



UNIVERSIDAD DE CHILE – FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE PREGRADO

**EFFECTO DEL TIPO DE VEGETACIÓN ADYACENTE EN LA ACTIVIDAD Y
RIQUEZA DE ESPECIES DE MURCIÉLAGOS INSECTÍVOROS EN
VIÑEDOS DE CHILE CENTRAL.**

Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Biólogo, mención medio ambiente.

FELIPE IGNACIO AVILA PIZARRO

Director: Prof. Audrey A. Grez

Co-director: Dra. Annia Rodríguez San Pedro

Santiago de Chile, Diciembre 2019



INFORME DE APROBACIÓN SEMINARIO DE TÍTULO

Se informa a la Escuela de Pregrado de la Facultad de Ciencias, que el Seminario de Título presentado por el candidato:

FELIPE IGNACIO AVILA PIZARRO

“EFECTO DEL TIPO DE VEGETACIÓN ADYACENTE EN LA ACTIVIDAD Y RIQUEZA DE ESPECIES DE MURCIÉLAGOS INSECTÍVOROS EN VIÑEDOS DE CHILE CENTRAL”

Ha sido aprobado por la Comisión evaluadora y revisora, como requisito parcial, para optar al título profesional de Biólogo con Mención en Medio Ambiente.

Prof. Audrey. A. Grez
Directora Seminario de Título

Dra. Annia Rodríguez San Pedro
Co-Directora Seminario de Título

Comisión Revisora y Evaluadora

Presidente Comisión

Evaluador

Santiago de Chile, Diciembre de 2019

BIOGRAFÍA



Yours trully como se autodenomina a veces el autor de esta Tesis.

Hijo de Max y Gloria, siempre vivió en una burbuja socioeconómica proporcionada por el corazón generoso de Patricio, hermano de gloria y su segundo papá. Hizo toda su educación en el British Royal School dónde estaba más que a gusto. Por los 7 años gastó toda la suerte (en cosas no importantes) que tenía asignado para su vida cuando se ganó un viaje a Disneyworld después de llenar como 1 hora cupones que pedían más datos que Becas Chile. Pasando por ahí por los 10, su papá volvió de Brasil, parte de una historia turbulenta que su servidor no se enteraría completamente hasta mucho después. A los 12 comenzó la diversión que ha ornamentado generosamente la biografía del autor, cuando a su madre le diagnosticaron cáncer de mamas. Después de años de lucha, donde el autor tuvo que aprender a preparar medicamentos, inyectar morfina y ver de primera mano los estragos de la quimioterapia, murió en sus brazos una madrugada tibia de Septiembre de 2004, al acompañamiento de Ludwig van Beethoven y recordando los momentos bonitos.

Después de seguir a voluntad pura, un colapso emocional obligó a retirarse del colegio, dejando a sus amigos de toda la vida para realizar el correspondiente tratamiento por depresión. Al año siguiente se encontró con el curso más cálido que podría haber pedido, y terminó su educación media ganando muchos premios como mejor alumno en ciencias, humanidades, música e inglés incluyendo el Grade A en el First Certificate (que siendo más difícil que el TOEFL, no lo reconocen en ningún lado), que es el diploma más *Shinny* que tiene colgado en su departamento. Siempre quiso entrar a la Universidad de Chile, aunque evidentemente no a Biología Ambiental, no tuvo conocimiento de su existencia hasta después de dar la P.S.U a la que te criaste y no quedar en Biotecnología (que fue elegida porque la malla se veía interesante y ad hoc a las habilidades de su servidor), agradezco no haber estudiado y haber quedado. ¿Las vueltas de la vida no? Entrando a la Casa de Bello, su tío por razones aún hoy no esclarecidas, decidió echar de la casa a *yours trully* por no haber rendido como correspondía en la P.S.U, o al menos eso se entendió. Ahí comenzó el aprendizaje de ser Hijo para el y de ser Papá para Max, el que ha sido todo un éxito. Después del porrazo olímpico que fue el primer semestre, hubo reconciliación y pudo volver a la casa donde había vivido toda su vida, junto a su abuela y *Perrihermana* Diana. A los 24 encontró el amor por primera vez, después de un incidente colorido a los 21, que me reservo el derecho a comentar aquí. Fue un idílico paseo de 4 años donde experimentó lo mejor y lo peor del amor. Hasta la ruptura definitiva que coincidió con la pérdida de la casa familiar por razones económicas, la soledad solo amortiguada por Perro, al mismo tiempo que realizaba esta tesis. Obligado a mantenerse solo, comenzó a trabajar en Cornershop para sobrevivir. Pero con la llegada de Valentina a su vida, la luz volvió (gracias a ella o junto con ella, ambas dos, cada una por si sola) y todo comenzó a enriarse, culminando con el término (por fin) de esta tesis, muchos porrazos e incidentes mediante. Algún día escribiré en detalle mis aventuras y tal vez reconozca este resumen ejecutivo en sus páginas. Lo que sí es seguro que de aburrimiento nunca se podrá quejar.

DEDICATORIA

Primeramente a mi madre, quien fue la mejor madre que alguien pudiera pedir, y me encantaría que estuviera presente para tan especial ocasión.

A mi papá, porque cuando la vida demandó que fuéramos padre e hijo aprendimos juntos, y sin su apoyo no podría estar donde estoy hoy, estoy muy orgulloso de ser tu hijo. También mi Tío Pato, segundo papá y que también le debo mucho, y que su corazón grande me cobijó todos estos años, también estoy orgulloso de ser tu sobrino.

A Valentina, por su cariño incondicional, por ser la mejor compañera que alguien pudiera pedir, tu entusiasmo y determinación han servido de un faro para recordarme mi fuerza interior y me han ayudado a crecer, tu apoyo me ha conmovido más de una vez (aunque no lo diga) y literalmente terminé de escribir esta tesis en TU computador, creo que eso lo resume todo.

A mis abuela Rosa, con la que aprendí la virtud de la porfía (para bien y mal) y quiero mucho, y a mi abuela Norma, quien su cariño incondicional y ejemplo guardo siempre.

A mi Nono, el más grande que ha pisado la tierra, y el que su vida me ha servido para ver lo que paciencia, dedicación y esfuerzo pueden lograr, y estoy muy orgulloso del privilegio de ser su nieto.

A mi familia toda, cada uno puso un grano, una carretilla o un camión minero de arena, pero sin su apoyo no podría haber llegado donde estoy hoy.

A mi Dianita, sin ella literalmente no estaría acá, en mis peores momentos fue mejor que cualquier antidepressivo, por ello siempre serás mi *perrihermana*.

Y como olvidar finalmente a Pepe el perro, eran tres meses de hogar temporal y contando, cuando estuve más solo estábamos juntos, y los cariños y mañas fueron un reposo emocional que hasta hoy agradezco, no hay nada más puro que el amor de un perro. Que nuestra separación sea breve e indolora.

AGRADECIMIENTOS

A mi papá por mostrarme el camino.

A Valentina por su entusiasmo, energía, amor y su computador.

A la profesora Grez y a Annia, por su INFINITA e inmerecida paciencia con mi persona en la realización de esta tesis.

A Juan Luis Allendes por su apoyo durante todo el proceso, a Pascal Chaperón y Clemente Beltrán por los datos complementarios, análisis de datos y compañía durante los muestreos y el proceso de realización de esta tesis.

Esta investigación fue financiada por el proyecto FONDECYT postdoctoral No. 3160188.

*“Out of the night that covers me,
Black as the pit from pole to pole,
I thank whatever gods may be
For my unconquerable soul.
In the Fell clutch of circumstance
I have not winced nor cried aloud.
Under the bludgeonings of chance
My head is bloody, but unbowed.
Beyond this place of wrath and tears
Looms but the horror of the shade,
And yet the menace of the years
Finds and shall find me unafraid.
It matters not how strait the gate,
How charged with punishments the scroll,
I am the master of my fate:
I am the captain of my soul.”*

Invictus, Book of verses – William Ernest Henley

ÍNDICE DE CONTENIDOS

BIOGRAFÍA.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE ABREVIATURAS.....	x
1. RESUMEN.....	1
2. ABSTRACT.....	3
3. INTRODUCCIÓN.....	5
3.1. Hipótesis.....	8
3.2. Objetivo General.....	8
3.3. Objetivos Específicos.....	9
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
4.1. Sitios de estudio y diseño de muestreo.....	10
4.2. Monitoreo acústico.....	12
4.3. Análisis estadísticos.....	17
5. RESULTADOS.....	18
5.1. Variación en la riqueza y actividad de murciélagos entre el interior y el borde los viñedos.....	20

5.2. Variación de la riqueza y actividad de murciélagos en viñedos en función del tipo de hábitat adyacente.....	22
6. DISCUSIÓN.....	27
7. CONCLUSIONES.....	34
8. REFERENCIAS.....	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diferencias en el número de pases por especie de murciélago entre los bordes e interior.....	22
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Mapa mostrando los viñedos muestreados.....	11
Figura 2.	Ejemplos de posicionamiento de pares de puntos de muestreo.....	12
Figura 3.	Preparación en la puesta de sol para comenzar el monitoreo acústico en terreno	14
Figura 4.	Parámetros acústicos medidos en cada una de las llamadas de ecolocación.....	16
Figura 5.	Espectrograma de las llamadas de ecolocación emitidas durante las tres fases de la conducta de forrajeo de los murciélagos insectívoros.....	16
Figura 6.	Sonogramas tipo de las llamadas de ecolocación para las cinco especies registradas en los viñedos.....	19
Figura 7.	Proporción de número total de pases de las cinco especies de murciélagos encontradas en los viñedos orgánicos de Chile central estudiados.....	19
Figura 8.	Diferencia en la riqueza de especies entre Borde e Interior.....	20
Figura 9.	Diferencia en el número total de pases entre Borde e Interior.....	21
Figura 10.	Diferencia en los pases de alimentación entre Borde e Interior.....	21
Figura 11.	Número de especies encontradas en relación al hábitat adyacente registrada en los viñedos.....	23
Figura 12.	Número total de pases en relación al hábitat adyacente registrado en los viñedos.	24
Figura 13.	Número total de pases de alimentación de los murciélagos en relación al hábitat adyacente registrada en los viñedos.....	24
Figura 14.	Número de pases por especie en relación al tipo de hábitat adyacente.....	26

LISTA DE ABREVIATURAS

ANDEVA Análisis de la Varianza

GLM Modelo Lineal Generalizado

RESUMEN

La expansión de la actividad agrícola ha traído como consecuencia una reducción de los hábitats naturales y semi-naturales en favor de paisajes estructuralmente más simples, constituyendo una de las principales causas de pérdida de biodiversidad y sus consecuencias asociadas. Los murciélagos son eficientes depredadores de insectos en paisajes agrícolas, sin embargo enfrentan una serie de amenazas derivadas de la expansión e intensificación de la actividad agrícola, afectando negativamente su persistencia en ambientes fragmentados. Varios estudios han demostrado la preferencia de los murciélagos por ciertos tipos de cobertura en paisajes agrícolas, remanentes de hábitats boscosos, corredores de setos vivos, corredores ribereños y/o cuerpos de agua, los cuales proveen espacios de forrajeo, refugio y tránsito, evitando áreas agrícolas y cultivables. En las últimas décadas, el bosque esclerófilo y matorral de Chile central ha sufrido una fuerte declinación debido a la expansión de la actividad agrícola, siendo la viticultura una de las más importantes. Nuevas alternativas de manejo han sido adoptadas a fin de evitar la disminución de la biodiversidad, entre las que se encuentra el manejo orgánico de los viñedos, lo que incrementa la diversidad y abundancia de depredadores naturales de las plagas asociadas a la actividad vitivinícola. En Chile, la mayoría de las especies de murciélagos son insectívoras por lo tanto su presencia en los cultivos podría traer enormes beneficios a los agricultores. Una mejor comprensión de cómo los murciélagos utilizan el paisaje agrícola constituye una tarea fundamental para su conservación y la mantención de los servicios ecosistémicos asociados en estos ambientes productivos. En este seminario de título se investigó, mediante técnicas de

detección acústica, cómo varía la riqueza de especies y actividad de murciélagos entre el interior y el borde de viñedos orgánicos en las regiones de Valparaíso, O'Higgins y Metropolitana, y si estas se ven influenciadas por el tipo de vegetación adyacente en los viñedos.

Los resultados mostraron que la riqueza de especies no varía entre el interior y el borde de los viñedos, ni tampoco en función del tipo de hábitat adyacente. La actividad total y la actividad de alimentación fueron significativamente mayores en los bordes de los viñedos con respecto al interior, pero no presentaron diferencias significativas entre tipos de hábitat adyacente, es decir a niveles generales existió efecto de borde pero no efecto del tipo de hábitat. A nivel de especie se encontró que *Tadarida brasiliensis* presentó mayor actividad en los bordes, pero no difirió entre tipos de hábitat adyacente. *Lasiurus varius* y *Lasiurus cinereus* también presentaron diferencias significativas en sus niveles de actividad entre borde e interior y además fueron significativamente más activos en viñedos con bordes adyacentes a vegetación nativa. Los niveles de actividad de *Myotis chiloensis* e *Histiotus montanus* no difirieron entre borde e interior, sin embargo, al igual que *L. varius* y *L. cinereus*, *M. chiloensis* fue afectado por el tipo de hábitat adyacente, siendo más activo en viñas con borde adyacente a vegetación nativa. Estos resultados sugieren que los murciélagos estarían utilizando los bordes por sobre el interior de los viñedos, donde la influencia del tipo de hábitat de borde varía de acuerdo a la especie.

ABSTRACT

The expansion of agricultural activity has resulted in a reduction of natural and semi-natural habitats in favor of structurally simpler landscapes, constituting one of the mayor causes for biodiversity loss and its associated consequences. Bats are efficient insect predators in agricultural landscapes; however they face a series of threats derived from the expansion and intensification of agricultural activity, negatively affecting their persistence in fragmented environments. Several studies have demonstrated the preference of bats for certain habitat types in agricultural landscapes: remnants of forested habitats, hedgerows, riparian corridors, water bodies; which provide foraging, shelter and transit spaces thus avoiding agricultural and arable areas. Due to the expansion of agricultural activity, including viticulture, the sclerophyll forest and scrub in central Chile have suffered a strong decline in the last decades. New management alternatives have been adopted to avoid the decrease in biodiversity, among which is the organic management of vineyards, that increases the diversity and abundance of natural predators of plagues associated with this activity. The majority of species in Chile are insectivorous; therefore their presence in crops could bring enormous benefits to farmers. A better understanding of how bats use agricultural landscape constitutes a fundamental task for the conservation of their populations and the ecosystem services provided by them in these productive environments. In this thesis we studied how bat activity and species richness varied between the interior and edge habitats of organic vineyards in the Valparaiso, O'Higgins and Metropolitan regions by acoustic detection techniques, and how habitat type in these edges influences said activity. Results showed

no difference in species richness between the interior and edges of the vineyards, nor between different types of edge habitats. Total Activity and foraging activity were significantly higher in the edges of the vineyards but showed no difference between edge habitat types.

Results showed that species richness did not vary between interior and edge habitats or between edge habitat types. Total activity and total foraging activity were higher on the edge habitats, but presented no differences between edge habitat types. At the species level, *Tadarida brasiliensis* showed higher activity at the edge habitat, but no difference between edge habitat types. *Lasiurus varius*, *Lasiurus cinereus* and *Myotis chiloensis* also had higher activity at the edge habitats and showed higher activity at the native edge. These results suggest that bats are using the edge habitats more than the interior of the vineyards, where edge habitat type influence on activity varies according to the species.

INTRODUCCIÓN

La creciente expansión e intensificación de la agricultura a nivel mundial ha derivado en una reducción de la superficie de hábitats naturales y semi-naturales, y su consecuente reemplazo a favor de paisajes agrícolas estructuralmente más simples (Concepción et al., 2008), lo que constituye una de las principales causas de la actual pérdida de biodiversidad y los servicios ecosistémicos asociados, como por ejemplo el control biológico de plagas (Tschardt et al., 2005; Veres et al., 2013; Grez et al., 2014).

Los murciélagos son eficientes depredadores de insectos algunos de los cuales constituyen importantes plagas para los cultivos (Kunz et al., 2011), y de esta forma contribuyen a reducir los daños ocasionados por los insectos a la producción agrícola. Se estima que las especies insectívoras que pueden consumir entre un 25 y un 100% de su masa corporal en insectos cada noche. En este sentido, Boyles et al. (2011) estimaron que el servicio de control biológico proporcionado por los murciélagos equivale a unos 22,9 mil millones de dólares (rango entre \$3,7 - \$53 mil millones de dólares) para la industria agrícola estadounidense al año, remarcando así la importancia de conservar las poblaciones de murciélagos para el bienestar humano. Sin embargo, los murciélagos enfrentan una serie de amenazas que van desde la pérdida y fragmentación de hábitat, la deforestación, el uso de pesticidas hasta la perturbación y destrucción de sus refugios (O'Shea et al., 2016), lo que influye negativamente sobre la persistencia de sus poblaciones en los paisajes agrícolas (Sirami et al., 2013).

Varios estudios han demostrado que los murciélagos en paisajes agrícolas prefirieron ciertos tipos de coberturas y/o elementos estructurales, tales como remanentes de áreas boscosas, corredores de setos vivos, cuerpos de agua y hábitats ribereños mientras evitan las áreas cultivables, y agrícolas (Di Salvo et al., 2009; Lentini et al., 2012; Stahlschmidt et al., 2012; Sirami et al., 2013). Pequeños remanentes de hábitats boscosos en paisajes agrícolas pueden ofrecer oportunidades de refugio y alimentación para muchas especies de murciélagos, sobre todo si estos remanentes están cercanos unos de otros y presentan, además, una alta diversidad estructural (Kalda et al., 2014, Davidai et al., 2015; Kelly et al., 2016). Por otra parte, algunos elementos lineales del paisaje tales como setos vivos y líneas de árboles (corredores de vegetación) o la vegetación adyacente a los cultivos, son importantes para los murciélagos durante la actividad de forrajeo y el desplazamiento entre sitios de refugio y alimentación, registrándose incluso mayores niveles de actividad en estos sitios respecto al interior de los propios cultivos (Wickramasignhe et al., 2003; Lentini et al., 2012; Frey-Ehrenbold et al., 2013; Rodríguez-San Pedro & Simonetti, 2013a; 2015). Estos elementos estructurales del paisaje son utilizados por los murciélagos como puntos de referencia durante el vuelo (Schaub & Schnitzler, 2007) y también les proporcionan una mayor protección contra el viento, lo que reduce el consumo de energía y mejora la eficacia durante la actividad de forrajeo (Verboom & Spoelstra 1999). Además, los corredores y vegetación adyacente en los cultivos constituyen importantes sitios de forrajeo al concentrar una elevada abundancia y diversidad de insectos presa (Pollard & Holland, 2006). Por lo tanto, la pérdida de estos hábitats esenciales en los paisajes agrícolas podría ser perjudicial para los murciélagos, haciéndolos más vulnerables e incapaces de persistir en ambientes modificados.

En las últimas décadas, el área del bosque esclerófilo y matorral de Chile central ha declinado acentuadamente como consecuencia del creciente desarrollo de la industria forestal y agrícola (Echeverría et al., 2006). Una de las actividades agrícolas más extendidas en el valle central es la viticultura (Schulz et al., 2011), la que ha presentado una expansión sostenida desde principios de los años 90 hasta al menos el año 2014 (ODEPA, 2014). Como todo monocultivo, los viñedos representan una amenaza a la biodiversidad de la región debido al reemplazo de la vegetación nativa y la simplificación de la estructura y composición del paisaje circundante (Underwood et al., 2009). En este sentido, nuevas alternativas de manejo han sido adoptadas a fin de mitigar los efectos negativos sobre la biodiversidad en estas regiones emergentes de viñedos, las que incluyen una 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, lo que incrementa la diversidad y abundancia de depredadores naturales de las plagas asociadas (Wickramasingne et al., 2003). En Chile, estas nuevas formas de manejo han resultado en la proliferación de la viticultura “orgánica”, estableciéndose una treintena de viñas orgánicas que desde el año 1994 hasta el año 2005 (Cedeberg et al., 2009; Bruggisser et al., 2010; Wilson et al., 2015). En este sentido existen diversos organismos y marcos regulatorios que otorgan la clasificación de “orgánica”, En Chile la ley 20.089 del 2016 indica los requerimientos para obtener la certificación orgánica, abarcando todo el proceso productivo: desde el origen de las uvas, uso de agua, fertilización, control de plagas, métodos de cosecha, transporte, almacenamiento, vitificación y otros procesos enológicos, envasado, entre otros (SAG, 2019).

Un grupo de potenciales depredadores que podría impactar sobre las poblaciones de insectos plaga en los viñedos son los murciélagos. En Chile, la mayoría de las especies de murciélagos son insectívoras (Canals & Cattán, 2008), por lo tanto, su presencia en los cultivos podría traer enormes beneficios a los agricultores. Entender cómo los murciélagos utilizan el paisaje agrícola constituye, entonces, una tarea fundamental para la conservación de sus poblaciones y servicios ecosistémicos asociados en estos ambientes productivos. Estudios previos que han evaluado el uso de viñedos por los murciélagos en Australia, Canadá y el norte de California, reportan una mayor actividad a lo largo de los bordes de vegetación nativa en comparación con las vides, resaltando así la importancia de la vegetación adyacente como hábitats de forrajeo para los murciélagos a través de estos paisajes (Boyles et al., 2010; Rambaldini & Brigham, 2011; Kelly et al., 2016). Similares resultados han sido recientemente reportados por Rodríguez-San Pedro et al. (2018) en viñas orgánicas y convencionales de Chile central, al registrar una mayor actividad de murciélagos en los bordes respecto al interior de los viñedos, independientemente del tipo de manejo; sin embargo se desconoce el rol que desempeñan las coberturas de vegetación adyacente sobre la riqueza de especies y actividad de los murciélagos en los viñedos.

Hipótesis

La riqueza de especies y actividad de murciélagos en viñedos variará significativamente entre el borde y el interior de las viñas siendo mayores en el hábitat de borde, además

existirán variaciones en estas dependiendo del tipo de vegetación adyacente siendo mayores en los bordes adyacentes a vegetación del tipo nativa.

Objetivo general

- Evaluar si la actividad y riqueza de especies de murciélagos insectívoros en viñedos orgánicos de Chile central dependen de la ubicación dentro de la viña y del tipo de hábitat adyacente.

Objetivos específicos

- Examinar si existen diferencias en la riqueza y actividad de murciélagos entre el interior y el borde los viñedos.
- Examinar si existen diferencias en la riqueza y actividad de murciélagos en viñedos en función del hábitat adyacente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitios de estudio y diseño de muestreo.

El estudio se realizó en 12 viñedos orgánicos localizados en las regiones de Valparaíso, O'Higgins y Metropolitana. Estos corresponden a: Viña Odfjell (70°52'40.07"O / 33°32'29.13"S, 85 ha), Emiliana Fundo Casablanca (71°18'32.98"O / 33°21'33.39"S, 145 ha), Emiliana Fundo Linderos (70°43'46.90"O / 33°45'23.77"S, 76 ha), Emiliana Fundo las Palmeras (71°12'57.88"O / 34°40'44.66"S, 195 ha), Emiliana Fundo Requinoa (70°45'47.67"O / 34°20'22.94"S, 154 ha), Aquitania (70°32'59.62"O / 33°29'26.01"S, 22 ha) Antiyal (70°37'19.02"O / 33°51'31.04"S, 20 ha), Huelquén (70°39'5.14"O / 33°48'24.74"S, 90 ha), Santa Rita (70°40'28.23"O / 33°42'16.77"S, 3 ha), Teillery (71°13'58.29"O / 33°53'46.18"S, 85 ha), De Martino (70°53'2.62"O / 33°44'8.83"S, 236 ha) y Matetic (71°23'55.15"O / 33°28'16.47"S, 50 ha) (Figura 1). El monitoreo de murciélagos estuvo circunscrito a la estación de verano (Enero a Marzo de 2016 y Enero a Marzo de 2017), período correspondiente a los mayores niveles de actividad de los murciélagos insectívoros en las regiones templadas del hemisferio sur (Mann 1978; Rodríguez-San Pedro & Simonetti, 2015).



Figura 2: Ejemplos de posicionamiento de pares de puntos de muestreo. B = Punto de Borde, I = Punto de Interior.

Monitoreo acústico

En cada estación de monitoreo, dos personas simultáneamente registraron la actividad de murciélagos, una en el borde y otra en el interior, durante 30 minutos por noche. Las grabaciones se iniciaron con la puesta de sol y se extendieron por cuatro horas cada noche, durante tres noches por estación de monitoreo, coincidiendo con el primer pico de actividad de forrajeo de las especies insectívoras locales (Rodríguez-San Pedro & Simonetti, 2015). La actividad de murciélagos se estimó a través de técnicas de detección acústica, utilizando detectores de ultrasonido modelo D240X (Pettersson

Elektronic AB, Upsala, Suecia), conectados a una grabadora digital (M-Audio MicroTrack II) (Figura 3), lo que permitió su almacenamiento digital y posterior análisis de los registros acústicos. Estos detectores fueron operados en modo heterodino y en modo tiempo expandido, y los archivos producidos por los detectores acústicos presentaron dos canales, uno para cada modo de registro, lo que permitió obtener registros en ambos modos simultáneamente. El modo de tiempo expandido permite obtener vocalizaciones de alta calidad, manteniendo intactos los parámetros acústicos de la señal original lo que permite la identificación de murciélagos a nivel de especies. Este sistema, sin embargo, experimenta un "tiempo muerto" de grabación mientras reproduce las señales registradas, donde no es posible hacer un nuevo registro, es decir no es un sistema que opera en tiempo real, lo que trae consigo una pérdida de tiempo de muestreo considerable. El sistema heterodino, en cambio, permite el registro de vocalizaciones en tiempo real pero las señales obtenidas no conservan ciertas características espectro-temporales como son la duración y la frecuencia, por lo tanto, no son adecuadas para la identificación de especies, pero proporciona un índice de actividad general de murciélagos (Ahlén, 2004). Al utilizar una sistema combinado de tiempo expandido/heterodino, se garantiza el monitoreo continuo en tiempo real de las vocalizaciones, compensando así el tiempo de muestreo requerido por el sistema de tiempo expandido.



Figura 3: Preparación en la puesta de sol para comenzar el monitoreo acústico en terreno. El detector (mano derecha) y la grabadora digital (mano izquierda) se manejaron de manera simultánea por el operador.

Los registros acústicos fueron visualizados y analizados mediante el programa Avisoft-SASLab Lite 5.2.09 (Avisoft Bioacoustics). Cada llamada de ecolocación fue representada gráficamente a través de espectrogramas que describen la variación de la frecuencia y amplitud de cada vocalización a través del tiempo. Para cada llamada se estimaron los siguientes parámetros acústicos: 1) duración (tiempo entre el inicio y el final de una llamada); 2) frecuencia pico; 3) frecuencia inicial; 4) frecuencia final de las llamadas (medidas en KHz) (Figura 4). La asignación de las llamadas a cada especie se realizó manualmente, comparando las variables acústicas de las llamadas registradas en cada punto de muestro con las almacenadas en una sonoteca de llamadas de referencia validadas para los murciélagos del centro-sur de Chile (Rodríguez-San Pedro & Simonetti 2013a; Rodríguez-San Pedro & Simonetti 2014, Rodríguez-San Pedro et al., 2016). Esta sonoteca incluye llamadas de las seis especies de murciélagos que se esperarían encontrar en el área de estudio. Las especies fueron nombradas siguiendo la nomenclatura de Rodríguez-San Pedro et al. (2016) para los murciélagos de Chile.

Debido a que el uso de detectores no permite distinguir múltiples pases de ecolocación emitidos por un mismo individuo respecto de pases individuales emitidos por diferentes individuos se utilizó un índice de actividad en lugar de la abundancia para cuantificar la abundancia relativa de murciélagos (Rodríguez-San Pedro & Simonetti 2013a; 2015). Este índice es reconocido y utilizado para examinar los patrones de actividad y uso de hábitat de murciélagos (por ejemplo: Miller 2001; Walsh et al., 2004; Britzke et al., 2013; Rodríguez-San Pedro & Simonetti 2013b, 2015a, b; Meynard et al., 2014) y fue calculado para cada especie contando el número de pases de ecolocación registrados en cada punto de muestreo (Rodríguez-San Pedro & Simonetti 2015). Se definió un “pase” como una secuencia de más de dos llamadas de ecolocación emitidas por un murciélago volando hacia el micrófono. Para el total de especies se cuantificó, además, la actividad de alimentación, contabilizando el número de archivos que contienen una fase final de captura (buzz) en la ecolocación (Rodríguez-San Pedro & Simonetti 2013a; 2015). Estos “buzzes” corresponden a una secuencia de señales de muy corta duración emitidas por el murciélago mientras se acerca a su presa e intenta capturarla (Figura 5). La producción regular de estos “buzzes de alimentación” permite confirmar que los murciélagos se están alimentando sobre los viñedos.

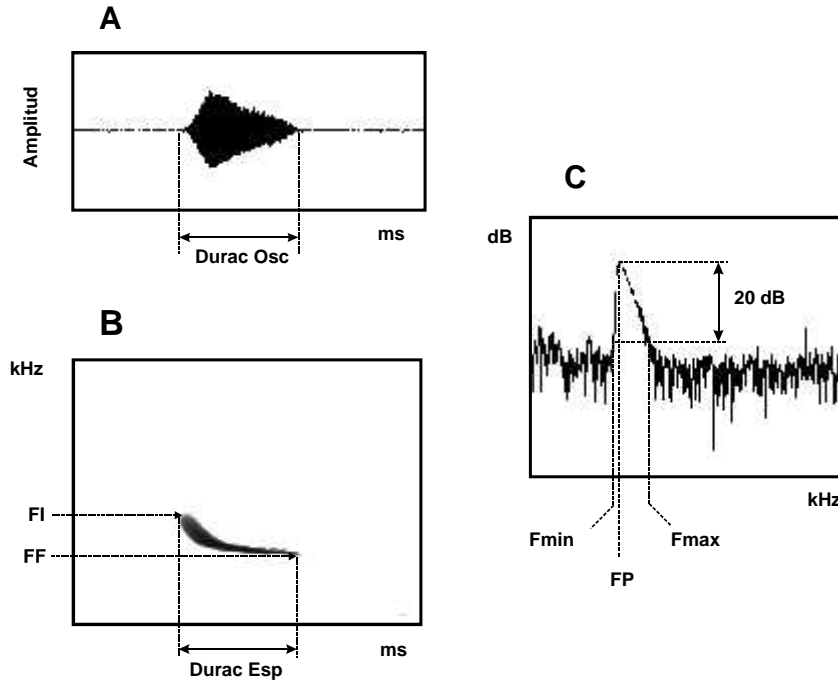


Figura 4: Parámetros acústicos medidos en cada una de las llamadas de ecolocación. A. Oscilograma. B. Espectrograma. C. Espectro de potencia. DuracOsc: duración medida en el oscilograma; FI: frecuencia inicial; FF: frecuencia final; DuracEsp: duración medida en el espectrograma; Fmin: frecuencia mínima; FP: frecuencia pico; Fmax: frecuencia máxima.

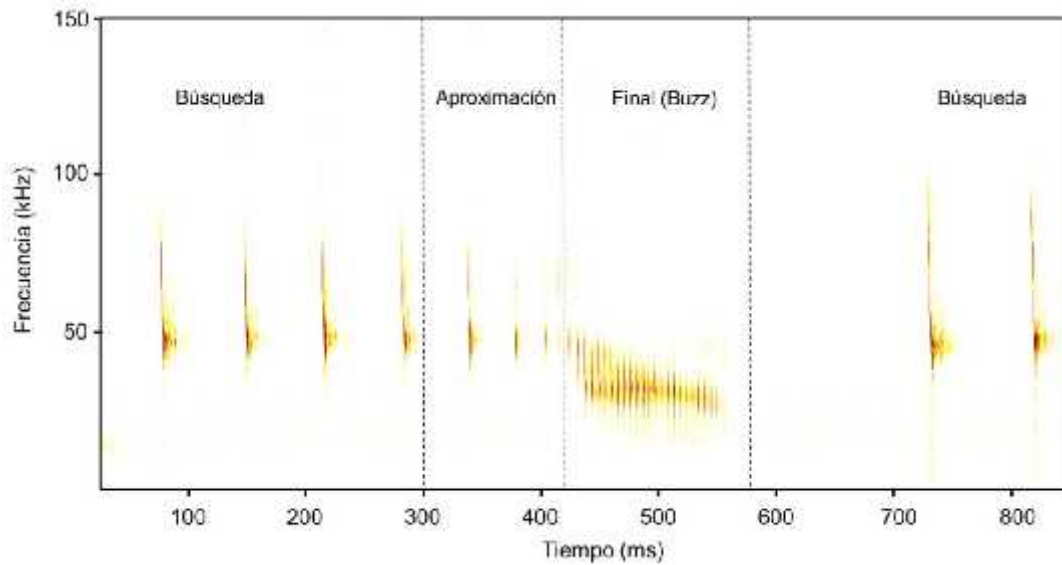


Figura 5: Espectrograma de las llamadas de ecolocación emitidas durante las tres fases de la conducta de forrajeo de los murciélagos insectívoros: búsqueda, aproximación y fase final de captura (buzz). Las llamadas pertenecen a un pase único y continuo de la especie *Myotis chiloensis* registrado en los viñedos.

Análisis estadísticos

Para evaluar las diferencias en la actividad de murciélagos y riqueza de especies entre los hábitats de borde y el interior de los viñedos (Objetivo 1) se utilizó una prueba t para muestras pareadas, si los datos cumplían el supuesto de normalidad, o en su defecto, su alternativa no paramétrica, la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. Asimismo, para evaluar las diferencias en la riqueza de especies, la actividad de murciélagos y actividad de alimentación en los viñedos en función del tipo de hábitat adyacente (Objetivo 2) se utilizó un ANDEVA de una vía siguiendo los procedimientos de Modelos Lineales Generalizados (GLM), ajustados a una distribución binomial negativa (datos de conteo) con función enlace logarítmica. Para este análisis se combinaron los datos de borde e interior para cada tipo de hábitat adyacente.

RESULTADOS

Se registraron un total de 2551 pases de ecolocación, de los cuales el 17% (440 pases) presentaron una fase final de captura (buzzes de alimentación). De estos, 1820 pases correspondieron a registros en la modalidad de tiempo expandido y 701 pases fueron registrados a través del sistema heterodino. Los análisis acústicos permitieron identificar la presencia de cinco especies de murciélagos en los viñedos, estas corresponden a: *Tadarida brasiliensis* (Familia Molossidae, murciélago de cola libre), *Lasiurus varius*; (Vespertilionidae, murciélago colorado), *Lasiurus cinereus* (Vespertilionidae, murciélago ceniciento), *Histiotus montanus* (Vespertilionidae murciélago orejón chico) y *Myotis chiloensis* (Vespertilionidae, murciélago oreja de ratón del sur) (Figura 6). *Tadarida brasiliensis* fue la especie que presentó los mayores niveles de actividad en los viñedos, con un 83,79% del total de pases registrados, mientras que las otras cuatro especies representaron en conjunto solo un 16,21% de la actividad total registrada (Figura 7).

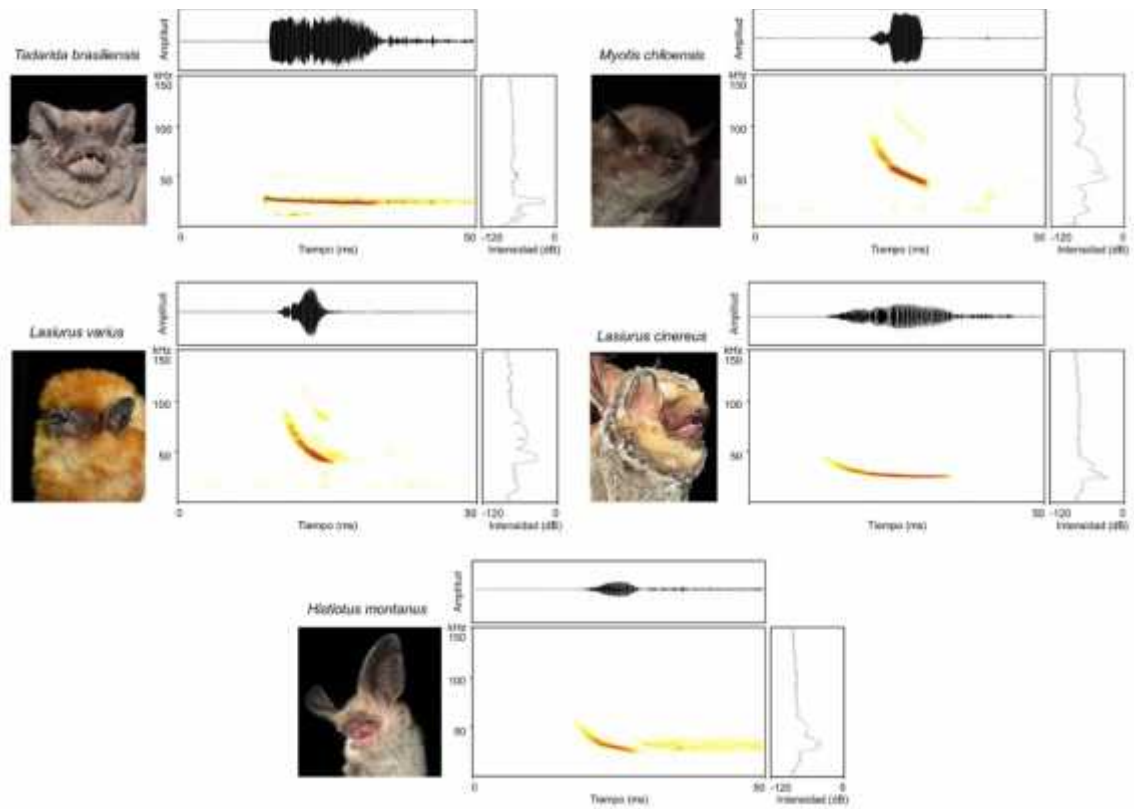


Figura 6: Sonogramas tipo de las llamadas de ecolocación de las cinco especies de murciélagos registradas en los viñedos. Créditos fotográficos: Annia Rodríguez-San Pedro y Juan Luis Allendes.

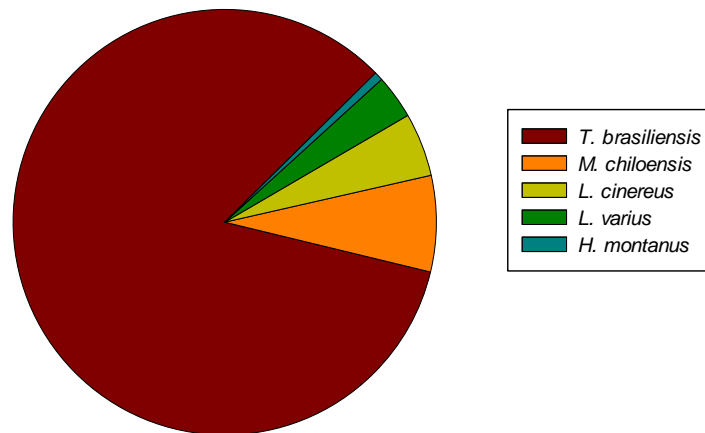


Figura7: Proporción de número de pases de las cinco especies de murciélagos registradas en los viñedos.

Variación en la riqueza y actividad de murciélagos entre el interior y el borde los viñedos.

A nivel global no se encontraron diferencias significativas en la riqueza de especies de murciélagos entre los bordes y el interior de los viñedos (Figura 8). En cambio, la actividad total de murciélagos fue significativamente superior en los bordes ($t = 5,12$ g.l. = 34, $P < 0,05$, Figura 9). Lo mismo ocurrió para la actividad de alimentación (buzzes de alimentación o feeding buzzes) ($t = 3,57$, g.l. = 34, $P = 0,001$) (Figura 10).

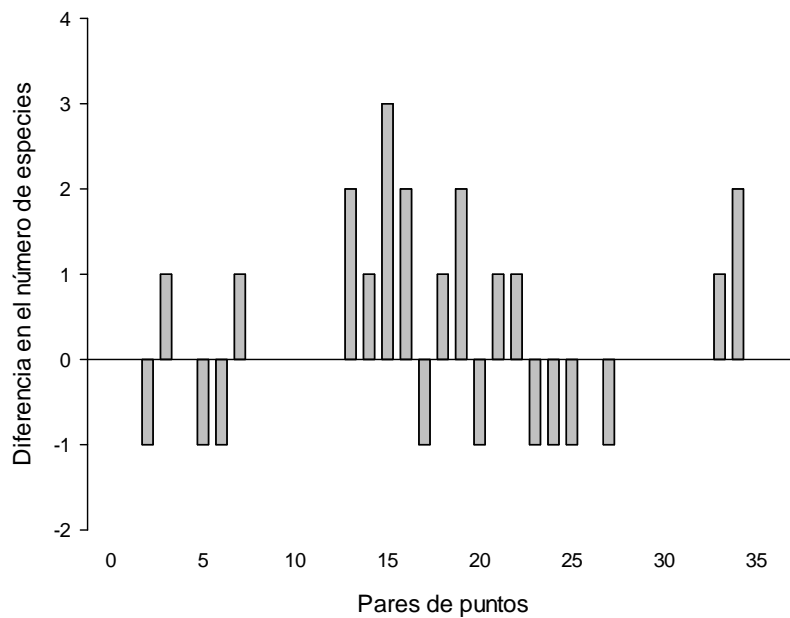


Figura 8: Diferencia en la riqueza de especies entre cada par de puntos Borde-Interior. Valor cero indica igual riqueza en borde e interior. Un valor negativo indica mayor riqueza al interior de los viñedos, mientras valores positivos indican mayor riqueza de especies en los bordes.

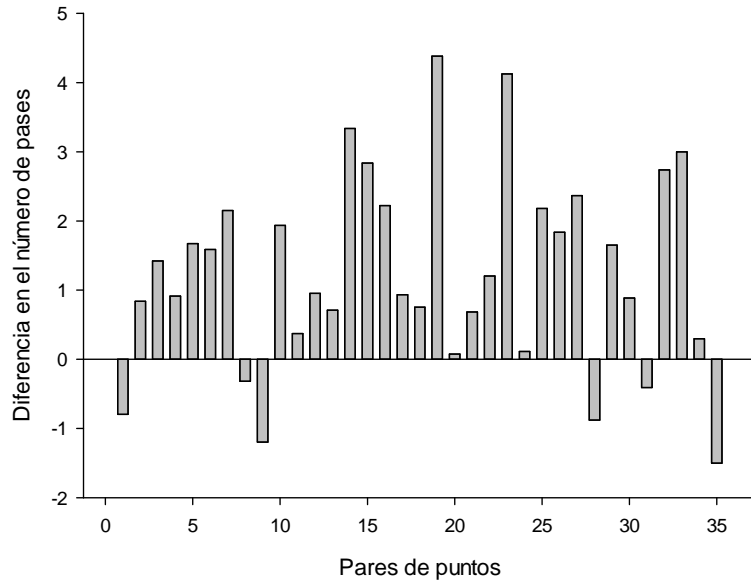


Figura 9: Diferencia en el número total de pases de ecolocación entre pares de puntos Borde-Interior. Valor cero indica igual número de pases entre el interior y el borde. Un valor negativo indica mayor número de pases al interior de los viñedos, mientras valores positivos indican mayor número de pases en los bordes. El total de pases fue normalizado mediante una transformación de raíz cuadrada, $P < 0,05$.

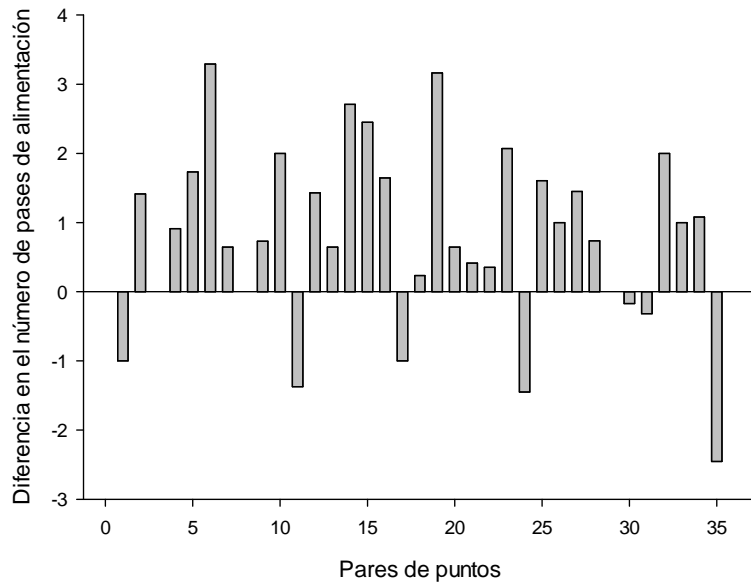


Figura 10: Diferencia en los pases de alimentación (feeding buzzes) entre cada par de puntos Borde-Interior. Valor cero indica igual cantidad de buzzes entre el interior y el borde. Un valor negativo indica más buzzes al interior de los viñedos, mientras valores positivos indican más buzzes en los bordes. Buzzes de alimentación normalizado mediante una transformación de raíz cuadrada. $P < 0,05$.

A nivel de especies, se encontraron diferencias significativas entre la actividad registrada en los bordes y el interior de los viñedos para *T. brasiliensis* ($t = 3,299$, g.l. = 34, $P = 0,023$), *L. varius* ($t = -2,34$, g.l. = 34, $P = 0,016$) y *L. cinereus* ($t = -2,32$, g.l. = 34, $P = 0,02$), siendo en todos los casos, más activos en los bordes (Tabla 1). En cambio, la actividad de *M. chiloensis* y *H. montanus* no difirió entre ambos tipos de hábitats (Tabla1).

Tabla 1: Diferencias en el número de pases de ecolocación registrado por especie de murciélago entre los bordes y el interior de los viñedos. (a) Resultados prueba t pareada; (b) Prueba de rangos signados de Wilcoxon. (*) Para *T. brasiliensis* se normalizaron los datos mediante una transformación raíz cuadrada.

Especie	Pases Borde	Pases Interior	g.l.	t / Z	P
<i>T.brasiliensis</i>	856	657	34	3,299 ^(a*)	0,002
<i>L.varius</i>	32	12	34	-2,34 ^(a)	0,016
<i>L. cinereus</i>	67	21	34	-2,32 ^(a)	0,020
<i>M. chiloensis</i>	53	33	34	0,96 ^(b)	0,369
<i>H. montanus</i>	8	4	34	-0,86 ^(b)	0,469

Variación de la riqueza y actividad de murciélagos en viñedos en función del tipo de hábitat adyacente.

No se registró un efecto significativo del tipo de hábitat adyacente sobre la riqueza de especies (Wald $\chi^2 = 2,132$, g.l. = 3, $P = 0,546$; Figura 11) y la actividad total de murciélagos (Wald $\chi^2 = 0,470$, g.l. = 3, $P = 0,915$; Figura 12) en los viñedos. Sin

embargo, se observa una tendencia a una mayor riqueza en viñedos adyacentes a vegetación nativa y una tendencia a mayor actividad total para los bordes nativos y urbano/semi-urbano. Al igual que la riqueza de especies y la actividad total, la actividad de alimentación tampoco difirió entre tipos de hábitat adyacente (Wald $\chi^2 = 3,505$, g.l. = 3, P = 0,320; Figura 13).

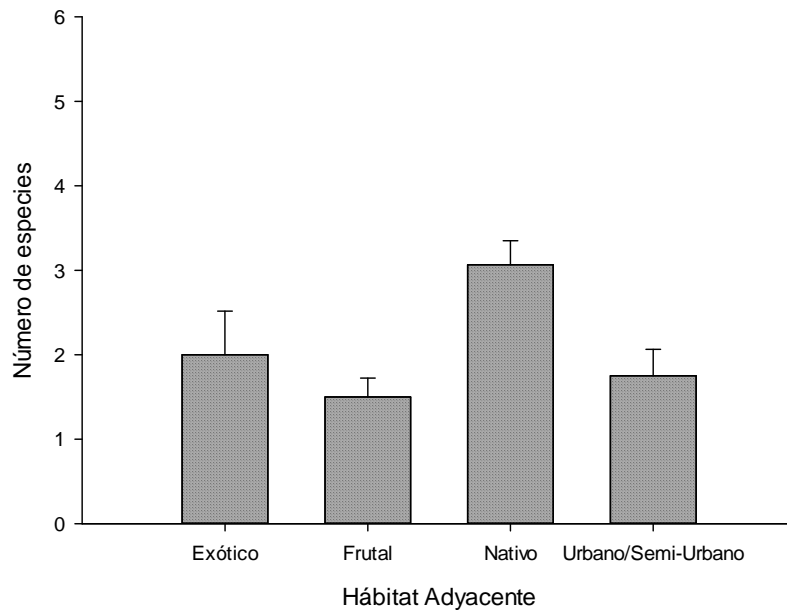


Figura 11: Número de especies encontradas en relación al hábitat adyacente registrada en los viñedos.

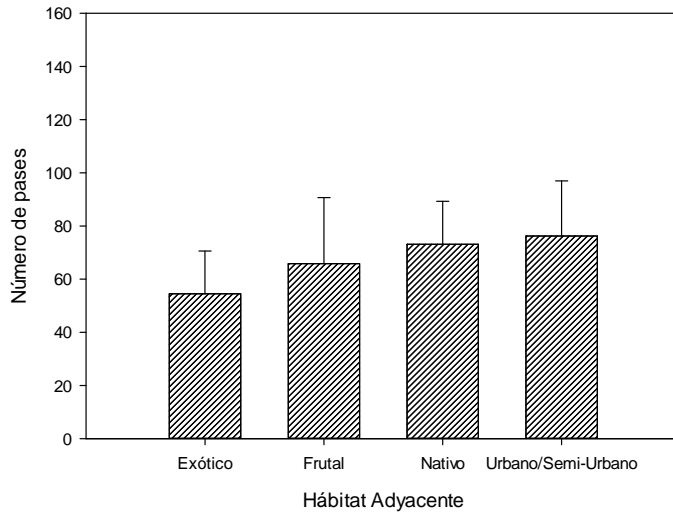


Figura 12: Número total de pases en relación al hábitat adyacente registrado en los viñedos.

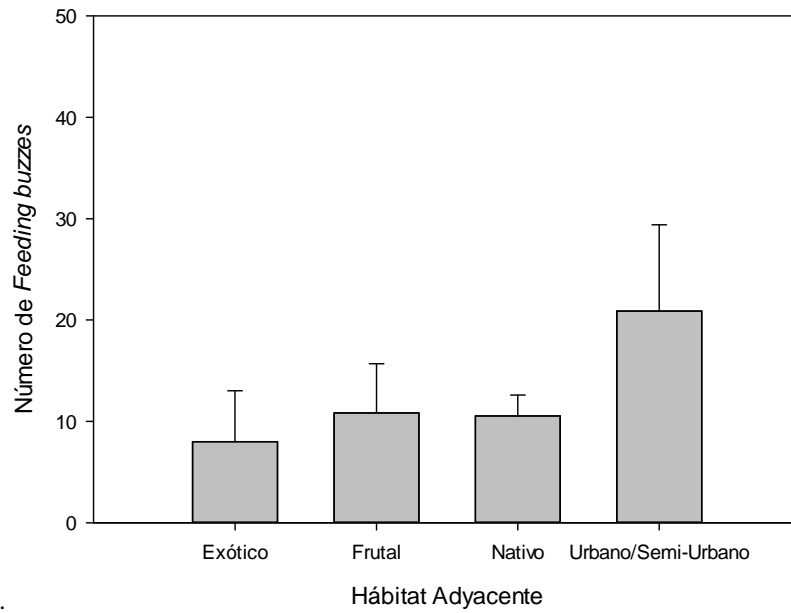


Figura 13: Número total de pases de alimentación de los murciélagos en relación al hábitat adyacente registrado en los viñedos.

A nivel de especies, la actividad de *T. brasiliensis* en los viñedos no se vio significativamente afectada por el tipo de hábitat adyacente (Wald= 0,520, g.l. = 3, P= 0,915) (Figura 14). En cambio, *L. cinereus* varió su actividad en función del tipo de hábitat adyacente (g.l. = 3, Wald 2 = 8,849, P = 0,031), siendo significativamente más activo en viñedos adyacentes a vegetación nativa respecto a zonas urbanas/semi-urbanas, pero no difirió entre vegetación nativa, exótica y frutales y tampoco entre estos dos últimos y las zonas urbanas/semi-urbanas (Figura 14). Mientras tanto, la actividad de *L. varius* (Wald 2 = 6,726, g.l. = 3, P = 0,035) y *M. chiloensis* (Wald 2 = 11,476, g.l. = 3, P = 0,009) fue significativamente superior en viñedos adyacentes a vegetación nativa respecto a frutales y zonas urbanas, pero similar entre aquellos adyacentes a vegetación nativa y exótica (Figura 14).

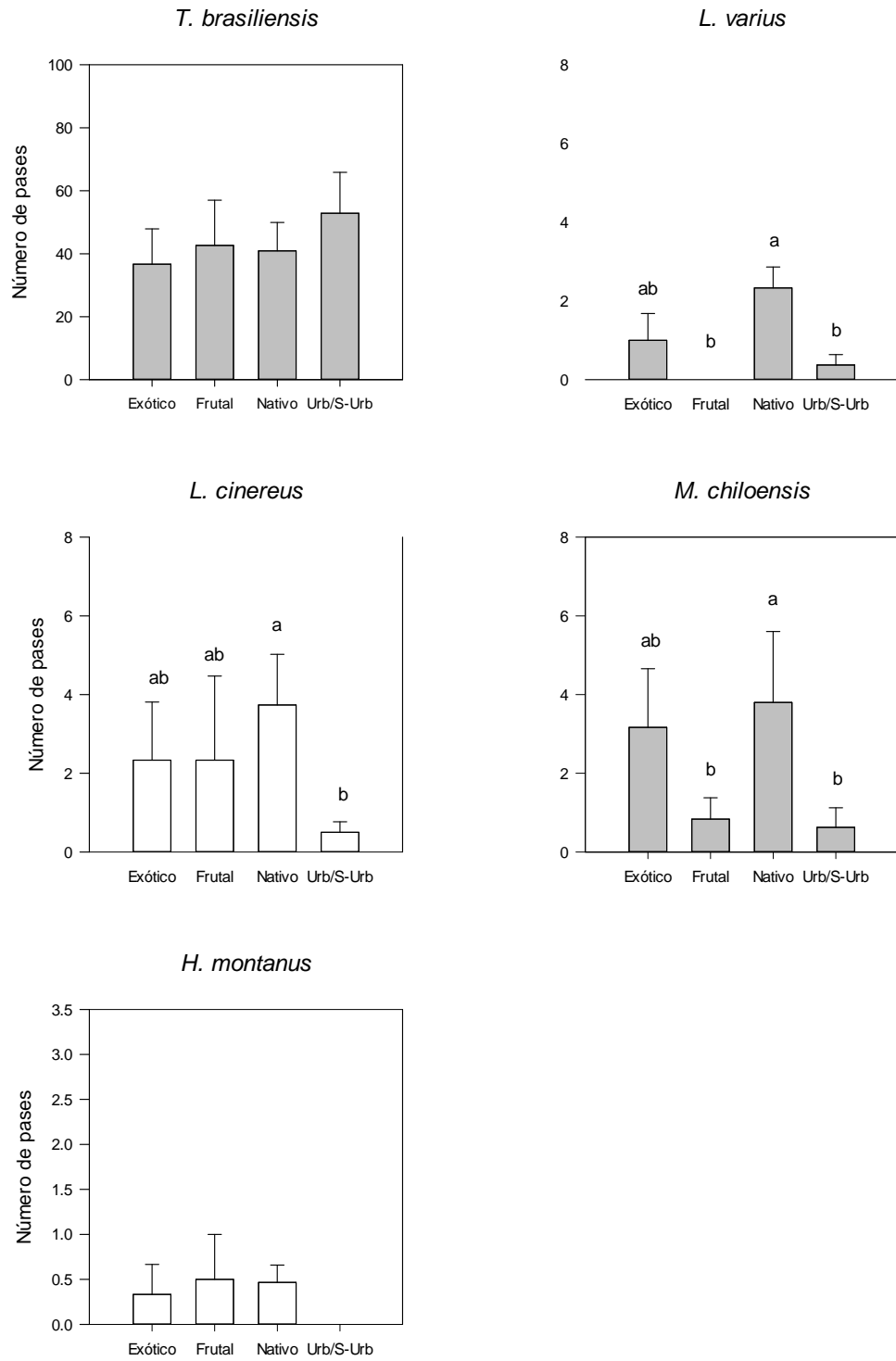


Figura 14: Número de pases por especie en relación al tipo de hábitat adyacente.

DISCUSIÓN

La expansión e intensificación de la actividad agrícola en la zona central de Chile ha derivado en una simplificación del paisaje y la consiguiente amenaza a la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos asociados (Concepción et al., 2008; Tschardt et al., 2005; Veres et al., 2013; Grez et al., 2014). Los murciélagos están sujetos a estas amenazas y, considerando su importancia ecológica (Kazzo & Balakrishnan, 2013) y para la agricultura, identificar los efectos sobre su actividad y actividad de forrajeo en los viñedos es importante para desarrollar estrategias de conservación y maximización de beneficios para las viñas, especialmente las orgánicas que dependen fuertemente del control biológico para el manejo de plagas. Consistente con lo anterior, en este trabajo se estudió el efecto de los hábitats de borde en la riqueza y actividad de murciélagos insectívoros respecto al interior (cultivo) en viñedos orgánicos de Chile central, así como el efecto del tipo de hábitat de borde en dicha riqueza y actividad. Al comparar la riqueza de especies de murciélagos entre Interior de los viñedos y sus bordes, esta no varió significativamente. Resultados similares han sido reportados en contextos agrícolas, por ejemplo en regiones de transición entre climas atlánticos y mediterráneos (Mendes et al., 2017) y en regiones subtropicales (Lentini et al., 2012); no obstante, otros estudios si han encontrado mayor riqueza en los bordes (Boughey et al. 2011; Frey-Ehrenbold et al. 2013; Rodríguez-San Pedro & Simonetti 2013a; Kalda et al. 2015).

Un factor que puede estar mediando este resultado es el bajo número de especies registradas en el sitio de estudio. En general, estudios en distintas latitudes presentan

mayor número de especies, por mencionar algunos ejemplos: Mendes y colaboradores (2017) registraron 12 especies, Estrada y Coates-Estrada (2001) 28 especies en un contexto de remanentes de selva en México, Lentini y colaboradores 14 (2012) o Kalda y colaboradores (2015) 12 en un clima Costero húmedo y frío. A pesar de esto el análisis de la riqueza estaría indicando que todas las especies de murciélagos estarían utilizando los viñedos y sus hábitats adyacentes pero en diferentes frecuencias. Por otro lado la actividad total y la actividad de alimentación presentaron mayores niveles en los bordes de los viñedos. Esto es consistente con la literatura, donde varios estudios han encontrado mayores niveles de actividad de murciélagos cerca de estructuras lineales y bordes de hábitat como los muestreados en este estudio en comparación a los interiores o hábitats más abiertos (Lentini et al., 2012; Wolcott & Vulinec, 2012; Mendes, et al., 2016). Dentro de los factores que determinan los niveles de actividad de murciélagos a escala local está la disponibilidad de presas (Verboom and Spoelstra 1999; Kusch et al. 2004; Morris et al. 2010, Mendes et al., 2017). Para el caso de esta investigación la riqueza, diversidad y biomasa de insectos fueron analizadas en paralelo y no se encontraron diferencias significativas entre el interior y los bordes de los viñedos estudiados (Chaperón, 2019), por lo que otros factores como la diversidad estructural (Kalda et al., 2014, Davidai et al., 2015; Kelly et al., 2016) y/u otros factores relevantes para la actividad de murciélagos como son las oportunidades de refugio, protección del viento y depredadores durante el tránsito entre hábitats (Verboom & Spoelstra, 1999) , o puntos de referencia que facilitan la navegación (Schaub & Schnitzler, 2007), podrían estar mediando estos resultados. Estos aspectos no fueron abordados en esta investigación. Asimismo, distintos autores han planteado la morfología alar como

importante a la hora de determinar el tipo de hábitat (abiertos, cerrados) que será utilizado con mayor eficiencia por los murciélagos (por ejemplo, Jantzen & Fenton, 2013). En este sentido se esperaba que las morfologías alares de las especies encontradas en los sitios de estudio estuvieran relacionadas a los niveles de actividad en el interior y borde de los viñedos.

Tanto *T. brasiliensis*, *L. varius* y *L. cinereus* presentan alas angostas y largas que le permitiría a los individuos de estas especies un vuelo estable y rápido lo que teóricamente facilitaría su actividad de forrajeo a grandes alturas sobre espacios abiertos y con pocos obstáculos, como el interior de los viñedos (Shnitzler & Kalko, 2001; Canals et al., 2001; Lee & Mccracken, 2002; Rodríguez-San Pedro & Simonetti, 2013a; Rodríguez-San Pedro et al., 2014), sin embargo sus niveles de actividad fueron mayores en los bordes de los viñedos. *Tadarida brasiliensis* utiliza con relativa frecuencia edificaciones humanas como sitios de refugio en zonas urbanas y semi-urbanas (Rodríguez San-Pedro et al., 2014) mientras que *L. varius* y *L. cinereus* se refugian exclusivamente en ambientes boscosos (Rodríguez San-Pedro et al., 2018). Sumado a esto, existiría una tendencia de los murciélagos a mantenerse cerca de los bordes de modo de evitar el riesgo de depredación al moverse en ambientes más abiertos (Lima & O'Keefe, 2013). Esto estaría explicando los niveles de actividad mayores en los bordes, que podrían superar los beneficios de forrajear en el interior de los viñedos. *Myotis chiloensis* y *H. montanus* no presentaron diferencias significativas entre sus actividades en hábitats de borde y el interior de los viñedos. Estas especies presentan una morfología alar distinta, con alas cortas y anchas que permiten un vuelo de baja velocidad y alta maniobrabilidad, pero de alto costo energético y por ello se esperaba que la actividad de

estas especies fuera significativamente mayor en los hábitats de borde (Canals et al., 2001, Ossa. & Rodríguez San-Pedro, 2015). *Myotis chiloensis* puede forrajear tanto dentro de zonas boscosas como en los bordes de estos, o en corredores o espacios abiertos naturales o antrópicos. *Histiotus montanus* debido a su morfología alar tendría un bajo rango de desplazamiento en un ambiente altamente fragmentado (Rodríguez San-Pedro & Simonetti, 2015) por lo que se hubiera esperado mayores niveles de actividad en los bordes, sin embargo el número de pases registrados para esta especie fueron muy bajos, por lo que las conclusiones sobre esta especie deben ser consideradas con cautela.

Respecto al efecto del tipo de vegetación adyacente, tanto la riqueza, como la actividad total y la actividad de forrajeo no variaron significativamente entre los distintos tipos de hábitat analizados. Cabe destacar que el estudio de Chaperón (2019) encontró mayores niveles de biomasa de insectos asociados al borde nativo, lo que se hubiera esperado contribuyera a encontrar mayores niveles de actividad y actividad de forrajeo en este tipo de hábitat adyacente. Esto probablemente esté relacionado a la dominancia en la actividad de *T. brasiliensis* (83,79% de los pases registrados) que del mismo modo no presentó diferencias en su actividad. *Tadarida brasiliensis* ha sido descrita como “sinantrópica”, al utilizar, como se mencionó anteriormente, con relativa frecuencia edificaciones humanas como sitios de refugio (Rodríguez San-Pedro et al., 2014) y, además, otros mobiliarios urbanos, como los focos del alumbrado público utilizados como sitios de alimentación debido a la acumulación de insectos que son atraídos por la luces (Avila-Flores & Brock-Fenton, 2005; Jung & Kalko, 2010), asimismo esta ha sido

descrita como una especie generalista y oportunista que se alimentaría de los insectos disponibles en un momento dado (Armstrong, 2008), y que presenta un alto grado de movilidad ya que pueden transitar grandes distancias a gran altura (Avila-Flores & Brock-Fenton, 2005). Estas características de *T. brasiliensis* le permitirían aprovechar los distintos tipos de hábitats adyacentes a los viñedos estudiados indistintamente. *Lasiurus varius* presentó mayor actividad en el borde nativo en comparación a los bordes frutal y urbano/semi-Urbano y *L. cinereus* presentó mayores niveles de actividad en el borde nativo respecto al urbano/semi-Urbano. Para estas especies existen antecedentes de actividad en plantaciones exóticas (Rodríguez-San Pedro et al., 2014) y frutales (e.g. Macadamia, Crisol-Martinez et al., 2017), esto en conjunto con su dependencia en áreas boscosas para refugio y su alta movilidad (Rodríguez-San Pedro & Simonetti, 2014) podría estar explicando este resultado. En el caso de *L. varius* se pudo establecer además, una correlación entre su actividad y la abundancia de lepidópteros e himenópteros, siendo además la biomasa de Hymenoptera significativamente mayor en viñas adyacentes a hábitats nativos que en aquellas vecinas a los otros tipos de borde (Chaperón, 2019). *Myotis chiloensis* presentó mayor actividad en el borde Nativo respecto al frutal y urbano/semi-Urbano, mientras *H. montanus* no presentó diferencias significativas entre los bordes nativo, exótico y frutal y sin registros en el borde urbano/semi-Urbano. Al ser más pequeños y maniobrables, estas especies tienden a frecuentar hábitats más cerrados estructuralmente como bosques (Rodríguez-San Pedro & Simonetti, 2013, Canals et al., 2001) e incluso plantaciones exóticas en el caso de *M. chiloensis* (Ossa G., Rodríguez-San Pedro, A., 2015). Los resultados para *Lasiurus spp.*, *M. chiloensis* y *H. montanus* deben ser tomados con cautela, por el bajo número de

pases registrado en este estudio. A pesar de esto se observan mayores niveles de actividad asociados al hábitat adyacente nativo, lo que estaría indicando la importancia de los remanentes de este tipo de hábitat para la conservación de las poblaciones de murciélagos en un contexto agrícola.

De igual manera se debe tomar en consideración la proximidad de los viñedos estudiados a la gran área Metropolitana de Santiago, y el efecto de la urbanización que podría estar mediando en los niveles de actividad de estas especies. Varios de los viñedos muestreados tenían alumbrado público y/o privado en parte de la viña, así como cercanía a zonas semi-urbanas, y en el caso de la viña Aquitania, esta estaba inserta en la zona urbana de Santiago. Por lo que la respuesta de las distintas especies puede verse afectada también de acuerdo a su adaptabilidad a ambientes con mayores niveles de urbanización. El grado de especialización de las especies aparentemente estaría siendo un factor determinante en los patrones de actividad encontrados, aunque otros factores como la complejidad estructural de los hábitats de borde (Lee & McCracken, 2002), la presencia y estado de conservación de cuerpos de agua y hábitats riparianos (Akasaka et al. 2010; Akasaka et al., 2012) , la presencia de árboles solitarios o hileras de árboles en contextos agrícolas (Kalda, Kalda & Liira, 2015) así como efectos a nivel de paisaje como la conectividad, (e. g. Frey-Ehrenbold et al., 2013), heterogeneidad(e. g. Wickramasinghe et al., 2003, Monck-Whipp et al., 2018) entre otros a distintas escalas que se han encontrado mediarían la actividad y riqueza de murciélagos deberían ser considerados para futuras investigaciones.

Los patrones de actividad encontrados, indican de todos modos la importancia ampliamente reportada de los remanentes de vegetación y otros elementos estructurales

en los bordes de los viñedos para la conservación de las poblaciones de murciélagos. La experiencia en esta investigación indica además que los factores que influyen la actividad de murciélagos son diversos y que análisis a distintas escalas espaciales son necesarios para un correcto estudio de estos. Los patrones encontrados además ofrecen información importante respecto al uso de hábitat y los efectos de estos en la actividad de murciélagos, que son un punto de partida para futuras investigaciones considerando factores no analizados, además de análisis a distintas escalas espaciales, esto permitirá un desarrollo más sólido de estrategias de control biológico de plagas en un contexto de viticultura orgánica en un futuro.

CONCLUSIONES

La variación de la riqueza y actividad de murciélagos entre el interior de los viñedos y sus bordes fue diferenciada. Los murciélagos estarían presentes en ambos hábitats, pero con usos distintos entre las distintas especies. La actividad total y la actividad de alimentación fueron mayor en los bordes, lo cual indicaría que las oportunidades que ofrecen los hábitats adyacentes serían mayores que el uso de hábitat esperado según la morfología alar de *T. brasiliensis* y *Lasiurus spp.*, mientras que *M. chiloensis* y *H. montanus* no presentaron diferencias, no obstante investigaciones futuras podrían abordar de mejor manera estas dos especies. Estos antecedentes estarían indicando que existe una diferencia en los niveles de actividad entre el interior de los viñedos y sus bordes, pero que los factores que estarían influenciando esta diferencia requieren investigación adicional para ser determinados de manera más precisa.

El efecto del tipo de hábitat adyacente respecto a la actividad arrojó resultados consistentes con la literatura. *Tadarida brasiliensis*, consistente con sus patrones de uso de hábitat, presenta niveles de actividad similares entre los distintos tipos de hábitats adyacentes. Al ser la especie con mayores registros por un margen significativo, los patrones de actividad total y actividad de alimentación estarían siendo un reflejo de esta. Sin embargo el borde nativo si fue significativo para tres de las cuatro especies restantes para su actividad. La influencia del grado de especialización de las especies estaría

mediando estos resultados, remarcando la importancia de conservar y restaurar estos remanentes de hábitat adyacentes de forma de mantener la riqueza de especies, la actividad asociada a estas especies y sus efectos para la viticultura orgánica.

Finalmente, se puede aceptar parcialmente la hipótesis planteada en este estudio. Si bien no se encontraron diferencias entre el interior y borde de los viñedos ni efectos de la vegetación adyacente en la riqueza de especies, para la actividad de murciélagos en viñedos se encontraron variaciones en los niveles de actividad entre el interior y los bordes de los viñedos, donde hubo un efecto diferenciado del tipo de hábitat adyacente para las distintas especies encontradas.

REFERENCIAS

- Ahlén, I. (2004). Heterodyne and time-expansions methods for identification of bats in the field and through sound analysis. Pp. 72–79 en Bat echolocation research: tools, techniques and analysis (R.M.Brigham,E. K.V. Kalko,G. Jones, S. Parsons, and H. J.G.A. Limpens, eds.). Bat Conservation International, Austin, Texas.
- Akasaka, T., Akasaka, M., Yanagawa, H. 2010. Relative importance of the environmental factors at site and landscape scales for bats along the riparian zone. *Landscape Ecol. Eng.* 6:247-255.
- Akasaka, T., Akasaka, M., Nakamura, F. 2012. Scale- independent significance of river and riparian zones on three sympatric *Myotis* species in an agricultural landscape. *Biological Conservation* 145:15-23
- Armstrong, K. (2008) Brazilian Free-tailed bat (*Tadarida brasiliensis*). *Mammalian Species* 4:1-6.
- Avila-Flores R., Brock Fenton, M. 2005. Use of spatial features by foraging insectivorous bats in a large urban landscape. *Journal of Mammalogy*, 86(6):1193-1204.
- Bolger, D.T., A.V. Suarez, K.R. Crooks, S.A. Morrison, y T.J. Case. (2000). Arthropods in urban habitat fragments in southern California: area, age, and edge effects. *Ecological Applications* 10, 1230–1248.
- Boyles, S.E. (2010). A comparison of bat activity in vineyards and adjoining native scrub in the Adelaide Hills. Honours Thesis Biology. Adelaide, Australia: Flinders University of South Australia. 44 p.

- Boyles, J.G, Cryan, P.M, McCracken, G.F, Kunz, T.H. (2011). Economic Importance of Bats in Agriculture. *Science* 332: 41-42.
- Boughey, K.L., Lake, I.R., Haysom, K.A., Dolman, P.M. 2011. Improving the biodiversity benefits of hedgerows: How the Physical characteristics and the proximity of foraging habitat affect the use of linear features of bats. *Biological Conservation* 144(6): 1790-1798.
- Britzke, E.R., Gillam, E.H. & Murray, K.L. (2013) Current state of understanding of ultrasonic detectors for the study of bat ecology *Acta Theriol* (2013) 58: 109
- Bruggisser, O. T., Schmidt-Entling, M.H., y Bacher, S. 2010. Effects of vineyard management on biodiversity at three trophic levels. *Biological Conservation* 143(6): 1521-1528.
- 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.
- Cederberg, P., Gustafsson, J-G, Mårtensson, A. 2009. Potential for organic Chilean wine, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science* 59(1): 19-32.
- Chaperon, P. 2019 *Diversidad y biomasa de insectos nocturnos en viñedos orgánicos de Chile central: Implicancias para el forrajeo de murciélagos* (Tesis de pregrado). Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile.
- Concepción, E.D., Díaz, M., y Baquero, R.A. (2008). Effects of landscape complexity on the ecological effectiveness of agri-environment schemes. *Landscape Ecology* 23(2): 135–148.

- Crisol-Martínez E., Ford G., Horgan F. G., Brown P. H., Wormington K. R. 2017. Ecology and conservation of insectivorous bats in fragmented areas of macadamia production in western Australia. *Austral ecology* 42, 597-610.
- Davidai, N., Westbrook, J.K., Lessard, J-P., Hallam, T.G. 2015. The importance of natural habitats to Brazilian Free-Tailed bats in intensive agricultural landscapes in the Winter Garden region of Texas, United States. *Biological Conservation* 190: 107-114.
- Davies, K.F. y C.R. Margules. (1998). Effects of hábitat fragmentation on carabid beetles: experimental evidence. *Journal of Animal Ecology* 67, 460–471.
- Denys, C. y T. Tschardtke. (2002). Plant-insect communities and predator-prey ratios in field margin strips, adjacent crop fields, and fallows. *Oecologia* 130, 315–324.
- Di Salvo, I., Russo, D., Sarà, M. 2009. Habitat preferences of bats in a rural area of Sicily determined by acoustic surveys. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy* 20(2): 137-146.
- 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.
- Estrada, A., Coates-Estrada, R. 2001. Bat species richness in live fences and in corridors of residual rain forest vegetation at Los Tuxlas, Mexico. *Ecography* 24:94-102.
- 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.

- Gonsalves, L., Law, B., Webb, C., & Monamy, V. (2013). Foraging ranges of insectivorous bats shift relative to changes in mosquito abundance. *PloS one*, 8(5), e64081. doi:10.1371/journal.pone.0064081
- Grez, A.A., Zaviezo, T., y Gardiner, M.M. 2014. Local predator composition and landscape affects biological control of aphids in alfalfa field. *Biological Control* 76: 1–9.
- Jantzen, M.K., Fenton, M.B. 2013 The depth of edge influence among insectivorous bats at forest-field interfaces. *Canadian Journal of Zoology* 91(5):287-292.
- Johnson J.B., Gates J.E., Ford W.M.(2008). Distribution and activity of bats at local and landscape scales within a rural-urban gradient. *Urban Ecosyst* 11:227–242
- Kelly, R. M., Kitzes, J., Wilson, H., Merenlender, A. 2016. Habitat diversity promotes bat activity in a vineyard landscape. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 223:175-181.
- Jung, K., Kalko, E.K.V. 2010. Where forest meets urbanization: foraging plasticity of aerial insectivorous bats in an anthropogenically altered environment. *Journal of Mammalogy* 91(1):144-153.
- Kelly A., Wolcott, K., Vulinec, A. (2012) bat activity at woodland/farmland interfaces in central Delaware. *Northeastern naturalist*, 19(1): 87-98
- Kalda, O., Kalda, R., Liira, J. 2014 Multi-scale ecology of insectivorous bats in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 199:105-113.
- Kazzo, M., Balakrishnan, M. 2013. Ecological and Economic Importance of Bats (Order Chiroptera). *ISRN Biodiversity*, 2013, 1–9.
- Kunz, T.H., Braun de Torres, E., Bauer, D., Lobova, T., Fleming, T.H. 2011. Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1223(1):1-38.

- Kusch, J., Weber, C., Idelberger, S., Koob, T. 2004. Foraging habitat preferences of bats in relation to food supply and spatial vegetation structures in a western European low mountain range forest. *Folia Zool.* 53(2):113-128.
- Lee, Y-F., Mccracken G.F. Foraging activity and food resource use of Brazilian free-tailed bats, *Tadarida brasiliensis* (Mollosidae).
- 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(11): e48201.
- Lima, S. L., O’Keefe, J.M. 2013. Do predators influence the behaviour of bats? *Biological Reviews* 88(3):626-644.
- Mann G.. 1978. Los pequeños mamíferos de Chile. *Gayana*, 1-40.
- Mendes, E.S., Fonseca, C., Marques, S.F., Maia,D., Ramos Pereira, M.J. 2017. Bat richness and activity in heterogeneous landscapes: guild-specific and scale-dependant? *Landscape Ecology*, 32:295-311
- Meynard, C.N., Soto-Gamboa, M., Heady, P.A. et al. 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. *BiodiversConserv* 23: 1949.
- Miller B.W. 2001. A method for determining relative activity of free flying bats using a new activity index for acoustic monitoring. *ActaChiropterologica*, 3(1): 93-105.
- MonckWhipp, L., Martin, A.E., Francis, C. M., Fahrig, L. 2018. Farmland heterogeneity benefits bats in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 253:131-139.

- Mönkkönen, M. y M. Mutanin. (2003). Occurrence of moths in boreal forest corridors. *Conservation Biology* 17, 468–475.
- ODEPA 2014. “IV. Cadena del vino” en *Agricultura Chilena 2014: Una perspectiva a mediano plazo*, 115-126 p.
- O’Shea, T., J., Cryan, P., M., Hayman, D., T.S, Plowright, R., K., Streicker, D., G. 2016. Multiple mortality events in bats: a global review. *Mammal Review* 46 175–190.
- Ossa, G., Rodríguez-San Pedro, A. 2015. *Myotis chiloensis* (Chioptera: Vespertilionidae). *Mammalian Species* 922(47):51-56.
- Pollard K., A., y Holland J.M. 2006. Arthropods within the woody element of hedgerows and their distribution pattern. *Agricultural and Forest Entomology*, 8(3): 203-211.
- Rambaldini, D.A, Brigham, R.M.2011. Pallid Bat (*Antrozous pallidus*) foraging over anative and vineyard habitats in British Columbia, Canada. *Canadian Journal of Zoology*89(9), 816-822.
- Rodhouse, Thomas & Vierling, Kerri & Irvine, Kathryn. (2011). A Practical Sampling Design for Acoustic Surveys of Bats. *The Journal of Wildlife Management*. 75. 1094 - 1102. 10.1002/jwmg.151.
- Rodríguez-San Pedro A., ySimonetti J.A. 2013a. Foraging activity by bats in a fragmented landscape dominated by exotic pine plantations in central Chile. *ActaChiropterologica*, 15(2): 393–398.
- Rodríguez-San Pedro A., ySimonetti J.A. 2013b. Acoustic identification of four species of bats (Order Chiroptera) in central Chile. *Bioacoustics* 22(2): 165-172.

- Rodríguez-San Pedro A., y Simonetti, J.A. 2014. Variation in search-phase calls of *Lasiurus varius* (Chiroptera: Vespertilionidae) in response to different foraging habitats. *Journal of Mammalogy* 95(5):1004–1010.
- Rodríguez-San Pedro A., Allendes, J.L., Carrasco-Lagos, P., Moreno, R.A. 2014. Murciélagos de la Región Metropolitana de Santiago, Chile. Seremi del Medio Ambiente Región Metropolitana de Santiago, Universidad Santo Tomás y Programa para la Conservación de los Murciélagos de Chile (PCMCh).51p
- Rodríguez-San Pedro A., & 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 P. N., Beltrán C. A., Allendes, J.L., Ávila, F.I, Grez A. A. 2018. Influencia de agricultura management on bat activity and species richness in vineyards of central Chile. *Journal of Mammalogy* xx(x): 1-8.
- Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). 2019. “NORMA TÉCNICA CHILENA DE PRODUCCIÓN ORGÁNICA” en Sistema Nacional de Certificación de Productos Orgánicos Agrícolas. 36-88 p.
- Schaub, A., y Schnitzler, H. U. 2007. Echolocation behavior of the bat *Vespertilio murinus* reveals the border between the habitat types “edge” and “open space”. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 61(4): 513-523.
- Schulz, J. J., Cayuela, L., Rey-Benayas, J. M., y Schroder, B. 2011. Factors influencing vegetation cover change in Mediterranean Central Chile (1975–2008). *Applied Vegetation Science* 14(4): 571–582.
- Sirami, C., Jacobs, D.S., Cumming, G.S. 2013. Artificial wetlands and surrounding habitats provide important foraging habitat for bats in agricultural landscapes in the Western Cape, South Africa. *Biological Conservation*, 164:30-38.

- Stahlschmidt P., Pätzold, A., Ressler, L., Schulz, R., Brühl, C.A. 2012. Constructed wetlands support bats in agricultural landscapes. *Basic and Applied Ecology* 13: 196-203.
- Tschardtke, T., Klein A. M., Krüess, A., Steffan-Dewenter, I., Thies, C. 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecology Letters* 8 (8): 857–874.
- 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.
- Verboom, B., Spoelstra, K. 1999. Effects of food abundance and wind on the use of tree lines by an insectivorous bat, *Pipistrelluspipistrellus*. *Canadian Journal of Zoology* 77(9): 1393– 1401.
- Veres, A., Petit, S., Conord, C., Lavigne, C. 2013. Does landscape composition affect pest abundance and their control by natural enemies? A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 166: 110-117.
- Walsh A.L., Barclay R. M. R., McCracken G. F.. 2004. Designing Bat Activity Surveys for Inventory and Monitoring Studies at Local and Regional Scales. Pp. 157–165 in *Bat echolocation research: tools, techniques and analysis* (R.M.Brigham, E. K.V.Kalko, G.Jones, S.Parsons, and H. J.G.A.Limpens, eds.). Bat Conservation International, Austin, Texas.
- Wickramasnghe, L.P, Harris, S., Jones, G., Vaughan, N. 2003. Bat activity and species richness on organic and conventional farms: impact on agricultural intensification. *Journal of Applied Ecology* 40(6):984-993.

- Wilson, H., Miles, A. F., Daane, K. M., & Altieri, M. A. (2015). Landscape Diversity and Crop Vigor Influence Biological Control of the Western Grape Leafhopper (*E. elegantula* Osborn) in Vineyards. *PloS one* 10(11): e0141752.
- Zar JH. 1999. *Biostatistical Analysis*. 4th ed. Upper Saddle River, NJ: PrenticeHall.