



Universidad de Concepción
Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas



Evaluación de la actividad de forrajeo y composición de especies de murciélagos en cultivos agrícolas dentro del área de influencia de dos proyectos de parques eólicos de la zona central de Chile.

Seminario de Título presentado a la
Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas
Para optar al título de Biólogo

Felipe Ignacio Ortiz Astete



Concepción, Marzo de 2022

Este Seminario de Título ha sido desarrollado en el Departamento de Zología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.



Prof. Guía

Dr. Fulgencio Lisón Gil

Prof. Evaluadores

Dr. Enrique Rodríguez Serrano

Dr. Claudio Correa Quezada

Prof. Coordinador Seminario de Título

Dr. Víctor Hernández Santander

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL	3
INDICE DE FIGURAS	4
INDICE DE TABLAS.....	5
RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
INTRODUCCIÓN.....	10
OBJETIVOS.....	14
MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
RESULTADOS.....	25
DISCUSIÓN.....	26
CONCLUSIÓN.....	29
BIBLIOGRAFÍA.....	30

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de los proyectos de parques eólicos.....	15
Figura 2. Estación 9 Parque Eólico Dañicalqui. Plantación de arándanos.....	16
Figura 3. Estación 9 Parque Eólico Dañicalqui. Plantación de maíz.....	17
Figura 4. Estación 12 Parque Eólico Cauquenes II. Viñas.....	17
Figura 5. Oscilograma (arriba) y espectrograma (debajo) de las 3 fases de una llamada de un murciélago insectívoro en conducta de forrajeo: búsqueda, aproximación y fase final de captura. Fuente: Elaboración propia.....	18
Figura 6: Rostros de las 5 especies de murciélagos registradas en los viñedos. Créditos fotográficos: Annia Rodríguez-San Pedro y Felipe Ortiz. A: Murciélago colorado (<i>Lasiurus varius</i>) B: Murciélago de cola libre (<i>Tadarida brasiliensis</i>), C: Murciélago orejón chico (<i>Histiotus montanus</i>), D: Murciélago oreja de ratón del sur (<i>Myotis chiloensis</i>) E: Murciélago ceniciento (<i>Lasiurus villosissimus</i>).....	19
Figura 7. Porcentaje de ecolocalizaciones con fase de captura o “buzz” para cada especie.....	19

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas referenciales de las estaciones de monitoreo de murciélagos.....	17
Tabla 2. Actividad total y de forrajeo en cultivos de maíz.....	22
Tabla 3. Parámetros ambientales en estación cultivos de maíz.....	22
Tabla 4. Actividad total y de forrajeo en cultivos de arándanos.....	23
Tabla 5. Parámetros ambientales estación arándanos.....	23
Tabla 6. Actividad total y actividad de forrajeo en estación de viñedos (primavera).....	24
Tabla 7. Parámetros ambientales en estación de viñedos (primavera).....	24
Tabla 8. Actividad total en estación de viñedos (verano).....	24
Tabla 9. Parámetros ambientales estación de viñedos (verano).....	24

RESUMEN

Los murciélagos insectívoros de Chile cumplen un rol importante en el control de plagas de cultivos agrícolas, manteniendo a raya las poblaciones de artrópodos y ahorrando dinero a los agricultores en costos de pesticidas. Actualmente las poblaciones de murciélagos se encuentran amenazadas por el creciente número de parques eólicos que se están instalando a lo largo de Chile. Este tipo de proyectos causan efectos directos sobre los quirópteros como mortalidad por colisión o barotrauma y efectos indirectos tales como interrupción en su comportamiento de alimentación, patrones migratorios y de actividad de reproducción. Los cultivos agrícolas son usados por múltiples especies de murciélagos insectívoros como áreas de alimentación, por lo que su adecuada evaluación en etapas de pre construcción de los parques eólicos nos permite conocer potenciales daños en las poblaciones y por consiguiente de la posible pérdida del servicio ecosistémico que brindan en esas áreas. En esta habilitación profesional se realizó un trabajo colaborativo entre el Laboratorio de Ecología y Conservación Fauna Salvaje de la Universidad de Concepción junto a la consultora Leufu LTDA, participando en la evaluación de quirópteros para las líneas de base de los proyectos eólicos Dañicalqui, en la región del Biobío y Cauquenes II en la región del Maule en las campañas de primavera y verano. Se evaluó la actividad de forrajeo y se identificaron las especies presentes dentro de tres estaciones ubicadas en cultivos agrícolas de arándanos, maíz y viñedos. Los resultados del monitoreo acústico permitieron la identificación de 5 especies de murciélagos, los índices de actividad de forrajeo mostraron actividad de alimentación en todos los cultivos siendo las plantaciones de maíz la estación con mayor actividad. Estos resultados fueron dispares entre las campañas de primavera y verano y es necesario mayores esfuerzos de muestreo para poder conocer

mejor los patrones de actividad de los murciélagos, así como protocolos institucionales fijos que aseguren un monitoreo adecuado en etapas de pre y post operación de las centrales eólicas.

Palabras clave: murciélagos, parques eólicos, servicios ecosistémicos.

ABSTRACT

Chilean insectivorous bats play an important role in controlling agricultural crop pests, keeping arthropod populations in check and saving farmers money on pesticide costs. Bat populations are currently threatened by the growing number of wind farms that are being installed throughout Chile. These types of projects cause direct effects on bats such as mortality due to collision or barotrauma and indirect effects such as interruption in their feeding behavior, migratory patterns and reproductive activity. Agricultural crops are used by multiple species of insectivorous bats as feeding areas, so their adequate evaluation in pre-construction stages allows us to discover potential damage to their ecology and, consequently, the possible loss of the ecosystem service they provide. In this professional qualification, a collaborative work was carried out between the Laboratory of Ecology and Conservation of Wild Fauna of the University of Concepción together with the consulting firm Leufu LTDA, participating in the evaluation of bats for the baselines of the Dañicalqui windfarm project, in the Region del Biobío and Cauquenes II in the Maule region in the spring and summer campaigns. Through acoustic monitoring, foraging activity was evaluated and the species present within three stations located in agricultural crops of blueberries, corn and vineyards were identified. The results of the acoustic monitoring allowed the identification of 5 species of bats, the foraging activity indices showed feeding activity in all crops, with corn plantations being the season with the highest activity. These results were uneven between the spring and summer campaigns and greater sampling efforts are necessary to better understand the activity patterns of bats, as well as fixed institutional protocols that ensure adequate monitoring in pre and post operation stages of the windfarms.

Keywords: bats, wind farms, ecosystem services.

INTRODUCCIÓN

Los murciélagos de Chile son un grupo reducido representado por 14 especies distribuidas desde Putre a Tierra del fuego (Rodríguez-San Pedro et al 2016)., todas pertenecen al suborden Microchiroptera y se dividen en cuatro familias: Furipteridae, Molossidae, Vespertilionidae y Phyllostomatidae (Galaz y Yáñez 2006). Sumado a su baja diversidad, su estudio ha sido escaso en comparación a otros grupos de vertebrados y en las últimas décadas se ha centrado principalmente en el campo de la infectología y ecofisiología (Sierra-Cisternas y Rodríguez-Serrano 2015). Afortunadamente este panorama ha ido cambiando debido a la implementación de métodos acústicos para su detección lo que ha permitido conocer aspectos nuevos sobre su ecología, hábitat y niveles de actividad (Rodríguez-San Pedro et al 2016), además, han sido incluidos en los estudios de línea de base para estudios de impacto ambiental (Escobar et al 2015).

Durante largo tiempo y debido principalmente a falta de educación e información (Boso et al. 2021; Pereira y Pereira 2022), los murciélagos han sido asociados a enfermedades como la rabia, oscuridad o maldad (Galaz y Yáñez 2006), sin embargo, son una pieza clave para el funcionamiento y conservación de los ecosistemas terrestres (Jones et al. 2009; Kunz et al. 2011; Escobar et al 2015). Los murciélagos nectarívoros, cumplen el rol de polinizadores, los frugívoros dispersan semillas por el bosque y los insectívoros mantienen a raya las poblaciones de artrópodos (Kunz et al. 2011, Rodríguez-San Pedro et al 2014). Pero la importancia de los quirópteros va más allá del ámbito ecológico, también cumplen una tarea importante en el ámbito económico y social (Kunz et al. 2011). Los humanos se ven directamente beneficiados de los servicios ecosistémicos que los murciélagos brindan, estos se pueden definir como todos los beneficios directos o indirectos que las sociedades

humanas obtienen de los ecosistemas (MEA, 2003). Uno de los servicios ecosistémicos más importantes es el control biológico de plagas en cultivos agrícolas (Ministerio del Medio Ambiente - ONU Medio ambiente 2018). Los murciélagos insectívoros tienen la capacidad comer hasta el 75 %-100 % de su masa corporal en insectos por noche (Rodríguez- San Pedro et al 2020), la mayoría de las cuales son plagas en cultivos de importancia económica y alimentaria a nivel global (Williams-Guillén et al. 2016). Esto los convierte en grandes aliados de los agricultores, reduciendo los daños ocasionados en los cultivos y ahorrando dinero en insecticidas (López-Hoffman 2014). A este servicio ecosistémico se le puede otorgar un valor monetario, en el estudio de Boyles et al (2011) se estimó que en los Estados Unidos los murciélagos ahorran la notable suma de 25 mil millones de dólares al año en agricultura. En Chile se ha cuantificado el valor económico de los servicios ecosistémicos de control de plagas que realizan los murciélagos insectívoros en viñedos de la zona central, donde se calculó que aportan entre \$113.050-148.750 por hectárea lo que corresponde al 7% del valor de la cosecha. (Rodríguez-San Pedro et al 2020). Es de tomar en consideración que todas las especies de murciélagos de la zona centro de Chile son insectívoras y que en esta zona se concentra el 54% de los predios agrícolas del país (ODEPA 2019), sin embargo, no existen más estudios que cuantifiquen los impactos de la predación sobre artrópodos ni su valor económico.

En la actualidad los murciélagos y junto a ellos los servicios ecosistémicos que brindan se enfrentan a una amenaza emergente, el creciente número de parques eólicos. En Chile esta forma de obtener energía eléctrica a partir del viento se viene implementando desde el año 2006, comenzando con la instalación de los primeros 3 aerogeneradores, ubicados en la Región de Aysén. Hoy hay cerca de 700 en funcionamiento a lo largo de todo el país,

distribuidos en 41 centrales eólicas y pasó de ser prácticamente inexistente, a cubrir casi el 9 % del Sistema Eléctrico Nacional (Generadoras de Chile, 2021). El vertiginoso crecimiento del número de parques eólicos que se prevé en un futuro puede significar una presión cada vez mayor sobre la biodiversidad, ya que, a pesar de los beneficios de la producción de energía a partir del viento (Talayero y Telmo, 2011) esta no está exenta de impactos negativos sobre el medio ambiente y las comunidades que se encuentran dentro del área de influencia de los proyectos (el espacio aéreo o terrestre donde se manifiestan los posibles impactos ocasionados por el proyecto y dentro de esta área se evalúa su magnitud). Los murciélagos, junto a las aves, son el grupo más afectado por las instalaciones de los parques eólicos (Atienza 2008, Hötker et al . 2006). Los individuos se ven afectados por mortalidad directa debido a colisiones con los aerogeneradores (Atienza, 2011) o por barotrauma provocado por una brusca caída en la presión atmosférica alrededor de los aerogeneradores lo que produce lesiones internas en los vasos sanguíneos de los pulmones de los quirópteros, causando sangrado en su cavidad torácica (Cryan y Barclay, 2009). Según el estudio de Cryan et al. (2014) los murciélagos se ven atraídos por los aerogeneradores y vuelan a su alrededor, algunas de las hipótesis que se barajan para explicar este fenómeno sería el hecho de que los aerogeneradores atraen insectos por el color de sus aspas o efectos acústicos. Por otra parte, los aerogeneradores pueden producir efectos indirectos sobre los quirópteros como interrupciones en el comportamiento de búsqueda de alimento, actividades de reproducción, y patrones migratorios (Kunz et al., 2007). Estos impactos pueden afectar a las poblaciones de murciélagos debido a su limitada capacidad de recuperarse ante eventuales declives, ya que son especies estrategas K y sólo tienen una cría por año (Barclay y Harder 2003).

Todos estos impactos negativos aumentan cuando el emplazamiento de los aerogeneradores se hace sin una adecuada evaluación previa del componente biótico. En el estudio de Escobar et al. 2015 se estimó que en Chile solo un 47% de los estudios de impacto ambiental de parques eólicos que incluyen murciélagos cuentan con levantamiento de información en terreno y un 8% en el caso de las declaraciones de impacto ambiental. Los cultivos agrícolas (y en especial los orgánicos) son áreas de alimentación para los murciélagos (Kelly 2016) lo que las hace zonas con un mayor riesgo de colisión con las turbinas eólicas (Horn et al. 2008). Contar con información sobre la actividad de forrajeo y uso de hábitat dentro de estas áreas durante la etapa de pre-construcción es importante para predecir posibles daños en las poblaciones de quirópteros (Arnett et al 2016) lo que podría resultar en la pérdida de los servicios ecosistémicos que se estos proporcionan en esas áreas. La pérdida de los servicios naturales de control de plagas podría generar mermas en los cultivos, además, se tendería a suplir el servicio perdido por un equivalente tecnológico como el control químico de plagas que tiene su propio conjunto de costos (Cleveland et al 2004).

En la presente Habilitación Profesional se realizó un trabajo colaborativo entre el Laboratorio de Ecología y Conservación Fauna Salvaje de la Universidad de Concepción junto a la consultora Leufu LTDA. Participando de las campañas de muestreo de quirópteros para las líneas de base de los proyectos Parque Eólico Cauquenes II, ubicado en la Región del Maule y Parque Eólico Dañicalqui ubicado en la región del Biobío, los que se encuentran en etapa de pre-construcción. En ambas áreas de influencia se encuentran cultivos agrícolas de en las cercanías de los sitios donde están proyectados los aerogeneradores. En estos puntos se realizó la cuantificación de la actividad total y

actividad de forrajeo que los murciélagos están ejerciendo en los cultivos y se identificó la composición de especies dentro de ellos.

OBJETIVOS

Esta Habilitación Profesional tiene como objetivos:

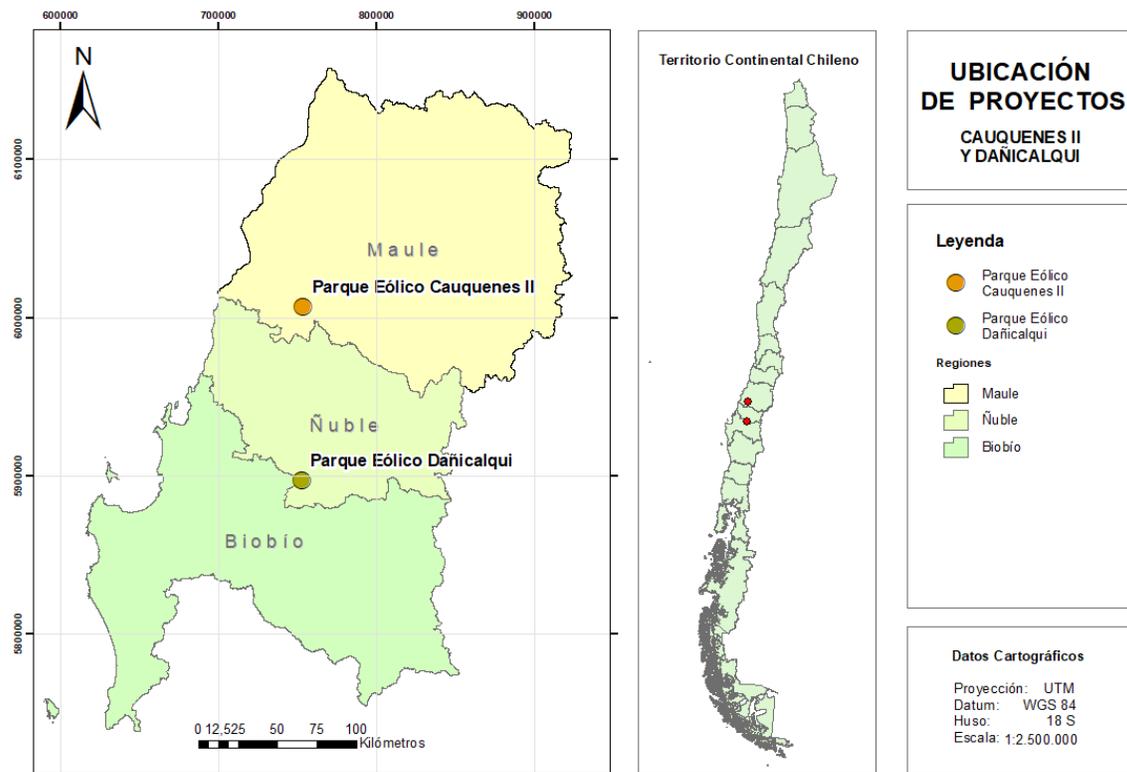
- 1) Estimar mediante el uso de medios acústicos la actividad total y actividad de forrajeo que hacen los murciélagos en sitios de monitoreo ubicados dentro o en los bordes de plantaciones agrícolas presentes en el área de influencia de los proyectos de parques eólicos.
- 2) Identificar que especies de murciélagos habitan y se alimentan en los cultivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio y estaciones de muestreo.

La evaluación de quirópteros se realizó en el área de influencia de los proyectos Parque Eólico Cauquenes II y Parque Eólico Dañicalqui, ubicados en la zona centro-sur de Chile (Figura 1). Las campañas de terreno se realizaron durante 4 noches en cada parque eólico en los meses de noviembre del 2021 y febrero del 2022, correspondiendo a las campañas de primavera y verano, meses de mayor actividad para los murciélagos insectívoros y sus potenciales presas en regiones templadas del hemisferio sur (Mann 1978, Alcalde 2003).

Figura 1. Localización de los proyectos de parques eólicos. (Fuente: Elaboración propia.)



Se establecieron 12 puntos de monitoreo en cada parque eólico, ubicados generalmente en bordes abiertos de vegetación, cuerpos de agua y caminos interiores en las plantaciones, estos lugares corresponden a los hábitats más utilizados por los murciélagos durante su desplazamiento y búsqueda de alimento (Meynard et al. 2014), además, se tomó en cuenta la cercanía a los aerogeneradores. En cada estación se realizaron registros acústicos de las llamadas de los murciélagos y se instalaron redes nieblas como método complementario. Para los intereses de esta habilitación profesional se analizaron 3 estaciones de muestreo que se encontraban emplazadas dentro o en los bordes de cultivos agrícolas. Estos puntos corresponden la Estación 9 (Figura 2) y Estación 12 (Figura 3) en el Proyecto Parque Eólico Dañicalqui, las que corresponden a cultivos de arándanos y maíz respectivamente. En el Proyecto Parque Eólico Cauquenes II se analizó la Estación 12 (Figura 4) correspondiendo a una plantación de viñas.

Figura 2. Estación 9 Parque Eólico Dañicalqui. Plantación de arándanos.



Figura 3. Estación 9 Parque Eólico Dañicalqui. Plantación de maíz.



Figura 4. Estación 12 Parque Eólico Cauquenes II. Viñas.



Tabla 1. Coordenadas referenciales de las estaciones de monitoreo de murciélagos.

Parque Eólico	Estación	Hábitat	OORDENADAS DATUM WGS 84, HUSO 18 S	
			E	N
Cauquenes II	E12	Plantación Viñedos	757792.00	6005483.00
Dañicalqui	E9	Borde plantación de arándanos	754025.00	5896469.00
Dañicalqui	E12	Borde plantación maíz, borde bosque mixto	756175.00	5894980.00

Monitoreo acústico.

Llamadas de alta frecuencia (ultrasonido) y la recepción de los ecos que se producen en los cuerpos del medio, permite a los murciélagos detectar, localizar e identificar sus presas (Schnitzler & Kalko 2001). Una secuencia de llamadas se puede dividir en 3 fases (Figura 5); fase de búsqueda, utilizadas para detectar las presas, fase de aproximación, utilizadas durante la persecución de la presa y llamadas de la fase final de captura o “buzz” (Ossa 2010), las que corresponden a una secuencia de señales de muy corta duración emitidas por el murciélago justo antes de intentar capturar su presa (Griffin et al., 1960).

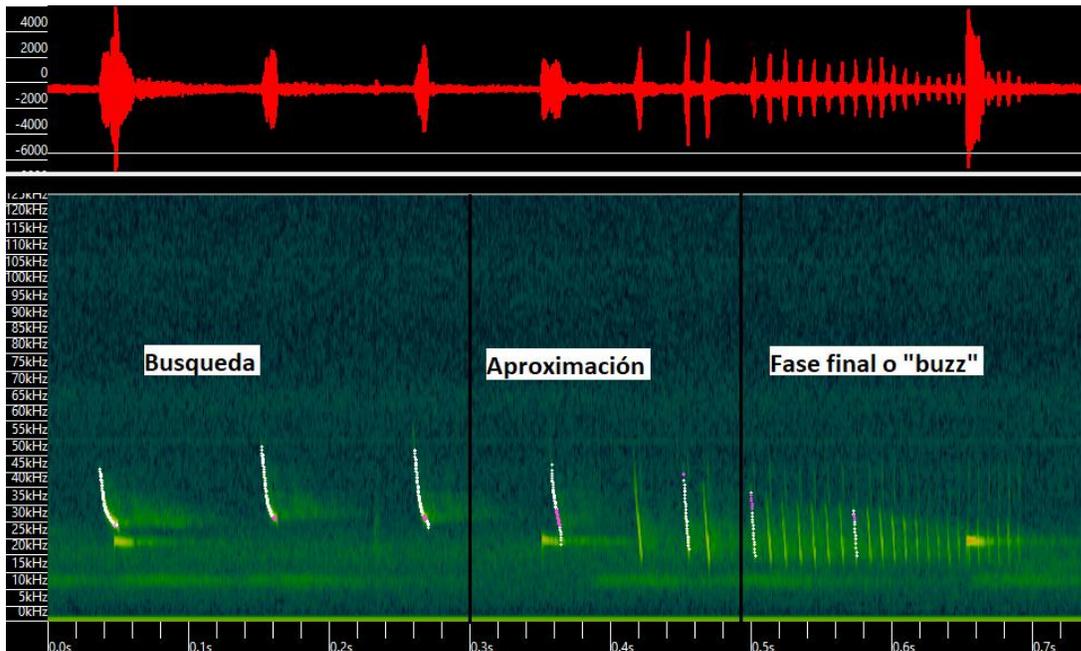


Figura 5. Oscilograma (arriba) y espectrograma (debajo) de las 3 fases de una llamada de un murciélago insectívoro en conducta de forrajeo: búsqueda, aproximación y fase final de captura. Fuente: Elaboración propia.

El monitoreo acústico se realizó a partir de la puesta de sol y se extendió durante aproximadamente 4 horas por noche. Se hicieron grabaciones durante 10 minutos en cada sitio de muestreo, realizando un total de 4 rondas por noche. Para ello se utilizó un detector de ultrasonidos Batbox Baton conectado a una grabadora digital Phillips DVT1300 en las campañas de primavera y un detector Song Meter Mini Bat Ultrasonic Recorder en las campañas de verano. Los registros acústicos fueron analizados utilizando el programa Kaleidoscope 5.1.1 el cual representa gráficamente las llamadas a través de espectrogramas que describen la variación de la frecuencia y amplitud de cada ecolocalización a través del tiempo. La intensidad de forrajeo fue medida contando el número de archivos de audio que presentaban intentos de captura, indicados por la presencia de la fase terminal (zumbido o “buzz”) en cada llamada de ecolocalización. En un solo archivo de grabación puede existir más de un zumbido y cada una fue contada de manera independiente.

La identificación de especies se realizó de forma manual, para ello se analizaron parámetros acústicos de las llamadas en fase de búsqueda, tales como: frecuencia inicial, frecuencia final, duración (tiempo entre el inicio y el final de una llamada) y frecuencia peak, todas medidas en kHz. Estos parámetros se compararon con los parámetros bioacústicos de las especies de murciélagos que habitan en Chile.

RESULTADOS

Mediante el monitoreo acústico se registraron un total de 404 llamados de ecolocalización, de los cuales aproximadamente el 25% (102 llamados) presentaron fases terminales de captura o “buzzes” de alimentación. De estas 37 fueron registradas con el detector Batbox Baton y 65 con el Song Meter Mini Bat Ultrasonic Recorder el cual permitió la identificación de especies.

Se identificó la presencia 5 especies dentro de los cultivos agrícolas, correspondiendo a *Lasiurus varius* (Familia Vespertilionidae, murciélago colorado), *Lasiurus villosissimus* (Vespertilionidae, murciélago escarchado), *Histiotus montanus* (Vespertilionidae, murciélago orejón chico), *Myotis chiloensis* (Vespertilionidae, murciélago oreja de ratón del sur) y *Tadarida brasiliensis* (Molossidae, murciélago de cola libre) (Figura 6). Se Todas las especies presentaron llamados de alimentación con excepción de *Histiotus montanus*.

Tadarida brasiliensis fue la especie con mayor actividad de forrajeo con un 37% del total de buzzes, seguida por *Lasiurus varius* con un 30%, en tercer lugar, *Lasiurus villosissimus* con un 20% y finalmente *Myotis chiloensis* con el 12% del total de llamados de alimentación (Figura 7).



Figura 6: Rostros de las 5 especies de murciélagos registradas en los viñedos. A: Murciélago colorado (*Lasiurus varius*) B: Murciélago de cola libre (*Tadarida brasiliensis*), C: Murciélago orejón chico (*Histiotus montanus*), D: Murciélago oreja de ratón del sur (*Myotis chiloensis*) E: Murciélago ceniciento (*Lasiurus villosissimus*). . Créditos fotográficos: Annia Rodríguez-San Pedro (B,C,E) y Felipe Ortiz (A y C).

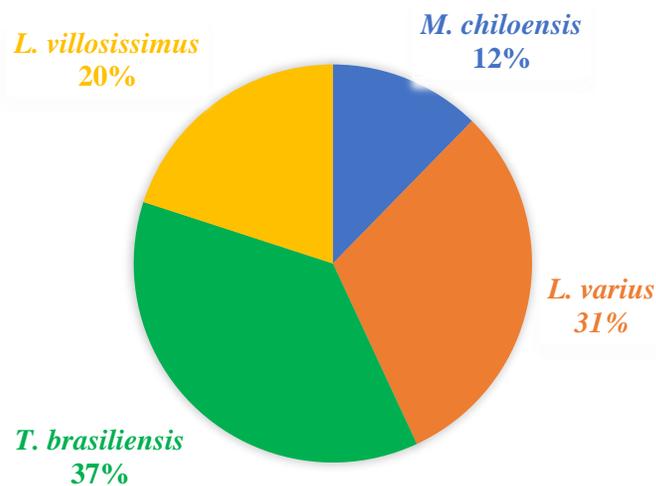


Figura 7. Porcentaje de ecolocalizaciones con fase de captura o “buzz” para cada especie.

Proyecto Parque Eólico Dañicalqui.

Campaña Primavera.

No se detectó actividad dentro de los puntos aledaños a cultivos agrícolas durante la campaña de primavera.

Campaña Verano.

- **Cultivos de maíz (E12).**

Dentro de esta área se registraron 146 llamados y 56 de ellos presentaron fases terminales de captura, 20 fueron de *Lasiurus varius* , 16 de *Tadarida brasiliensis* , 7 de *Myotis chiloensis* y 13 para *Lasiurus villosissimus*.

Tabla 2. Actividad total y de forrajeo en cultivos de maíz.

	R1	R2	R3	R4	Total
N Pases	12	27	51	56	146
N Buzz	1	7	15	33	56
TABRA	1	6	-	10	16
LAVA	-	4	9	7	20
MYOCH	-	-	2	5	7
LAVIL	-	3	8	2	13

Tabla 3. Parámetros ambientales en estación cultivos de maíz.

Ronda	Rango horario	V max (m/s)	Temperatura(°C)
1	22:30 – 22:40	1,1	21,2
2	23:38 – 23:48	2,2	20,8
3	00:48 – 00:58	2,8	20,2
4	02:04 – 02:14	2,1	17,2

- **Cultivos de arándanos (E9).**

En esta estación se registraron 29 llamadas de ecolocalización y 11 prestaron “buzzes”. De estos 9 correspondieron a *Tadarida brasiliensis* y 2 a *Lasiurus varius*.

Tabla 4. Actividad total y de forrajeo en cultivos de arándanos.

	R1	R2	R3	R4	Total
N Pases	3	2	4	20	29
N Buzz	-	-	-	11	11
TABRA	-	-	-	9	9
LAVA	-	-	-	2	2
MYOCH	-	-	-	-	-
LAVIL	-	-	-	-	-

Tabla 5. Parámetros ambientales estación arándanos.

Ronda	Rango horario	V max (m/s)	Temperatura(°C)
1	21:59 – 22:09	0	21,5
2	23:38 – 23:48	2,2	20,8
3	00:48 – 00:58	2,8	20,2
4	02:04 – 02:14	2,1	17,2

Proyecto Parque Eólico Cauquenes II.

Campaña Primavera.

- **Viñedos (E12).**

En la campaña de primavera se registraron un total de 93 ecolocalizaciones de las cuales 35 presentaron fase final de alimentación. Para esta campaña se utilizó un detector que no contaba con tiempo expandido por lo que no fue posible la identificación de especies.

Tabla 6. Actividad total y actividad de forrajeo en estación de viñedos (primavera).

	R1	R2	R3	R4	Total
N pases	6	16	42	26	90
N buzz	2	6	19	8	35

Tabla 7. Parámetros ambientales en estación de viñedos (primavera).

Ronda	Rango horario	V max (m/s)	T (°C)
1	22:23 - 22:33	0	20,0
2	23:36 - 23:45	0,8	18,5
3	00:50 - 01:00	0	17,8
4	02:10 - 02:20	4,6	17,2

Campaña Verano

- **Viñedos.**

En la campaña de verano se registraron solo 4 ecolocalizaciones, ninguna con fase terminal de captura. Se detecto la presencia de 3 especies, *Tadarida brasiliensis*, *Histiotus montanus* y *Lasiurus varius*.

Tabla 8. Actividad total en estación de viñedos (verano).

	R1	R2	R3	R4	Total
N Pases	-	-	3	1	4
N Buzz	-	-	-	-	0
TABRA	-	-	-	1	1
LAVA	-	-	1	-	1
MYOCH	-	-	2	-	2

Tabla 9. Parámetros ambientales estación de viñedos (verano).

Ronda	Rango horario	V max(m/s)	T(°C)
1	21:25 - 21:35	3,7	22,9
2	22:43 - 22:53	7,3	21,0
3	00:12- 00:22	5,8	18,8
4	01:22 - 01:32	5,6	17,2

DISCUSIÓN

En el contexto de los estudios para las líneas de base de los proyectos Parque Eólico Dañicalqui y Parque Eólico Cauquenes se evaluó la actividad de forrajeo y se identificaron las especies presentes dentro de 3 estaciones de muestreo ubicadas en el interior o en los bordes de plantaciones agrícolas. En todas las estaciones que se analizaron se encontró actividad de alimentación por parte de los murciélagos, sin embargo, se obtuvieron resultados dispares entre las campañas de primavera y verano. En el Proyecto Parque Eólico Dañicalqui no se encontró actividad en estos puntos durante la campaña de primavera, probablemente debido a que en primavera las plantaciones aún eran muy jóvenes y no presentaban frutos. En la campaña de verano la estación de cultivos de maíz presentó los mayores índices de actividad total con 146 ecolocalizaciones de las cuales 56 presentaron llamados de alimentación seguida por los cultivos de arándanos donde solo 9 de los 29 llamados registrados presentaron fases de alimentación. La alta actividad registrada en la estación ubicada en los bordes de cultivos de maíz puede deberse a su cercanía a remanentes de bosque nativo los que proveen alimento y refugio para especies del género *Histiotus* y *Lasiurus* (Handley y Gardner 2008; Altamirano et al. 2017), además, estudios realizados en cultivos de viñas demuestran que la que la presencia de remanentes de vegetación nativa adyacente a estos cultivos incrementa la riqueza de especies y actividad de murciélagos al igual que la diversidad y abundancia de insectos presa (Kelly 2016, Pollard y Holland, 2006). Zonas con estas características podrían presentar un mayor riesgo de colisión (y por ende mayores tasas de mortalidad) para los murciélagos insectívoros en el futuro, dada su alta actividad, por lo que la pérdida de este servicio ecosistémico podría ser económicamente considerable. Diversos estudios han demostrado

la relación entre alta actividad de murciélagos y mortalidad en la etapa de post-construcción (Baerwald and Barclay 2009, Korner-Nievergelt et al. 2013), esto sugiere que puede ser posible usar índices de actividad de murciélagos en etapas de pre construcción para predecir futuras fatalidades y, por lo tanto, riesgo y necesidad de mitigación (Arnett et al 2016). Hasta ahora una de las medidas de mitigación más efectivas para la reducción de mortalidad es evitar la rotación de las aspas por debajo de velocidades superiores o iguales a 6 m/s cuando la actividad de los murciélagos es mayor (Welling et al. 2018). Este corte en las actividades reduce en un 50% las colisiones en aves y un 93% en colisiones de murciélagos, además, la pérdida en producción energética corresponde a solo un 0,07% del total (González et al. 2014).

En los viñedos del Proyecto Parque Eólico Cauquenes II la actividad registrada en primavera fue mucho mayor que en verano. Estudios realizados en viñedos, han mostrado alta diversidad y actividad de forrajeo de quirópteros (Rodríguez-San Pedro 2020). En este caso específico la actividad en la campaña de verano pudo verse disminuida por las altas velocidades del viento en la noche de muestreo (7,3 m/s o 26,3 km/h en su peak). En el estudio de Ossa 2010 se estimó que la actividad de los quirópteros disminuye significativamente cuando la velocidad del viento sobrepasa los 4 km/h y según O'Farrell et al., 2000 esta desaparece completamente a los 20 km/h, debido posiblemente a la disminución de insectos de los cuales alimentarse en el ambiente y dificultades para su desplazamiento. La actividad de los murciélagos puede variar notablemente en rangos de tiempo pequeños debido a que depende de diversos factores ambientales, tales como, la velocidad del viento, precipitaciones, temperatura, incluso la intensidad de la luz de la luna

(Vasquez 2019, Erkert, 1982, Kuenzi 2003), por lo que es necesario un mayor esfuerzo de muestreo en cada sitio en futuras campañas.

En cuanto a las especies registradas dentro de los cultivos se encontró presencia de especies migratorias y de vuelo alto como *Tadarida brasiliensis* y *Lasirius villosissimus* (Fernandez et al 2016), los atributos de vuelo de estas especies las hacen tener un mayor riesgo de colisión y en Estados Unidos presentan altas tasas de mortalidad por aerogeneradores (Manville 2016). El murciélago de cola libre, *Tadarida brasiliensis* es reconocido por su importante rol económico como supresor de plagas en cultivos de interés económico (Cleveland et al. 2004) y se encontró actividad de forrajeo de esta especie en todos los cultivos evaluados. El resto de las especies registradas *Lasiurus varius*, *Histiotus montanus* y *Myotis chiloensis* son especies nativas que no presentan problemas de conservación según UICN (2020), sin embargo, en Chile no hay información sobre sus patrones poblacionales ni su ecología (Iriarte 2007).

La disminución de las poblaciones de quirópteros por efecto de los parques eólicos podría causar efectos ecológicos negativos e impactos económicos para los agricultores a largo plazo, lo que hace imperioso educar a las autoridades gubernamentales sobre la importancia ecológica y económica de los murciélagos insectívoros (Kazzo y Balakrishnan 2013, Arnett et al. 2016). Si bien en los estudios de impacto ambiental no se pide que incluyan monitoreos de la actividad de forrajeo por parte de los quirópteros, consideramos que es importante contar con esta información si se trata de zonas potencialmente más sensibles como podrían ser los cultivos agrícolas, considerando también la posibilidad de que se pierda o se vea disminuido el servicio ecosistémico del control de plagas.

CONCLUSIÓN

Estaciones de muestreo en cultivos de maíz y cultivos de viñas presentaron alta actividad total y de forrajeo por lo que pueden corresponder a áreas de mayor riesgo de colisión y el servicio ecosistémico que brindan los murciélagos en esas áreas se podría perder o reducir, sin embargo, nuestros resultados no son lo suficientemente robustos para tener una idea clara del comportamiento de alimentación de los murciélagos en los cultivos en estudio por lo que en el futuro sería aconsejable rediseñar las metodologías de muestreo usadas, con el fin de levantar información de una forma más eficiente. En Chile existen grandes vacíos en la evaluación ambiental de quirópteros (Escobar et al 2015). En el año 2015 se publicó la “Guía para la Evaluación del Impacto Ambiental de Proyectos Eólicos y de Líneas de Transmisión Eléctrica en Aves Silvestres y Murciélagos”, sin embargo, esta no entrega directrices ni estándares fijos de como evaluar este componente ni tampoco se plantea la pérdida de los servicios ecosistémicos como un efecto de las actividades de los proyectos. Ante el exponencial crecimiento de la energía eólica en Chile urge generar protocolos y metodologías claras para la evaluación ambiental de quirópteros tanto en etapas de pre y post construcción, que incluyan datos poblacionales, de composición de especies, actividad y uso de hábitat.

BIBLIOGRAFÍA

- 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)
- Alcalde, J.T. (2003). Impacto de los parques eólicos sobre las poblaciones de murciélagos. *Barbastella* 2: 3-6.
- Arnett, E. B., Baerwald, E. F., Mathews, F., Rodrigues, L., Rodríguez-Durán, A., Rydell, J., VillegasPatraca, R., & Voigt, C. C. (2016). Impacts of wind energy development on bats: a global perspective. In *Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World* (pp. 295-323). Springer International Publishing.
- Atienza, J.C., I. Fierro, M. Infante, O. y Valls J. (2008). Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos (versión 1.0). SEO/BirdLife, Madrid.
- Atienza, J.C., I. Fierro, M. Infante, O. y Valls J., Domínguez, J. (2011). Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos (versión 3.0). SEO/BirdLife, Madrid.
- Baerwald, EF. Edworthy, J. Holder M, Barclay RMR (2009) A large-scale mitigation experiment to reduce at wind energy facilities. *J Wildl Manage* 73:1077–1081
- Bailey, H., Brookes, KL & Thompson, P. (2014). Assessing environmental impacts of offshore wind farms: lessons learned and recommendations for the future. *Aquat. Biosista*.
- Barboza, K., Pérez-Zubieta, J.C., Kalko, E.K.V., Aguirre, L.F., Estrada-Villegas, S. y Ossa, G. (2009). La importancia del monitoreo acústico en el estudio de las comunidades de murciélagos en Latinoamérica. Pp. 30-31. En: *Memorias del Primer Simposio Ecuatoriano sobre Investigación y Conservación de Murciélagos* (Tirira, D., ed). Ecuador.
- Barclay, R. M. R., & Harder LM. (2003). Life histories of bats: life in the slow lane. En: Kunz TH, Fenton MB (eds) *Bat ecology*. University of Chicago Press, Chicago, IL

Boso, A., Álvarez, B., Pérez, B., Imio, J.C., Altamirano, A., Lisón, F. (2021). Understanding the human attitudes towards bats and the role of information and aesthetics to boost a positive response as a conservation tool. **Animal Conservation**, 24: 937-945. doi: 10.1111/acv.12692.

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

Cleveland, C.J., Betke, M., Federico, P., Frank, J.D., Hallam, T.G., Horn, J., López, J.D., Jr, McCracken, G.F., Medellín, R.A., Moreno-Valdez, A., Sansone, C.G., Westbrook, J.K. and 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: 238-243. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2006\)004\[0238:EVOTPC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2006)004[0238:EVOTPC]2.0.CO;2)

Cryan P.m., & Barclay R.M.R. (2009). Causes of Bats Fatalities at Wind Turbines: Hypotheses and Predictions. *American Society of Mammalogists*, 90 (6), 1330-1340

Cryan, P. M., P. M. Gorresen, C. D. Hein, M. R. Schirmacher, R. H. Diehl, M. M. Huso, D.T.S. Hayman, P.D. Fricker, F.J. Bonaccorso, D.H. Johnson, K. Heist, & D. C. Dalton, (2014) Behavior of bats at wind turbines. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(42): 15126-15131

Erkert, H.G. (1982) Ecological aspects of bat activity rhythms. In *Ecology of bats*. Springer, Boston, MA. 201-242.

Escobar, M. Vidal, N. de la Fuente, D. y Abarca, J. (2015). Incorporación de los murciélagos en la evaluación ambiental de parques eólicos y líneas de transmisión eléctrica en Chile: ¿mito o realidad?. *Gestión Ambiental*. 11-22.

Generadoras de Chile. (2021). Energía Eólica. <http://generadoras.cl/tiposenergia/energia-eolica> Revisado: Diciembre del 2021

Fernandez, I. Yáñez, J. Allendes, J. L.Ossa, G. y Rodríguez-San Pedro, A. (2016). Murciélagos de Chile: Lineamientos para su Estudio. *Gestión Ambiental*. 32. 5-18.

Galaz, J.L. y Yáñez, J. (2006) Los murciélagos de Chile: Guía para su reconocimiento. Ediciones del Centro de Ecología Aplicada. Santiago, Chile. 80 pp

Gonzales, G. Ossa, G. Sanchez, L.Silva, R. (2014). Medidas De Mitigación De Impactos en Aves Silvestres y Murciélagos. Servicio Agrícola Ganadero. Santiago, Chile.

Griffin, D. R., Webster, F. A., & 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.

Horn J., Arnett, E.B, & Kunz, T.H, (2008). Behavioral Responses of Bats to Operating Wind Turbines. *The Journal of Wildlife Management*, 72 (1), 123–13247

Hötker, H., Thomsen, K.-M. & H. Jeromin (2006): Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources: the example of birds and bats - facts, gaps in knowledge, demands for further research, and ornithological guidelines for the development of renewable energy exploitation. Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen

Iriarte, A.A. (2007). *Mamíferos de Chile*. pp. 85-93. Santiago: Lynx Edicions.

Jones G, Jacobs DS, Kunz TH, Willig MR, Racey PA (2009) Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. *Endang Species Res* 8:93-115.

Kelly A., Wolcott, K., Vulinec, A. (2012) bat activity at woodland/farmland interfaces in central Delaware. *Northeastern naturalist*, 19(1): 87-98

Kazzo, M., Balakrishnan, M. (2013). Ecological and Economic Importance of Bats (Order Chiroptera). *ISRN Biodiversity*, 2013, 1–9

Korner-Nievergelt F, Brinkmann R, Niermann I, Behr O (2013) Estimating bat and bird mortality occurring at wind energy turbines from covariates and carcass searches using mixture models. *PLoS ONE* 8(7):e67997

Kunz TH, EB Arnett, WP Erickson, GD Johnson, RP Larkin, MD Strickland, RW Thresher & MD Tuttle (2007) Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, hypotheses, and research needs. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5: 315-324

Kunz T.H., Braun de Torrez, E., Bauer, D., Lobova, T. & Fleming, T.H. (2011). Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1223, 1–38.

Kuenzi, A. J., & Morrison, M. L. (2003). Temporal patterns of bat activity in southern Arizona. *The Journal of Wildlife Management*, 67(1): 52-64.

López-Hoffman L, Wiederholt R, Sansone C, Bagstad KJ, Cryan P, et al. (2014) Market Forces and Technological Substitutes Cause Fluctuations in the Value of Bat Pest-Control Services for Cotton. *PLoS ONE* 9(2): e87912. doi:10.1371/journal.pone.0087912.

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

Manville A.M. (2016) Impacts to Birds and Bats Due to Collisions and Electrocutions from Some Tall Structures in the United States: Wires, Towers, Turbines, and Solar Arrays—State of the Art in Addressing the Problems. In: Angelici F. (eds) *Problematic Wildlife*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-22246-2_20

MEA (2003). *Ecosystems and human well-being: a framework for assessment*. Millennium ecosystem assessment. Island Press, Washington D.C., USA.

Meynard CN, Soto-Gamboa M, Heady PA, y Frick WF. (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.

Ministerio de Medio Ambiente - 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

Muñoz Gallego, A. R. (2014). *Infraestructuras energéticas y conservación de la diversidad biológica: el caso de los parques eólicos y los tendidos eléctricos*. Jábega

Muñoz, C. 2018. *Chile avanza en energías limpias: ya hay más de 650 torres eólicas en el país*. FayerWayer. Recuperado de

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

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (2016). Panorama de la agricultura Chilena = Chilean agriculture overview. Santiago, Chile: ODEPA

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. (2010) Métodos bioacústicos: una aproximación a la ecología de comunidades de murciélagos en las eco-regiones mediterránea y el bosque templado de Chile. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Pereira F. & Pereira R. (2022) No bats, no gain: educational intervention increases farmers perception of ecosystem services, *International Journal of Agricultural Sustainability*, 20:1, 1-16.

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

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. 18-41.

Rodríguez-San Pedro A, JL Allendes, P Carrasco-Lagos & RA Moreno (2014) Murciélagos de la Región Metropolitana de Santiago, Chile. *Seremi del Medio Ambiente Región Metropolitana de Santiago, Universidad Santo Tomás y Programa para la Conservación de los Murciélagos de Chile (PCMCh)*.

Rodríguez-San Pedro, A. Allendes, J. L. Beltrán, Clemente & Chaperon, P. Saldarriaga, M. Silva, A y Grez, A.A. (2020). Quantifying ecological and economic value of pest control

services provided by bats in a vineyard landscape of central Chile. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 302. 107063. [10.1016/j.agee.2020.107063](https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107063).

Santana, C. (2014). *Energías Renovables en Chile, el potencial eólico, solar e hidroeléctrico de Arica a Chiloé*. Santiago, Chile: Proyecto Estrategia de Expansión de las Energías Renovables en los sistemas eléctricos interconectados (MINENERGIA/GIZ).

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

Sierra-Cisternas, C., Rodríguez-Serrano, E. (2015). Los quirópteros de Chile: avances en el conocimiento, aportes para la conservación y proyecciones futuras. *Gayana* 79: 57-67.

Solis, R. (2020) Generadoras de Chile: capacidad instalada de la energía eólica más que se duplicará en los próximos meses. *Eléctricidad*. Recuperado de

<https://www.revistaiei.cl/> Revisado: Diciembre 2021

Talayero Navales, A. P., y Telmo Martínez, E. (Eds.). (2011). *Energía eólica (Serie Energías renovables)*. Prensas de la Universidad de Zaragoza, (Vol. 140)

Vásquez, D. (2019). Variación temporal en los patrones de actividad de murciélagos insectívoros en un paisaje agrícola de Chile central y su relación con las fases del ciclo lunar. Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/176065>

Wellig S.D., Nusslé S., Miltner D., Kohle O., Glaizot O., Braunisch V. (2018) Mitigating the negative impacts of tall wind turbines on bats: Vertical activity profiles and relationships to wind speed. *PLoS ONE* 13(3): e0192493. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192493>

Williams-Guillen, K. Olimpi, E. Maas, B. Taylor, P. Arlettaz, R. (2015). Bats in the Anthropogenic Matrix: Challenges and Opportunities for the Conservation of Chiroptera and Their Ecosystem Services in Agricultural Landscapes en Voigt, C., Kingston, T. (eds) *Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-25220-9_1.

Wilson D, y Mittermeier RA. (Eds). (2019). Handbook of the Mammals of the World. Vol 9. Bats. Lynx Edicions., 1008 pp.