

Clasificación y análisis de fotografías con cámaras trampa para la conservación del Santuario de la Naturaleza Humedal río Maipo

Victoria Miranda Icaza

Junio, 2024

Índice

Introducción	3
Metodología	3
Resultados	6
Discusión	14
Proyecciones.....	16
Bibliografía	16
Anexo.....	17

Introducción

El Santuario de la Naturaleza Humedal Río Maipo (SNHRM) se encuentra ubicado en la provincia de San Antonio, en la Región de Valparaíso (MMA, 2020). Este santuario abarca 60 hectáreas dedicadas a la conservación de la biodiversidad, la educación ambiental y la preservación del patrimonio socio-ecológico (Fundación Cosmos, 2024).

El SNHRM cuenta actualmente con un Plan de Manejo cuyo objetivo es proteger la biodiversidad del ecosistema y conservar un espacio natural para la comunidad local, promoviendo el disfrute de la naturaleza, la educación ambiental y la investigación científica. Entre las amenazas que enfrenta el santuario se incluyen el cambio climático, la contaminación, el cambio de uso del suelo, las especies exóticas e invasoras, y la presencia de perros y gatos domésticos, entre otros (Universidad Austral de Chile, 2022).

Una de las amenazas más preocupantes es la presencia de perros y gatos domésticos, los cuales alteran los ecosistemas y disminuyen las poblaciones de especies nativas a través de la competencia y la depredación. En el marco de la práctica profesional, se propone realizar un monitoreo de vertebrados terrestres y de presencia de perros y gatos domésticos para evaluar su impacto en el SNHRM.

Existen diversas técnicas para monitorear la fauna silvestre, tales como censos, captura y recaptura de organismos, y avistamientos en transectos lineales, entre otros (Mariano de la Maza & Cristián Bonacic, 2013). A pesar de la gran variedad de técnicas disponibles, no todas son efectivas, ya que los vertebrados terrestres son difíciles de estudiar debido a su comportamiento evasivo y críptico (Galvez et al., 2019). Por esta razón, en los últimos años se han explorado diversas metodologías para su estudio. Aunque muchas han contribuido al conocimiento de estos organismos, ninguna ha logrado lo que permite el fotomonitoreo o fototrampeo.

El fototrampeo es una metodología que utiliza cámaras con sensores infrarrojos que, al detectar movimiento, activan la cámara para tomar fotos (Mariano de la Maza & Cristián Bonacic, 2013). Esto permite fotografiar vertebrados en su ambiente natural sin ser perturbados. La implementación de cámaras trampa puede utilizarse para conocer la presencia u ocurrencia de una especie en un área determinada, estimar parámetros poblacionales como abundancia y densidad, conocer patrones de actividad diaria, estacional o anual de los animales, realizar estudios de comportamiento, inventarios de especies (riqueza), estudios de dinámicas poblacionales a largo plazo, e incluso para la difusión a partir del material generado (CONAF et al., 2021).

Además de proporcionar información relevante para la conservación, cada estudio con cámaras trampa genera una gran cantidad de imágenes que necesitan ser procesadas y etiquetadas antes del análisis (Young et al., 2018). Este proceso puede volverse tedioso si se realiza manualmente debido a la magnitud de los datos. Actualmente, no existe un software estándar que permita analizar las imágenes de manera eficiente, lo cual representa una desventaja al usar esta metodología.

Por esta razón, se propone realizar un monitoreo de vertebrados terrestres mediante cámaras trampa, implementando una metodología que optimice el procesamiento de imágenes y, a su vez, contribuya a la ejecución del Plan de Manejo para la Conservación del Santuario de la Naturaleza Humedal Río Maipo.

Metodología

El SNHRM cuenta con 10 cámaras trampa, de las cuales dos están configuradas para tomar video (cámara 2 y 10) y no fueron consideradas para el análisis. El periodo de muestreo abarca desde agosto de 2023 hasta abril de 2024. Cabe destacar que el muestreo sigue en curso, pero debido a las implicaciones de la práctica profesional, los datos se recopilaron hasta abril.

En primer lugar, se debe definir la ubicación de las cámaras, las cuales pueden ser colocadas de forma aleatoria o en transecto. En el caso del SNHRM, las cámaras fueron ubicadas basándose en avistamientos previos de vertebrados terrestres (Figura 1).

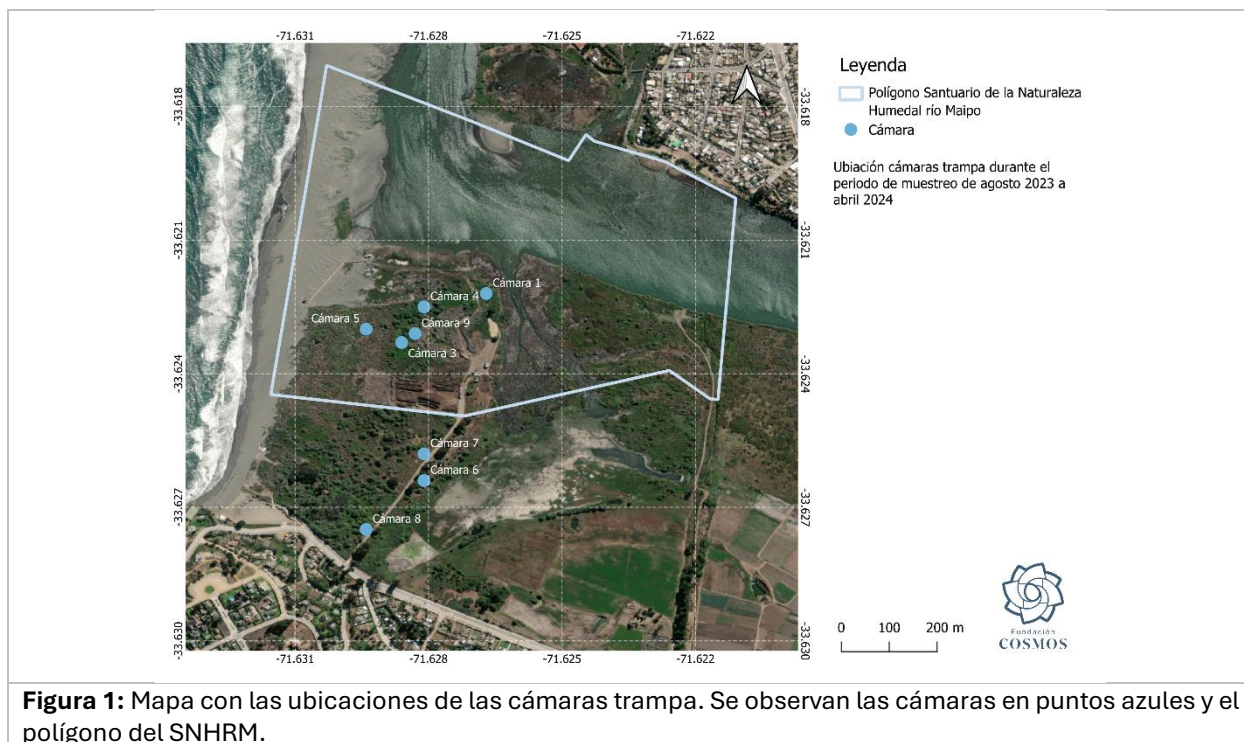


Figura 1: Mapa con las ubicaciones de las cámaras trampa. Se observan las cámaras en puntos azules y el polígono del SNHRM.

Posterior a definir la ubicación las cámaras, estas deben ser instaladas de forma de quedar perpendicular o en un ángulo de 45° respecto de la trayectoria esperada del animal, a una altura de entre 30 y 60 centímetros del suelo (CONAF et al., 2021). También se recomienda no dejarla apuntando al sol, ya que, la luz puede interferir con las imágenes.

Luego de instalar las cámaras, se debe rellenar una tabla Excel estándar que contiene información relevante para el análisis posterior (Tabla 1). Esta tabla debe ser completada cada vez que se coloque o retire una tarjeta SD mensualmente. Después de la instalación, las cámaras funcionan durante aproximadamente un mes. Pasado este periodo, las imágenes son recopiladas y guardadas en un disco duro para luego ser procesadas.

Tabla 1: “Ejemplo de tabla estándar para fotomonitordeo”

ID	Latitud	Longitud	Fecha Inicio	Fecha Termino
Cámara 1	-33.623424	-71.627825	10/7/2023	21/08/2023

Antes de comenzar con el procesamiento de imágenes, se realizó una búsqueda bibliográfica para identificar los distintos softwares utilizados actualmente para fototrampeo. Dentro de esta búsqueda, se destacaron los siguientes programas:

- Camera Sweet
- camtrapR
- Wildlife Insights
- Agouti
- TRAPPER
- Camera Base

Para cada programa se realizó un análisis de los pros y los contras para luego realizar una tabla comparativa con los puntos que se consideraron importantes al momento de procesar las imágenes (Tabla 2). Posterior a al análisis comparativo se seleccionaron los programas que mejor calificaban para el SNHRM para ser testeados y finalmente poder seleccionar uno de ellos.

Tabla 2: “Softwares para el procesamiento de imágenes de fototrampeo”

	Camera Sweet	CamtrapR	Wildlife Insights	Agouti	TRAPPER	Camera Base
Sistema Operativo	Windows	Windows y MacOS	Windows y MacOS	Windows y MacOS	Windows y MacOS	Windows
Online	No	No	Si	Si	Si	No
Habilidades de Programación	No	Si	No	No	Si	Si
SIG	No	Si	No	No	Si	Si
Análisis de Datos	Si/No	Si	No	No	Si	No
Inteligencia Artificial	No	No	Si	Si	Si	No
Colaboración	No	No	Si	Si	Si	No
Imágenes	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Videos	No	Si	No	Si	Si	No
Permiso	No	No	Si	Si	No	No

Se seleccionaron Wildlife Insights y RStudio con el paquete camtrapR como programas para el procesamiento y análisis de imágenes de cámara trampa dado que ambos programas cumplen con las necesidades para poder realizar la metodología con eficiencia y rapidez. Wildlife Insights es una plataforma en línea que permite organizar y etiquetar las imágenes con facilidad. Utiliza inteligencia artificial (IA) lo que facilita la identificación de especies en las imágenes. Además de la utilización de IA, el programa permite colaborar entre varias personas, por lo que un equipo de trabajo puede procesar las imágenes en conjunto. Por otro lado, proporciona una base de datos que puede ser analizada en RStudio a través del paquete camtrapR, el cual ofrece herramientas específicas para el análisis de datos de fototrampeo.

Para el análisis de los datos obtenidos en Wildlife Insights, se utilizó RStudio con el paquete camtrapR y ggplot para generar gráficos. Dentro del paquete camtrapR, se emplearon las funciones detectionMaps, activityDensity y activityOverlap. Para los gráficos, se utilizaron las funciones de ggplot para crear gráficos de línea, puntos y torta. Además, se generaron mapas en QGIS utilizando lo obtenido por detectionMaps.

Es importante destacar la utilización de ciertos parámetros estadísticos dentro de los paquetes utilizados en Rstudio. Para calcular activityDensity, se utilizó la estimación de la Densidad de Kernel (KDE), es una técnica que se usa para estimar cómo se distribuyen los valores de una variable, suavizando las irregularidades para crear una representación más clara y continua (Silverman, 2018). Por otro lado, para el cálculo del activityOverlap, se utilizó el coeficiente Dhat para calcular el grado de solapamiento entre dos distribuciones de actividad, es decir, cuando dos animales están activos al mismo tiempo (Silverman, 2018). Los valores de Dhat se encuentran en el rango de 0 a 1, donde 0 indica ningún solapamiento y 1 indica solapamiento completo en los patrones de actividad (Tabla 3).

Tabla 3: “Rango de valores de Dhat”

Dhat	Nivel de solapamiento	Interpretación
0.00 - 0.20	Muy Bajo	Las especies tienen muy poca o ninguna coincidencia en sus actividades.
0.21 - 0.40	Bajo	Las especies tienen algo de solapamiento, pero en gran medida están activas en diferentes tiempos.

0.41 - 0.60	Moderado	Hay un solapamiento considerable, con períodos notables de actividad común.
0.61 - 0.80	Alto	Las especies están activas al mismo tiempo en muchos casos, pero no siempre.
0.81 - 1.00	Muy Alto	Las especies tienen patrones de actividad muy similares, con una alta coincidencia en los tiempos de actividad.

Por otro lado, es fundamental comprender un concepto clave sobre cómo se procesan los datos. Las cámaras trampa ubicadas en el SNHRM están configuradas para tomar 3 imágenes con un intervalo de 20 segundos cuando pasa un individuo. Esto se define como un evento o secuencia. Los eventos pueden ser configurados en Wildlife Insights, que al momento de subir las imágenes solicita especificar la duración de cada evento, con un máximo de 60 segundos. Esto significa que se considerarán como un solo evento todas las imágenes que se hayan tomado en ese periodo de tiempo.

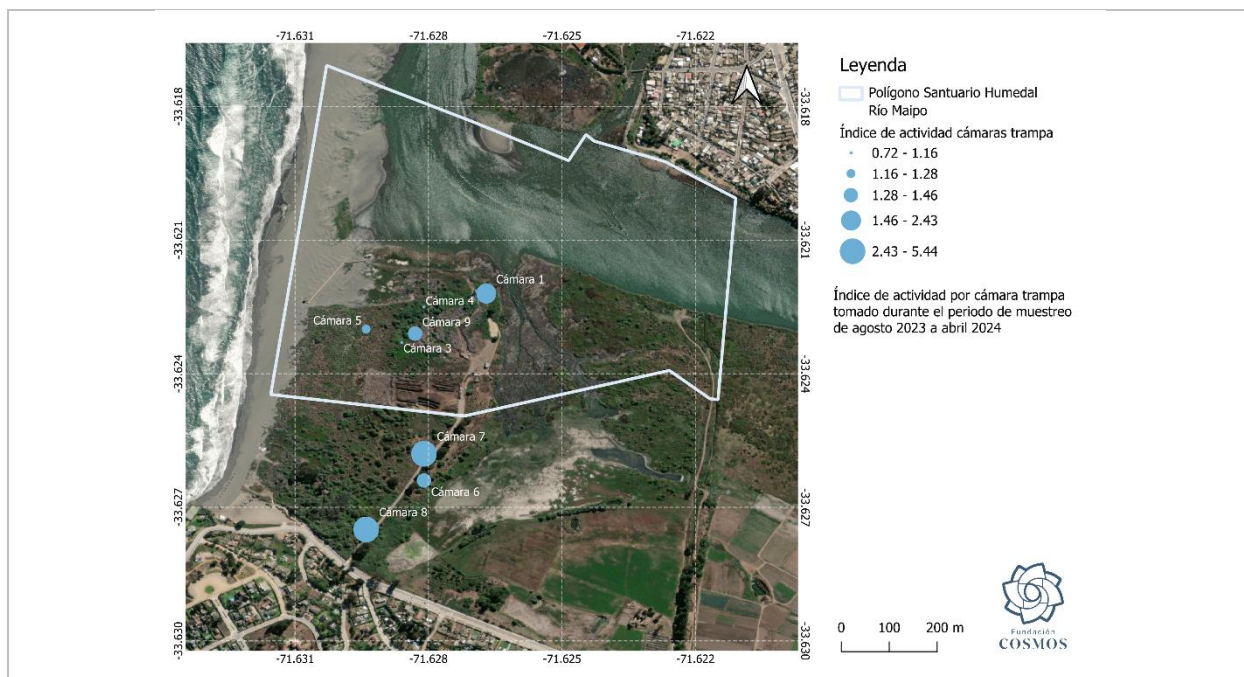
Teniendo lo anterior en cuenta, se realizó un índice de actividad por cámara trampa para estandarizar la relación entre el número de eventos obtenidos por cámara y los días que estuvo activa. Se decidió aplicar este índice debido a que algunas cámaras no estuvieron activas constantemente durante todo el muestreo, por lo que estandarizar estos resultados permite entender mejor lo captado por las cámaras.

Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del fotomuestreo de vertebrados terrestres durante el periodo de agosto 2023 a abril 2024.

I. Análisis exploratorio

En primer lugar, se realizó un análisis exploratorio de los datos. Se analizó el índice de actividad de las cámaras, la riqueza de especies¹, abundancia relativa y presencia de especies en el tiempo.



¹ La riqueza de las especies es simplemente el recuento de todas las especies dentro de la comunidad (M. SMITH & SMITH, 2007)

Figura 2: “Mapa índice de actividad por cámaras trampa durante agosto de 2023 a abril de 2024”. Se muestra el polígono del SNHRM con la ubicación de las cámaras trampa. Los puntos azules de distintos tamaños indican el índice de actividad por cámara trampa. Las cámaras 3 y 4 obtuvieron un índice de actividad entre 0,72 y 1,16 aproximadamente, lo cual indica una baja actividad. Por otro lado, las cámaras 1, 7 y 8 obtuvieron un índice alto, entre 2,43 y 5,44 aproximadamente mostrando una alta actividad.

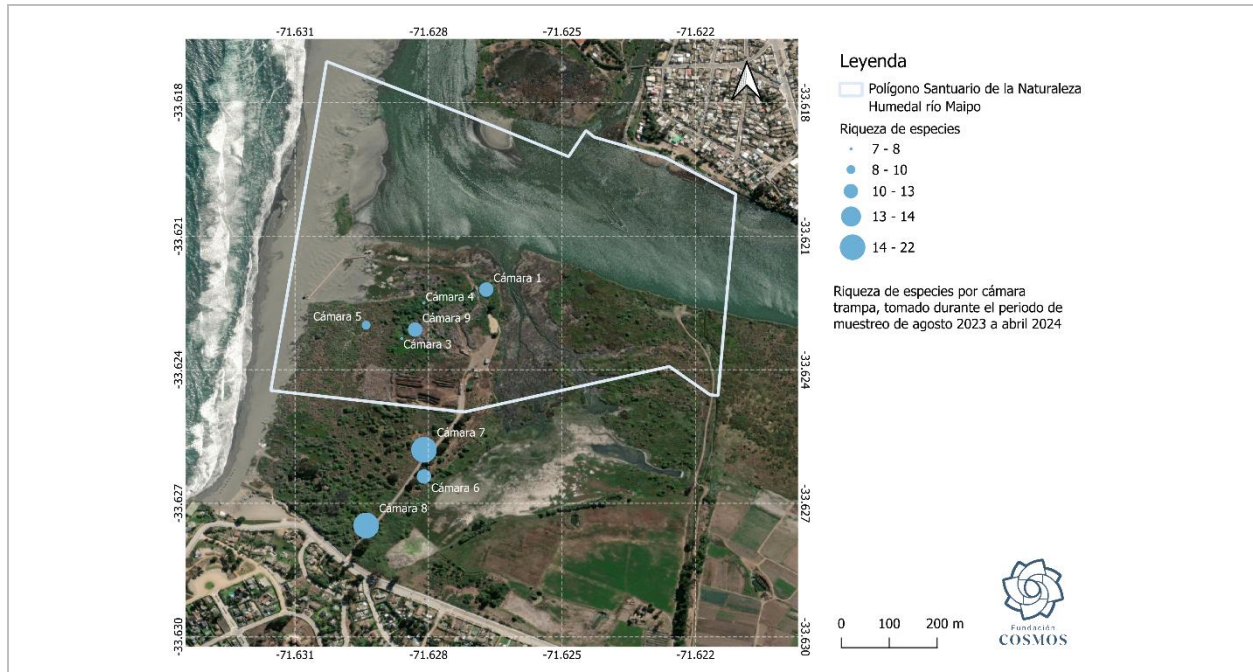


Figura 3: “Mapa de riqueza de especies por cámara en el SNHRM”. Se muestra el polígono del SNHRM con la ubicación de las cámaras trampa. Los puntos azules de distintos tamaños indican la riqueza de especies en cada cámara durante el periodo de agosto de 2023 a abril de 2024. Las cámaras 7 y 8 registraron la mayor riqueza con un máximo de 22 especies distintas, mientras que las cámaras 3 y 4 registraron la menor riqueza con solo 7 especies distintas.

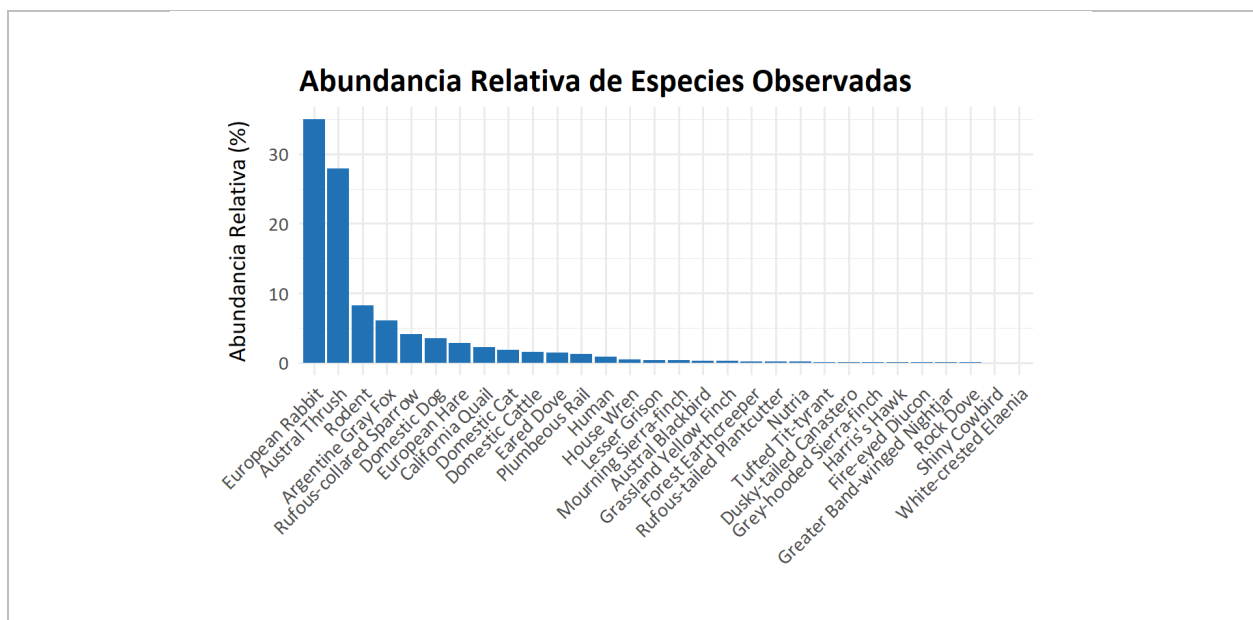


Figura 4: “Abundancia relativa² de especies observadas”. En el eje y se muestra la abundancia relativa en porcentaje, mientras que en el eje x se encuentran las especies con sus nombres en inglés. El Conejo europeo (*Oryctolagus cuniculus*) muestra la mayor abundancia relativa, con más del 30%. Le siguen el Zorzal (*Turdus falcklandii*), los roedores y el Zorro chilla (*Lycalopex griseus*).

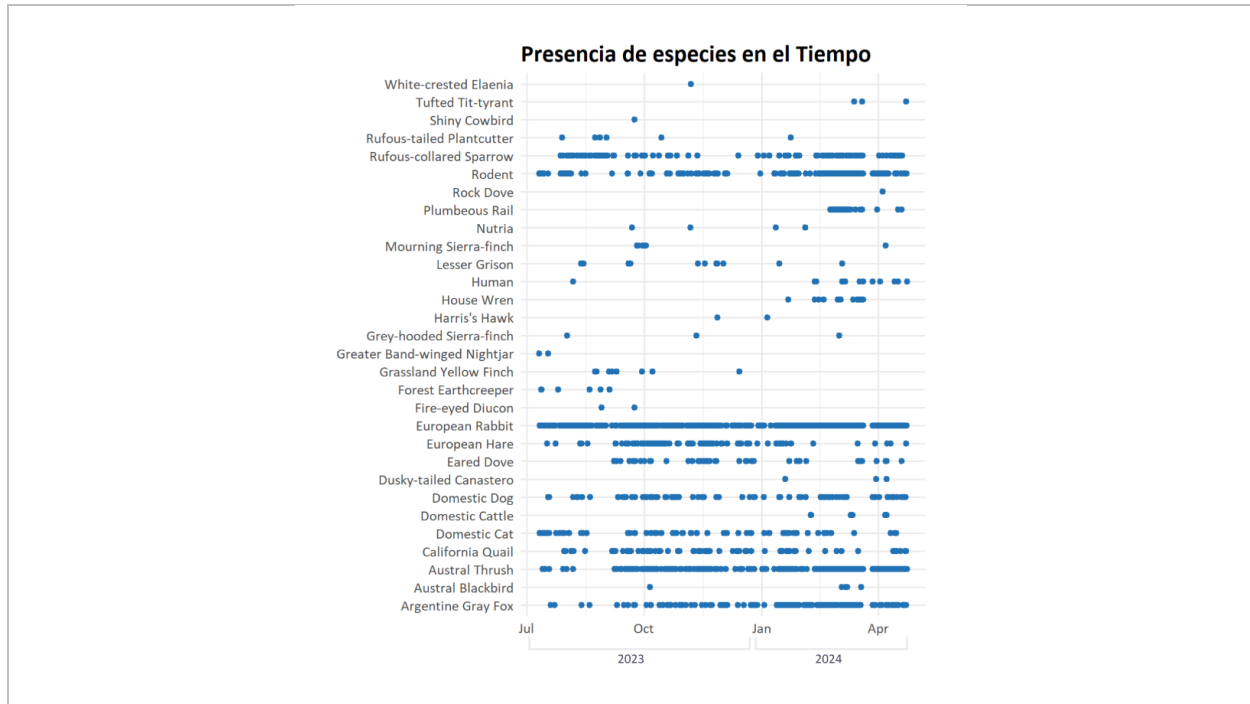


Figura 5: “Presencia de especies en el tiempo”. El eje x muestra los meses de muestreo y el eje y las especies identificadas con sus nombres comunes en inglés. Los puntos azules muestran la presencia de cada especie en el tiempo. Destaca a simple vista, Conejo europeo, Zorzal, Perro doméstico (*Canis familiaris*) y Zorro chilla.

Luego, se analizó en profundidad Zorro Chilla (*Lycalopex griseus*), Perro doméstico (*Canis familiaris*) y Gato doméstico (*Felis catus*).

II. Análisis Zorro Chilla (*Lycalopex griseus*)

² La abundancia relativa es la proporción de una especie en relación con el total de especies en una comunidad, esta se mide en porcentaje (M. SMITH & SMITH, 2007).

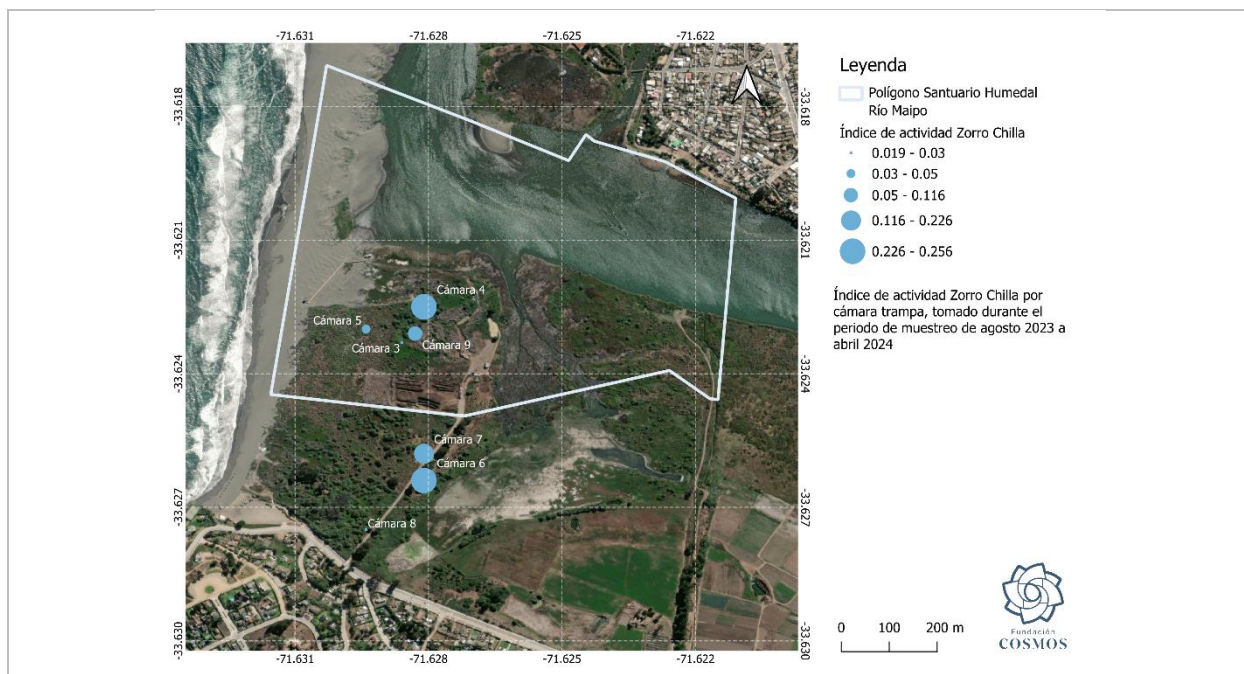


Figura 6: “Mapa índice de actividad de Zorro Chilla (*Lycalopex griseus*) por cámara trampa en el SNHRM”. Se muestra el polígono del SNHRM con la ubicación de las cámaras trampa. Los puntos azules de distintos tamaños indican el índice de actividad de Zorro Chilla en cada cámara durante el periodo de agosto de 2023 a abril de 2024. Las cámaras 4, 6 y 7 registran un índice mayor con un máximo de 0,256 en comparación con las cámaras 5 y 3, que tuvieron una menor índice de un mínimo de 0,019. La cámara 1 no se muestra presente por su bajo índice.

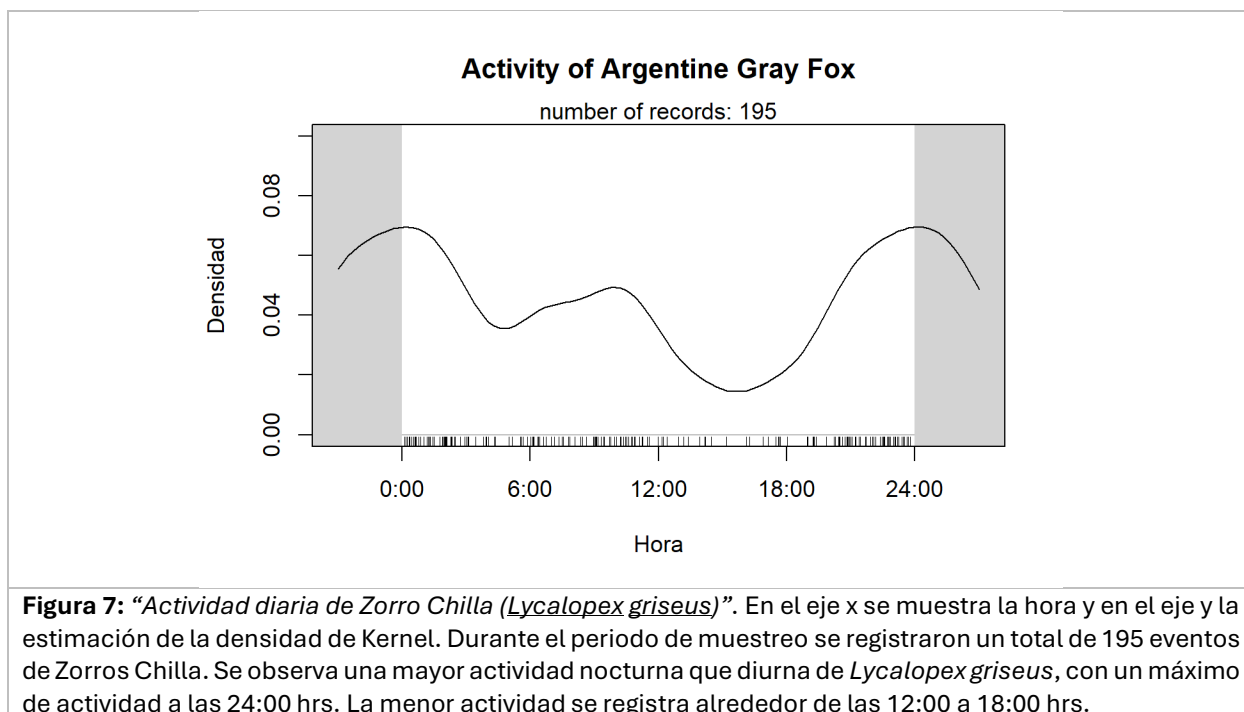


Figura 7: “Actividad diaria de Zorro Chilla (*Lycalopex griseus*)”. En el eje x se muestra la hora y en el eje y la estimación de la densidad de Kernel. Durante el periodo de muestreo se registraron un total de 195 eventos de Zorros Chilla. Se observa una mayor actividad nocturna que diurna de *Lycalopex griseus*, con un máximo de actividad a las 24:00 hrs. La menor actividad se registra alrededor de las 12:00 a 18:00 hrs.

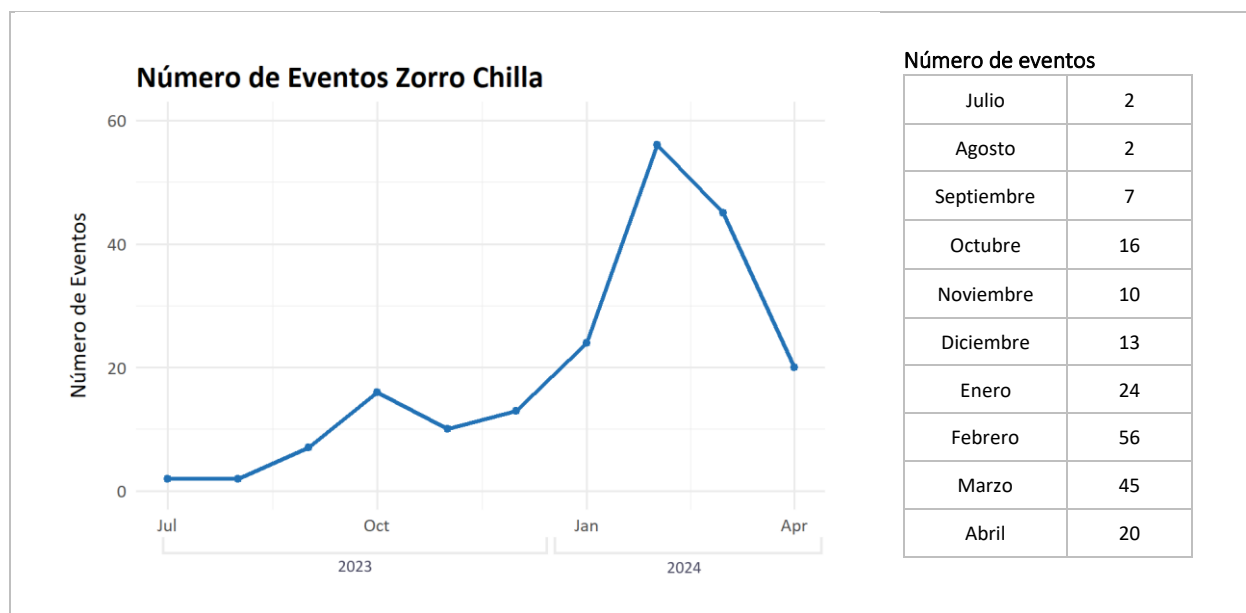


Figura 8: “Numero de eventos registrados en el tiempo de Zorro Chilla (*Lycalopex griseus*)”. Se visualiza en el eje y el número de eventos y en el eje x el tiempo. El grafico muestra un aumento de eventos durante enero y febrero. El máximo de registros fue durante febrero con un máximo de eventos de 56.

III. Análisis resultados Perro y Gato doméstico

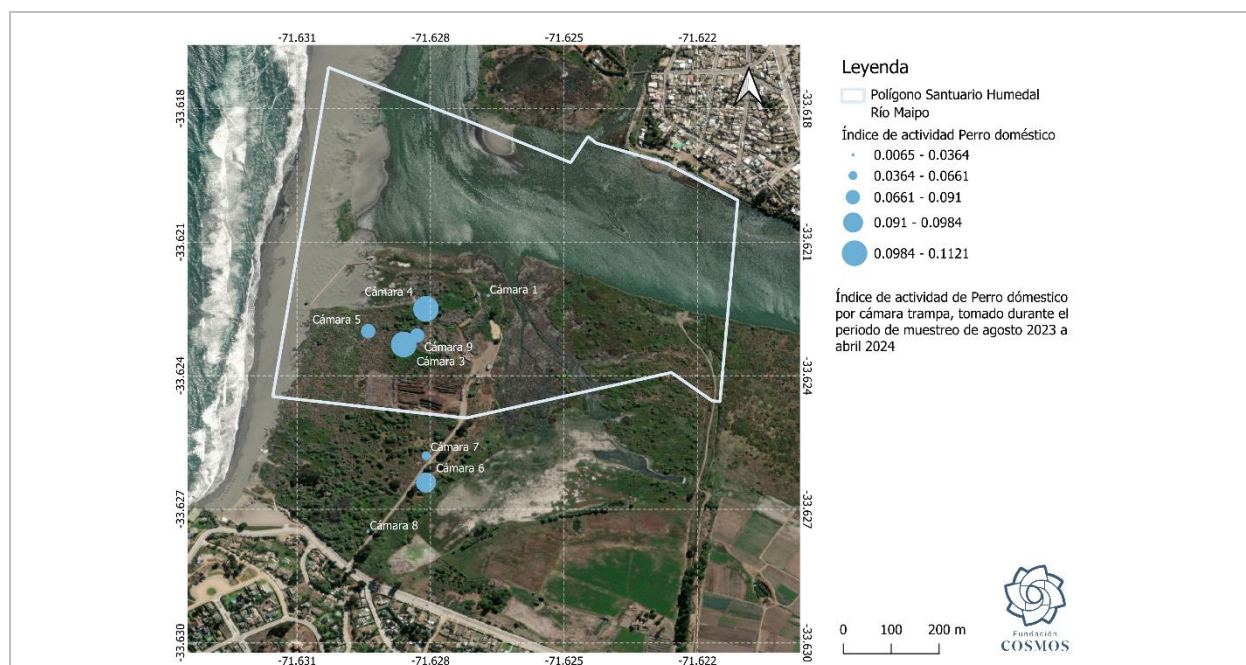


Figura 9: “Mapa índice de actividad de Perro doméstico (*Canis familiaris*) por cámara en SNHRM”. Se muestra el polígono del SNHRM con la ubicación de las cámaras trampa. Los puntos azules de distintos tamaños indican la presencia de Perro doméstico en cada cámara durante el periodo de agosto de 2023 a abril de 2024. Las cámaras 3, 4 y 6 registran un mayor índice de actividad de Perro doméstico, con un máximo de 0,1121. En contraste, las cámaras 1 y 5 muestran el menor índice, con un mínimo de 0,0065.

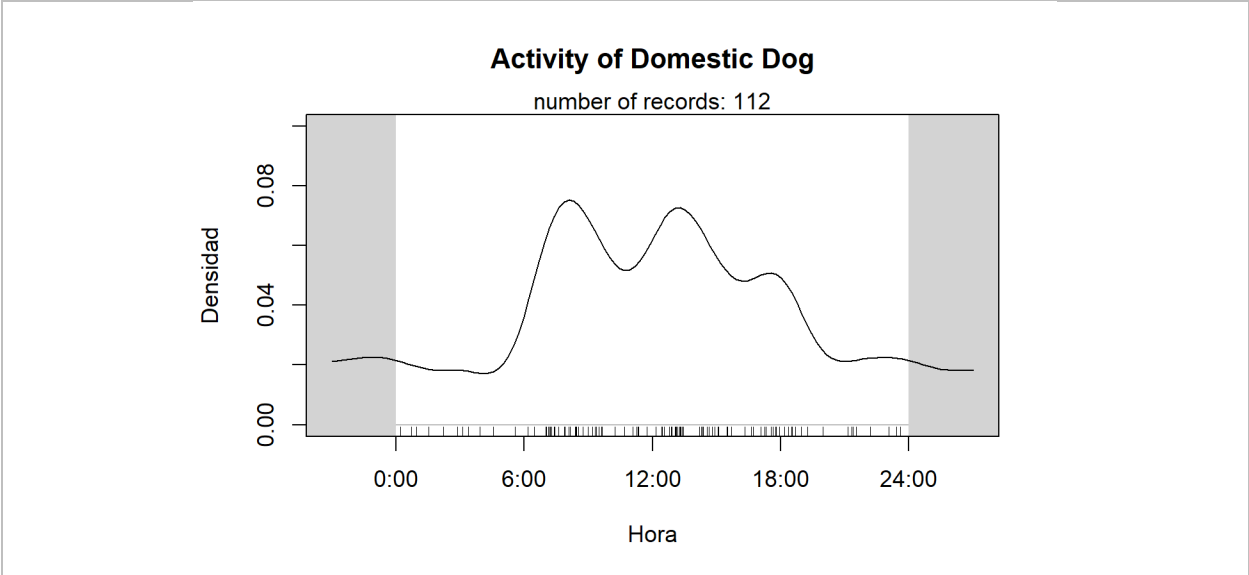


Figura 10: “Actividad diaria de Perro doméstico (*Canis familiaris*)”. En el eje x se muestra la hora y en el eje y la estimación de la densidad de Kernel. Durante el periodo de muestreo, se registraron un total de 112 eventos de Perros domésticos. Se observa una mayor actividad diurna que nocturna, que se extiende desde aproximadamente las 8:00am hasta las 18:00pm Posterior a estos horarios, la actividad comienza a disminuir.

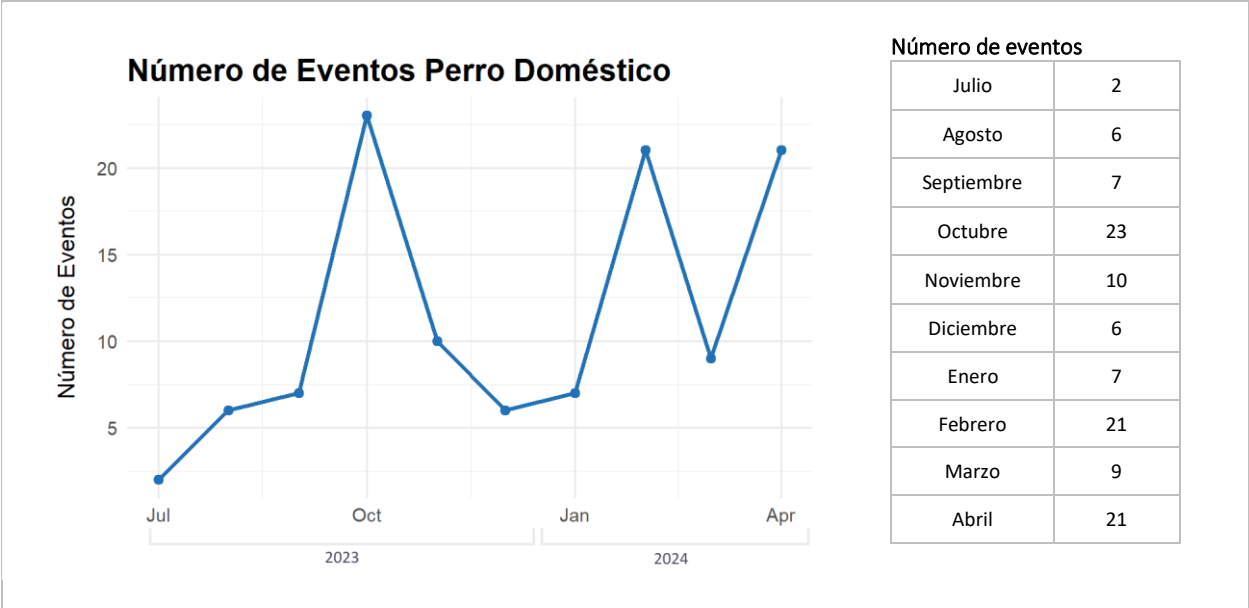


Figura 11: “Número de eventos registrados en el tiempo de Perro doméstico (*Canis familiaris*)”. Se visualiza en el eje y el número de eventos y en el eje x el tiempo. Se aprecian tres peak durante los meses de octubre, febrero y abril, con un máximo de 23 registros para el mes de octubre.

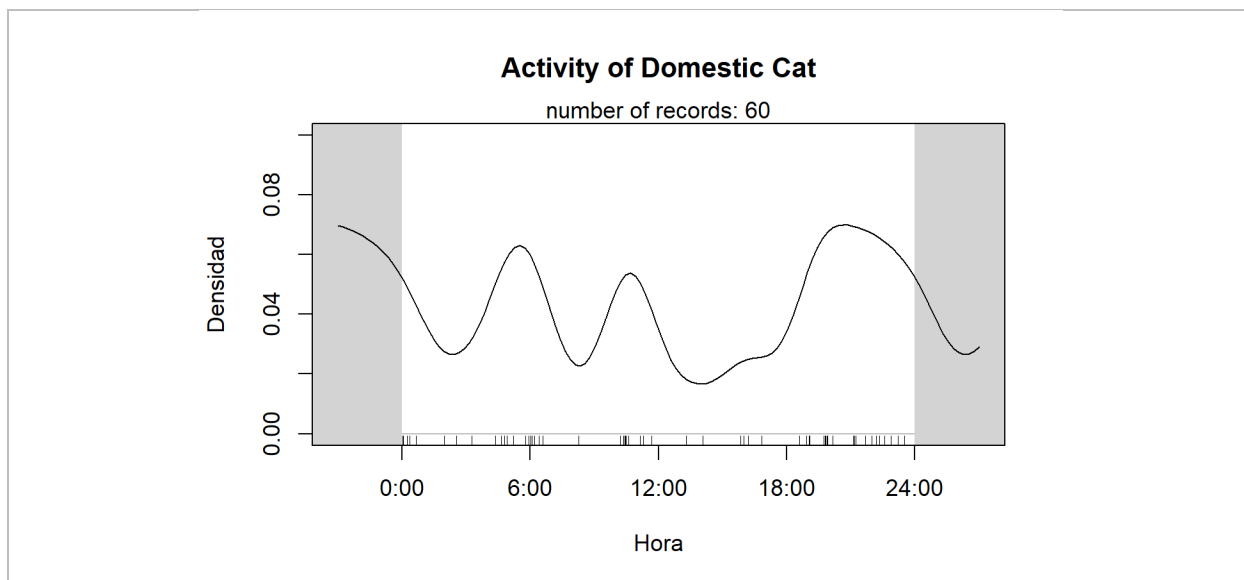


Figura 12: “Figura 10: Actividad diaria de Gato doméstico (*Felis catus*)”. En el eje x se muestra la hora y en el eje y la estimación de la densidad de Kernel. Durante el periodo de muestreo, se registraron un total de 60 eventos de Gatos domésticos. Se observa tres peaks de actividad a las 6:00am, 12:00pm y 21:00pm aproximadamente.

IV. Análisis actividad Perro doméstico y Zorro Chilla

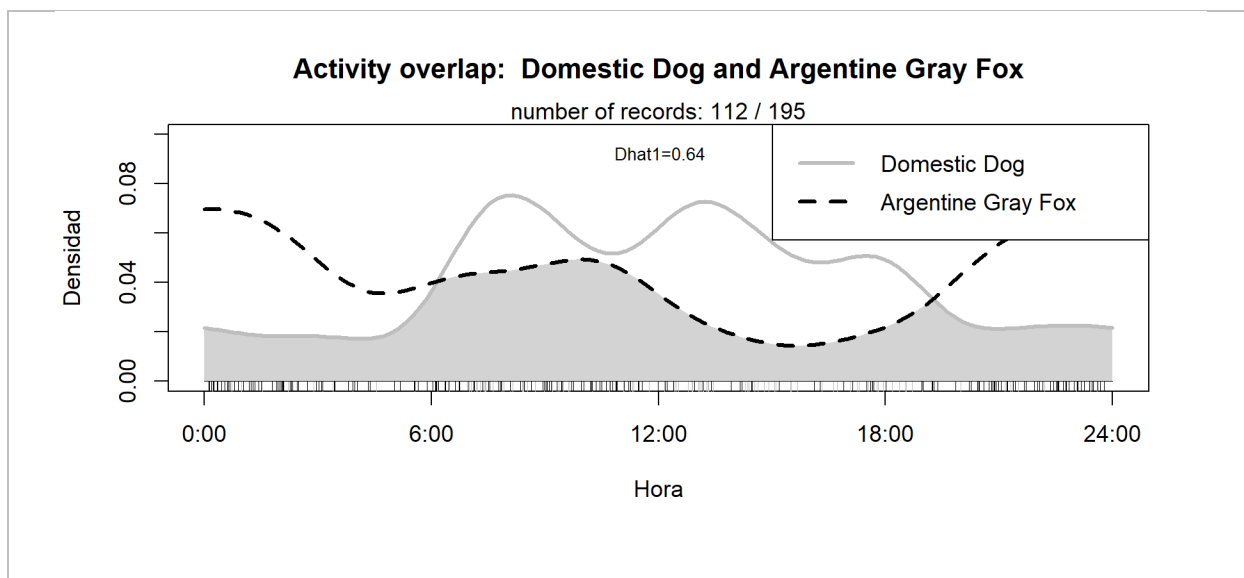


Figura 13: “Actividad de Perro doméstico (*Canis familiaris*) y Zorro Chilla (*Lycalopex griseus*)”. En los ejes x e y se muestra la hora y la densidad respectivamente. El coeficiente Dhat obtenido es de 0,64 (ver Tabla 3), lo cual indica un alto nivel de solapamiento entre Zorro Chilla y Perro doméstico, es decir, ambas especies están activas al mismo tiempo.

V. Análisis Especies exóticas y nativas

Finalmente se decidió analizar las especies exóticas y nativas obtenidas durante el fotomuestreo.

Riqueza y Frecuencia de Especies Nativas y Exóticas

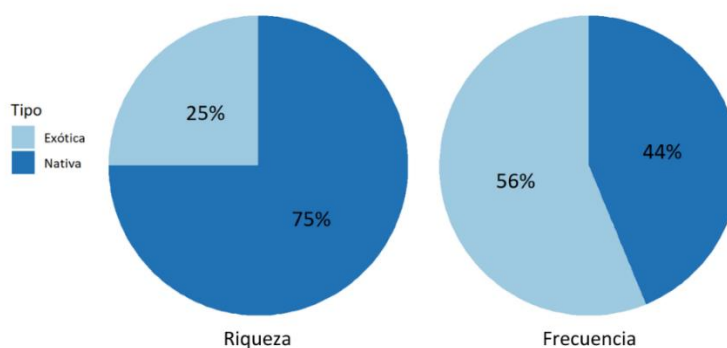


Figura 14: “*Riqueza y Frecuencia³ de especies nativas y exóticas*”. Se presentan dos gráficos de torta, uno mostrando la riqueza y el otro la frecuencia respectivamente. El color celeste muestra las especies exóticas y el color azul las especies nativas. Se observa una mayor riqueza, pero menor frecuencia de especies nativas, mientras que se registra una menor riqueza, pero mayor frecuencia de especies exóticas.

Riqueza de Especies Nativas y Exóticas

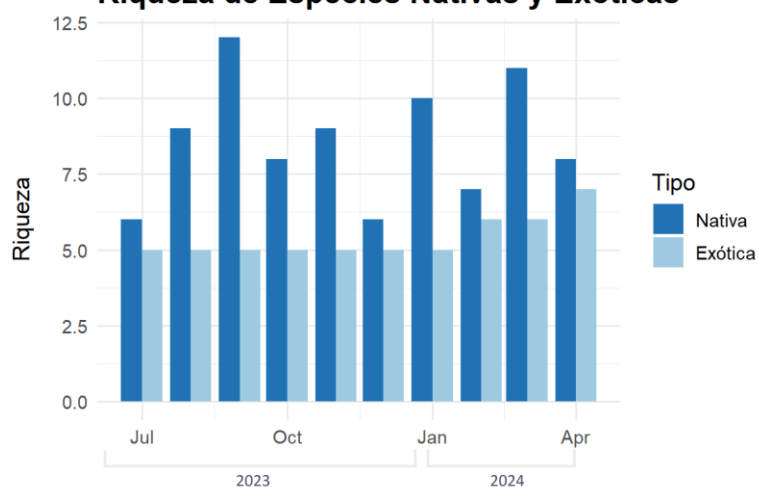


Figura 15: “*Riqueza de especies nativas y exóticas en el tiempo*”. En el eje y se representa la riqueza y en el eje x el tiempo. El color celeste indica las especies exóticas, mientras que el color azul representa las especies nativas. Se observa que en todos los meses hay una mayor riqueza de especies nativas que de especies exóticas. Durante los meses de septiembre y marzo se registra la mayor riqueza de especies nativas en el periodo de muestreo. La riqueza de especies exóticas se mantiene constante hasta febrero, momento en el que su número aumenta.

³ La frecuencia es un recuento de la cantidad de observaciones (M. SMITH & SMITH, 2007).

Discusión

En una primera instancia, se midió el índice de actividad por cámara (Figura 2). Se observa que las cámaras con mayor índice de actividad son las 1, 7 y 8, con un valor entre 2,43 y 5,44 aproximadamente. Por otro lado, las cámaras 3 y 4 tuvieron el índice más bajo, con un valor entre 0,72 y 1,16 aproximadamente. Estos datos permiten comprender el funcionamiento de las cámaras durante el periodo de muestreo y, a su vez, proyectar cambios futuros en sus respectivas ubicaciones, como es el caso de las cámaras 3 y 4, que tuvieron un índice muy bajo.

El fototrampeo realizado durante el período de agosto de 2023 a abril de 2024 registró un total de 30 especies de vertebrados terrestres en las 8 cámaras activas durante el muestreo. La mayor riqueza de especies se obtuvo en las cámaras 7 y 8, con aproximadamente 22 especies (Figura 3). La menor riqueza se registró en las cámaras 3 y 4, con aproximadamente 7 especies. Los resultados obtenidos de riqueza no son representativos de lo que ocurre en todo el SNHRM. La riqueza taxonómica de Mammalia en el humedal del SNHRM comprende al menos 24 especies, distribuidas en 7 órdenes, 13 familias y 20 géneros (UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE, 2022). Esto considera las especies introducidas y no considera especies de aves. Dada esta información de la línea de base, los resultados obtenidos no muestran la riqueza representativa del santuario. Esto puede deberse a la distribución de las cámaras. Gran parte de ellas se encuentran en un mismo ecosistema (Figura 1), el cual no es igual en todo el humedal. Tener otra distribución de las cámaras podría contribuir a mostrar de forma más representativa la riqueza total del SNHRM.

Se calculó la abundancia relativa de cada especie observada en el muestreo (Figura 4). La especie con mayor abundancia relativa fue el Conejo europeo, con un 35%. La siguiente especie con mayor abundancia relativa fue el Zorzal, con aproximadamente un 28%. Los resultados obtenidos indican una gran presencia de Conejo europeo y Zorzal en el SNHRM. Como se mencionó anteriormente las cámaras no están posicionadas de forma representativa del SNHRM (Figura 1) donde gran parte de las cámaras se encuentra cerca del mismo ambiente (Bosque de Myosporo) lo que podría indicar la gran abundancia relativa de Conejo europeo y Zorzal. A pesar de esto, es relevante considerar medidas para el manejo del Conejo europeo, que es una especie exótica invasora en el país y puede afectar al ecosistema del SNHRM (Jaksic & Castro, 2014).

Dentro de los análisis exploratorios se realizó un gráfico de la presencia de especies en el periodo de estudio (Figura 5). Este resultado mostró que ciertas especies se mostraban más activas durante todo el muestreo que otras frente a las cámaras. Las especies destacadas fueron Conejo europeo, Zorzal, Perro y Gato doméstico y Zorro chilla. Para este informe se analizarán en profundidad el Zorro Chilla, el Perro y Gato doméstico.

El índice de actividad de Zorro Chilla muestra una gran actividad en las cámaras 4, 6 y 7 con un valor entre 0,226 a 0,256 (Figura 6). Estas cámaras se encuentran cerca de caminos y cruzando el santuario lo cual puede dar un indicio de los sectores por el cual se mueve el Zorro Chilla. Por otro lado, se observó un aumento en la cantidad de eventos (Figura 8), la cual muestra que durante los meses de junio a abril hubo un aumento de eventos, con hasta 54 registros de Zorro Chilla en el mes de enero. *Lycalopex griseus* suele ser un organismo solitario durante los meses de marzo a julio, hasta que comienza su periodo reproductivo, el cual perdura de agosto a septiembre (IUCN & SSC Canid Specialist Group, 2004). Dentro de las imágenes obtenidas en las cámaras trampa se observaron juveniles durante el periodo de enero a marzo (Anexo 3), lo cual explicaría el aumento en los eventos por parte de este animal. Cabe destacar que, posterior al periodo reproductivo, el macho y la hembra se quedan juntos hasta que los juveniles alcancen la madurez sexual, que es después de 1 año (IUCN & SSC Canid Specialist Group, 2004). Es por esto que también se registraron imágenes con más de 1 individuo durante este periodo (Anexo 4).

Los patrones de actividad de Zorro Chilla suelen variar. La bibliografía indica que este suele tener hábitos crepusculares (Parque Cordillera, n.d.) pero como su alimentación es oportunista, es decir, no tiene una dieta restringida y se alimenta de lo que pueda encontrar, este también se puede ver de día (IUCN & SSC Canid

Specialist Group, 2004). Los resultados obtenidos observados en la Figura 7 indican que el Zorro Chilla tiene actividad crepuscular en el SNHRM donde se le ve activo desde las 22:00hrs a las 5:00am aproximadamente. Puede que su actividad se vea restringida a estos horarios dada la presencia de Perro doméstico, esto se discutirá más adelante.

En comparación con el Zorro Chilla, el índice de actividad del Perro doméstico alcanzó un máximo entre 0.0984 y 0.1121 en las cámaras 3 y 4 (Figura 9). Estas cámaras están ubicadas en un sector con acceso a la playa, lo que sugiere que los perros podrían ingresar al santuario desde esa zona. Aunque el índice es bajo, las imágenes mostraron consistentemente los mismos individuos, lo cual es preocupante (Anexo 5). Esto se puede observar en la Figura 11, donde los eventos no descendieron de 5, alcanzando un máximo durante los meses de octubre, febrero y abril, con 23 y 21 eventos registrados, respectivamente. La constante actividad y presencia en todas las cámaras del perro doméstico es preocupante, ya que su presencia en los ecosistemas naturales también afectaría la riqueza y abundancia de otras especies, especialmente de las aves, alterando su comportamiento (Bravo-Naranjo et al., 2019).

Otro dato preocupante es el periodo de actividad del Perro doméstico (Figura 10). Este se muestra activo durante gran parte del día desde las 8:00am hasta las 18:00pm. Si se compara la actividad del Zorro (Figura 13) se obtiene un Dhat de 0.64, que indicaría un alto solapamiento en las actividades de ambas especies. En particular, los perros han sido considerados una causa de mortalidad y desplazamiento para especies como el Pudú (*Pudu puda*), el Huemul (*Hippocamelus bisulcus*), el Guanaco (*Lama guanicoe*) y las tres especies de zorro (*Lycalopex culpaeus*, *L. griseus*, *L. fulvipes*) (Svensson Hagwall, 2022). Como ambas especies son depredadores se podría generar una competencia por la alimentación además de un desplazamiento y aumento en la mortalidad para Zorro Chilla. Es por esto que se deben tomar medidas con respecto a la tendencia responsable de perros doméstico. Esto es de suma importancia, debido a que como se mencionó anteriormente, los individuos registrados en las cámaras suelen ser los mismos (Anexo 5).

Dentro de los análisis realizados, se estudió la cantidad de eventos y el periodo de actividad del Gato doméstico (Figura 12 y Anexo 6). Los resultados obtenidos muestran un total de 70 eventos, los cuales son muy bajos en comparación con el Zorro y el Perro doméstico. Es por esto que se decidió no abundar en profundidad en un análisis de Gato doméstico. A pesar de esto, es importante destacar que, al igual que el Perro doméstico, los Gatos afectan a la biodiversidad de aves en el humedal, siendo una de las especies exóticas invasoras más incidentes para este ecosistema (Maldonado Aravena & Díaz-Vega, 2022).

Finalmente, se realizó una comparación entre especies nativas y exóticas⁴. Se observa en la Figura 14 la riqueza y frecuencia de especies nativas y exóticas. También es interesante analizar en la Figura 15 la riqueza de especies nativas y exóticas en el tiempo. Las especies exóticas suelen ser las mismas durante todo el año y varían muy poco en comparación con las especies nativas.

Es importante comprender la diferencia entre una especie nativa con una especie exótica invasora. Las especies nativas son todas aquellas especies cuyo rango originalmente pertenece a un área determinada. En cambio, una especie exótica invasora es aquella presente en una región a la que ha arribado, y que no corresponde a su rango de distribución original donde además produce un efecto negativo al ecosistema (Jaksic & Castro, 2014). Las especies exóticas invasoras suelen aumentar su población al momento de asentarse en el nuevo rango de distribución generando un cambio en la biodiversidad local.

Actualmente, existe una mayor riqueza de especies nativas que exóticas, pero una mayor frecuencia de especies exóticas que nativas. A pesar de tener una mayor riqueza, es preocupante que la frecuencia de especies exóticas sea mayor. Las especies exóticas que se encontraron en el muestreo son Perro y Gato

⁴ Especie exótica se define como aquella especie presente en una región a la que ha arribado, y que no corresponde a su rango de distribución original (Jaksic & Castro, 2014).

doméstico, Liebre (*Lepus europaeus*), Conejo europeo y Vaca domestica (*Bos taurus*). Estas especies son consideradas exóticas invasoras por lo que, como se mencionó anteriormente, cambian la diversidad local donde se asientan. Este dato es preocupante porque no se conoce el efecto negativo que pueden estar produciendo en el SNHRM y se recomienda tomar medidas a futuro para cambiar y disminuir la frecuencia de estas especies.

Proyecciones

Una de las principales proyecciones del muestreo es realizar un cambio en las ubicaciones de las cámaras trampa. Actualmente, las cámaras se encuentran ubicadas de forma aleatoria en base a avistamientos previos de diversos animales. Esto produjo que varias cámaras quedaran juntas y, a su vez, tres cámaras quedaron fuera del polígono del santuario. Por esta razón, se plantea redistribuir las cámaras para que queden más distribuidas y, de esta forma, los resultados obtenidos sean más representativos de lo que ocurre en el SNHRM.

Teniendo esto en cuenta, se planea mantener 8 de las 10 cámaras fijas para no alterar el muestreo. Las dos restantes se reservarán para ser utilizadas en ocasiones especiales, como el anidamiento de aves o el periodo reproductivo de zorros. Las cámaras también se colocarían de forma aleatoria, pero con una distancia que permita abarcar más espacio de muestreo (Anexo 7).

Por otro lado, el periodo de estudio no alcanzó a cumplir el año completo, por lo que sería interesante analizar los datos después de un año. Al obtener datos anuales, se podría analizar la abundancia, frecuencia y riqueza de las especies durante las distintas estaciones, donde se suelen observar cambios. Además, al contar con más datos, se podría analizar la actividad de otros vertebrados que pueden ser interesantes para el manejo del SNHRM.

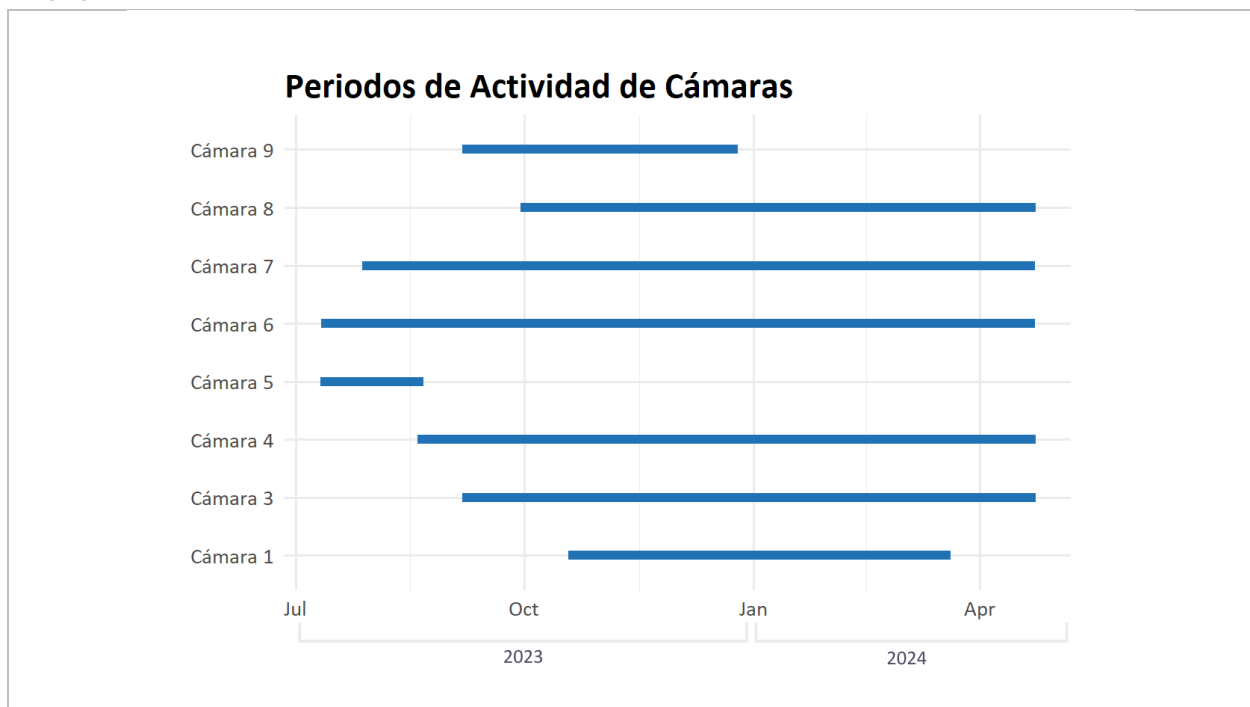
Finalmente, las cámaras generan mucho material visual que puede ser utilizado para difundir información científica respecto a la tenencia responsable de perros y gatos, así como también para mostrar a la comunidad las diversas especies que habitan el santuario.

Bibliografía

- Bravo-Naranjo, V., Jiménez, R. R., Zuleta, C., Rau, J. R., Valladares, P., & Piñones, C. (2019). Selección de presas por perros callejeros en el humedal Estero Culebrón (Coquimbo, Chile). *Gayana (Concepción)*, 83(2), 102–113. <https://doi.org/10.4067/S0717-65382019000200102>
- CONAF, MMA, & ONU Medio Ambiente. (2021). Manual de uso de Trampas Cámara para el monitoreo de carnívoros nativos y exóticos. In *ONU Medio Ambiente*.
- Fundación Cosmos. (2024, May 23). *Fundación Cosmos*.
- Galvez, N., Bañales Seguel, C., & Schuttler, S. (2019). *Guía Monitoreo Escolar Fauna Silvestre Fototrampeo 2019*.
- IUCN, & SSC Canid Specialist Group. (2004). *Canids: Foxes, Wolves, Jackals and Dogs* (Sillero-Zubiri Claudio, W. Macdonald David, & Hoffmann Michael, Eds.).
- Jaksic, F., & Castro, S. (2014). *Invasiones biológicas en Chile: Causas globales e impactos locales*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, 526 pp.
- M. SMITH, T., & SMITH, R. L. (2007). *Ecología* (Miguel Martín-Romo, Ed.; 6th ed., Vol. 6). PEARSON EDUCACIÓN.

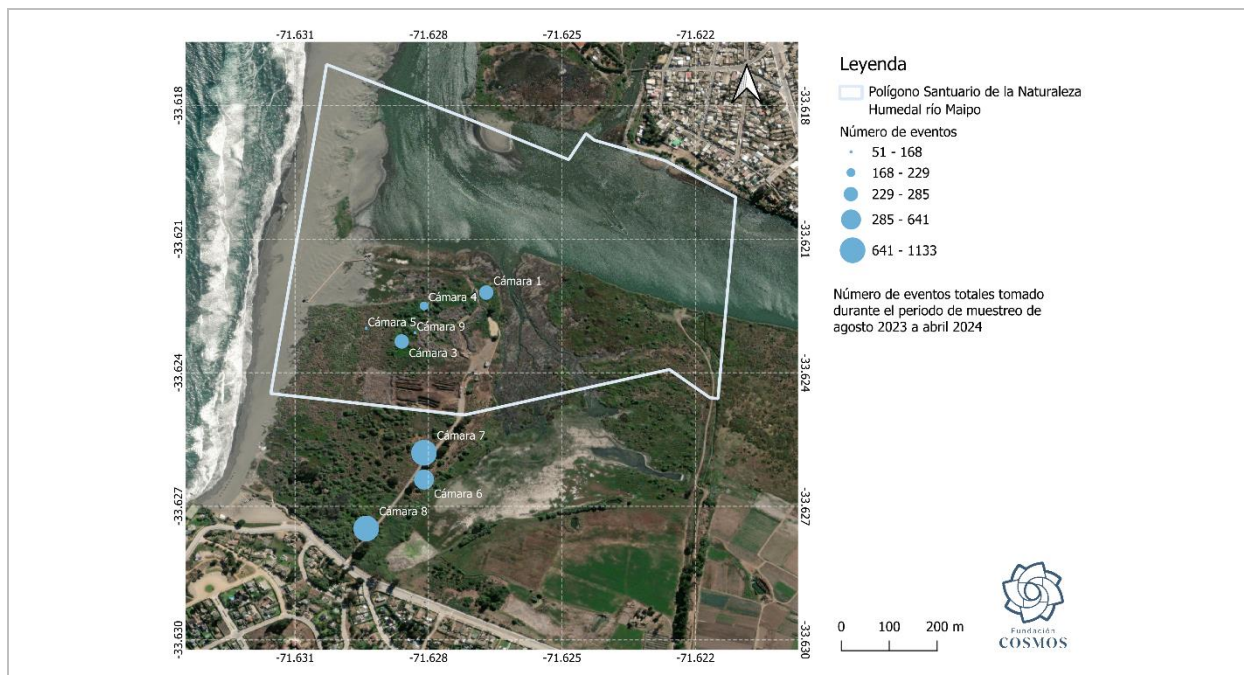
- Maldonado Aravena, P., & Díaz-Vega, R. I. (2022). El indiscutible impacto de los gatos no supervisados. *La Chiricoca*, 28, 117–124. <https://www.lachiricoca.cl/wp-content/uploads/2022/09/15.-LaChiricoca28-2-Gatos.pdf>
- Mariano de la Maza, & Cristián Bonacic. (2013). *Manual para el Monitoreo de Fauna Silvestre en Chile* (C. Bonacic & M. de la Maza, Eds.). Pontificia Universidad Católica .
- MMA. (2020). Declara Santuario de la Naturaleza Humedal Río Maipo. *Diario Oficial de La República de Chile*, N° 42.701.
- Parque Cordillera. (n.d.). Zorro Chilla. In *Curriculum Nacional* (p. 61).
- Silverman, B. W. (2018). *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*. Routledge. <https://doi.org/10.1201/9781315140919>
- Svensson Hagwall, G. (2022). Tenencia irresponsable de perros y su impacto sobre la fauna nativa de Chile. *La Chiricoca*, 28, 107–116. <https://www.lachiricoca.cl/wp-content/uploads/2022/09/14.-LaChiricoca28-2-Perros.pdf>
- UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE. (2022). *LICITACIÓN ID 3243-20-LP20 DIAGNOSTICO PLAN DE MANEJO DEL HUMEDAL RIO MAIPO*.
- Universidad Austral de Chile. (2022). *PLAN DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DEL SANTUARIO DE LA NATURALEZA HUMEDAL DEL RÍO MAIPO*.
- Young, S., Rode-Margono, J., & Amin, R. (2018). Software to facilitate and streamline camera trap data management: A review. *Ecology and Evolution*, 8(19), 9947–9957. <https://doi.org/10.1002/ece3.4464>

Anexo



Anexo 1: “Gráfico de periodos de actividad de cámaras trampa durante agosto de 2023 a abril de 2024”. Las barras azules indican el tiempo en que cada cámara estuvo tomando registros. Las cámaras 2 y 10 no se presentan en el grafico dado que estaban configuradas para grabar video por lo que no se tomaron para

el análisis. Las cámaras 5 y 9 tuvieron una menor actividad durante el periodo de muestreo, mientras que la cámara 6 se mantuvo activa durante todo el periodo de muestreo.



Anexo 2: “Mapa de eventos por cámara en el SNHRM”. Se muestra el polígono del SNHRM con la ubicación de las cámaras trampa. Los puntos azules de distintos tamaños indican el número de eventos registrados por cada cámara durante el periodo de agosto de 2023 a abril de 2024. Las cámaras 6, 7 y 8 registraron un mayor número de eventos, con un máximo de 1133 secuencias tomadas, mientras que las cámaras 4, 5 y 9 registraron un menor número de eventos, con un mínimo de 51 secuencias tomadas.



