



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES

ROL DE LAS AVES COMO COMPONENTE CENTRAL DE LAS BIOFONÍAS
DEL BOSQUE CADUCIFOLIO DE LA CIUDAD DE CONCEPCIÓN,
REGIÓN DEL BIOBÍO, CHILE

Proyecto de Título presentado a la Facultad de Ciencias Forestales de la
Universidad de Concepción para optar al título profesional de
Ingeniera en Conservación de Recursos Naturales

POR: América Marlene Badilla Alarcón

Profesor Guía: José Cristóbal Pizarro Pinochet

Concepción, Chile 2023

© 2023

América Marlene Badilla Alarcón

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento

ROL DE LAS AVES COMO COMPONENTE CENTRAL DE LAS BIOFONÍAS DEL
BOSQUE CADUCIFOLIO DE LA CIUDAD DE CONCEPCIÓN, REGIÓN DEL
BIOBÍO, CHILE



Profesor Guía

José Cristóbal Pizarro Pinochet

Profesor Asistente
Médico Veterinario; Ph.D.



Profesor Guía

Heraldo Norambuena Ramírez

Profesor Asociado
Biólogo Gestión de Recursos Naturales, Dr.

Calificación del Proyecto de Título:

José Cristóbal Pizarro: 6,5 (seis coma cinco)

Heraldo Norambuena Ramírez: 6,5 (seis coma cinco)

DEDICATORIA

Dedicada a mi mamá Luz y a mi amiga y colega de yoga Constanza.

AGRADECIMIENTOS

A mi amigo Braulio, por su apoyo y buena disposición en ayudarme con la redacción.

A mis amigas sociólogas, Tefi y Valentina por siempre darme consejos de metodología científica.

A la Cami Sandía por su ayuda en arcgis.

A mi compañero de movimiento Roi, por cuidar de mi salud física y mental.

A mis profes por permitirme participar con mi tema de investigación en el congreso de Ornitología en Valdivia, sin duda la experiencia más significativa en este proceso.

A mis amigos del “System” y los “Chanchitos” que me compartieron su experiencia y brindaron siempre su ayuda.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGÍA.....	5
2.1 Descripción del área de estudio.....	5
2.2 Selección sitios de muestreo.....	6
2.3 Monitoreo acústico pasivo.....	7
2.4 Grabación e instalación de equipos	7
2.5 Elaboración de la base de datos e identificación semiautomatizada	8
III. RESULTADOS.....	11
3.1 Identificación de las especies de aves y frecuencia relativa de sus vocalizaciones	11
3.2 Frecuencia de actividad vocal otros taxones	16
3.3 Frecuencia de actividad por hora y rangos horarios.....	16
3.3.1 Frecuencia por hora de actividad de aves.....	16
3.3.2 Frecuencia por hora de las especies más comunes de aves en las tres coberturas	17
3.3.3 Frecuencia por hora de otros taxones	19
3.3.4 Rango horario de actividad vocal de las aves por cobertura	22
3.3.5 Rango horario otros taxones.....	24
IV. DISCUSIÓN	25
4.1 Biofonías y restauración ecológica.....	27
4.2 Biofonías y restauración de la salud de las personas.....	29
4.3 Biofonías y bienestar cultural.....	32
V. CONCLUSIÓN	34
VI. BIBLIOGRAFÍA	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de registros sonoros obtenidos por 24 especies de aves nativas del predio el Fundo la Cantera y el Guindo de la Universidad de Concepción, por distintos tipos de cobertura (bosque nativo, quebrada y plantación)	13
--	----

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Mapa de la ubicación de los puntos de muestreo del estudio en Concepción, Región del Biobío, específicamente en predio Fundo la Cantera y el Guindo de la Universidad de Concepción, Chile.....	7
Figura 2. La herramienta concordancia de patrones (<i>pattern matching</i>) reconoce objetos de sonido mediante un análisis de correlación cruzada identificando la presencia de patrones similares en otros archivos de audio.....	9
Figura 3. Sonogramas de las vocalizaciones obtenidas del 90% de la contribución a la frecuencia de las aves registradas en toda el área de estudio, Fundo la Cantera y el Guindo de la Universidad de Concepción.....	12
Figura 4. Frecuencia de registros vocales de aves presentes en los tres tipos de coberturas estudiadas en el Fundo la Cantera y el Guindo de la Universidad de Concepción.....	15
Figura 5. Frecuencia de la actividad vocal total de las aves por horas del día en los tres tipos de coberturas estudiadas (bosque nativo, quebrada y plantación) en el predio el Fundo la Cantera y el Guindo de la Universidad de Concepción.....	17
Figura 6. Actividad vocal por hora de las aves correspondiente al 90% más frecuentes en los tres tipos de coberturas estudiadas en el predio el Fundo la Cantera y el Guindo de la Universidad de Concepción.....	18
Figura 7. Actividad vocal por hora correspondiente a anfibios en solo dos tipos de coberturas estudiadas en el predio el Fundo la Cantera y el Guindo de la Universidad de Concepción.....	19
Figura 8. Actividad vocal por hora correspondiente a perros presentes en los tres tipos de coberturas estudiadas en el predio el Fundo la Cantera y el Guindo de la Universidad de Concepción.....	21
Figura 9. Rango de actividad vocal de las especies más contribuyentes al paisaje biofónico de las aves en el predio Fundo la Cantera y el Guindo de la Universidad de Concepción.....	23

RESUMEN

Las vocalizaciones de las aves son biofonías relevantes dentro del paisaje sonoro, con implicancias para el bienestar humano y la conservación de múltiples ambientes. El presente estudio analiza el rol de las aves como componente biofónico del paisaje periurbano del Fundo la Cantera y el Guindo, Universidad de Concepción, que incluye remantes de bosques caducifolios, quebradas con vegetación mixta y plantaciones forestales que dominan su matriz. Para obtener los registros sonoros se empleó el método de monitoreo acústico pasivo, utilizando dispositivos de grabación AudioMoth en ocho puntos de muestreo, cinco en bosque nativo, dos en quebradas y uno en una plantación forestal, durante noviembre y diciembre del 2021. Se analizaron 7.963 archivos de 1 minuto usando el software Arbimon para la identificación de las especies y la generación de una base de datos para determinar los patrones de actividad sonora de las aves y, la frecuencia de registros y su distribución en determinados rangos horarios. Siete especies contribuyeron al 90% de la frecuencia de aves registradas, siendo estas, en orden de mayor a menor contribución, *Scelorchilus rubecula*, *Elaenia albiceps*, *Eugralla paradoxa*, *Aphrastura spinicauda*, *Sephanoides sephanioides*, *Patagioenas araucana* y *Turdus falcklandii*. En el bosque nativo, *Scelorchilus rubecula* fue la más frecuente, con mayor actividad durante la mañana (07:00 a 12:00), al igual que en las quebradas, seguida por *E. albiceps*, con mayor actividad durante la madrugada (01:00 a 06:00). En la plantación, *E. albiceps* registró la mayor frecuencia durante la mañana y la madrugada. En los tres ecosistemas estudiados, la actividad vocal nocturna fue mínima (20:00 a 00:00). Evidenciamos el rol de las aves residentes y migratoria en las biofonías y discutimos el potencial terapéutico del sonido de las aves en distintos ecosistemas y rangos horarios de máximo beneficio. Tanto la planificación territorial como la restauración del bosque nativo y quebradas con humedales periurbanos son fundamentales para que las personas puedan acceder a los beneficios terapéuticos de paisajes sonoros con altas biofonías de aves y contrarrestar la contaminación acústica de las ciudades. Esta investigación respalda la necesidad de considerar a las aves y sus vocalizaciones en la planificación y gestión ambiental, y fomentar la apreciación y conservación de las biofonías en la región.

ABSTRACT

Bird vocalizations are relevant biophonies within the soundscape, with implications for human welfare and the conservation of multiple environments. This study analyzes the role of birds as a biophonic component of the peri-urban landscape of the Fundo la Cantera y el Guindo, Universidad de Concepción, which includes remnants of deciduous forests, ravines with mixed vegetation and forest plantations that dominate its matrix. To obtain the sound records, the passive acoustic monitoring method was used, using AudioMoth recording devices at eight sampling points, five in native forest, two in ravines and one in a forest plantation, during November and December 2021. A total of 7,963 1-minute files were analyzed using Arbimon software for species identification and the generation of a database to determine the sound activity patterns of the birds and the frequency of recordings and their distribution in certain time ranges. Seven species contributed to 90% of the frequency of birds recorded, these being, in order of highest to lowest contribution, *Scelorchilus rubecula*, *Elaenia albiceps*, *Eugralla paradoxa*, *Aphrastura spinicauda*, *Sephanoides sephaniodes*, *Patagioenas araucana* and *Turdus falcklandii*. In the native forest, *Scelorchilus rubecula* was the most frequent, with greater activity during the morning (07:00 to 12:00), as well as in the ravines, followed by *E. albiceps*, with greater activity during the early morning (01:00 to 06:00). In the plantation, *E. albiceps* recorded the highest frequency during the morning and early morning. In the three ecosystems studied, nocturnal vocal activity was minimal (20:00 to 00:00). We demonstrate the role of resident and migratory birds in biophonies and discuss the therapeutic potential of bird sound in different ecosystems and time ranges of maximum benefit. Both land-use planning and restoration of native forest and streams with peri-urban wetlands are essential for people to access the therapeutic benefits of soundscapes with high bird biophonies and to counteract urban noise pollution. This research supports the need to consider birds and their vocalizations in environmental planning and management, and to foster the appreciation and conservation of biophonies in the region.

I. INTRODUCCIÓN

El paisaje sonoro forma parte inherente del medio ambiente, de los elementos y la vida natural. Además, constituye un indicador de la salud de los ecosistemas ya que su estudio puede revelar los factores que causan degradación y destrucción en la naturaleza, así como también información sobre comunidad biológica presente, destacando la biodiversidad de un paisaje. Para el ser humano esta información se convierte en una potencial herramienta para gestionar adecuadamente el territorio y el bienestar humano (Molina *et al.* 2013).

El concepto paisaje sonoro, fue propuesto por el ambientalista canadiense Raymond Schafer (1994), quien lo define como “*la suma de todos los sonidos presentes en un ambiente*”, reconociendo que los sonidos son propiedades ecológicas de los paisajes, refiriéndose a estos paisajes como “*las características acústicas de un área que reflejan los procesos naturales*” (Schafer 1977). El complejo arreglo de los sonidos biológicos se conoce como "biofonías", que se unen a otros sonidos ambientales creados por procesos abióticos o "geofonía", que incluye el sonido de los cursos de agua, el viento, la lluvia, los truenos y otros fenómenos meteorológicos. También, al paisaje sonoro se agregan las "antropofonías" que provienen de las actividades de los seres humanos (Pijanowski *et al.* 2011). Algunos autores han planteado que los seres humanos se conectan con los ecosistemas y la naturaleza mediante los paisajes sonoros, lo cual puede ocurrir a nivel material, experiencial, cognitivo, emocional y filosófico (Feld 2012). A su vez, se ha comprobado que la experiencia de los sonidos naturales conecta afectiva y significativamente a las personas con los lugares naturales (Pijanowski *et al.* 2011).

En los entornos urbanos se puede encontrar distintos tipos de fuentes sonoras provenientes del sector económico, industrial, del transporte (aéreo, ferroviario y vehicular) y del sector comunitario (Gozalo *et al.* 2020). En las últimas décadas la contaminación ambiental por ruido ha tomado mayor relevancia, debido a los efectos negativos producidos en el creciente número de personas expuestas a grandes niveles de ruidos (SINIA 2021). En

estos paisajes se produce una baja fidelidad acústica que vuelve difícil distinguir con claridad los sonidos e identificar la fuente de origen. Este fenómeno era denominado por Schafer como *Bruma Sonora*, presente principalmente en los sectores urbanos. La bruma sonora reduce el silencio, las condiciones mínimas de reflexión y escucha (Fortuna 2009). En una publicación de la *World Health Organization*, se manifiesta que el ruido ambiental puede producir efectos como: interferencia en la comunicación, perturbación del sueño, afecciones psicofisiológicas (como el estrés), efectos en la salud mental, en el rendimiento de tareas y actividades productivas y en el comportamiento social. Por otro lado, la exposición prolongada y elevada de ruidos ambientales puede ocasionar una pérdida auditiva (Berglung y Lindvall 1995).

La contaminación ambiental proviene principalmente del tráfico de las vías urbanas (Gozalo *et al.* 2020). Esto ocasiona impactos negativos sobre la fauna silvestre, principalmente en la comunicación acústica ya que altera el ambiente de transmisión y distorsiona el contenido de las señales, por lo que las especies deben utilizar mecanismos compensatorios (Rivas *et al.* 2016). Así mismo, el ruido de tráfico puede ocasionar cambios en la composición, abundancia y patrones de ocupación de especies de aves (Goodwin *et al.* 2011), provocando el abandono de las zonas ruidosas. Lo anterior mencionado concuerda con lo observado en Popayán, Colombia, donde la biofonía dominante en los parques urbanos se deja de percibir en la medida que la actividad humana aumenta, obligando algunas especies de aves a alejarse hacia el interior del bosque para evitar los efectos negativos del ruido de la carretera (Grijalba 2021). Además de la contaminación acústica, la biofonía de las aves se pueden ver afectada por la estructura del hábitat. Calderón (2022) realizó un estudio de cinco especies de rinocriptidos en el bosque del centro sur de Chile que habitan ambientes contrastantes en un área urbana y encontró diferencias en las vocalizaciones de una especie al comparar áreas bosque nativo y plantación forestal con presencia de *Pinus radiata* y *Eucalyptus*. Menciona que, en plantación las vocalizaciones demandan más gasto energético, y al ser más fuertes, estas perjudicarían el éxito reproductivo.

Por lo anterior, resulta interesante el estudio de las biofonías de las aves en zonas periurbanas, la cual se centra en los cantos producidos por las especies en determinado ecosistema, compuestos por patrones diversos según latitud, estación y las horas del día, utilizando la acústica como herramienta de investigación para comprender los procesos que afectan la biodiversidad de un entorno (García *et al.* 2022). Es necesario recopilar información sobre las composiciones, estructuras y actividades acústicas de la fauna (biofonía), y analizar su relación con diversas variables del ecosistema. Este tipo de investigación se facilita por los avances en el monitoreo acústico automatizado, que tornan factible el uso de dispositivos de grabación portátiles y asequibles, permitiendo cuantificar la biodiversidad a lo largo de un ecosistema y demostrar los cambios que ocurren en el espacio y en el tiempo (Gibb *et al.* 2019).

Un ambiente sonoro saludable debería promover la salud, la interacción social y proporcionar un bienestar físico, mental y social a toda la comunidad (Gjestland 2002), dado que la calidad de vida urbana no se determina sólo desde las dimensiones sociales, espaciales o económicas, sino también de la calidad del agua, el aire y desde la calidad sonora del paisaje (Pulido 2015). Diversas investigaciones han encontrado que los sonidos naturales a menudo están relacionados con estados afectivos de placer y relajación como son los cantos de las aves (biofonía) que, se considera a menudo como entornos naturales agradables y tranquilos (Ratcliffe 2021).

En los sectores urbanos es posible encontrar paisajes que no han sido influidos totalmente por los avances negativos del desarrollo urbano, los cuales podrían ser preservados como espacios integrados a la dinámica urbana mediante la conservación (Rodríguez *et al.* 2015). Sin embargo, con el aumento de la urbanización y la densidad humana, múltiples áreas han perdido sus sonidos naturales por efecto de la contaminación acústica por acción antrópica. Esto afecta al paisaje sonoro que compone el bosque nativo, en específico, a las biofonías de las aves del Fundo la Cantera y el Guindo, ubicada en las adyacencias de la Universidad de Concepción el cual destaca como fragmento de área natural inversa en una

matriz urbanizada que puede ser potenciado como corredor biológico con otros parches del gran concepción y además tiene un alto potencial de sendero educativo, pues es un espacio utilizado por estudiantes y académicos para fines recreativos, educativo y deportivo. Por lo anterior la conservación es elemental para mantener el ciclo de vida de las especies y, en consecuencia, contar con espacios acústicamente equilibrados con sonidos potencialmente beneficiosos para la salud humana y para la biodiversidad.

La presente investigación tiene como finalidad generar conocimiento en torno a los patrones de actividad sonora de las aves que componen la biofonía del Fundo la Cantera y el Guindo, para sus tres coberturas: bosque nativo, quebrada y plantación forestal de *Eucalyptus globulus*, la pregunta de investigación explora cuáles son los patrones de las vocalizaciones de las aves presentes en el bosque caducifolio del Fundo la Cantera y el Guindo. Se describieron los patrones de actividad de las aves a través de la grabación de sonidos de tres coberturas periurbanas, bosque nativo, plantación y quebrada en el Fundo Cantera y el Guindo, identificando las especies de aves y la frecuencia relativa de sus vocalizaciones. Con esto se describieron los patrones de actividad vocal diaria de las aves para cada cobertura; y se exploraron las potenciales implicancias para el manejo de los ecosistemas avifaunísticos y posibles usos alternativos para la conservación y el bienestar humano usando las biofonías del paisaje.

II. METODOLOGÍA

2.1 Descripción del área de estudio

El estudio fue realizado en la región del Biobío, Chile, en el Fundo la Cantera y el Guindo, ubicado al sur oriente del Barrio Universitario de la Universidad de Concepción. Este Fundo forma parte de los cerros con vegetación naturalizada ubicados adyacentes al área urbana de Concepción, la cual incluye barrios emblemáticos como Agüita de la Perdiz, Lo pequén y el Parque Metropolitano Cerro Caracol (DIA Loteo Fundo la Cantera y el Guindo, 2011) (Figura 1). El fundo corresponde a un fragmento de área natural inmersa en una matriz urbana, donde se realizan diversas actividades humanas, particularmente relacionadas a la universidad, tales como actividades docentes, culturales, paseos educativos, prácticas recreacionales y deportivas al aire libre (Pizarro *et al.* 2019).

Concepción presenta un clima mediterráneo de lluvia invernal, con una temperatura media anual cercana a los 13,4°C. Las precipitaciones anuales alcanzan un aproximado de 808,8mm (Reporte climático 2020). Sus suelos provienen de distintos materiales parentales asociados a la geomorfología de la Cordillera de la Costa y a la serie de suelo San Esteban (Stolpe 2006), con pendientes medias y fuertes (35-100%), cordones amesetados, laderas y quebradas, a su vez, este sector se encuentra fuertemente erosionado por usos históricos agrícolas y recientemente por plantaciones forestales de pino y eucaliptus (DIA, Loteo Fundo la Cantera y el Guindo 2011). El principal sistema fluvial del área es el Estero Cárcamo (3,2 km), red hídrica de primer y segundo orden, de régimen pluvial y sequía estival. Además del curso principal, existen pequeños afluentes y microcuencas que drenan hacia el Barrio Universitario. Cabe señalar, que en esta cuenca habitan especies endémicas como el Cangrejo Tigre (Valdovinos 2019). Tanto el predio como la cuenca se encuentran fuertemente intervenidos por la urbanización y la actividad forestal (Valdovinos 2019). En cuanto a la vegetación, el paisaje se encuentra dominado por plantaciones forestales y a relictos de bosque nativo, zonas de protección de quebradas y cursos de agua. Cabe destacar, que hace muchos años se desarrolló la explotación

forestal de extracción de madera para leña en el predio, principalmente en los cordones semi amesetados y en la mayor parte de las laderas (DIA PACYT 2009). Las especies arbóreas exóticas son *Eucaliptus globulus* y *Pinus radiata*. Las especies nativas dominantes de bosque y sotobosque corresponden a *Nothofagus obliqua*, *Peumus boldus*, *Cryptocarya alba*, *Chusquea quila* (Valdovinos 2019). Además, la construcción de caminos y edificaciones, canalización de cursos de agua, la deforestación y el reemplazo del bosque nativo por plantaciones forestales han fragmentado el paisaje, lo que intensifica su fragilidad y vulnerabilidad ante las acciones humanas.

Según Luebert y Pliscoff (2017), en el fundo se encuentra el piso vegetacional Bosque esclerófilo mediterráneo costero de *Lithrea caustica* - *Azara integrifolia*, el cual se encuentra caracterizado por influencia oceánica, con presencia de elementos del bosque caducifolio maulino. Algunas de las especies presentes en este piso son las leñosas *Lomatia hirsuta*, *Rosa rubiginosa*, *Sophora macrocarpa* y *Myrceugenia obtusa* y de las epífitas *Bomarea salsilla*, *Lardizabala biternata* y *Proustia pyrifolia*, además, la clasificación de estado de ecosistema crítico (CR) según la UICN que cuenta con la región de O'Higgins, Maule, Biobío, Ñuble.

2.2 Selección sitios de muestreo

Los puntos de muestreo fueron seleccionados por datos secundarios del Laboratorio de Ecología de Paisaje de la Universidad de Concepción, con el fin de monitorear las aves en ambientes contrastantes. El área se diferenció en: bosque nativo, quebrada y plantación (Figura 2), estableciendo cinco puntos de bosque nativo, dos puntos de quebrada y uno de plantación. La revisión se realizó en dos rangos de fechas: del 26 de noviembre al 1 de diciembre y del 10 al 15 de diciembre del 2021.

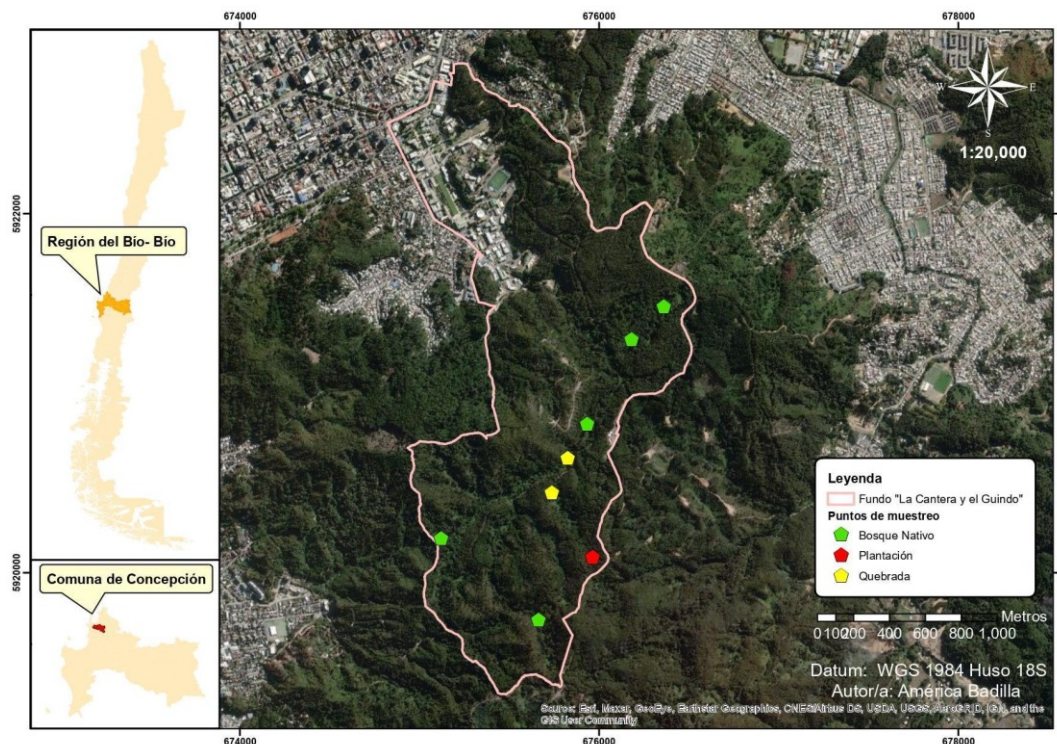


Figura 1. Mapa de la ubicación de los puntos de muestreo del estudio en Concepción, Región del Biobío, específicamente en predio Fundo la Cantero y el Guindo de la Universidad de Concepción, Chile. Puntos emplazados en bosque nativo (pentágono verde), puntos emplazados en quebrada (pentágono amarillo) y puntos emplazados en plantación (Pentágono rojo).

2.3 Monitoreo acústico pasivo

El método empleado fue el monitoreo acústico pasivo, por ser una “*metodología de trabajo eficiente y no invasiva para estudiar poblaciones y comunidades de fauna silvestre*” (Gibb *et al.* 2019). Este método consiste en la instalación de una determinada cantidad de grabadoras programadas para hacer registros sonoros en una extensión de territorio.

2.4 Grabación e instalación de equipos

El instrumento que se utilizó para los registros acústicos fue AudioMoth v1.2.0,

dispositivo de pequeño tamaño (58 x 48 x 15 mm) capaz de grabar a frecuencia de muestreo de hasta 384 kHz y es capaz de grabar audio sin comprimir en una tarjeta microSD que se alimenta de tres pilas AA (Open Acoustic Devices 2020).

El equipo se programó para grabar en 60 segundos y una pausa de 840 segundos, generando 96 archivos por día. Se cubrió con un envoltorio plástico para proteger el dispositivo de la lluvia y la humedad, de esa forma fueron adheridas con cinta adhesiva en los árboles a una altura entre 1,50 a un 1,80 m. aproximadamente. Además, resulta necesario cautelar que cuando la actividad sonora se encuentra lejos del receptor la calidad de la señal se ve afectada.

2.5 Elaboración de la base de datos e identificación semiautomatizada

El procedimiento en detalle consistió en la elaboración de una base de datos Excel con la información de los archivos de sonidos, ordenándolos por puntos de monitoreo y fechas de grabación. Luego se contabilizaron los archivos de los días que tenían los 96 minutos de grabación para evaluar los días exactos que cumplen con las grabaciones correctas, ya que suelen ocurrir problemas de grabación, sea por baterías o fallos por efecto de la humedad. Cabe señalar que, por la disponibilidad de los sitios para la instalación de equipos, no fue posible desarrollar un muestreo equitativo con la misma cantidad de sitios por cada una de las coberturas. Además, se seleccionaron algunos rangos de fechas para el análisis, pues la instalación de dispositivos fue realizada entre periodos de cuarentenas, producto de la pandemia de COVID 19, donde muchos de los instrumentos dejaron de grabar perdiendo información.

Se creó un proyecto con los archivos seleccionados (26 de noviembre al 1 de diciembre y del 10 al 15 de diciembre del 2021) en el programa RFCx Arbimon, una interfaz web gratuita capaz de analizar grandes volúmenes de archivos de sonidos (RFCx 2023).

Para reconocimiento de cantos de aves y otros taxones se utilizó como componente

principal el espectrograma y como herramienta de verificación se utilizó la base de datos de ciencia ciudadana ebird (<https://ebird.org/chile/home>) y xeno-canto (<https://www.xeno-canto.org/>). Al identificar el espectro de onda de una especie, se crea una plantilla (templates) que debe ser guardada para su posterior análisis. RFCx Arbimon cuenta con varias herramientas analíticas. Para este trabajo se utilizó la herramienta Concordancia de patrones (*pattern matching*) (Figura 2), configurado con un “*Matches per recording*” de 1 y “*Threshold*” 0,2 para todas las especies encontradas, excepto con el tordo (*Cureaus curaesus*), trabajado en un 0,3 por la complejidad de su repertorio vocal.

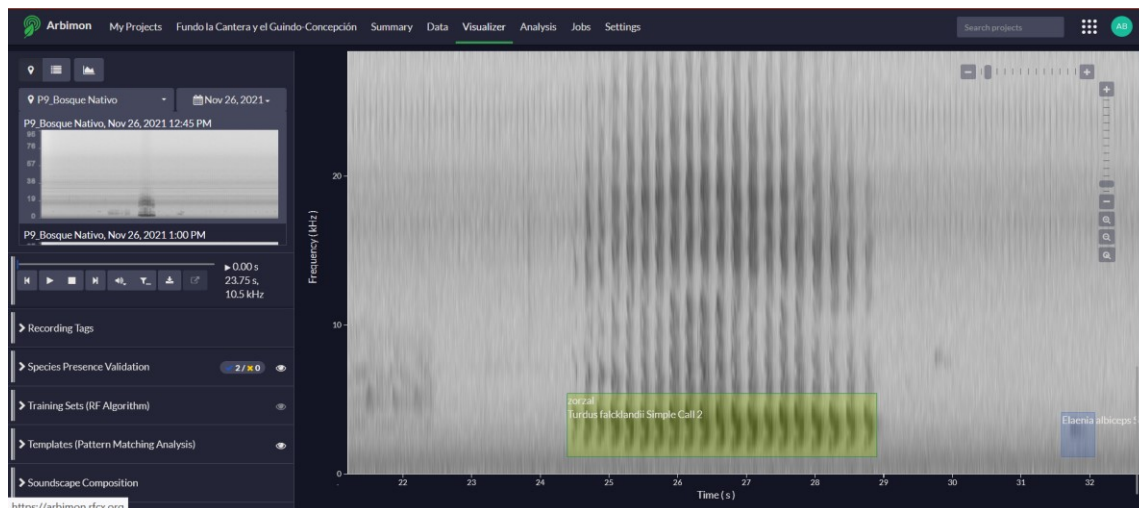


Figura 2. La herramienta concordancia de patrones (*pattern matching*) reconoce objetos de sonido mediante un análisis de correlación cruzada identificando la presencia de patrones similares en otros archivos de audio. En esta captura de pantalla se aplicó una plantilla (templates) para el canto de llamada de un zorzal (*Turdus falcklandii*), esta plantilla luego se analiza para los 8 puntos de muestreo.

Por cada revisión sistematizada de las plantillas (templates), el software Arbimon entrega una hoja de cálculo (csv, transformado luego a planilla de MS Excel) con la información de los registros, según los rangos de fechas por especie y puntos de muestreo (total 709 archivos). Estos archivos fueron compilados en una sola base de datos utilizando la herramienta “Obtener datos de MS Excel”. Desde la base de datos general, se filtraron solamente aquellos registros en que la presencia de la especie fue validada (*ID validated*)

por el software. Posteriormente, los resultados validados se ordenaron por sitio, especie y rango horario.

Para la fase de análisis de datos se compilaron tablas de especies de aves, mamíferos y anfibios con sus respectivas frecuencias por cada una de las coberturas en estudio. Para el caso de las aves se trabajó con aquellas especies que componen el 90% de las frecuencias totales registradas para optimizar la identificación de especies clave y establecer mejoras en la interpretación de similitudes y diferencias entre las coberturas analizadas. Para el resto de los taxones se trabajó con las frecuencias totales.

Posteriormente, se construyeron gráficos para representar visualmente la actividad diaria, utilizando la totalidad de los registros de las aves para las tres coberturas. Igualmente, se construyeron gráficos para la actividad vocal por hora de las aves que componen el 90% de cada una de las coberturas. Se realizó el mismo procedimiento para mamíferos y anfibios por cobertura.

El rango horario se realizó a nivel especie contabilizando la frecuencia de aparición de registro para las tres coberturas (bosque nativo, quebrada y plantación). A partir de registro horario, los datos se agruparon como rangos de horarios (Madrugada 01:00 a 06:00, Mañana de 07:00 a 12:00, Tarde 13:00 a 19:00 y Noche de 20:00 a 00:00) para facilitar la interpretación y aplicación de los datos de la investigación.

Finalmente, la investigación dio lugar para analizar hallazgos emergentes, como el aporte a las biofonías de perros asilvestrados al interior de los predios, que constituye información relevante para aplicar el estudio de la biofonía a la conservación y a otros fines. Aquello no obsta en que el foco del estudio son las aves como parte esencial de las biofonías de las tres coberturas.

III. RESULTADOS

3.1 Identificación de las especies de aves y frecuencia relativa de sus vocalizaciones

En un universo de 7.963 archivos de audio, el software identificó un total de 5.168 registros sonoros biofónicos de las aves en el área de estudio. Analizados por tipo de cobertura, la mayor cantidad de registros sonoros se encontraron en bosque nativo (n=3.458), seguido por quebrada (1.223) y plantación (487). De estos registros, se identificaron 68 plantillas (templates) que corresponden a distintas vocalizaciones y repertorios de aves. Finalmente, de las plantillas se identificaron 24 especies pertenecientes a 9 órdenes y 17 familias (Tabla 1).

Aproximadamente, el 90% de la contribución a la frecuencia de las aves registradas en toda el área de estudio corresponde a siete especies, siendo en orden de mayor a menor contribución el chucao (*Scelorchilus rubecula*), fio-fío (*Elaenia albiceps*), churrín de la mocha (*Eugralla paradoxa*), rayadito (*Aphrastura spinicauda*), picaflor chico (*Sephanoides sephaniodes*), torcaza (*Patagioenas araucana*) y zorzal patagónico (*Turdus falcklandii*) (figura 3). Cabe destacar que cinco de las siete especies pertenecen al orden passeriforme, donde solo el chucao y fio-fío contribuyen al 55% de las frecuencias contenidas en el paisaje biofónico del área de estudio (Tabla 1).

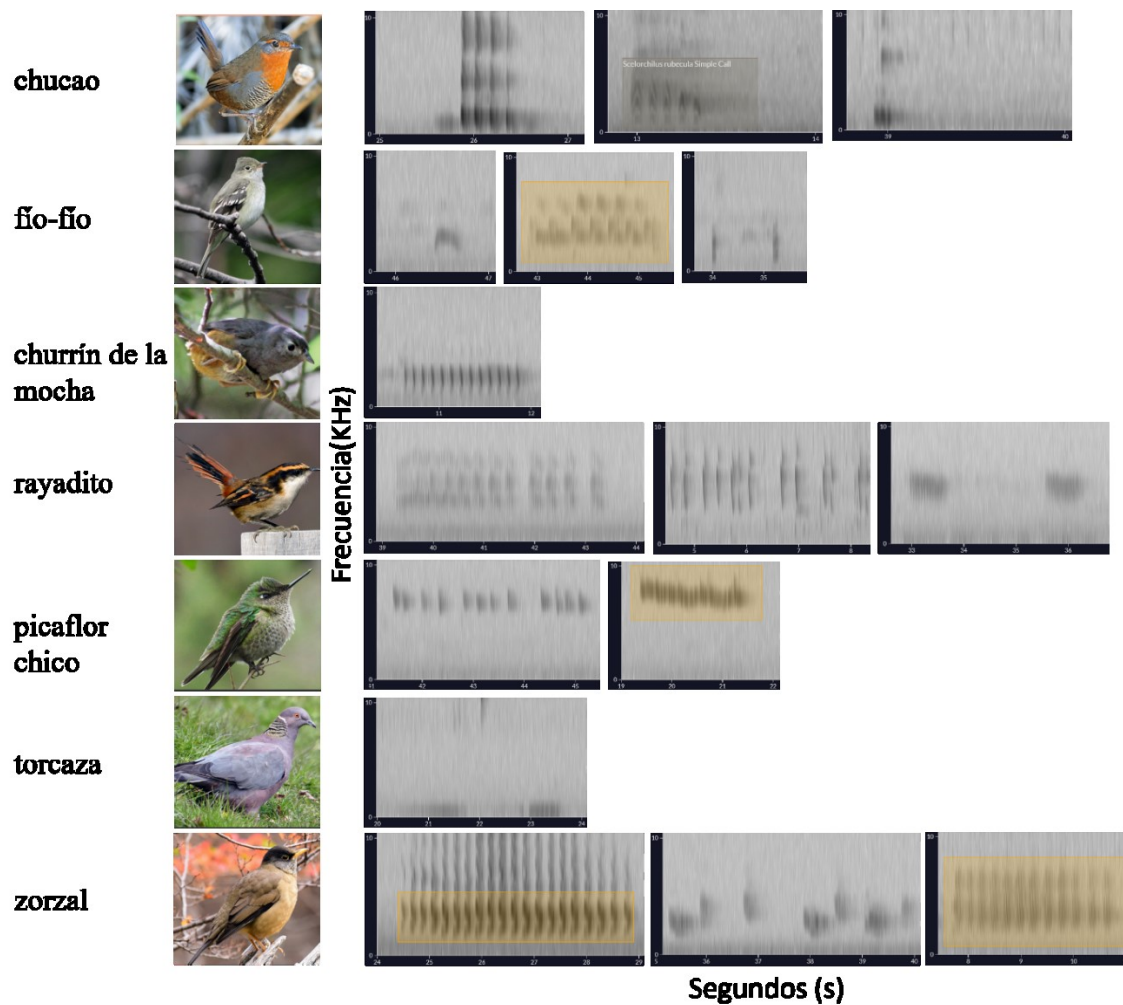


Figura 3. Sonogramas de las vocalizaciones obtenidas del 90% de la contribución a la frecuencia de las aves registradas en toda el área de estudio, Fundo la Cantera y el Guindo de la Universidad de Concepción.

Tabla 1. Número de registros sonoros obtenidos por 24 especies de aves nativas del predio el Fundo la Cantera y el Guindo de la Universidad de Concepción, por distintos tipos de cobertura (bosque nativo, quebrada y plantación).

Orden	Familia	Especie	Bosque nativo n/ (%)	Quebrada n/ (%)	Plantación n/ (%)	Total n/ (%)
		chucao (<i>Scelorchilus rubecula</i>)	1163 (33,6%)	316 (25,8%)	76 (15,6%)	1555 (30,1%)
Passeriformes	Rhinocryptidae	fío-fío (<i>Elaenia albiceps</i>)	840 (24,3%)	281 (23,0%)	194 (39,8%)	1315 (25,4%)
		churrín de la mocha (<i>Eugralla paradoxa</i>)	389 (11,2%)	190 (15,5%)	53 (10,9%)	632 (12,2%)
		rayadito (<i>Aphrastura spinicauda</i>)	289 (8,4%)	56 (4,6%)	50 (10,3%)	395 (7,6%)
Caprimulgiformes	Trochilidae	picaflor chico (<i>Sephanoides sephanioides</i>)	204 (5,9%)	42 (3,4%)	51 (10,5%)	297 (5,7%)
Columbiformes	Columbidae	torcaza (<i>Patagioenas araucana</i>)	89 (2,6%)	96 (7,8%)	1 (0,2%)	186 (3,6%)
	Turdidae	zorzal patagónico (<i>Turdus falcklandii</i>)	129 (3,7%)	20 (1,6%)	21 (4,3%)	170 (3,3%)
	Furnariidae	comesebo grande (<i>Pygarrhichas albogularis</i>)	133 (3,8%)	20 (1,6%)	15 (3,1%)	168 (3,2%)
Passeriformes	Rhinocryptidae	churrin del sur (<i>Scytalopus magellanicus</i>)	30 (0,9%)	68 (5,6%)	4 (0,8%)	102 (2,0%)
		hued-hued castaño (<i>Pterotochos castaneus</i>)	77 (2,2%)	14 (1,1%)	10 (2,1%)	101 (2,0%)
	Thraupidae	cometocino patagónico (<i>Phrygilus patagonicus</i>)	17 (0,5%)	76 (6,2%)	2 (0,4%)	95 (1,8%)
	Rhinocryptidae	churrín del norte (<i>Scytalopus fuscus</i>)	13 (0,4%)	25 (2,0%)	2 (0,4%)	40 (0,8%)
Piciformes	Picidae	carpinterito (<i>Dryobates lignarius</i>)	34 (1,0%)	2 (0,2%)	0 (0,0%)	36 (0,7%)
Strigiformes	Strigidae	concón (<i>Strix rufipes</i>)	13 (0,4%)	3 (0,2%)	5 (1,0%)	21 (0,4%)
Passeriformes	Tyrannidae	cachudito común (<i>Anairetes parulus</i>)	7 (0,2%)	8 (0,7%)	0 (0,0%)	15 (0,3%)
Falconiformes	Falconidae	tiuque (<i>Milvago chimango</i>)	10 (0,3%)	0 (0,0%)	1 (0,2%)	11 (0,2%)
	Furnariidae	colilarga (<i>Sylviorthorhynchus desmursii</i>)	6 (0,2%)	3 (0,2%)	0 (0,0%)	9 (0,2%)
Passeriformes	Troglodytidae	chercán común (<i>Troglodytes aedon</i>)	3 (0,1%)	0 (0,0%)	2 (0,4%)	5 (0,1%)
	Fringillidae	jilguero austral (<i>Spinus barbatus</i>)	4 (0,1%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	4 (0,1%)
Galliformes	Odontophoridae	codorniz (<i>Callipepla californica</i>)	1 (0,0%)	3 (0,2%)	0 (0,0%)	4 (0,1%)
Passeriformes	Hirundinidae	golondrina chilena (<i>Tachycineta leucopyga</i>)	3 (0,1%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	3 (0,1%)
Charadriiformes	Charadriidae	queltehue común (<i>Vanellus chilensis</i>)	2 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 (0,0%)
Charadriiformes	Laridae	gaviota dominicana (<i>Larus dominicanus</i>)	1 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (0,0%)
Gruiformes	Rallidae	pidén común (<i>Pardirallus sanguinolentus</i>)	1 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (0,0%)
		Suma	3458	1223	487	5168

Respecto al análisis de frecuencia por tipo de cobertura, se observa que en los tres tipos de cobertura el chucao, el ño-ño y el churrín de la mocha son las especies más frecuentes de aves que pertenecen al orden Passeriformes, siendo el chucao y el churrín de la familia Rhinocryptidae, que son especialistas en sotobosques. Por otro lado, la torcaza presentó una mayor frecuencia en ambiente de quebrada, seguido por bosque nativo y con un solo registro en plantación. Además, el rayadito y el picaflor chico contribuyeron similarmente al 90% de los registros tanto en bosque nativo, como en quebrada y plantación. Sin embargo, ambas especies presentan una mayor frecuencia de registros en bosque nativo (Figura 4).

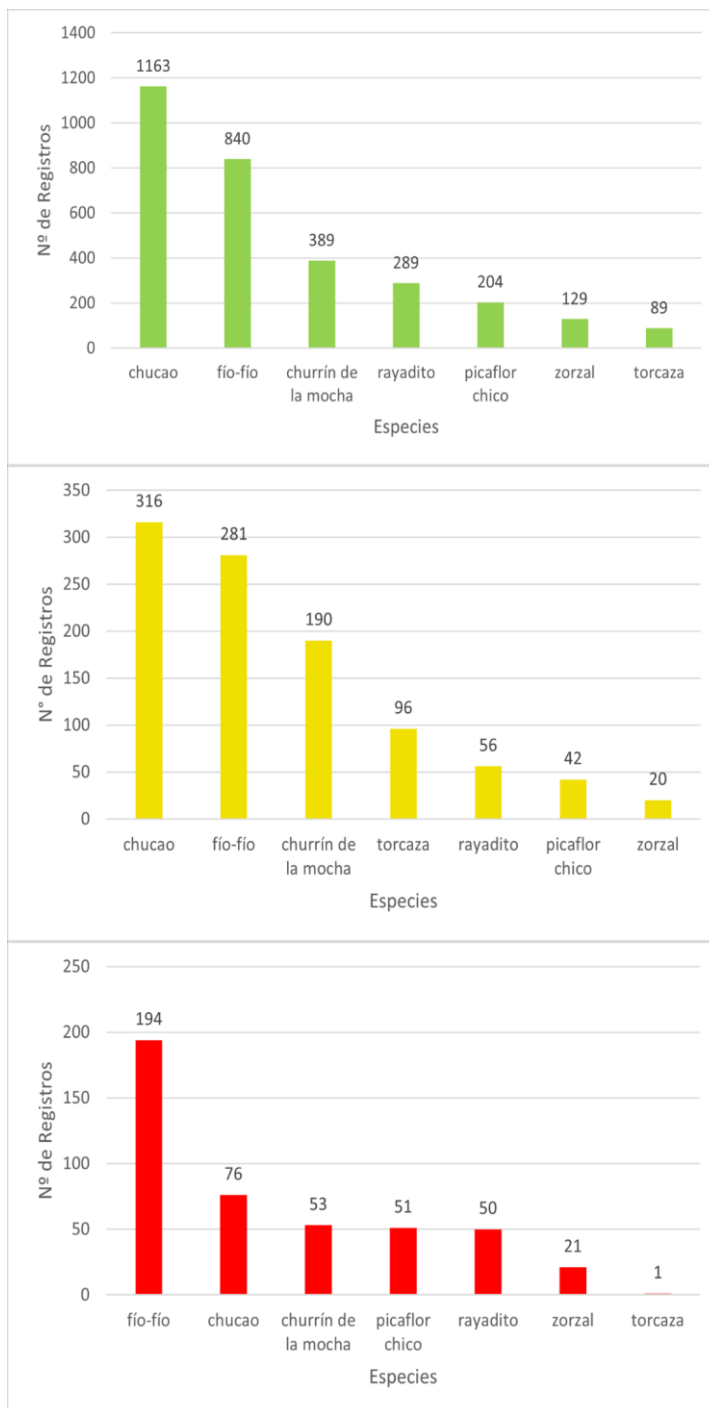


Figura 4. Frecuencia de registros vocales de aves presentes en los tres tipos de coberturas estudiadas en el Fundo la Cantera y el Guindo de la Universidad de Concepción. El gráfico superior (verde) muestra las frecuencias en cobertura de bosque nativo; el gráfico intermedio (amarillo) muestra las frecuencias en cobertura de quebrada y el gráfico inferior (rojo) muestra las frecuencias en cobertura plantación.

3.2 Frecuencia de actividad vocal otros taxones

Además de las aves, se identificaron registros sonoros de otros taxones como algunas especies de anfibios y de perros que se presentan en las tres coberturas en estudio.

En lo que respecta a las frecuencias de registro de anfibios, se identificaron dos especies: Rana de hojarasca (*Eupsophus roseus*) y Rana moteada (*Batrachyla leptopus*), de la familia Alsodidae y Leptodactylidae, respectivamente. La mayor frecuencia registrada corresponde a la Ranita de hojarasca con un total de 166 registros vocales (160 en bosque nativo; 6 en quebrada). Para el caso de Rana moteada, su registro fue escaso con 9 vocalizaciones, concentradas principalmente en quebradas (7). No existen registros sonoros para el sitio de plantación para ninguna de las dos especies.

Los sonidos emitidos por vocalizaciones de perros se encuentran presentes en las tres coberturas. La mayoría de los registros se encontraron en bosque nativo (106 registros), en menor medida en quebrada (27) y escasamente en plantación (5).

3.3 Frecuencia de actividad por hora y rangos horarios

En complemento a la frecuencia relativa de las vocalizaciones de las aves presentes en los tres ecosistemas, es relevante describir sus patrones de actividad diaria para observar la distribución de los sonidos emitidos durante los distintos períodos del día y así obtener una visión global del aporte de las aves a la biofonía del bosque caducifolio en la ciudad de Concepción. Para este propósito es indispensable identificar la frecuencia por hora de la actividad vocal de las aves y de otras especies intervinientes en las biofonías del paisaje sonoro, así como describir los rangos horarios en que tiene lugar esta actividad.

3.3.1 Frecuencia por hora de actividad de aves

Los datos reflejan dos peaks de actividad, el primero por la mañana a las 07:00 y el

segundo por la tarde a las 17:00. Por otro lado, en el periodo de 22:00 a 02:00 existen bajos o nulos registros sonoros (Figura 5).

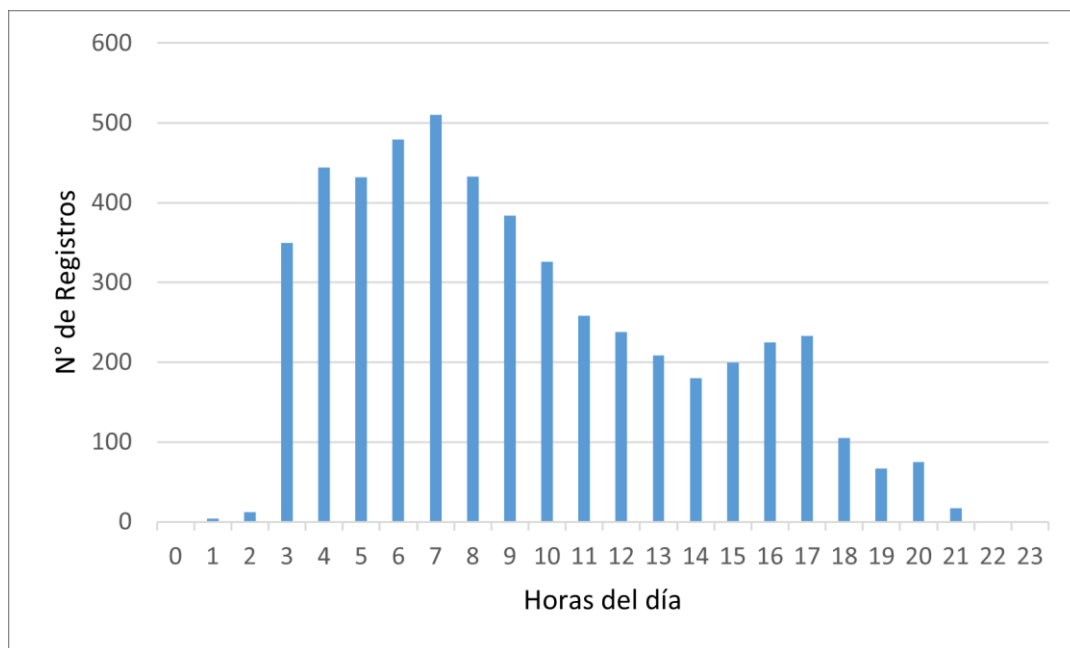


Figura 5. Frecuencia de la actividad vocal total de las aves por horas del día en los tres tipos de coberturas estudiadas (bosque nativo, quebrada y plantación) en el predio el Fundo la Cantera y el Guindo de la Universidad de Concepción.

3.3.2 Frecuencia por hora de las especies más comunes de aves en las tres coberturas

La actividad por hora varía para los tres ecosistemas. La mayor actividad sonora corresponde a las 07:00, 05:00 y 06:00 para bosque nativo, quebrada y plantación, respectivamente. Al comparar los ecosistemas, se observa una tendencia similar de dos peak, uno AM y otro PM entre las 16:00 y 17:00 (Figura 6).

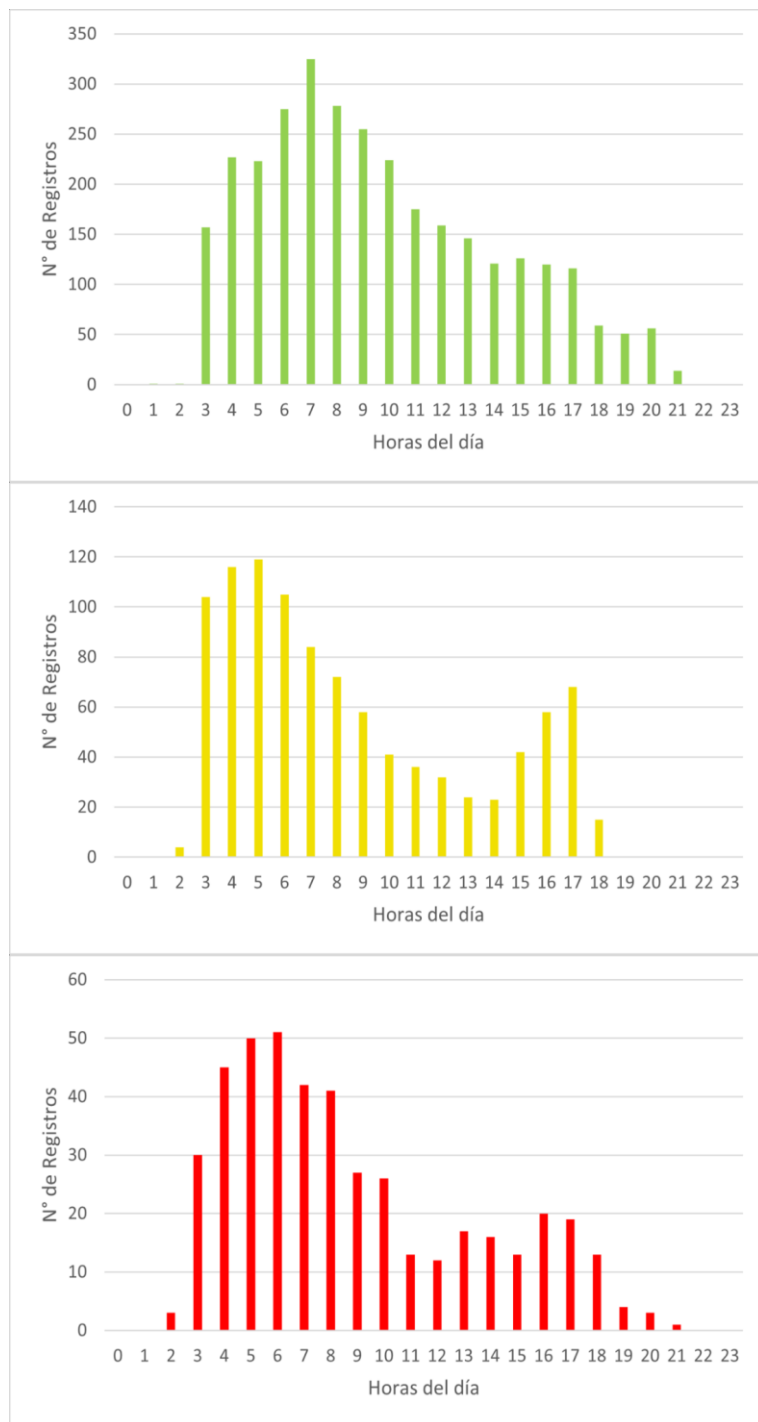


Figura 6. Actividad vocal por hora de las aves correspondiente al 90% más frecuente en los tres tipos de coberturas estudiadas en el predio el Fundo la Cantera y el Guindo de la Universidad de Concepción. El gráfico superior (verde) muestra las frecuencias en cobertura de bosque nativo; el gráfico intermedio (amarillo) muestra frecuencia en cobertura de quebrada y el gráfico inferior (rojo) muestra las frecuencias en cobertura plantación.

3.3.3 Frecuencia por hora de otros taxones

Los registros sonoros de anfibios se concentran principalmente en el bosque nativo, siendo su mayor contribución al paisaje biofónico entre las 22:00 y las 06:00. Este comportamiento es coherente en consideración de que en el ecosistema de bosque nativo se encuentra el estero Cárcamo que constituye el hábitat de las ranas. Finalmente, en cuanto a los otros dos tipos de coberturas, en quebrada la frecuencia es notoriamente menor, y en plantación no existen registros vocales para ninguna de las dos especies encontradas (Figura 7).

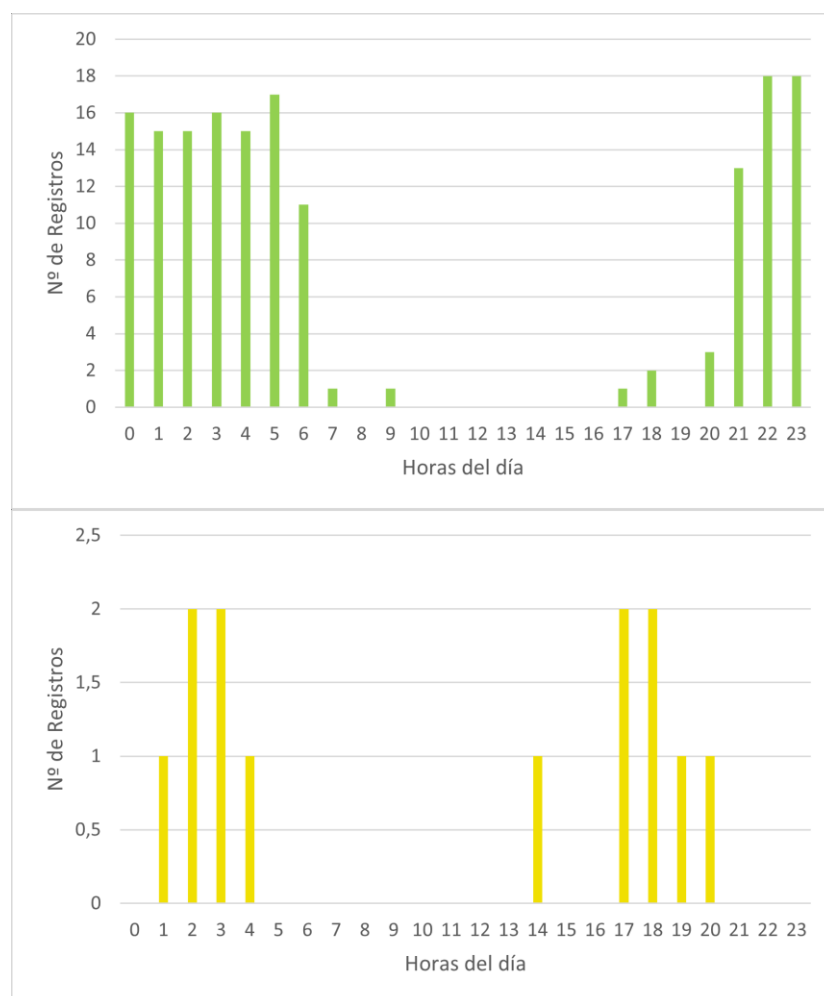


Figura 7. Actividad vocal por hora correspondiente a anfibios en solo dos tipos de coberturas estudiadas en el predio el Fundo la Cantera y el Guindo de la Universidad de Concepción. El gráfico superior (verde) muestra las frecuencias en cobertura de bosque nativo y el gráfico inferior (amarillo) muestra frecuencia en cobertura de quebrada.

En cuanto a los perros asilvestrados los registros demuestran que la mayor actividad vocal corresponde a bosque nativo, posteriormente a quebrada y en menor medida a plantación. Los picos de actividad también son variados siendo 04:00 para bosque nativo, 01:00 para quebrada y 10:00 para plantación (Figura 8).

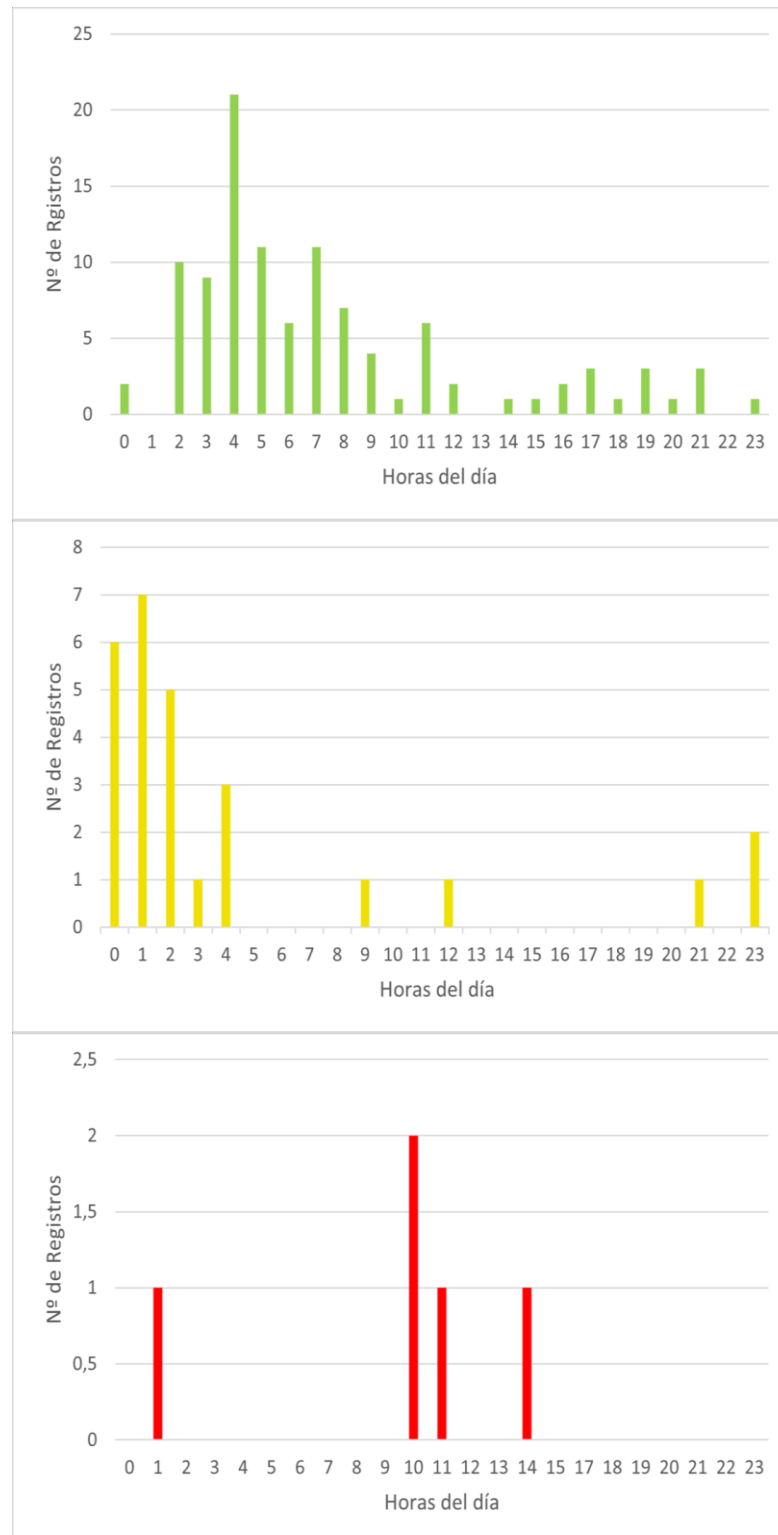


Figura 8. Actividad vocal por hora correspondiente a perros presentes en los tres tipos de coberturas estudiadas en el predio el Fundo la Cantera y el Guindo de la Universidad de Concepción. El gráfico superior (verde) muestra las frecuencias en cobertura de bosque nativo; el gráfico intermedio (amarillo) muestra frecuencia en cobertura de quebrada y el gráfico inferior (rojo) muestra las frecuencias en plantación.

3.3.4 Rango horario de actividad vocal de las aves por cobertura

Para efectos de análisis del patrón de actividad para las especies principales que compusieron 90% de los registros, se establecieron rangos de horarios descritos como Madrugada (01:00 a 06:00), Mañana (07:00 a 12:00), Tarde (13:00 a 19:00) y Noche (20:00 a 00:00).

Los registros vocales demuestran que en las tres coberturas predomina la actividad sonora del chucao y el fío-fío. En específico, en bosque nativo se presenta con mayor frecuencia el chucao, siendo el mayor período de actividad el rango horario de la mañana, lo cual se replica en la mayoría de las especies. En quebrada, se presenta con mayor frecuencia el chucao, seguido de cerca por el fío-fío, pero la mayor actividad sonora se concentra entre la madrugada y la mañana. En plantación, se presenta con mayor frecuencia el fío-fío, concentrando su mayor actividad en la mañana y en la madrugada, al igual que las otras especies con menor frecuencia; sin embargo, el picaflor chico, el rayadito y el zorzal patagónico concentran una importante proporción de su actividad durante la tarde (Figura 9).

Para los tres ecosistemas en estudio, la actividad vocal fue mínima en el rango horario correspondiente a la noche.

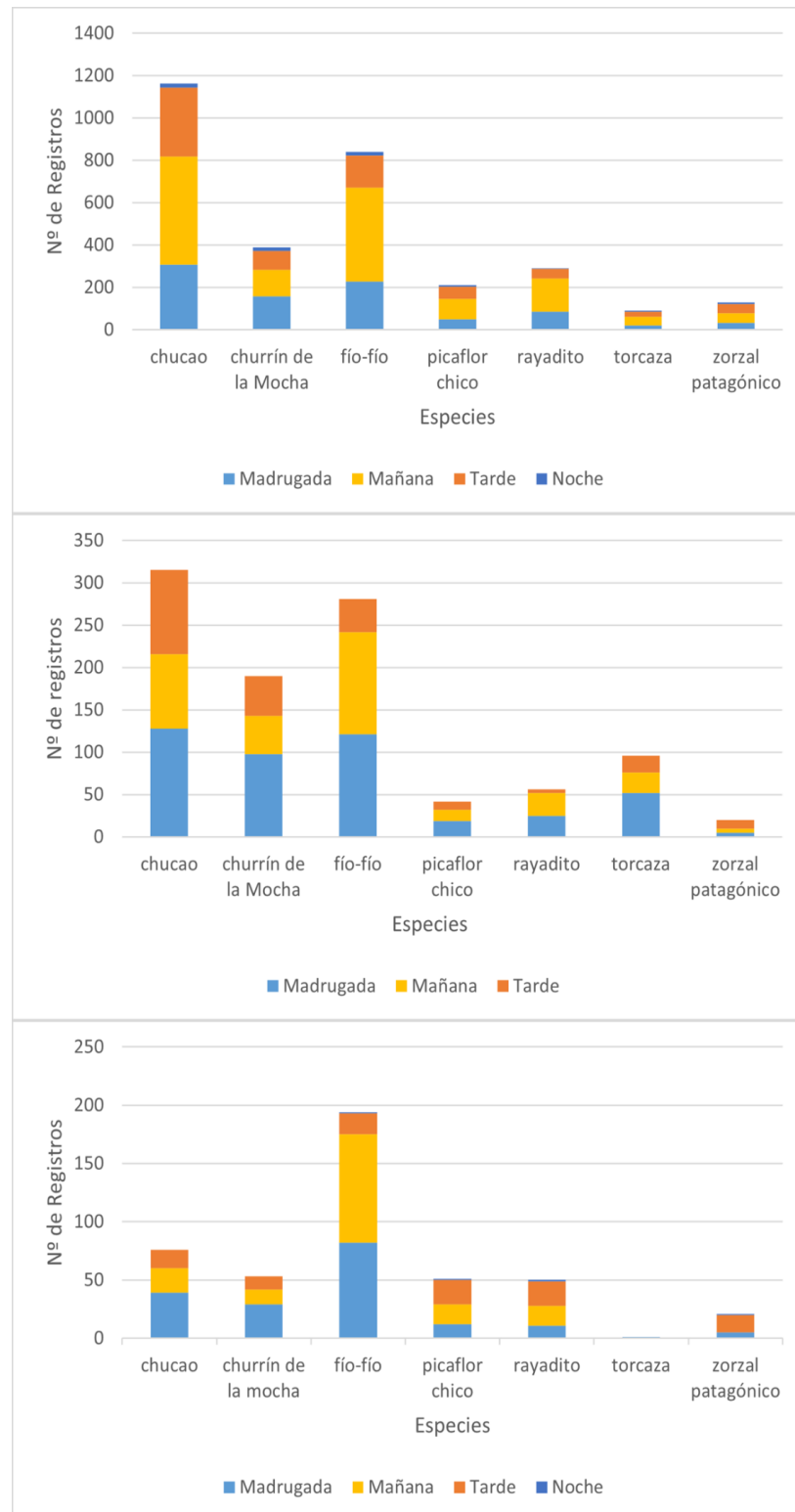


Figura 9. Rango de actividad vocal de las especies más contribuyentes al paisaje biofónico de las aves en el predio Fundo la Canterra y el Guindo de la Universidad de Concepción. El gráfico superior muestra las frecuencias en cobertura de bosque nativo; el gráfico intermedio muestra frecuencia en cobertura de quebrada y el gráfico inferior muestra la frecuencia en cobertura plantación.

3.3.5 Rango horario otros taxones

Igualmente, se describió la actividad sonora por rango horario para otros taxones identificados. Para el caso de las dos especies de anfibios encontradas, la Ranita de hojarasca (*Eupsophus roseus*) registra mayor actividad sonora durante la madrugada (95) y en la noche (67), y en una menor cantidad mañana (2) y en la tarde (2); para el caso de la Rana moteada (*Batrachyla leptopus*) la mayor actividad corresponde a la tarde (7) y a la noche (2), mientras que presenta nula actividad por la madrugada y la mañana.

Finalmente, para el caso de los perros, el rango horario en que se presenta mayor actividad vocal corresponde a la madrugada (74), seguido por la mañana (36) y en menor cantidad durante la tarde (12) y la noche (16).

IV. DISCUSIÓN

Las aves cumplen un rol relevante en la configuración de las biofonías del Fundo Cantera y el Guindo en sus tres coberturas: bosque nativo, quebrada y plantación forestal. Asimismo, es indispensable tener en consideración el aporte de otros taxones, como anfibios y perros asilvestrados, en la biofonía del lugar. En el estudio se registraron 27 especies que componen las biofonías y el paisaje sonoro. Sin embargo, 10 especies que han sido detectadas en el área, visualmente, no fueron registradas por los dispositivos y el sistema automatizado de identificación de especies. Esta situación puede relacionarse a la complejidad de los registros vocales, factores técnicos del muestreo y la intromisión de “sonidos invasores” que bien pueden obedecer a las amenazas que tiene el predio.

Adicionalmente, como limitaciones propias del presente estudio es pertinente constatar que, si bien, el esfuerzo de muestreo no es equitativo por los tres tipos de cobertura, la selección fue determinada por la cantidad de registros de audio, ya que, por haberse desarrollado el levantamiento de información en período de pandemia, muchos de los instrumentos dejaron de grabar, provocando pérdida de información. Otra dificultad asociada a la recopilación de información dice relación con el alcance del software AudioMoth, cuya calidad de la señal se ve afectada cuando la actividad sonora se encuentra lejos del receptor o bien se registran sonidos simultáneos de frecuencias similares.

Otro ejemplo de complicación para los registros son los “coros de aves” en el bosque nativo, donde existe una sobreexposición en el sonograma de dos o más especies particularmente durante las horas de mayor actividad. Resulta interesante constatar que en la plataforma eBird existen 32 especies de aves para el predio Fundo la Cantera y el Guindo, pero solo 24 aparecen en este estudio. Por lo que las vocalizaciones de algunas especies comunes pueden estar enmascaradas en los registros de estos coros. Por ejemplo, las vocalizaciones de especies como la viudita (*Colorhamphus parvirostris*), el diucón (*Pyrope pyrope*), el chincol (*Zonotrichia capensis*) o la tórtola (*Zenaida auriculata*) no pudieron ser detectadas. Otras aves también no son fácilmente

detectadas en sus vocalizaciones como el jote de cabeza negra (*Caragyps atratus*), el jote de cabeza colorada (*Cathartes aura*) y la paloma doméstica (*Columba livia*), o bien se encuentran con baja presencia en el sitio de estudio como el pitío austral (*Colaptes pitius*), carpintero negro (*Campephilus magellanicus*) y el gorrión (*Passer domesticus*). También se observaron registros del pidén común (*Pardirallus sanguinolentus*) en el predio, especie que no ha sido registrada visualmente en la plataforma eBird.

Otro factor que interfiere con el registro son las antropofonías o ruidos invasores. En la literatura encontramos que, en sistemas silvopastoriles y potreros tradicionales en Meta, Colombia, existen diferencias en la actividad acústica, las cuales se relacionan inversamente con la distancia a las quebradas (a menor distancia de las quebradas aumenta la actividad sonora de las aves), la cual explica la variación de riqueza de aves y anuros (Morales *et al.* 2021). En Carara, Costa Rica, la cantidad de biofonía fue significativamente menor cerca que lejos de la carretera. Tal diferencia probablemente está relacionada con una disminución en la densidad y riqueza de aves cerca de la carretera en que el ruido es más alto, pudiendo este interferir con la comunicación de las aves, induciendo al estrés y alterando procesos de apareamiento y reproducción (Arévalo y Blau 2018). En suma, de acuerdo con ese estudio, algunas especies de aves pueden verse obligadas a alejarse hacia el interior del bosque para evitar los efectos negativos del ruido de la carretera, lo cual igualmente concuerda con lo observado en Popayán, Colombia, en que la biofonía dominante en los parques urbanos se deja de percibir en la medida que la actividad humana aumenta (Grijalba 2021).

Las antropofonías, el ruido producido por los humanos no solo interfiere si no también puede tener efectos perjudiciales en una variedad de procesos ecológicos entre especies (Arévalo y Blau 2018). Este puede ser un factor determinante en el presente estudio realizado en el Fundo la Cantera y el Guindo en Concepción, Chile, ya que la evidencia demuestra que cuando existe mayor intervención antrópica y de las subsecuentes antropofonías, la biofonía de las aves se ve afectada. Esto hace sentido con los resultados del estudio en el bosque caducifolio en la ciudad de Concepción, ya que los registros de actividades fueron más frecuentes en áreas menos intervenidas por

el ser humano, como en el bosque nativo y en menor medida en las quebradas; así como, por el contrario, la actividad sonora se minimizó drásticamente en la cobertura de plantación en que la intervención humana –por ende, la antropofonía– aumenta. Cuando los niveles de antropofonía se elevan, las aves cambian la estructura y la frecuencia de su canto para evitar el enmascaramiento de señales en carreteras o ciudades ruidosas (Arévalo y Blau 2018).

Todos estos factores de tipo antropofónico y biofónico generaron dificultades para el registro de la actividad sonora de las aves. Los ruidos invasivos, de tipo biofónico como de ladridos de perros y sonidos de grillos, además de ruidos de tipo antropofónico como los emitidos por aviones en vuelo, aceleramiento de vehículos motorizados y de motosierras fueron los más comúnmente evidenciados, pero no cuantificados, que sería interesante conocer en estudios posteriores, particularmente en coberturas de plantación, donde fueron particularmente notorios. Bagueño (2012) también aduce que las tres grandes razones que han complicado la labor de detectar las biofonías son la pérdida inimaginable de hábitats representativos; el aumento del ruido mecánico generado por el ser humano, la antropofonía que tiende a enmascarar las sutiles texturas auditivas de ecosistemas acústicos aún existentes; y como consecuencia directa de las anteriores, el descenso de la capacidad vocal de ciertas especies, tanto grandes como pequeñas, que componen los paisajes sonoros naturales.

4.1 Biofonías y restauración ecológica

Los objetos sonoros ocupan diferentes frecuencias y no se sobreponen (cantos de aves, agua de una fuente, voces, pito de una bicicleta, etc.), se pueden reconocer claramente y se produce un paisaje sonoro equilibrado y de alta calidad (Pulido 2015). No obstante, con el paso del tiempo la labor de registro de biofonía se ha vuelto más complicada. El investigador y músico Bernie Krause, que ha pasado más de la mitad de su vida grabando sonidos de seres vivos y de hábitats naturales, cuando empezó su aventura en 1968 podía grabar durante aproximadamente 15 horas, captando una hora de sonido útil; en la actualidad para obtener los mismos sesenta minutos necesita cerca de 2.000 horas (Bagueño 2012). Es posible asegurar que si se restauras áreas de

ecosistemas naturales podría también influir positivamente en la calidad del paisaje sonoro.

El Fundo la Cantera y el Guindo, adyacente al Cerro Caracol y al emblemático barrio de Agüita de la Perdiz, en su mayoría posee plantaciones no homogéneas de eucaliptus y en una menor cantidad de pino, aromo y cipreses, las cuales tienen diferentes etapas de manejo y abandono. La mayor cantidad de cosechas fueron realizadas entre el 2000 y el 2003, siendo la última en el 2008 y sectores en abandono desde 1985 y con fragmentos de bosques nativos y humedales (fuente: Laboratorio de Estudios del Antropoceno UdeC). Este fundo se ubica en las cercanías de la Facultad de Ciencias Forestales y representa un gran valor para estudiantes y académicos(as) para generar investigación en torno a las características del bosque y sus posibilidades de conservación. No obstante, entre 2012 y 2021, el hábitat natural del fundo se vio amenazado por proyectos de loteo desarrollado por la Universidad de Concepción, entre los que destaca el fallido Parque Científico y Tecnológico (PACYT).

Actualmente, la universidad emprende un proyecto de conservación, restauración ecológica e investigación científica llamado “Campus Naturaleza Universidad de Concepción”, el cual busca convertir el campus universitario en un espacio que alberga la biodiversidad y los ecosistemas nativos, mediante acciones de conservación, restauración y protección ambiental, tal como señala el medio de noticia de la Universidad de Concepción en mayo 15, 2023. Esta investigación servirá como base para evaluar la evolución de la biofonía como resultado de la restauración ecológica y el abordaje de las amenazas.

De acuerdo con la presente investigación, la mayor cantidad de sonidos biofónicos en el Fundo la Cantera y el Guindo se presentan en la cobertura de bosque nativo, seguido por quebrada, y por último la menor cantidad se registra en plantación, que constituye un ambiente sometido a intervención antrópica con mayor transformación en el reemplazo de la cobertura histórica a plantación de monocultivo de Eucaliptus. En el caso de otros taxones se observa un patrón similar, pues anfibios como la rana de hojarasca registran mayor presencia en bosque nativo; mientras que la rana moteada

aparece más escasamente y tiende a concentrarse principalmente en quebrada; finalmente también intervienen los perros asilvestrados en la biofonía del lugar, los cuales igualmente se registran mayoritariamente en bosque nativo, en segundo lugar quebrada y en último lugar en cobertura de plantación.

Más allá de la ecología del paisaje sonoro, ante la pérdida de biofonía, sobre todo en las ciudades en que la acción antrópica es más predominante y altera significativamente la armonía de los sonidos, es imprescindible incorporar este aspecto durante los procesos de planificación urbana, de modo de prestar atención al balance saludable entre biofonía y antropofonía producida en el espacio público de la ciudad y, en consecuencia, contribuir a la conformación de experiencias sonoras altamente aceptadas por los habitantes urbanos (Grijalba 2021). En este sentido, un error común en la planificación urbana es concentrarse exclusivamente en los aspectos visuales o estéticos, cuando el aspecto sonoro reviste especial relevancia para la conservación de la biodiversidad y para la calidad de vida de las personas (ver caso de Lincoln Meadow Park en Bugueño 2012).

4.2 Biofonías y restauración de la salud de las personas

Es indispensable que los seres humanos se conecten con la naturaleza, tomando peso a la importancia de la biofonía de las aves para su conservación, ya que en las últimas décadas se ha reportado que las personas, y especialmente los niños y niñas, están interactuando cada vez menos con las aves y la biodiversidad, provocando una alienación creciente de los humanos hacia la naturaleza, denominada “*extinción de la experiencia*”, que puede tener consecuencias negativas para el cuidado y la protección del medio ambiente (Ibarra *et al.* 2022). Las interacciones directas con las aves locales son esenciales para cultivar lazos afectivos, de identidad y funcionales con los territorios, siendo una fuente de apreciación, cuidado y protección de las aves y la biodiversidad (Ibarra *et al.* 2022). En síntesis, resulta fundamental integrar el estudio de las biofonías para educar en torno a la conciencia ambiental (*environmental awareness*).

La conciencia ambiental hace alusión a aquella conciencia que tienen las personas respecto de lo que les rodea, aunque está mayormente enfocado a conocer visualmente, quedando relegados otros sentidos como la audición y el tacto, que son dimensiones de la biodiversidad con el potencial de aportar a la salud y a su vez de generar conciencia del entorno que nos rodea, conciencia que permitirá generar conocimiento y responsabilidad.

Tener conciencia ambiental es coadyuvante a la protección de la biodiversidad en todos sus aspectos, incluyendo las biofonías del cual trata la presente investigación. En ese sentido, existe evidencia de que una estrecha conexión con la naturaleza, a través de la interacción con entornos naturales con una biodiversidad no intervenida por la acción antrópica, trae consigo importantes beneficios para la salud de las personas. Un claro ejemplo de ello se observa en la interacción con las biofonías sin intervención de antropofonías, ya que el ruido propio de entornos altamente urbanizado -y que albergan gran cantidad de actividades industriales, comerciales, de transporte, entre otras- alteran la tranquilidad y genera contaminación acústica, capaz de producir efectos adversos a la audición y, subsecuentemente, al bienestar psicológico. En efecto, los espacios naturales tienen un importante potencial terapéutico para las personas, debido a que la naturaleza y el armónico sonido del canto de las aves, del viento o sonidos de otros animales que componen un ecosistema con una biodiversidad intacta, representa un mecanismo de escape y de descanso del ruido urbano y/o antropofónico que es un generador de estrés.

Este tipo de entornos, la literatura especializada lo ha denominado “entornos restaurativos para la salud”, que poseen la capacidad para facilitar la recuperación de la fatiga cognitiva diaria, el estado de ánimo negativo y el estrés, prestando especial atención al valor restaurativo de los entornos naturales (Ratcliffe 2021). Los estudios sobre esta temática tienden a centrarse en la experiencia visoespacial de los entornos, utilizando estímulos como fotografías, videos y presentaciones de diapositivas, pero los entornos no se experimentan sólo a través de la visión, pues hay un interés creciente en el estudio de los aspectos no visuales de los entornos restaurativos, incluidos el sonido, el olfato y el tacto, no obstante, todavía los estudios que exploran los efectos

restauradores de los sonidos naturales, separados de la experiencia visual, son relativamente limitados (Ratcliffe 2021).

Los entornos naturales no se caracterizan exclusivamente por la tranquilidad basada en la ausencia de sonidos, dado que, como se mencionó previamente, el predominio de la biofonía cumple un rol preponderante en el bienestar de las personas, siendo un componente central de los entornos restaurativos. En un análisis cuantitativo desarrollado en Suecia, se observó que las áreas de espacios verdes, como los parques tranquilos, fueron calificados como útiles para los residentes cuando se sienten estresados, sin carecer estos de sonidos, sino que presentan sonidos de viento, pájaros, agua o insectos, que refuerzan la serenidad y la exuberancia como características deseables de los entornos naturales (Grahn y Stigsdotter, 2003).

Un estudio desarrollado por Goel y Etwaroo (2006) expuso que la exposición a una grabación de cantos de pájaros combinada con música clásica redujo significativamente la depresión y la ira autoinformadas en una muestra de estudiantes universitarios, tanto deprimidos como no deprimidos. Si bien estos hallazgos sugieren que escuchar el canto de los pájaros, entre otros sonidos, puede tener efectos positivos en el estado de ánimo autoinformado, el estudio no disocia los efectos del canto de los pájaros de los efectos de la música, un estímulo que se caracteriza por producir cambios afectivos (Ratcliffe 2021). Sonidos naturales, como el agua y los pájaros, suelen mostrar puntuaciones relativamente altas en placer, mientras que otros, como los gruñidos, se clasificaron como menos agradables, lo que indica que, aunque los sonidos naturales generalmente se perciben como agradables, existe una variación según el tipo de sonido y su fuente (Ratcliffe 2021). Es decir, existen sonidos naturales que se pueden considerar desagradables como el de perros asilvestrados, que es posible encontrar en las tres coberturas del Fundo la Cantera y el Guindo, principalmente en el período comprendido entre la mañana y en la tarde.

Respecto a aquellos sonidos que componen la biofonía del bosque caducifolio de Concepción que las personas consideran agradables, tales como el que emiten las aves, que son el foco del presente estudio se presentan en las tres coberturas, pero

principalmente en el bosque nativo, que es el ecosistema con menor intervención antrópica, predominando especies como el chucao y el fio-fio. En cuanto al patrón de actividad diaria, se observó que la mayor actividad vocal se presenta por las mañanas. Por lo tanto, en razón de las propiedades sonoras del bosque nativo del Fundo la Cantera y el Guindo y de la evidencia científica, este tiene gran potencial terapéutico para beneficiar a las personas y es altamente recomendable visitar este lugar por las mañanas para conectarse con la naturaleza y con el sonido armónico que ofrece el aporte de las aves a la biofonía del bosque. Otra buena alternativa es acercarse a las quebradas en horario de la mañana o tarde, en que también se puede escuchar la actividad vocal de las aves, aunque en menor proporción.

4.3 Biofonías y bienestar cultural

La biofonía es elemental para generar conexión con la naturaleza desde uno de nuestros sentidos, como el oído, puesto que tiene un importante potencial terapéutico al producir sensaciones positivas que maximizan el bienestar psicológico al alejarse a fuentes de estrés y al exponerse a entornos restaurativos que carecen de la intervención antrópica productora de ruidos artificiales. De este modo, se aumenta la conciencia ambiental y se valoriza la biodiversidad, no solo desde una perspectiva visual, sino también desde una perspectiva auditiva, al percibir el sonido de las aves y de otros animales interactuando en su hábitat. Este aspecto auditivo reviste gran trascendencia en la cosmovisión de algunas tribus, pueblos originarios y comunidades indígenas.

Por ejemplo, Feld y Brenneis, en 2004, desarrollaron estudios en Papúa Nueva Guinea sobre las relaciones que mantenían los kaluli con los sonidos de la selva, principalmente con las aves, que representan una fuerte referencia para entender el valor de los sonidos de la biodiversidad en la cosmovisión indígena y su modelamiento en prácticas culturales como cantos, ceremonias e incluso en el lenguaje (Beltrán *et al.* 2022)

El pueblo zoque de Tapalapa plantea tres términos para distinguir diferentes tipos de sonidos: anh'äkiuy para sonidos agradables en que destacan biofonías y geofonías que

se interpretan como buenos augurios; anh'äbia para sonidos desagradables derivados principalmente a actividades humanas relacionadas con la vida moderna; y manokiuy para sonidos asociados a espíritus o elementos sobrenaturales percibidos como malos augurios. Además, se cataloga como manokiuy geofonías tales como el sonido del viento o el fuego; algunas biofonías como las producidas por mamíferos nocturnos y reptiles; y cosmofonías relacionadas con espíritus habitantes de las montañas (Beltrán *et al.* 2022). Este conjunto de señales sonoras suele ser empleadas para la interpretación de la estacionalidad y predicción del clima en función de prácticas agrícolas, anuncio de visitas, cálculo del tiempo y para el presagio de eventos catastróficos (Beltrán *et al.* 2022).

Las aves son utilizadas de diversas formas por las comunidades indígenas y tradicionales, tanto para fines alimenticios, medicinales, rituales y simbólicos. Estas prácticas demuestran una notable capacidad de observación de los ciclos naturales y de la relación entre las aves, las plantas y los seres humanos, como se puede observar en los archipiélagos del Cabo de Hornos. En Chile existe una amplia documentación de las aves y la relación con sus cantos para las culturas Yagán y Mapuche (Rozzi *et al.* 2014). Cabe destacar que las vocalizaciones son también un recurso actual de las comunidades indígenas de Latinoamérica en que no sólo mantienen su relación ancestral con la naturaleza, si no que inspiran, por ejemplo, la poesía y creatividad de Lorenzo Aillapán un hombre-pájaro mapuche, en que se enfatiza un enfoque más inventivo y lúdico sobre las aves (Aillapán y Rozzi 2014).

V. CONCLUSIÓN

El estudio de las biofonías de las aves se ha revelado como una herramienta fundamental para comprender la interacción entre las aves y su entorno, especialmente en el paisaje periurbano del Fundo la Cantera y el Guindo.

Se revelaron patrones distintos de actividad acústica en las tres coberturas del área en estudio. Las aves, en su mayoría presentan mayor actividad sonora en las mañanas (7:00) y en las tardes (17:00), mientras que los anfibios presentan mayor actividad entre las 22:00 y las 06:00. Se considera relevante la restauración del bosque nativo y de las quebradas, ya que contribuirían a un paisaje sonoro más equilibrado y de mayor calidad.

En particular, se destaca la influencia de un tiránido migratorio, *Eleania albiceps* o fiofío, que forma parte de las siete especies que componen 90% de las biofonías en estudio. Asimismo, evidencia de sonidos invasores y antropofonías que impactan negativamente el paisaje sonoro natural.

El paisaje sonoro es un elemento importante de considerar en el manejo y conservación de la biodiversidad. De los resultados obtenidos y de la literatura analizada se revela que existe un vínculo entre biofonías, calidad de paisaje sonoro y bienestar humano; y a su vez con la integridad ecológica y, subsecuentemente, con la restauración de bosques y humedales. Los patrones de actividades pueden ser utilizados para el diseño de actividades terapéuticas orientadas a mejorar la salud integral de las personas que visiten estas áreas.

El estudio de los cambios en las biofonías brinda información valiosa sobre la presencia, la diversidad y el comportamiento de las aves en un área determinada, lo que tiene implicaciones importantes para la conservación y el manejo de los ecosistemas avifaunísticos. Por esta razón, es imperativo que diversos actores de la sociedad asuman un rol activo en el cuidado del medio ambiente, empleando el conocimiento disponible sobre las biofonías para mantener los ecosistemas y las

especies que la componen. Es relevante además que la comunidad científica protagonice la generación de conocimiento en torno a esta temática por medio del desarrollo de investigaciones en el bosque caducifolio de Concepción y de la participación u organización de proyectos orientados a su protección y restauración, en que la propia Universidad de Concepción puede ejercer una labor preponderante, tal como ocurre con el proyecto “Campus Naturaleza Universidad de Concepción”.

En directa relación a lo anterior, resulta indispensable cultivar la conciencia ambiental y adjudicar importancia a la biofonía para la conservación de la biodiversidad y del hábitat de las especies que la componen, además de la importancia que este aspecto reviste en la cosmovisión de algunos pueblos indígenas que subsisten alrededor de todo el mundo.

Las biofonías en ecosistemas no alterados por la actividad humana influyen en las prácticas culturales de los pueblos indígenas. Atribuyen significado a los sonidos de las aves y sus patrones sonoros, lo que les permite predecir eventos y afecta su discurso y acción. Consignado esto, resultaría interesante en investigaciones futuras establecer el nexo entre la etno-ornitología y el estudio de las biofonías.

VI. BIBLIOGRAFÍA

1. Aillapán, L., y Rozzi, R. 2014. Una etno-ornitología mapuche contemporánea: poemas alados de los bosques nativos de Chile. pp. x-x. En *Ornitología subantártica de Magallanes. Primera Década de Estudios de Aves en el Parque Etnobotánico Omora, Reserva de Biósfera Cabo de Hornos, Chile* (Rozzi, R., Jiménez, J.E., eds.). Programa de Conservación Biocultural Subantártica. Universidad de Magallanes – University of North Texas.
2. Arévalo, J. E., y Blau, E. 2018. Road encroachment near protected areas alters the natural soundscape through traffic noise pollution in Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 52(1), 27-48.
3. Beltrán, A. Y. C., Escutia, F. R., y García, L. C. 2022. Sonoridades, biodiversidad y conocimiento local de los zoques de Tapalapa, Chiapas, México. *Sociedad y Ambiente*(25), 1-27.
4. Berglund, B., y Lindvall, T. 1995. *Community noise*. Center for Sensory Research Stockholm.
5. Bugueño, A. M. S. 2013. *Pérdida auditiva por contaminación acústica laboral en Santiago de Chile* [Universitat de Barcelona].
6. Calderón S. 2022. Efecto de la estructura del hábitat en las vocalizaciones y estudio de repertorio y actividad vocal de cinco especies de la familia Rhinocryptidae. Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas. Universidad de Concepcion. Magister, 56 p.
7. Declaración de Impacto Ambiental (DIA). 2009. Proyecto Parque Científico y Tecnológico Bio-Bio. febrero 20,2022, de Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)
8. Declaración de Impacto Ambiental (DIA). 2011. Proyecto Loteo Fundo La Cantera y El Guindo. febrero 20,2022, de Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)
9. eBird Chile. s/a. eBird Chile Home. Disponible en <https://ebird.org/chile/home>
10. Feld, S. 2012. *Sound and Sentiment: Birds, Weeping, Poetics and Song in Kaluli Expression*. Durham, NC, EUA: Duke University Press.
11. Fortuna, C. 2009. La ciudad de los sonidos: Una heurística de la sensibilidad en los paisajes urbanos contemporáneos. *Cuadernos de antropología social*(30), 39-58.
12. García, L. D. P., García, M. J. Z., Pulido-Osorio, M. D., y Cedeño, E. F. A. 2022. Estudios de biofonías como herramienta educativa para la conservación de especies: una revisión de antecedentes. *Bio-grafía*.
13. Gibb, R., Browning, E., Glover-Kapfer, P., y Jones, K. E. 2019. Emerging opportunities and challenges for passive acoustics in ecological assessment and monitoring. *Methods in Ecology and Evolution*, 10(2), 169-185.
14. Gjestland, T. 2002. Current research topics and problems: the role of ICBEN. *Journal of Sound and Vibration*, 250(1), 5-8.
15. Goel, N., y Etwaroo, G. R. 2006. Bright light, negative air ions and auditory stimuli produce rapid mood changes in a student
16. Gozalo, G. R., Lizana, M. A. C., y Pérez, G. S. V. 2020. Análisis del ruido en la ciudad de Concepción (Chile) en relación a la funcionalidad de las vías urbanas. *Brazilian Journal of Development*, 6(11), 90348-90362.
17. Grahn, P., y Stigsdotter, U. K. 2003. Landscape planning and stress. *Urban Forestry Urban Greening* 2, 1–18.

18. Grijalba, J. 2021. La variabilidad espaciotemporal del paisaje sonoro urbano. Una comparación transcontinental entre Venecia (Italia) y Popayán (Colombia). *Revista de Geografía Norte Grande*(80), 337-367.
19. Ibarra, J. T., Caviedes, J., Barreau, A., Pessa, N., Valenzuela, J., Navarro-Manquelef, S., & Pizarro, J. C. 2022. Escuchando a los abuelos: transdisciplina, aves y gente para cultivar la memoria biocultural. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 20(3), 1-22.
20. Kogan, P., Turra, B., Boiero, G., & Pérez, J. 2014. ¿ Más nivel sonoro es siempre perjudicial? Rol del agua en el paisaje sonoro urbano. *Actas del IX Congreso Iberoamericano de Acústica*. Instituto de Acústica, Universidad Austral de Chile,
21. Krause, B. 1987. Bioacoustics, habitat ambience in ecological balance. *Whole Earth Review*, 57(472), 14-18.
22. Luebert, F. y Pliscoff, P. 2017. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Segunda Edición. Editorial Universitaria 377 p.
23. Maldonado Tovar, C. Nuestro bosque nativo, la edición como trabajo cultural: un cambio en la sociedad ambiental, a partir del coffee table book.
24. Marry, S. 2010. Spatial and sonic evaluation of urban public ambiances. *Soundscape, The Journal of Acoustic Ecology*, 10(1), 18-22.
25. Molina, R. H., Zacarías, F. F., Ancela, J. L. C., & Flores, R. G. (2013). Las áreas naturales a través del análisis de su paisaje sonoro. *Revista de acústica*, 44(1), 21-30.
26. Morales Rozo, A., Lizcano, D. J., Montoya Arango, S., Velásquez Suarez, Á., Álvarez Daza, E., y Acevedo-Charry, O. 2021. Diferencias en paisajes sonoros de sistemas silvopastoriles y potreros tradicionales del piedemonte llanero, Meta, Colombia. *Biota colombiana*, 22(1), 74-95.
27. Noticias UdeC. 2023. Campus Naturaleza: UdeC comienza inédito proyecto de conservación de la biodiversidad en Chile. Citado el 02 de julio de 2023. Disponible en <https://noticias.udec.cl/campus-naturaleza-udec-comienza-inedito-proyecto-de-conservacion-de-la-biodiversidad-en-chile/>
28. Open Acoustic Devices. 2023. Audiomoth. Disponible en <https://www.openacousticdevices.info/audiomoth>
29. Pijanowski, B. C., Villanueva-Rivera, L. J., Dumyahn, S. L., Farina, A., Krause, B. L., Napoletano, B. M., Gage, S. H., y Pieretti, N. 2011. Soundscape ecology: the science of sound in the landscape. *BioScience*, 61(3), 203-216.
30. Ratcliffe, E. 2021. Sound and soundscape in restorative natural environments: A narrative literature review. *Frontiers in Psychology*, 12, 570563.
31. Reporte Climático, volumen 6, año 2020. Elaboración: Alicia Moya Caro y Alejandra Reyes Kohler. Edición: Solangela Sánchez Cuevas. Sección de Climatología, Dirección Meteorológica de Chile.
32. Rivas, E.D (2016). Caracterización del paisaje sonoro asociado a las carreteras internas de Parque Nacional Santa Rosa, costa Rica. Universidad Nacional. Heredia. Costa Rica. Tesis Posgrado 2p.
33. RFCx. 2023. What is RFCx Arbimon?. Citado el 3 de enero de 2023. Disponible en <https://support.rfcx.org/article/71-what-is-arbimon>
34. Rodríguez Manzo, F. E., Sánchez Ruiz, G.G., García Martínez, S.G., & Ponce Patrón, D.R. (2015). Ruido ambiental, paisaje sonoro y planeación urbana: hacia una valoración del ambiente sonoro de la Ciudad de México. *La Investigación*, 11(22).

35. Rozzi, R. 2014. Implicaciones éticas de narrativas yaganes y mapuches sobre las aves de los bosques templados de Sudamérica Austral. pp. x-x. En *Ornitología subantártica de Magallanes. Primera Década de Estudios de Aves en el Parque Etnobotánico Omora, Reserva de Biósfera Cabo de Hornos, Chile* (Rozzi, R., Jiménez, J.E., eds.). Programa de Conservación Biocultural Subantártica. Universidad de Magallanes – University of North Texas.
36. Schafer, R. M. 1994. *Hacia una Educación Sonora. Pedagogías Musicales Abiertas*. In: Buenos Aires.
37. Schafer, R. M. 1994. *The Soundscape: Our Sonic Environment and the Tuning of the World*. 1977. Rochester, VT: Destiny Books, 12.
38. SIMBIO. 2017. Ecosistema terrestre "Bosque esclerofilo mediterráneo costero de *Lithrea caustica* - *Azara integrifolia*". Disponible en <https://simbio.mma.gob.cl/Ecosistemas/Details/45>
39. SINIA. 2021. Informe del estado del medio ambiente, capítulo 12, Ruido Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente. Disponible en <https://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/04/12-ruido-ambiental.pdf>
40. Stolpe, N. 2006. *Descripciones de los principales suelos de la octava Región de Chile*. Universidad de Concepción. Chillán, Chile
41. Support RFCx. 2022. What is RFCx Arbimon? Disponible en <https://support.rfcx.org/article/71-what-is-arbimon>
42. Valdovinos, F. S. 2019. Mutualistic networks: moving closer to a predictive theory. *Ecology letters*, 22(9), 1517-1534.
43. Villamil, I. 2021. ¿Qué es la Geofonía?. *Del Paisaje Sonoro de Murray Schafer a la Ecología del Paisaje Sonoro de Bernie Krause*.
44. Goodwin, S.E., Shriver, W.G. (2011). Efectos del Ruido de Tráfico sobre los Patrones de Ocupación de aves de Bosque. *Conservation Biology*, 25(2), 406-411.
45. Xeno-canto. 2023. Xeno-canto. Sharing wildlife sounds from around the world. Disponible en xeno-canto.org