embargo cada “buzz” registrado significa un intento de captura realizado por el murciélago, lo que no necesariamente está relacionado con el éxito de la captura.



**Figura 23 |** Número total de pases de ecolocación registrado en cada viñedo y proporción de pases por especies. Tb: *Tadarida brasiliensis*; Hm: *Histiotus montanus*; Lc: *Lasiurus cinereus*; Lv: *Lasiurus varius*; Mch: *Myotis chilensis*.



**Figura 24 |** Diferencias en el número total de pases de murciélagos por pares de puntos (borde e interior) en los viñedos. Cada barra representa la diferencia entre un punto de borde y su correspondiente par de interior según se indica en la Tabla 8. Viña Antiyal (A); Huelquén (H); La Montaña (M); Los Morros (Mo); Santa Rita (R); Teillery (T). El color gris de la barra significa más pases registrados en los bordes; las barras blancas indican más pases en el interior. Los resultados corresponden a una prueba de datos pareados (t-test pareada).

## 5.2 | ROL DE LOS MURCIÉLAGOS COMO DEPREDADORES DE INSECTOS PLAGA EN LOS VIÑEDOS.

Como resultado del análisis de dieta, y a través de la amplificación del gen COI de 500 pb, se logró detectar la presencia de la especie *Proeulia auraria* (Tortricidae: Lepidoptera) en las heces de los murciélagos (Tabla 10), sin embargo ésta solo fue registrada en 1 de las 71.659 secuencias amplificadas,

correspondiente a la muestra 63 de Viña Emiliana, fundo Los Robles (VI región). Las restantes especies de plagas objetivo del estudio (*Tomarus villosus*, *Athlia rustica*, *Chileulia stalactitis*, *Lobesia botrana* y *Agrotis ipsilon*) no fueron detectadas en las muestras analizadas.

**Tabla 10 |** Secuencia detectada de *Proeulia auraria*.

SECUENCIA MUESTRA 63	BLAST	%ID	E-VALUE	BITSCORE
>M02736:84:000000000BFW8L:1:1112:14089:6938:GTAGAGGA+CTAA-GCCT;0.886225 GGTACAGGTTGAACAGTTTACCCCCACTTTCTTCTAATATTGCTCACGGAGGTAG-TTCT GTAGATTTAGCTATTTTTCCCTTCACTTAGCTGGAATTTCTCAATTTAGGAGCTGTA AATTTTATCACAACTATTATTAACATACGACCTAATAATATAGCTTTAGATCAAATACCT TTATTTGTTTGATCAGTTGGTATTACAGCTTTATTACTTTTATTATCATTACCAGTATTA GCGGGAGCTATTACTATATTATTAACAGATCGTAATTTAAATACTTCATTTTTTGATCCT GCTGGTGGAGGAGATCCAATTTTATACCAACATTTATTTTGATTTTTGGTCACCCCGAA GTCTA	<i>Proeulia auraria</i>	98.276	7.02e-178	610

Analizando las heces de *Myotis chiloensis*, y por medio de la amplificación del gen 18S de 530pb, se registraron un total de 5.530 secuencias de ADN pertenecientes a seis órdenes de artrópodos Araneae (Arachnida), Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera y Lepidoptera (Insecta). Los órdenes Araneae, Lepidoptera y Coleoptera fueron los más abundantes en la dieta de esta especie, representando un 36,8%, 31,8% y 30,4% del total de secuencias, respectivamente. Dentro del Orden Araneae, la familia Thomisidae fue la más representada con un 86%, en su totalidad individuos correspondientes al género *Misumenops*. En orden de abundancia le siguió la familia Araneidae (9%), con representantes de los géneros *Araneus* y *Argiope*. El 5% restante estuvo conformado por las familias: Linyphiidae, Agelenidae, Theridiidae, Dictyridae, Sechiidae y Gnaphosidae.

El orden Coleoptera resultó ser el más diverso, registrándose nueve familias en las heces analizadas. La más abundante resultó ser Scarabaeidae, con el 81% del total de coleópteros registrados. Dentro de esta familia se lograron identificar ejemplares de género *Aphodius*, entre otros representantes de la subfamilia Melolonthinae, los cuales no pudieron ser clasificados a nivel de género/especie. Otras familias de coleópteros representadas en la dieta fueron: Carabidae (*Bembidion sp.* y *Meloidae (Phaedon sp.)*), Cleridae, Cupedidae (*Prolixocupes sp.*), Elmidae, Hydrophilidae (*Tropisternus sp.*), Phengadidae y Staphylinidae. Cinco familias de lepidópteros estuvieron representadas en la dieta de *M. chiloensis*, siendo Noctuidae la más abundante con un 88%, en su mayoría individuos pertenecientes a dos especies de interés económico para la agricultura:

*Helicoverpa zea* (polilla del choclo) y *Heliothis virescens* (cuncunilla del tabaco, gusano del fruto o del brote), aunque no específicamente de importancia para los viñedos. Otras familias de lepidópteros representadas en la dieta fueron: Crambidae, Tortricidae, Saturniidae y Pyralidae.

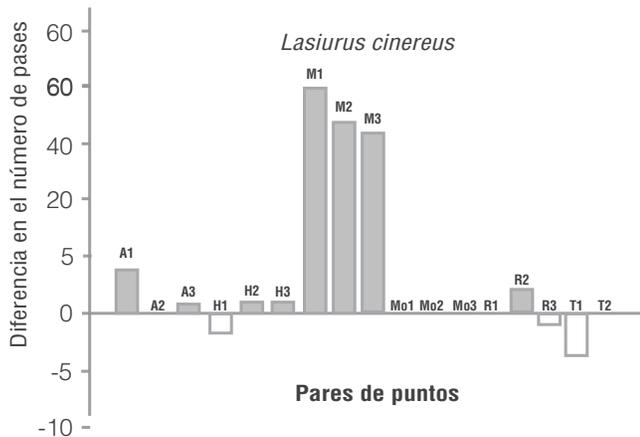
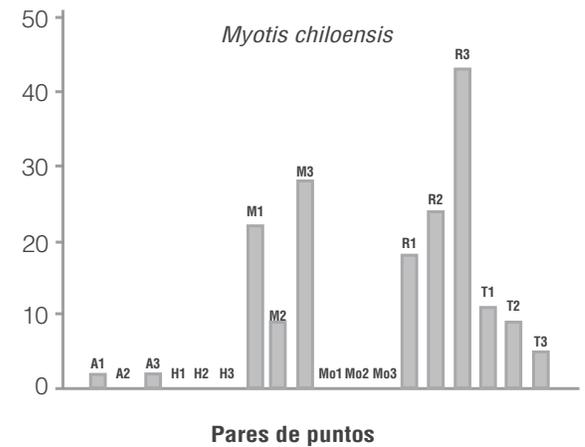
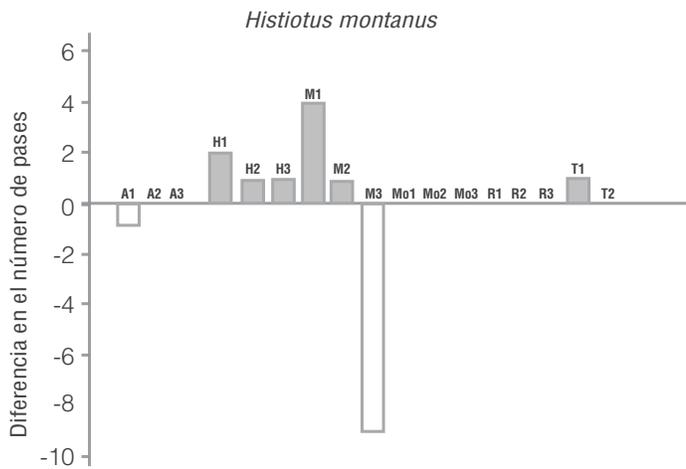
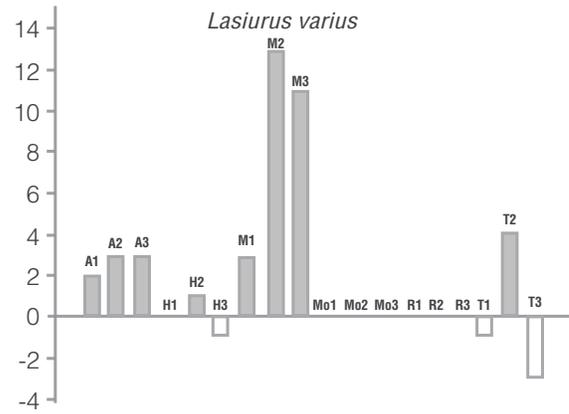
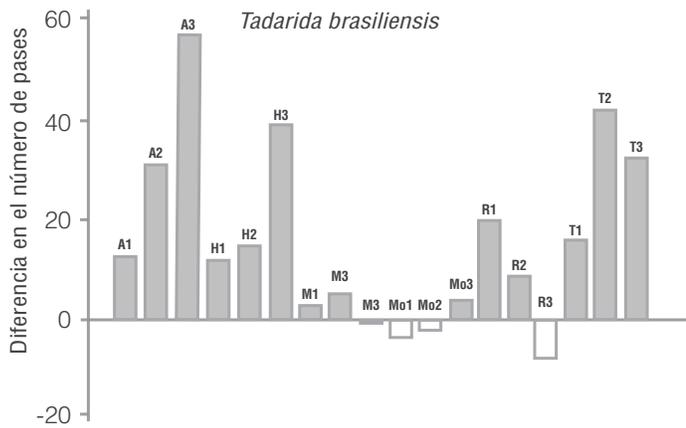
Analizando las heces de *Tadarida brasiliensis*, y por medio de la amplificación del gen 18S de 530pb, se registraron 927 secuencias de ADN pertenecientes a 4 órdenes de artrópodos Araneae (Arachnida), Coleoptera, Diptera y Lepidoptera (Insecta). El orden Coleoptera y Lepidoptera fueron los más abundantes, representando el 55% y 44% del total de dieta. Dentro de los coleópteros, la familia más representada fue Elmidae (67%), seguida por Carabidae (28%). Géneros de coleópteros representativos en la dieta fueron: *Bembidion* sp. (Carabidae) y *Aphodius* sp. (Scarabaeidae).

En cuanto a lepidópteros, se registraron solo dos familias en la dieta de *T. brasiliensis*: Saturnidae y Noctuidae, siendo esta última la más abundante con un 95%, representada en su totalidad por la especie *Heliothis virescens*.

### 5.3 | IMPACTOS DE LA DEPREDACIÓN POR MURCIÉLAGOS SOBRE LA ABUNDANCIA LOCAL DE INSECTOS PLAGA EN LOS VIÑEDOS

No se encontraron larvas de insectos ni en la exclusión nocturna ni el control. Solo en enero 2018 se encontraron huevos en una hoja de una planta al interior de la exclusión de Viña Huelquén (Figura 25) correspondientes a la especie *Leptoglossus chilensis* (chinche). Se registró la presencia de ácaros *Colomerus viti* en una exclusión de viña Antiyal (Figura 26), y además en las viñas Antiyal, Huelquén y La Montaña, tanto en las exclusiones como en el control, se encontraron pupas que no pudieron ser identificadas. Se registraron además en viñas Antiyal, Huelquén y La Montaña, en las exclusiones y control, daños a los racimos (Figura 27), los que por sus características podrían corresponder a *Lobesia botrana*.

No se registraron diferencias significativas en el número de pupas/planta entre tratamientos donde los murciélagos fueron excluidos (Media  $\pm$  ES,  $0.49 \pm 0.23$ ) y en los controles ( $0.07 \pm 0.04$ ) ( $F = 2.22$ ;  $P = 0.196$ ) (Figura 28).



**Figura 25 |** Diferencias en el número de pases registrados para cada especie por pares de puntos (borde e interior) en los viñedos. Cada barra representa la diferencia entre un punto de borde y su correspondiente par de interior según se indica en la Tabla 8. Viña Antiyal (A); Huelquén (H); La Montaña (M); Los Morros (Mo); Santa Rita (R); Teillery (T). El color gris de la barra significa más pases registrados en los bordes; las barras blancas indican más pases en el interior. Los resultados corresponden a una prueba de datos pareados (t-test pareada).

Tampoco se registraron entre las viñas ( $F = 1.61$ ;  $P=0.24$ ) Antiyal exclusión (media  $\pm$  ES;  $0.38 \pm 0.19$ ) Antiyal control ( $0.01 \pm 0.0006$ ); La Montaña exclusión (media  $\pm$  ES;  $0.08 \pm 0.04$ ) La Montaña control ( $0.03 \pm 0.01$ ) y Huelquén exclusión (media  $\pm$  ES;  $1.02 \pm 0.65$ ) Huelquén control ( $0.17 \pm 0.13$ ) Tampoco se registraron diferencias significativas en el número de pupas/planta a lo largo del tiempo ( $F = 2.53$ ;  $P = 0.061$ ).

Por medio de Modelos Lineales Generalizados Mixtos (GLMMs), se obtuvo que el número de frutos dañados/racimo fue significativamente superior en los tratamientos donde fueron excluidos los murciélagos (Media  $\pm$  ES;  $2.42 \pm 0.66$ ) respecto a los controles ( $0.48 \pm 0.20$ ) ( $F_{1,26} = 9.39$ ;  $P = 0.005$ ) (Figura 29).

En cuanto a los niveles de daño a las hojas por herbivoría, también se registraron diferencias significativas entre tratamientos, siendo el porcentaje de daño mayor en las exclusiones (media  $\pm$  ES;  $4.61 \pm 0.69$ ) respecto los controles ( $1.90 \pm 0.40$ ) ( $F_{1,32} = 17.12$ ;  $P = 0.000$ ) (Figura 30), aunque cabe mencionar que no se midió el efecto de la herbivoría en la producción de frutos. Al preguntarle a los viñateros si la herbivoría afecta la producción de frutos, indicaron que



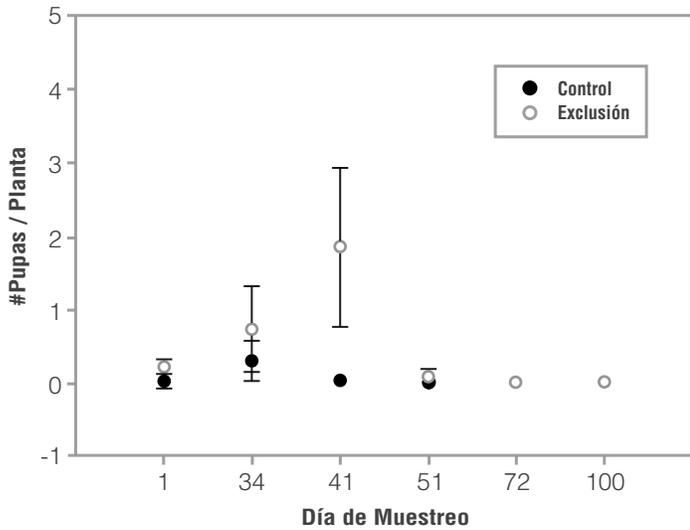
Figura 26 | Huevos de *Leptoglossus chilensis* (chinche).



Figura 27 | Ataque de ácaro, *Colomerus viti*.

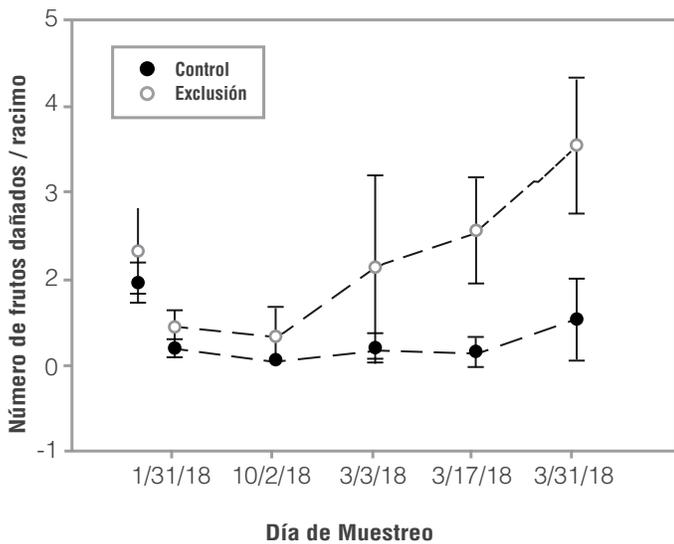


Figura 28 | Racimos con daños en frutos.

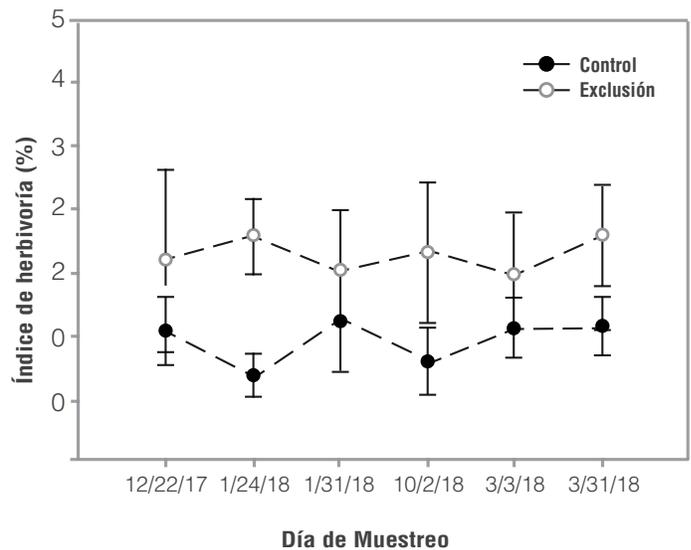


**Figura 29** | Número promedio ( $\pm$  ES) de pupas/planta en tratamientos control y exclusiones.

el daño es mínimo (según su experiencia no afecta a más de cinco hojas por planta y en promedio las plantas tienen 40 hojas por lo que el daño no es significativo). En viña Antiyal y la Montaña la herbivoría es mayor en las exclusiones que en el control (Antiyal exclusión (media  $\pm$  ES;  $4.24 \pm 0.45$ ) Antiyal control ( $2.23 \pm 0.48$ ), ( $t = 2.21$ ;  $P = 0.043$ ) La Montaña exclusión (media  $\pm$  ES;  $8.89 \pm 0.55$ ) La Montaña control ( $1.25 \pm 1.16$ ) ( $t = 7.64$ ;  $P = 0.001$ )), sin embargo en viña Huelquén no hay diferencia entre tratamientos (Huelquén exclusión (media  $\pm$  ES;  $1.06 \pm 0.49$ ) Huelquén control ( $1.33 \pm 0.59$ ) ( $t = 0.30$ ;  $P = 0.76$ )).



**Figura 30** | Número de frutos dañados/racimo en tratamientos control y exclusiones.



**Figura 31** | Índice de herbivoría (media  $\pm$  ES) por planta en tratamientos control y exclusiones.

Aun cuando no se pudo demostrar el consumo directo de especies plagas en los viñedos por parte de murciélagos, estos resultados indican que los murciélagos proporcionan suficiente presión de depredación sobre las plagas de este cultivo, lo cual se ve reflejado a través de una reducción en las tasas de herbivoría y el daño del racimo.

#### **5.4 | ESTIMACIÓN DEL VALOR ECONÓMICO DEL SERVICIO DE CONTROL DE PLAGAS QUE PRESTAN LOS MURCIÉLAGOS EN LOS VIÑEDOS DE CHILE CENTRAL.**

Para proporcionar una estimación económica del servicio de control biológico prestado por los murciélagos en los viñedos en estudio, calculamos el valor de la diferencia en el daño a los frutos/racimo entre las exclusiones y los controles en base a los 15 racimos colectados en cada tratamiento el último día de muestreo. El daño observado en los racimos el último día del experimento fue mayor en las exclusiones (5.09 frutos dañados/racimo) que en los controles (1.09 frutos dañados/racimo). Además estima-

mos la cantidad de frutos en 15 racimos de cada tratamiento, lo que arrojó un valor de 57 frutos por racimo en nuestros viñedos en estudio. Dividimos el número promedio de frutos dañados en las exclusiones y los controles por el número promedio de frutos por racimo para obtener el porcentaje de frutos dañados (8.9% en las exclusiones y 1.9% en los controles). Por lo tanto, estimamos que los murciélagos incrementaron el rendimiento de los viñedos en un 7%.

Este valor estimado de los murciélagos es una función del rendimiento y el precio de la uva vinífera, que varía a nivel nacional. En nuestros sitios de estudio, el rendimiento fue en promedio 8500 kg/ha. El precio de la uva vinífera actualmente oscila entre \$190-250/kg en Chile (dependiendo de la cepa), según registro de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) del Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. Considerando estas cifras, estimamos que el valor de los murciélagos para los viticultores orgánicos en nuestro estudio es de \$113.050-148.750/ha (188-248 USD/ha).

## 5.5 | PERCEPCIÓN SOCIAL DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE CONTROL DE PLAGAS QUE PRESTAN LOS MURCIÉLAGOS.

Se entrevistaron un total de 34 personas, de las cuales 30 corresponden a trabajadores de los viñedos (Antiyal, Huelquén, La Montaña y Teillery), uno a propietario (Viña Antiyal), y tres a vecinos del poblado de Huelquén. El 85,29% de los encuestados fueron hombres y sólo un 14,71% mujeres. De ellos, sólo el 14,7% alcanzó estudios superiores, mientras un 41,18% solo cuenta con educación media y el 44,12 % sólo educación básica. La mayor parte de los encuestados (58,82%) reside de forma permanente en el poblado de Huelquén (comuna de Paine), y de ellos el 64,7% trabaja desde hace cinco o más años en la comuna.

Con relación a la vegetación, una fracción importante de los encuestados (52,94%) reconoce plantas nativas cuando se le pregunta por la vegetación natural que rodea a los viñedos, mientras que un 41,17% asocia la vegetación natural a plantas exóticas. Sin embargo cuando se le pregunta por el nombre de las plantas los encuestados reconocieron más plantas nativas que exóticas. Entre las plantas nativas más mencionadas se

encuentran el quillay, litre y boldo, mientras que el aramo, la zarzamora y el álamo fueron las más reconocidas entre las exóticas. Esto podría deberse a que la mayoría de los encuestados ha residido toda su vida en el sector de Huelquén y están familiarizados con las plantas nativas. Asimismo, el 73,5% de los encuestados concuerda en que ha habido cambios en la vegetación natural desde que llegaron por primera vez al sector, y la mayoría de éstos (39,28%) coincide en que la vegetación ha disminuido, atribuyendo como causas principales la sequía y la afectación por pestes; en cambio un 25% cree que la vegetación tanto nativa como exótica ha aumentado.

Con relación a los murciélagos, el 82,35% de los encuestados afirma que existen murciélagos en el sector de Huelquén, de éstos el 67,21% los ha visto y reconocen que son animales nocturnos. El 52,94% considera que la cantidad de murciélagos en la zona ha disminuido en el tiempo, mientras un 8,82% considera que han aumentado. Asimismo, el 2,94% considera que la abundancia de

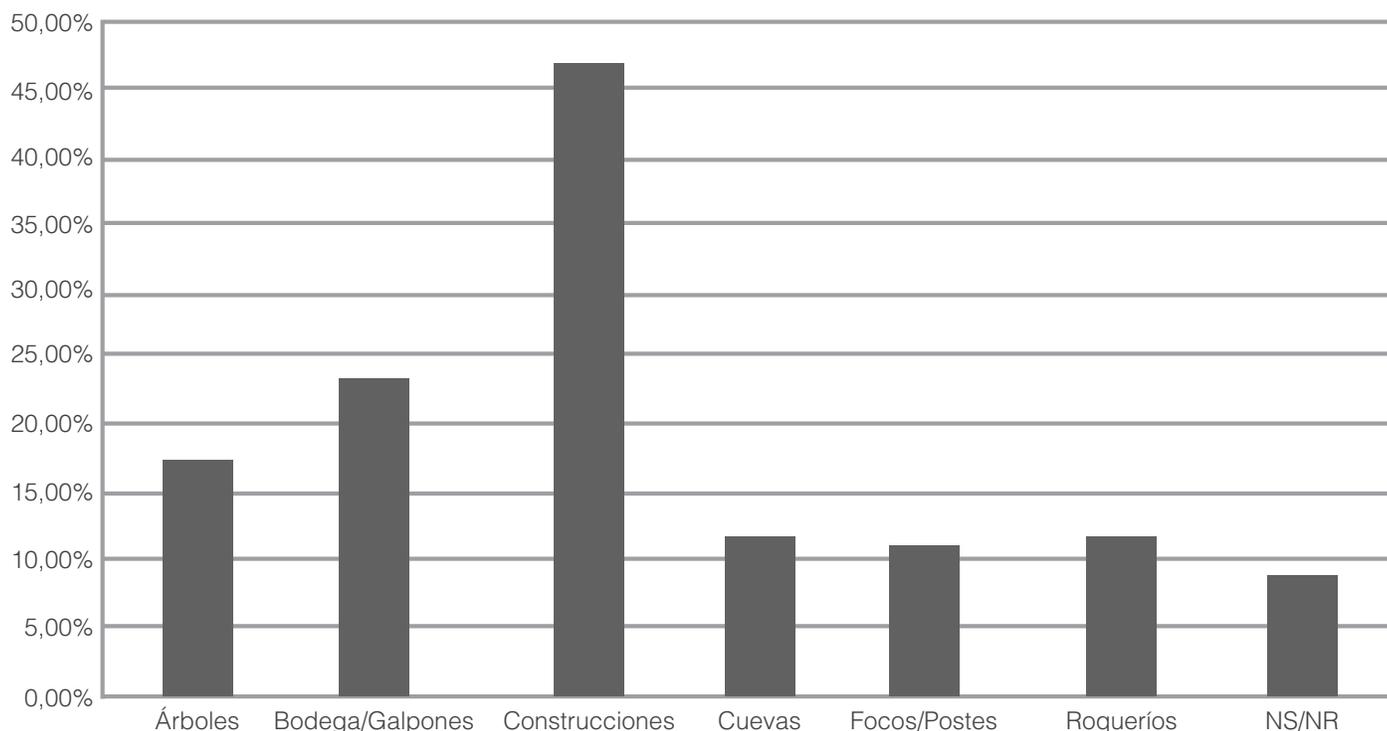
murciélagos no ha variado en el tiempo y un 38,24% de los encuestados no tiene conocimiento. Del total de encuestados que considera que la abundancia de murciélagos ha disminuido, solo un 11,76% asocia dicha disminución a alguna causa en particular, esto es el aumento en el grado de urbanización, el cambio climático y el ataque directo a los murciélagos por las personas. En cambio, un 88,24% de los que dicen notar una disminución en la abundancia de murciélagos no sabe cuál pudiera ser el motivo.

Con respecto a si los entrevistados han tenido experiencia con los murciélagos, es interesante notar que un 82,35% de las personas afirman haber visto murciélagos, aunque en su mayoría los asocian con ratones, pájaros y vampiros, y unos pocos mencionan tenerles miedo. No obstante, a pesar de esta percepción negativa el 79,41% de los encuestados considera que los murciélagos cumplen una función en el ecosistema, siendo el consumo de insectos dañinos para la agricultura (control plagas o pestes), el servicio más reconocido entre los encuestados, seguido por la polinización. Un bajo porcentaje de las personas no creen que los murciélagos tengan una función (8,82%).

Al consultarles si saben dónde pueden encontrarse o verse, la mayoría (68,57%) reconoce las edificaciones humanas como el principal refugio utilizado por los murciélagos, otros sitios mencionados son los árboles (16,65%), cuevas (11,76%), luces del alumbrado público (11,76%) y roqueríos (11,76%) (Figura 31).

En cuanto a la dieta de los quirópteros, la mayor parte de los encuestados (44,13%) desconoce de qué se alimentan, en cambio un 32,35% considera que son insectívoros y un 23,52% considera que, además de consumir insectos se alimentan también de néctar de las flores, plantas, frutos, roedores y sangre (Figura 32).

Adicionalmente cuando se consulta a las personas si existe una relación de los murciélagos con los viñedos, solo el 40,07% indica que los murciélagos cumplen una función en el viñedo y el 20,59% no lo sabe. Entre las funciones mencionan que son controladores de plagas en las viñas, que consumen insectos, que consumen frutas, que el excremento sirve de abono. Sin embargo, cuando se les preguntó si habían visto murciélagos alimentándose en los viñedos, la gran mayoría respondió que no

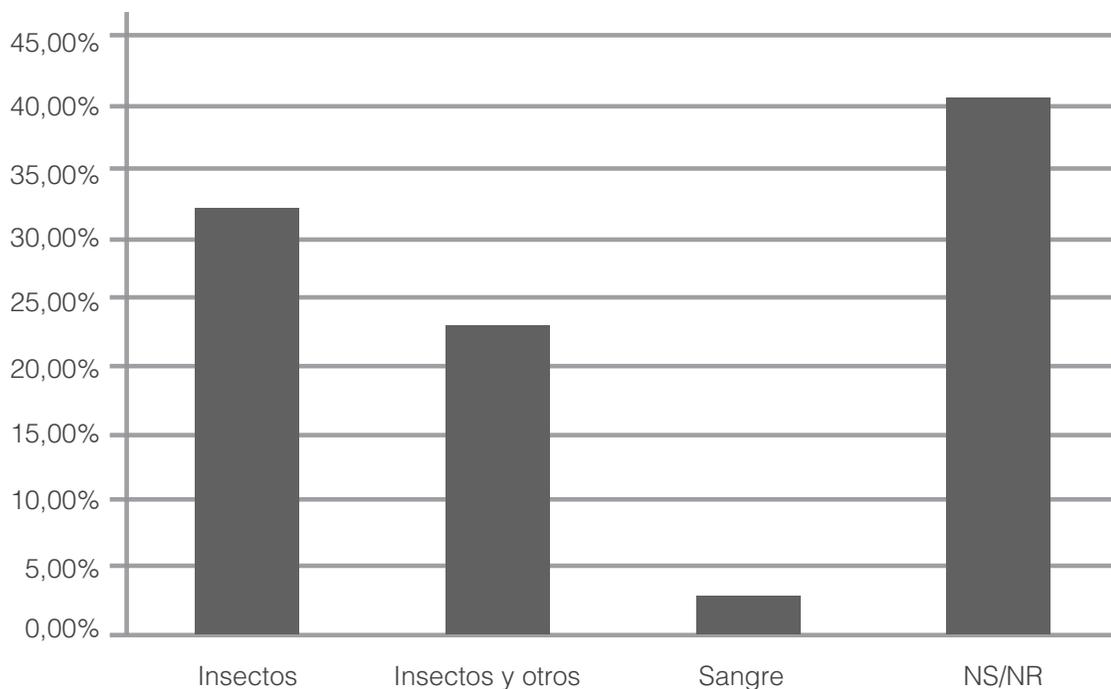


**Figura 32 |** Sitios asociados con presencia de murciélagos por los encuestados.

(88,24%), mientras que sólo el 8,82% si los ha visto forrajeando sobre las vides.

Al respecto de la pregunta si se puede medir el servicio de control de plagas por los murciélagos, el 58,81% cree que sí y el 8,74% enuncia que no, sin embargo, ningún encuestado fue capaz de estimar un valor asociado a este

servicio de control de plagas por los quirópteros en los viñedos, sin embargo, algunos encuestados estiman que se ahorraría la mitad de los pesticidas o que los murciélagos eliminarían el 30% de los insectos plaga. Coherente con lo anterior, al consultarles a las personas si estarían de acuerdo con que los murciélagos se alimenten en los viñedos, un



**Figura 33 I** Conocimiento de los entrevistados sobre la dieta de los murciélagos (NS/NR=no sabe o no responde).

67,65% de los encuestados sí está de acuerdo, mientras que un 32,35% no quiere que los murciélagos se alimenten en los viñedos. Cuando se les pregunta por qué están de acuerdo con que los murciélagos se alimenten en los viñedos, los encuestados responden que los dejarían porque son beneficiosos (44,11%).

Las causas por las cuales no quieren a los murciélagos en los viñedos es porque afectarían a la producción del cultivo y a las personas, siendo agentes transmisores de enfermedades.



# 6

## CONCLUSIONES

---

Exclusión nocturna en Viña La Montaña.  
Foto: *Sofía Flores*

Los viñedos en estudio concentraron una alta diversidad de especies (cinco de las seis especies definidas para la Región Metropolitana). Más aún, los bordes de los viñedos resultaron hábitat para ellos, debido a que concentran mayor actividad y buzzes (fase final de captura asociada a eventos de alimentación) en comparación con el interior de las viñas.

La especie de murciélago dominante en todos los viñedos fue *T. brasiliensis* (murciélago de cola libre), registrándose la mayoría de los buzz de esta especie sobre los viñedos, lo que indica que esta especie se alimenta en este agroecosistema. *H. montanus*, *L. cinereus*, *L. varius*, y *M. chiloensis* fueron registradas con mayor frecuencia solo en viñedos que estaban rodeados por una matriz de bosque nativo.

Del análisis de dieta se obtuvo que para *M. chiloensis*, los órdenes más abundantes en cuanto a secuencias fueron Araneae (36,8%), Lepidoptera (31,8%) y Coleoptera (30,4%), en tanto que para *T. brasiliensis* los órdenes más abundantes fueron Coleoptera (55%) y Lepidoptera (44%). De las seis plagas objetivo que podrían ser consumidas

por murciélagos, solo se registró en las heces *Proeulia auraria* (Tortricidae: Lepidoptera) pero con baja representación. Ahora bien, sí pudieron identificarse *Helicoverpa zea* (polilla del choclo) y *Heliothis virescens* (cuncunilla del tabaco, gusano del fruto o del brote), especies de interés económico para la agricultura aunque no específicamente de importancia para los viñedos.

Ahora bien, debe considerarse que el muestreo de las heces podría no corresponder a las fechas más idóneas para registrar el consumo de los insectos que se esperaba encontrar, especialmente en su estado adulto que es cuando vuelan y puede ser consumidos por murciélagos. Esto se explica por los acotados períodos de vuelo que poseen la mayoría de los insectos, los que además son inducidos por varios factores, entre ellos la fenología de las plantas hospederas y la temperatura ambiental, lo que dificulta su inclusión en el estudio.

Por otro lado, debe tenerse en cuenta que los murciélagos tendrían un comportamiento generalista, por tanto el análisis de sus heces dará cuenta de lo que en esa oportunidad capturaron para alimentarse y no necesariamente el

amplio espectro de insectos que consumen.

En cuanto a los experimentos de exclusión, el número de frutos dañados/racimo fue significativamente superior en los tratamientos donde fueron excluidos los murciélagos respecto a los controles. Los niveles de daño a las hojas por herbivoría, también registraron diferencias significativas entre tratamientos, siendo el porcentaje de daño mayor en las exclusiones (respecto los controles).

En este sentido, y aun cuando solo se pudo registrar el consumo de una especie plaga de viñedos y dos plagas de otros cultivos agrícolas, los murciélagos estarían proporcionando suficiente presión de depredación sobre las plagas de estos cultivos, lo que se ve reflejado en una reducción en las tasas de herbivoría y de daño del racimo. Esto se traduce en un impacto positivo significativo sobre la cosecha, pues de acuerdo a los

resultados, los murciélagos estarían evitando el daño en 7,01% de las uvas por racimo en los sitios piloto, lo que llevado a la producción de uva vinífera y su comercialización, equivaldría a un aporte de entre \$113.050-148.750/ha.

En cuanto a la comunidad aledaña a los viñedos, la mayoría de los entrevistados que han visto murciélagos, consideran que deben de cumplir una función en el ecosistema y asocian las edificaciones humanas como refugio para ellos. Ahora, gran porcentaje de los encuestados no ha visto a los murciélagos alimentarse en la viña, pero creen que sí lo pueden hacer. Por otro lado, asocian a los murciélagos con palabras como miedo, vampiro, infecciones y ratón con alas, En este sentido, y pese a que las personas han tenido algún tipo de contacto con los murciélagos, sigue existiendo desconocimiento y mitos respecto de su dieta y de la función ecosistémica que cumplen.



Tranque de Viña La Montaña donde se instalaron redes niebla para captura de murciélagos. Foto: *Sofía Flores*

# 7

## REFERENCIAS

---

## 7 | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguado, M., Calvo D., Dessal C., Riechmann J., González J.A. y Montes C. (2012). La necesidad de repensar el bienestar humano en un mundo cambiante Papeles de relaciones ecosociales y cambio global N° 119 2012 :49-76
- Aguirre, L. F., Nassar, J. M., Barquez, R. M., Medellín, R. A., Navarro, L., Rodríguez-Durán, A., y Rodríguez-Herrera, B. (2014). De esfuerzos locales a una iniciativa regional: La Red Latinoamericana y del Caribe para la Conservación de los Murciélagos (RELCOM). *Ecología en Bolivia*, 49(2): 45-50.
- Aljanabi SM & I Martinez (1997). Universal and rapid salt-extraction of high quality genomic DNA for PCR-based techniques. *Nucleic Acids Research* 25 (22): 4692-4693.
- Altamirano, T. A., Ibarra, J. T., Novoa, F., Vermehren, A., Martin, K., y Bonacic, C. (2017). Roosting records in tree cavities by a forest-dwelling bat species (*Histiotus magellanicus*) in Andean temperate ecosystems of southern Chile. *Bosque* 38(2): 421-425.
- Armesto, J.J., Arroyo, K., Mary, T., y Hinojosa, L.F. (2007). The Mediterranean Environment of Central Chile. En: Velben, T.T., Young, K.R. y Orme, A.R. (eds.) *The physical geography of South America*. pp. 184–199. Oxford University Press, New York, NY, US.
- Ávila-Pizarro, F. (En preparación). Efecto del tipo de vegetación adyacente en la actividad y riqueza de especies de murciélagos insectívoros en viñedos de Chile central. Tesis para optar por el título profesional de Biólogo Ambiental. Universidad de Chile.
- Boyles, J. G., Cryan, P. M., McCracken, G. F., y Kunz, T. H. (2011). Economic importance of bats in agriculture. *Science* 332(6025): 41-42.
- Brown, V. A. (2010). Molecular analysis of guano from bats in bat houses on organic pecan orchards. Master thesis. The University of Tennessee, Knoxville, USA. 43p.
- Bruggisser, O. T., Schmidt-Entling, M.H., y Bacher, S. (2010). Effects of vineyard management on biodi-

iversity at three trophic levels. *Biological Conservation* 143(6): 1521-1528.

- Butchart, S. H. M., Walpole, M., Collen, B., van Strien, A., Scharlemann, J. P. W., Almond, R.E.A., Baillie, J.E.M., Bomhard, B., Brown, C., Bruno, J., Carpenter, K.E, Carr, G. M., Chanson, J., Chenery A.M., Csirke J., Davidson, N. C., Dentener, F., Foster, M., Galli, A., Galloway, J.N., Genovesi, P., Gregory, R. D., Hockings, M., Kapos, V., Lamarque, J-F-, Leverington, F., Loh, J., McGeoch, M. A., McRae, L., Minasyan, A, Hernández-Morcillo, M., Oldfield, T.E.E., Pauly, D., Quader, S., Revenga, C., Sauer, J.R., Skolnik, B., Spear, D., Stanwell-Smith, D., Stuart, S. N., Symes, A., Tierney, M., Tyrrell, T.D., Vié, J-C., y Watson, R. (2010). Global Biodiversity: Indicators of Recent Declines. *Science* 328(5982): 1164–1168.

- Canals, M., y Cattán, P. (2008). Murciélagos de Chile. En: Canals M y Cattán P. (Eds). Radiografía a los murciélagos de Chile. Pp 69-84. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.

- Clare, E.L., Fraser, E.E., Braid, H.E., Fenton, M.B., Hebert, P.D.N. (2009). Species on the menu of a generalist predator, the eastern red bat (*Lasiurus borealis*): using a molecular approach to detect arthropod prey. *Mol. Ecol.* 18, 2532–42.

- Cleveland, C.J., Betke, M., Federico, P., Frank, J.D., Hallam, T.G., Horn, J., López, J.D., McCracken, G.F., Medellín, R.A., Moreno-Valdez, A., Sansone, C.G., Westbrook, J.K., y Kunz, T.H. (2006). Economic value of the pest control service provided by Brazilian free-tailed bats in south-central Texas. *Frontiers in Ecology and the Environment* 4(5): 238–243.

- Echeverría, C., Coomes, D., Salas, J., Rey-Benayas, J.M., Lara, A., y Newton, A. (2006). Rapid deforestation and fragmentation of Chilean temperate forests. *Biological Conservation* 130(4): 481-494.

- Fischer, J., Stott, J., Law, B.S., Adams, M.D., y Forrester, R.I. (2009). Designing effective habitat studies: quantifying multiple sources of variability in bat activity. *Acta Chiropterologica* 11(1): 127–137.

- Frey-Ehrenbold, A., Bontadina, F., Arlettaz, R., Obrist, M.K., 2013. Landscape connectivity, habitat structure and activity of bat guilds in farmland-dominated matrices. *Journal of Applied Ecology* 50(1): 252–261.

- Fuller, R. J., Norton, L. R., Feber, R. E., Johnson, P. J., Chamberlain, D. E., Joys, A. C., ... & Wolfe, M. S. (2005). Benefits of organic farming to biodiversity vary among taxa. *Biology letters*, 1(4), 431-434.

- Galaz, J. L., y Yáñez, J. (2006). Los murciélagos de Chile: guía para su reconocimiento. Ediciones del Centro de Ecología Aplicada. Santiago, Chile. 80p.
- Gardner, A. L y Handley, C. O. Jr. (2008). Genus *Lasiurus*. In: (Gardner A.L (Ed.). *Mammals of South America*, Vol. 1. Marsupials, Xenarthrans, Shrews and Bats. The University of Chicago Press, Chicago, USA, pp. 457–467.
- González, R.H. (2003). Las polillas de la fruta en Chile (Lepidoptera: Tortricidae, Pyralidae). Serie Ciencias Agronómicas - Universidad de Chile. Fac. de Ciencias Agronómicas No 9. Santiago. 188p.
- Griffin, D. R., Webster, F. A., y Michael, C. R. (1960). The echolocation of flying insects by bats. *Animal Behaviour* 8(3): 141-154.
- Handley, C. O. Jr., y Gardner, A. L. 2008. Genus *Histiotus*. In: (Gardner A.L (Ed.). *Mammals of South America*, Vol. 1. Marsupials, Xenarthrans, Shrews and Bats. The University of Chicago Press, Chicago, USA, pp. 450–457.
- Heim, O., Treitler, J.T., Tschapka, M., Knörnschild, M., y Jung, K., 2015. The Importance of Landscape Elements for Bat Activity and Species Richness in Agricultural Areas. *PLoS One* 10, e0134443.
- Herrera, J. M., Costa, P., Medinas, D., Marques, J. T., & Mira, A. (2015). Community composition and activity of insectivorous bats in Mediterranean olive farms. *Animal Conservation*, 18(6), 557-566.
- Hundt, L. (2012). *Bat Surveys: Good Practice Guidelines*, 2nd edition, Bat Conservation Trust.
- Hutson, A. M., y Mickleburgh, S. P. (Eds.). (2001). *Microchiropteran bats: global status survey and conservation action plan* (Vol. 56). IUCN.
- Kalka, M., Smith, A., y Kalko, E.K.V. (2008). Bats limit arthropods and herbivory in a tropical forest. *Science* 320(5872): 4–6.
- Karp, D. S., y Daily, G. C. (2014). Cascading effects of insectivorous birds and bats in tropical coffee

plantations. *Ecology* 95(4): 1065-1074.

- Kelly, R. M., Kitzes, J., Wilson, H., y Merenlender, A. (2016). Habitat diversity promotes bat activity in a vineyard landscape. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 223: 175-181.

- Kross, S. M., Ingram, K. P., Long, R. F. y Niles, M. T. (2018). Farmer Perceptions and Behaviors Related to Wildlife and On Farm Conservation Actions. *Conservation Letters* 11(1): e12364.

- Lentini, P.E., Gibbons, P., Fischer, J., Law, B., Hanspach, J., y Martin, T.G. (2012). Bats in a farming landscape benefit from linear remnants and unimproved pastures. *PLoS One* 7, e48201.

- Long, R., Kiser, W. y Kiser, S. (2006). Well-placed bat houses can attract bats to Central Valley farms. *California Agriculture*, 60(2): 91-94.

- Maas, B., Clough, Y., y Tschardtke, T. (2013). Bats and birds increase crop yield in tropical agroforestry landscapes. *Ecology Letters*, 16(12): 1480-1487.

- Maine, J. J., y Boyles, J. G. (2015). Bats initiate vital agroecological interactions in corn. *Proceedings of the National Academy of sciences*, 112(40): 12438-12443.

- Mann, G. (1978). Los pequeños mamíferos de Chile. *Gayana* 40: 1-342.

- Meynard, C.N., Soto-Gamboa, M., Heady, P.A., y Frick, W.F. (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 and Conservation* 23(8): 1949–1963.

- Morrison, E. B., y Lindell, C. A. (2012). Birds and bats reduce insect biomass and leaf damage in tropical forest restoration sites. *Ecological Applications* 22(5): 1526-1534.

- Norberg, U. M., y Rayner, J. M. (1987). Ecological morphology and flight in bats (Mammalia; Chiroptera): wing adaptations, flight performance, foraging strategy and echolocation. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 316(1179): 335-427.

- O'Farrell, M.J., y Gannon, W.L. (1999). A comparison of acoustic versus capture techniques for the in-

- ventory of bats. *Journal of Mammalogy* 80(1): 24-30.
- Oro, D., Genovart, M., Tavecchia, G., Fowler M.S., y Martínez-Abraín, A. (2013). Ecological and evolutionary implications of food subsidies from humans. *Ecology Letters* 16(12): 1501–1514.
- 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. pp. 147.
- Ossa, G., y Rodríguez-San Pedro, A. (2015). *Myotis chiloensis* (Chiroptera: Vespertilionidae). *Mammalian Species* 47(922): 51-56.
- Puig-Montserrat, X., Torre, I., López-Baucells, A., Guerrieri, E., Monti, M., Ràfols-García, R., Ferrer, X., Gisbert, D., y Flaquer, C. (2015). Pest control service provided by bats in Mediterranean rice paddies: linking agroecosystems structure to ecological functions. *Mammalian Biology* 80(3): 237-245.
- Rodríguez-San Pedro, A., Allendes, J. L., Carrasco-Lagos y P., Moreno, R. A. 2014. Murciélagos de La Región Metropolitana. Sección Biodiversidad y Recursos Naturales Renovables, SEREMI Metropolitana del Medio Ambiente, Facultad de Ciencias y Centro de Investigación e Innovación para el Cambio Climático (CIICC), Universidad Santo Tomás y Programa para la Conservación de los Murciélagos de Chile (PCMCh), Chile. 53p.
- Rodríguez-San Pedro, A., Allendes, J. L., y Ossa, G. (2016) Lista actualizada de los murciélagos de Chile con comentarios sobre taxonomía, ecología, y distribución. *Biodiversity and Natural History* 2(1): 18-41.
- Rodríguez-San Pedro, A., y Simonetti, J. A. (2013). 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 Simonetti, J. A. (2015). The relative influence of forest loss and fragmentation on insectivorous bats: does the type of matrix matter? *Landscape Ecology* 30(8): 1561-1572.
- Rodríguez-San Pedro A, Chaperon PN, Beltrán CA, Allendes JL, Ávila FI, Grez AA. Influence of agricultural management on bat activity and species richness in vineyards of central Chile. *Journal of Mammalogy*, En

revision.

- Russo, D. y Jones, G. (2003). Use of foraging habitats by bats in a Mediterranean area determined by acoustic surveys: conservation implications. *Ecography*, 26(2):197-209.
- Servicio Agrícola y Ganadero (2015). Disponible en: <http://www.sag.cl/ambitos-de-accion/plagas-cua-rentenarias-presentes-bajo-control-oficial>.
- SAG (2017) Ley de Caza y Su Reglamento. División de Protección de los Recursos Naturales Renovables. Subdepartamento de Vida Silvestre. 108 pp.
- Underwood, E. C., Viers, J. H., Klausmeyer, K. R., Cox, R. L., y Shaw, M. R. (2009). Threats and biodiversity in the mediterranean biome. *Diversity and Distributions* 15(2): 188-197.
- Vasconcelos, S., Rodrigues, P., Palma, L., Mendes, L. F., Palminha, A., Catarino, L., y Beja, P. (2015). Through the eye of a butterfly: Assessing biodiversity impacts of cashew expansion in West Africa. *Biological Conservation* 191: 779–786.
- Verboom, B., y Spoelstra, K. (1999). Effects of food abundance and wind on the use of tree lines by an insectivorous bat, *Pipistrellus pipistrellus*. *Canadian Journal of Zoology* 77(9): 1393-1401.
- Veres, A., Petit, S., Conord, C., y Lavigne, C. (2013). Does landscape composition affect pest abundance and their control by natural enemies? A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 166: 110–117.
- Wickramasinghe, L. P., Harris, S., Jones, G., & Vaughan, N. (2003). Bat activity and species richness on organic and conventional farms: impact of agricultural intensification. *Journal of Applied Ecology* 40(6): 984-993.
- Wilkins, K. T. (1989). *Tadarida brasiliensis*. *Mammalian species*, (331), 1-10.
- Williams-Guillén, K., Perfecto, I., y Vandermeer, J. (2008). Bats limit insects in a neotropical agroforestry system. *Science* 320(5872): 70-70.



# APÉNDICE 8

---

Caseta para murciélago. Foto: *Sofía Flores*

## 8 | APÉNDICE. RECOMENDACIONES PARA PROTEGER Y POTENCIAR EL CONTROL BIOLÓGICO QUE REALIZAN LOS MURCIÉLAGOS EN CULTIVOS AGRÍCOLAS

### **RECOMENDACIÓN N°1:** DESVELAR LOS MITOS Y CONOCER LAS VERDADES RESPECTO A LOS MURCIÉLAGOS Y SU ROL.

Basado en los resultados de las encuestas de percepción social, queda en evidencia la necesidad de aumentar la educación ambiental respecto a los murciélagos y su rol, especialmente en los trabajadores de las viñas y poblados cercanos a áreas agrícolas y silvestres. La comunidad cercana a colonias de murciélagos puede proveer de importante información respecto a la presencia de estas especies y posibles variaciones en su población. Además, considerando que los quirópteros podrían albergarse en construcciones humanas, es necesario educar a las personas sobre el manejo que debiera hacerse en estos casos, además de señalar la importancia de proteger a los murciélagos y explicar las causas de su disminución (fragmen-

tación y pérdida de hábitat).

Por medio de la encuesta quedó establecido que la mayoría de las personas asocian desfavorablemente a los murciélagos con palabras como miedo, ratón con alas, vampiro e infecciones, por lo que se deben desvelar los mitos infundados que recaen en los murciélagos (Aguirre et al., 2014). En esta misma línea, algunos encuestados de los viñedos enunciaron la relación de los murciélagos y la rabia, y solo el 40% cree que los murciélagos cumplen alguna función en el viñedo. Percepciones semejantes ocurren en otros países, de hecho, un estudio realizado en California, mostró que granjeros de cultivos orgánicos asociaron a los murciélagos como beneficiosos para la agricultura (cultivos de choclo y algodón), y de los 500 encuestados, fueron las mujeres las que asociaron más a los murciélagos como beneficiosos para la agricultura que los hombres, sin embargo, los granjeros asociaban negativamente a los quirópteros con la salud de los animales, la transmisión de enfermedades tanto a los animales como las personas y con el uso de construcciones humanas. (Kross et al., 2018).

**RECOMENDACIÓN N°2:** MANTENER O PLANTAR VEGETACIÓN NATIVA AL INTERIOR Y ALREDEDOR DE LOS CULTIVOS.

Se ha demostrado que la presencia de remanentes de vegetación nativa adyacente a los viñedos (bordes) incrementa la riqueza de especies y actividad de murciélagos, así como la diversidad y abundancia de insectos presa (Kelly., 2016; Ávila et. al, en preparación; Chaperon et al., en preparación). En este sentido, se recomienda mantener o plantar especies de arbustos o árboles nativos como quillay (*Quillaja saponaria*), litre (*Lithraea caustica*), peumo (*Cryptocarya alba*), maitén (*Maytenus boaria*), y quebracho (*Senna arnottiana*), entre otras especies de bosque esclerófilo adaptadas al clima mediterráneo de Chile central. Asimismo, se recomienda el uso de cercos vivos e hileras de vegetación nativa al interior y en los alrededores de los viñedos, los cuales son utilizados por los murciélagos durante su desplazamiento entre sitios de refugio y los territorios de caza (sitios de alimentación), facilitando así una mayor conectividad a nivel local y de paisaje, y con ello un incremento en la riqueza y actividad de murciélagos en los viñedos. Además los árboles na-

tivos grandes, mayores a cinco metros de altura, podrían ser utilizados como refugios temporales o permanentes por los quirópteros, además son esenciales para las especies *L. varius* y *L. cinereus* que son dependientes de bosque porque habitan entre las hojas y cortezas de los árboles (Gardner y Handley, 2008)

**RECOMENDACIÓN N°3:** EVITAR O REDUCIR EL USO DE PESTICIDAS Y FERTILIZANTES.

El incremento del uso de pesticidas y fertilizantes inorgánicos, es un factor que influye negativamente sobre la riqueza y actividad de murciélagos en diversos agroecosistemas según demuestran varios estudios a nivel internacional (Wickramasinghe et al., 2003; Fuller et al., 2005; Herrera et al., 2015). Recientemente, un estudio realizado en Chile central (Rodríguez-San Pedro et al., en revisión), enfatiza el efecto negativo del uso de pesticidas sobre los murciélagos en los viñedos, siendo la riqueza de especies y actividad de murciélagos significativamente menor en viñedos con manejo convencional respecto a viñedos con manejo orgánico. En este sentido, se recomienda evitar o reducir al máximo posible el uso de pesticidas y fertilizantes inorgánicos, además del mantenimiento

de la vegetación nativa adyacente y la generación de corredores interiores de vegetación en los viñedos para garantizar el tránsito de quirópteros y la conservación de las poblaciones de murciélagos.

#### **RECOMENDACIÓN N°4: INSTALAR CASETAS PARA MURCIÉLAGOS**

Brown (2010) documenta el consumo de insectos plaga por murciélagos que se

refugian en casetas artificiales al interior de los cultivos. En este sentido, se recomienda la implementación de refugios artificiales (casetas) (Figura 33) para murciélagos al interior y los bordes de los viñedos como una medida para fomentar el control natural de plagas de insectos a los viñedos. Estas casetas deben ser colocadas en orientación sur, a una altura superior de cinco metros y cerca de cursos de agua (Long et al., 2006).



**Figura 34** | Prototipo de casetas de murciélagos (bat houses).



Corredores Biológicos  
de **Montaña**  
Proyecto GEF