



UNIVERSIDAD
SAN SEBASTIAN
VOCACIÓN POR LA EXCELENCIA

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NATURALEZA
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA
CARRERA MEDICINA VETERINARIA
SEDE CONCEPCIÓN**

**ANÁLISIS DE MICROPLÁSTICO EN EGAGRÓPILAS DE AVES
RAPACES**

Memoria para optar al título de Médico Veterinario

Profesor Patrocinante: DCs Diana Maritza Echeverry Berrio MV
Estudiante: Carolina Keren Gutiérrez Aburto

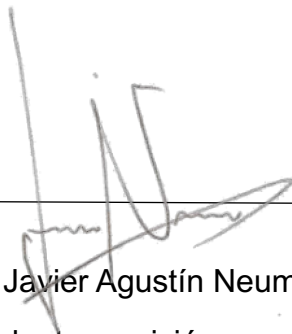
® Carolina Keren Gutiérrez Aburto, Diana Maritza Echeverry Berrío

Se autoriza la reproducción parcial o total de esta obra, con fines académicos, por cualquier forma, medio o procedimiento, siempre y cuando se incluya la cita bibliográfica del documento.

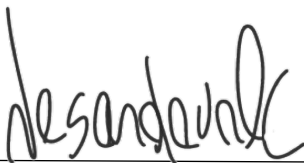
Concepción, Chile
2024

CALIFICACIÓN DE LA MEMORIA

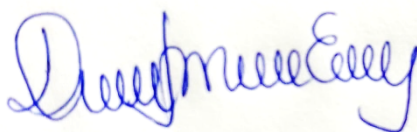
En Concepción, el día de Julio de 2024, los abajo firmantes dejan constancia que el(la) alumno(a) Carolina Keren Gutiérrez Aburto de la carrera de MEDICINA VETERINARIA ha aprobado la memoria para optar al título de MÉDICO VETERINARIO con una nota de 5,9.



MCs Javier Agustín Neumann Vásquez MV
Presidente comisión



MCs Nelson Andrés Sandoval Cancino MV
Profesor Evaluador



Dr. Sc. Diana Maritza Echeverry Berrío MV
Profesor Patrocinante

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres Alicia Aburto y Cristian Gutiérrez por entregarme desde pequeña valores que hasta hoy me acompañan para enfrentar cada uno de los momentos difíciles.

Por ser pilares fundamentales en mi vida, apoyarme en cada decisión y proyecto sin juzgarme, dando con esfuerzo y dedicación diaria herramientas para mi formación como profesional y lo más importante como ser humano, a ellos dedico cada uno de mis logros.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por sostenerme y darme fuerzas en momentos en que quería rendirme, por ser mi guía en cada paso de mi vida.

A mi abuelita Alicia, quien ya no está junto a mí de forma terrenal, pero desde mi niñez hasta el último momento que me vio crecer, estuvo preocupada de mí y de mis estudios, apoyándome siempre.

A Juan por ser mi compañero de vida y contención en momentos difíciles. Por todo el amor que me entrega a diario, creyendo en mis capacidades y apoyándome en primera fila. Por ayudarme en la recolección de las muestras, acompañándome a recorrer cada uno de los sectores.

A mis hermanos Mical, Juan Felipe y David, por ser mi alegría y compañía máxima.

A mis abuelos paternos Dagoberto y Cantalicia por estar presentes de manera cariñosa desde pequeña, preocupados y atentos en cada paso de mi vida.

A mis queridas amigas que alegran mi vida universitaria a diario, apoyándome y creyendo en mis capacidades en momentos que la duda me inundaba.

A mis compañeras Valentina y Daniela por apoyarme en el proceso de laboratorio.

A la Dra. Diana Echeverry por su apoyo constante, paciencia, preocupación y tiempo. Por orientarme y ayudarme en todo este proceso con paciencia y cariño.

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	6
3. MATERIALES Y METODO	7
4. RESULTADOS	12
5. DISCUSION	18
6. CONCLUSIONES	21
7. REFERENCIAS	22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sectores de recolección de las egagrópilas.	8
Tabla 2. Cantidad y colores de micropartículas clasificadas por sectores de recolección.	15
Tabla 3. Cantidad de fibras según sectores de recolección, clasificadas por estaciones del año.	16

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pasos para el análisis de las muestras obtenidas (egagrópilas) con el fin de identificar meso y microplástico.	10
Figura 2. Imágenes de la observación macroscópica de las egagrópilas recolectadas.....	13
Figura 3. Restos óseos en egagrópilas observadas mediante la macroscopía....	13
Figura 4. Mesoplástico registrado en la observación macroscópica.....	14
Figura 5. Porcentaje de colores de las micropartículas encontradas en las egagrópilas observadas.....	14
Figura 6. Cantidad de fibras según color y sector de recolección	15
Figura 7. Cantidad de fibras según estación del año y sector de recolección	16
Figura 8. Microfibras de plástico identificadas en egagrópilas de aves rapaces (A) microfibra roja, (B) microfibra negra, (C) microfibra azul, (D) microfibra verde.	17

RESUMEN

La contaminación por plásticos es un problema medioambiental alarmante que, en la actualidad, afecta a diversos ecosistemas y especies en todo el mundo y que resulta tener consecuencias adversas para la salud de la fauna silvestre. Las aves rapaces están expuestas al plástico debido a la transferencia de estas partículas en sus fuentes de alimento, tales como roedores, pequeñas aves e insectos o bien el consumo voluntario de partículas plásticas que están presentes en su entorno, por esta razón el objetivo de este estudio fue determinar la presencia de micro y mesoplásticos en egagrópilas de aves rapaces, las cuales son expulsadas por regurgitación de la molleja o estomago muscular, formadas por desechos indigeribles como restos óseos, pelos y plumas. La recolección de egagrópilas se realizó en sectores de la región del Biobío ubicados en Concepción y Tomé. El análisis se hizo mediante una serie de técnicas de laboratorio macro y microscópicas, con el uso de equipos especializados para la descomposición, agitación y filtración de las muestras para poder observar e identificar la presencia de partículas plásticas. Se identificó la presencia de microplástico en las egagrópilas de aves rapaces recolectadas en sectores pertenecientes a la región del Biobío y en el Centro de Rehabilitación de Fauna silvestres- CEREFAS-de la Universidad San Sebastián. Se recolectaron 31 muestras en total, desde las cuales se pudieron identificar 46 fibras de microplástico y una fibra de mesoplástico en el sector faro de Cocholgüe, 34 fibras en el CEREFAS y 19 en el Humedal Paicaví. El color predominante de las fibras fue el rojo con un (50%), seguido del negro con un (35%) y el de menor frecuencia el color azul con un (15%). Se concluye que existe la presencia de micro y mesoplásticos en las muestras recolectadas y con esto la presencia de partículas de plástico en la dieta de aves rapaces.

Palabras claves: Aves rapaces; Microplástico; plástico; Dieta; Egagrópilas; Contaminación.

ABSTRACT

Plastic pollution is an alarming environmental problem that currently affects various ecosystems and species around the world and has adverse consequences for the health of wildlife. Birds of prey are exposed to plastic due to the transfer of these particles in their food sources, such as rodents, small birds and insects or the voluntary consumption of plastic particles that are present in their environment, for this reason the objective of this study was to determine the presence of micro and mesoplastics in regurgitation pellets of birds of prey, which are expelled by regurgitation of the gizzard or muscular stomach, formed by indigestible waste such as bone debris, hair and feathers. The pellets were collected in sectors of the Biobío region located in Concepción and Tomé. The analysis was carried out using a series of macro and microscopic laboratory techniques, with the use of specialized equipment for the decomposition, agitation and filtration of the samples to observe and identify the presence of plastic particles. The presence of microplastic was identified in the regurgitation pellets of birds of prey collected in sectors belonging to the Biobío region and in the Wildlife Rehabilitation Center - CEREFAS- of the San Sebastian University. A total of 31 samples were collected from which 46 microplastic fibers and one mesoplastic fiber were identified in the Cocholgüe lighthouse sector, 34 fibers in CEREFAS and 19 in the Paicaví Wetland. The predominant color of the fibers was red (50%), followed by black (35%) and the least frequent color was blue (15%). It is concluded that there is the presence of micro and mesoplastics in the samples collected and with this the presence of plastic particles in the diet of birds of prey.

Keywords: Birds of prey; Microplastic; Plastic; Diet; Pollution; Regurgitation Pellets.

1. INTRODUCCIÓN

Los plásticos en diversos ecosistemas se han convertido en una problemática cada vez más estudiada debido al gran impacto que están generando. Los plásticos son polímeros orgánicos sintéticos que se forman por la polimerización de monómeros extraídos del petróleo (Ramírez, 2018). La característica que vuelve especial a estos polímeros es tanto su alta durabilidad como el hecho de que resuelven varios inconvenientes para la mantención y transporte de productos como alimentos, bebidas, medicamentos, entre otros (Gallardo, 2021). Sin embargo, la particularidad de ser duraderos ha generado una amplia discusión puesto que son extremadamente resistentes a su degradación, por lo que es uno de los elementos más contaminantes para el medio ambiente (Ramírez, 2018).

Dentro de la clasificación de plásticos, de acuerdo con su tamaño, se encuentran los macroplásticos (>25 mm), mesoplásticos (5-25 mm), microplásticos (<5 mm) y nanoplásticos (<1 μm). De estos, destacan los microplásticos, debido a que numéricamente son los residuos que más abundan. Estos se encuentran bastante presentes en la producción humana, sobre todo por la elaboración de productos de cuidado personal como exfoliantes y cosméticos. La fuente secundaria de microplásticos son los procesos medioambientales como la exposición a la radiación ultravioleta, la temperatura, la oxidación, y los microorganismos que aportan a la degradación del plástico en partículas pequeñas (Jimenez-Cárdenas et al., 2022).

A lo largo de los años, la liberación de estos residuos plásticos y posterior propagación en el medio ambiente pueden tener consecuencias adversas para la salud de la fauna silvestre (Pérez-Venegas et al., 2020). Se ha reportado que los microplásticos interactúan con los organismos vivos, esto debido a que según Amereh et al (2020) son capaces de atravesar las membranas biológicas, penetrar y acumularse en los tejidos, dando lugar a una exposición sistémica.

Los mismos autores mencionan que esta capacidad de poder acumularse en el organismo es lo que vuelve a estas partículas potencialmente tóxicas; de ahí la importancia de determinar las características de los microplásticos que actualmente se pueden encontrar en las especies silvestres. Estas pequeñas partículas de plástico tienen la capacidad de atravesar la membrana celular en los sistemas circulatorio, linfático, respiratorio y/u otros sistemas biológicos de los organismos (Bucci et al., 2020).

Antecedentes de microplástico en aves

Las aves son un grupo de especie importante en el estudio del estado de salud del ecosistema (Méndez – Sanhueza et al., 2023). Se han realizado estudios que tratan de la búsqueda de microplástico en la dieta de las aves, por lo que las muestras a observar son productos de desecho como la excreción de heces y la regurgitación de egagrópilas. Herrera (2020) elaboró un estudio sobre la presencia de microplásticos en el consumo de alimentos del cóndor andino (*Vultur gryphus*). En su investigación, señala que en los ecosistemas terrestres los sitios de disposición de basura (SDB) son una fuente de alimento para la fauna silvestre debido al fácil acceso a estos sitios, lo que les permite a las especies una baja inversión de energía para la obtención de alimento.

No obstante, esto los hace vulnerables al consumo de elementos que no corresponden a su dieta. En el análisis se les da una mayor atención a los plásticos y microplásticos debido a su permanencia, fácil transporte, incorporación a la red trófica y riesgo para la salud de la fauna silvestre, los ecosistemas y el ser humano. Para la búsqueda de información, Herrera (2020) analizó el contenido de residuos antropogénicos en 882 egagrópilas de cóndor andino; los resultados reflejaron una gran frecuencia en el hallazgo de desechos (33,4%) en la zona centro de Chile, ausencia de desechos en la zona sur y presencia únicamente de microplástico (1,1%) en la zona Austral. El residuo más encontrado fue el plástico en forma de macro y microplásticos.

El autor concluye que el cóndor andino por sus hábitos generalistas es una especie vulnerable a los efectos negativos del consumo de desechos y su estudio es de importancia para el diseño de futuras estrategias de manejo de residuos y conservación tanto del cóndor como de otras especies que también utilicen SDB como subsidio alimentario.

Richard et al., (2021) observaron la ingesta incidental de plástico y materiales de origen antropogénico del buitre negro americano (*Coragyps atratus*), también nombrado jote de cabeza negra. El estudio se llevó a cabo en un vertedero de residuos suburbano de Calceta, Provincia de Manabí, Ecuador. Se realizó el análisis de un total de 112 egagrópilas, de las cuales el 100% contenía desechos antropogénicos siendo los más notables diferentes tipos de plásticos y microplásticos.

Los autores señalan que estos elementos forman un sustrato perfecto para el desarrollo de biopelículas con cepas de bacterias resistentes al pH gástrico de *Coragyps atratus* y que pueden afectarla (Richard et al., 2021). Los investigadores concluyen refiriéndose a la importancia del desarrollo de líneas de investigación que estudien los efectos vinculados a la ingesta de plástico y materiales antropogénicos, pues permite la obtención de conocimientos que serán útiles para cuantificar los servicios ambientales que prestan las especies (Richard et al,2021).

Se ha observado la presencia de microplástico en aves al desarrollar un análisis de sus heces. Méndez- Sanhueza et al., (2023) llevaron a cabo un estudio sobre la identificación de microplástico en heces de aves marinas de zonas costeras de Chile central, se estudiaron muestras fecales de gaviotas dominicanas (*Larus dominicanus*), pingüino magallánico (*Spheniscus magellanicus*) y pingüino de Humboldt (*Spheniscus Humboldt*) las cuales fueron obtenidas en el centro de rehabilitación de fauna Silvestre de la región del Biobío, Chile. En la investigación se determinó que en las heces de los animales se pueden encontrar microplásticos como indicadores de la contaminación ambiental por plástico.

En los resultados se encontraron microfibras de varios colores en las heces de gaviotas dominicanas y pingüinos de Magallanes, las cuales estaban compuestas

en un 83% de polipropileno (PP) y en un 77% de rayón. Al igual que las dos investigaciones anteriores, los autores mencionan la importancia de hacer visible la problemática de la existencia del microplástico en el consumo alimenticio de las aves para instaurar medidas de vigilancia de los ecosistemas y la conservación de interacciones entre las distintas especies que lo conforman.

Características de las aves rapaces

Las aves rapaces se encuentran en diversos tipos de hábitats, desde los desiertos de Norte América hasta los bosques de África y desde las tundras de Groenlandia hasta la sabana de Sur América. Se identifican tres órdenes: Cathartiformes y Falconiformes las diurnas y Estrigiformes aves rapaces nocturnas (Muñoz,2019).

Estas aves son carnívoras y son consideradas depredadores especializados en la captura de presas vivas como insectos, anfibios, aves y micromamíferos; complementan su dieta con el consumo de carroña cumpliendo con la labor de ser “basureros alados” de la naturaleza al consumir animales en estado de descomposición. Tanto en su morfología como en su anatomía presentan características y adaptaciones que les permiten la captura e ingesta de sus presas, como el desarrollo de un pico especializado para desgarrar piel y carne, garras fuertes para la caza y sujeción de la presa y sentidos altamente desarrollados como la visión que les permite localizar a su captura (Alvarado, 2015).

De acuerdo con lo que explica Dipineto et al (2015) las aves presentan una particularidad en la anatomía de su estómago, en donde se encuentran compartimentos con características importantes para la digestión de los alimentos: El proventrículo y la molleja. El proventrículo o estómago glandular, presenta una pared rica en glándulas que segregan mucus, enzimas (pepsina) y ácido clorhídrico. Este último componente, en las aves rapaces es imprescindible para la digestión de la carne e incluso de los huesos ingeridos (Dipineto et al.,2015).

Dichos autores indican que en la molleja o estómago muscular ocurren contracciones musculares que permiten el triturado del alimento, lo que

funcionalmente suple la carencia de dientes en las aves. Esta porción del estómago, en aves rapaces retiene muchos de los desechos alimenticios (pelos, plumas, huesos), que luego son regurgitados en forma de bolas o pelotas, denominadas “egagrópilas”. El estudio de estas permite conocer las preferencias alimentarias de las distintas especies (Dipineto et al., 2015).

A partir de lo anterior, la interrogante que guía esta investigación será: ¿Cuál es la presencia de micro y mesoplástico en las egagrópilas de aves rapaces seleccionadas? El presente estudio tendrá como finalidad la búsqueda de microplásticos en estas masas oblongas regurgitadas de restos no digeridos de presas ingeridas por un ave rapaz, llamadas egagrópilas.

El análisis de estas muestras, además de entregar conocimiento de la dieta del individuo, identifica información para la elaboración de futuras estrategias de manejo de residuos plásticos y conservación de aves rapaces (Herrera, 2020). De esta manera, se puede vigilar el ecosistema terrestre, incluidas las interacciones entre las especies que lo conforman.

2. OBJETIVOS

2.1.- Objetivo general

Determinar la presencia de micro y mesoplásticos en egagrópila de aves rapaces.

2.2.- Objetivos específicos

- Caracterizar los componentes presentes en las egagrópilas de aves rapaces de la región del Biobío.
- Identificar la ocurrencia de micro y mesoplásticos en las egagrópilas de aves rapaces.
- Comparar la frecuencia de ocurrencia de micro y mesoplásticos presentes en las egagrópilas obtenidas en los distintos lugares de la región del Biobío.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

3.3.1 Materiales de recolección

- Papel de aluminio
- Plumón permanente
- Guantes

3.3.2 Materiales de procedimientos

- Frascos de Vidrio
- Vasos precipitados
- Placas de Petri
- Matraz de Kitasato
- KOH 15%
- Pinzas metálicas
- Agua Destilada
- Quix (lavaloz)
- Filtros de fibra de vidrio

3.3.3 Equipos especializados

- Lupa
- Estufa
- Mufla
- Agitador con control de temperatura
- Microscopio

3.2 Especies y área en estudio

Para llevar a cabo el estudio, se analizan muestras de egagrópila de aves rapaces nocturnas, principalmente pertenecientes al orden Estrigiformes. Se recolectan 31 muestras en total, dado que no es seguro encontrar egagrópilas en cada sector, por lo que este número se asignó por conveniencia y representatividad para el posterior trabajo en laboratorio. Las muestras son recolectadas en 4 sectores de la región del Biobío, los tres primeros sectores corresponden a la zona costera de la región y el último a la zona central (Ver Tabla 1). Adicionalmente, se analizan egagrópilas de aves que estuvieron en el Centro de Rehabilitación de Fauna Silvestre de la Universidad San Sebastián entre el periodo de enero a mayo del 2024.

Tabla 1. Sectores de recolección de las egagrópilas.

Sector	Coordenadas geográficas
Faro de Cocholgue, Tomé	-36.57887261928077, 73.00055529896736
Casa Piedra, Coliumo, Tomé	-36.525712334191404, 72.97031575851084
El Túnel, Lirquen – Punta de Parra	-36.66962108472474, 72.98302920622778
Humedal Paicaví, Concepción	-36.802606016608735, 73.07259674306094

Nota: Esta tabla muestra las coordenadas geográficas en donde se recolectaron las muestras para el estudio.

Los sectores señalados fueron seleccionados ya que corresponden a lugares costeros dentro de la región en donde se presume que existe presencia de aves rapaces.

3.3 Trabajo de Campo

Para lograr el análisis de microplásticos en las egagrópilas, se recolectan las muestras en el sector cuidando que no se contaminen, para ello se envuelven en papel aluminio antes de ser guardadas. Se escoge el aluminio ya que es un material que permite no contaminar la muestra al protegerla de cualquier contacto con agentes externos y es diferente al plástico. Cada egagrópila se rotula con el nombre del sector y la coordenada geográfica en donde fue recogida.

3.4 Trabajo de Laboratorio

Las muestras fueron llevadas al Laboratorio Institucional de Investigación de la Universidad San Sebastián sede Concepción, en el edificio los Peumos.

Para el procesamiento de las egagrópilas se sigue el protocolo empleado por de Méndez-Sanhueza et al., (2023). Los materiales deben estar libres de microplásticos que puedan contaminarlas, por esta razón se realiza el lavado de las placas de Petri con jabón neutro y agua destilada, para posteriormente ser llevadas a la estufa y secadas a 70°C. Una vez secas las placas, estas se llevan a la mufla a 400°C por 4 horas para eliminar cualquier partícula de microplástico contaminante.

Las egagrópilas se posicionan sobre la placa de Petri de vidrio y se emplean pinzas metálicas para separar el contenido para análisis macroscópico e identificar posibles partículas plásticas. El resto del contenido fue puesto en digestión en un frasco de vidrio al que se le administra KOH al 15%. Seguidamente se pone en agitación a 100 rpm a una temperatura de 40°C hasta su digestión, la cual tarda entre 7 – 18 días, dependiendo de la muestra. Este procedimiento finaliza cuando el líquido adquiere un color más claro, homogéneo y los restos del contenido de las egagrópilas se encuentran al fondo del frasco.

En estos procedimientos es importante tener un blanco de control para saber si en algún momento la muestra fue expuesta a contaminación. Para esto se utiliza un vaso precipitado apoyado en un matraz de Kitasato (Ver figura 1), que contiene agua destilada. Si al revisar el contenido del agua destilada se encuentran micropartículas

de plástico, estas se restan al momento de los resultados del análisis del filtrado de las egagrópilas.

Figura 1. Pasos para el análisis de las muestras obtenidas (egagrópilas) con el fin de identificar meso y microplástico.



Fuente: elaboración propia

Al finalizar la filtración de las muestras, los filtros se guardan en placas de Petri pequeñas de vidrio, las cuales se rotulan con el nombre del sector en donde fueron recolectadas y la fecha del filtrado.

Análisis de datos

Al momento de llevar a cabo los análisis macro y microscópicos de las muestras, se realiza registro fotográfico y junto con esto se detallan las características de lo observado en el desmenuzamiento de las egagrópilas en las placas de Petri y en el microscopio con los filtros. En ambos casos, se analiza la composición biótica (compuestos orgánicos de la dieta) y abiótica (partículas plásticas) de las muestras. Las variables analizadas fueron cualitativas, refiriéndose a la forma, color, composición y estructura de lo observado.

La observación microscópica de las egagrópilas recolectadas se realiza utilizando cámara USB conectada a una lupa estereoscópica. También, se utiliza el computador conectado a la cámara USB. Mediante el programa Image Focus Alpha se lleva a cabo el registro fotográfico de los microplásticos encontrados.

La presentación de resultados se realiza en gráficos, los cuales representan el promedio de partículas plásticas presentes en las egagrópilas detallando los porcentajes de macro y microplásticos encontrados y los porcentajes de colores identificados en las partículas de plástico de las egagrópilas encontradas en los sectores mencionados.

4. RESULTADOS

Se recolectan en total 31 muestras de egagrópilas de aves rapaces. De los cuatro sectores nombrados, solo se recolectaron muestras de dos sectores los cuales son: Faro de Cocholgue), Tomé (-36.57887261928077, -73.00055529896736) donde se obtuvieron 17 muestras y el Humedal Paicaví, Concepción (-36.802606016608735, -73.07259674306094) donde se encontraron 6 muestras. Para completar el número muestral por conveniencia y representatividad, se opto por recolectar muestras del Centro de Rehabilitación de Fauna Silvestres - CEREFAS – Universidad San Sebastián en donde se recolectaron 8 muestras de egagrópilas de aves rapaces que coincidentemente todas provenían de lechuzas (*Tyto alba*).

Determinación de la presencia de micro y mesoplásticos

En total se emplean 100 filtros para las 31 muestras de egagrópilas que pasaron por el proceso de digestión. De estos 100, 40 filtros correspondieron a los controles o blancos. Dentro de estos 60 filtros se determinaron un total de 100 fibras de microplásticos correspondientes a 3 de los 4 sectores de recolección. Por otro lado, de estas 31 muestras analizadas, solo en 1 se encontró la presencia de mesoplástico (Ver figura 4).

Caracterización macroscópica de egagrópilas

En la observación macroscópica, todas las muestras presentan gran contenido de componentes bióticos de distinta composición, con un tamaño aproximado de 5 a 6 cm y peso variable de 3,0 a 4,0 gramos (Ver figura 2).

Para la caracterización de las muestras, se registró la presencia de restos óseos tales como: humero, fémur, ulna, radio, escapula, cráneos, ramas mandibulares y

dientes pertenecientes a un micromamífero (Ver figura 3). También se logra observar la presencia de plumas pequeñas, pelos, y forraje no digerido.

Por otro lado, de las 31 muestras observadas solo en una se registra la presencia de material abiótico correspondiente a mesoplástico (Ver figura 4) de medida entre 5 – 25 mm, color verde observado en la muestra N° 23 perteneciente al sector el Faro de Cocholgue, Tomé.

Figura 2. Imágenes de la observación macroscópica de las egagropilas recolectadas.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Restos óseos en egagropilas observadas mediante la macroscopía.



Fuente: Elaboración propia

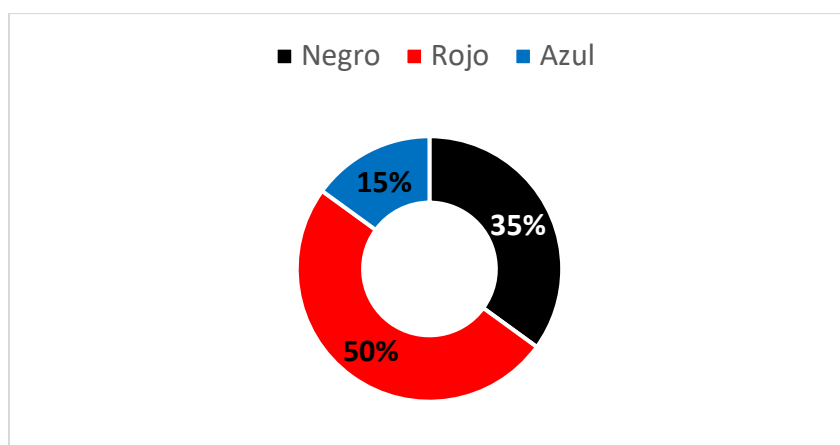
Figura 4. Mesoplástico registrado en la observación macroscópica.



Ocurrencia de microplástico en egagrópilas de aves rapaces recolectadas.

Se encontraron microplásticos en 30 de 31 muestras recolectadas, con una ocurrencia del 96% para el total de muestras. Para la variable "color", se determinó de mayor a menor, un 50% de microplásticos color rojo, un 35% color negro y finalmente un 15% color azul (Ver figura 5).

Figura 5. Porcentaje de colores de las micropartículas encontradas en las egagrópilas observadas.



Fuente: Elaboración propia

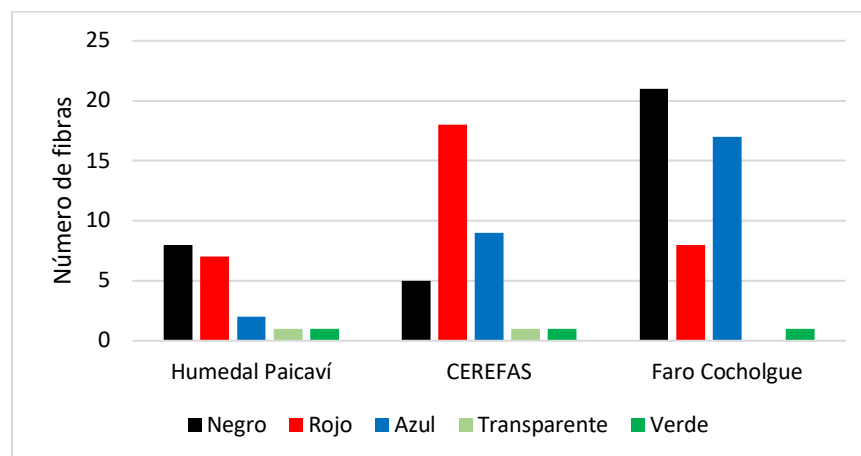
Comparación de la ocurrencia de microplásticos por sectores de recolección

Para el sector Humedal Paicaví, se recolectaron 6 muestras, en las cuales se identifica un total de 19 fibras de microplásticos, siendo predominante el color negro. Para CEREFAS, se recolectaron 8 muestras, en las cuales se identifica un total de 34 fibras de microplásticos, siendo predominante el color rojo. Finalmente para Faro Cocholgue, se recolectaron 17 muestras, identificando la presencia de 47 fibras de microplásticos, siendo predominante el color negro (Ver tabla 2). Para los 3 sitios de recolección, el color predominante fue el negro y rojo y el color con menor relevancia fue el verde (Ver figura 6). Para el Túnel, Lirquén - Punta de Parra, no se encontraron muestras de egagrópilas.

Tabla 2. Cantidad y colores de micropartículas clasificadas por sectores de recolección.

	Sitios			
	Humedal Paicaví	CEREFAS	Faro Cocholgue	
Negro	8	5	21	
Rojo	7	18	8	
Azul	2	9	17	
Transparente	1	1	0	
Verde	1	1	1	
TOTAL	19	34	47	

Figura 6. Cantidad de fibras según color y sector de recolección



Comparacion de la ocurrencia microplastico por sectores de recoleccion según las estaciones del año

Para el sector Humedal Paicaví, se recolectan 6 muestras en otoño, en las cuales se identificó un total de 10 fibras de microplásticos correspondientes a la estación. Para CEREFAS, se recolectaron 4 muestras en verano y 4 en otoño, en las cuales se identificó un total de 26 fibras de microplásticos en verano y 8 fibras de microplástico en otoño. Finalmente para Faro Cocholgue, se recolectaron 17 muestras en verano, identificando la presencia de 46 fibras de microplásticos, (Ver tabla 3). La estación predominante para los 3 sitios de recolección fue el verano (Ver figura7).

Tabla 3. Cantidad de fibras según sectores de recolección, clasificadas por estaciones del año.

	Sitios		
	Humedal Paicaví	CEREFAS	Faro Cocholgue
Verano	0	26	46
Otoño	10	8	0
TOTAL	10	34	46

Figura 7. Cantidad de fibras según estación del año y sector de recolección

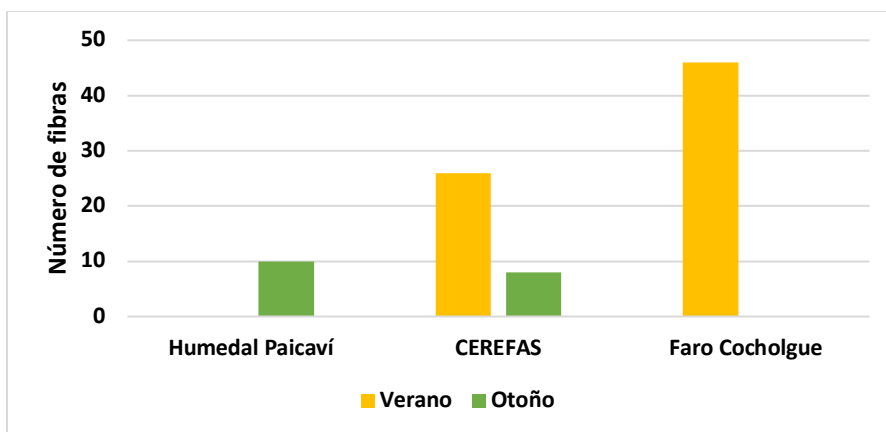
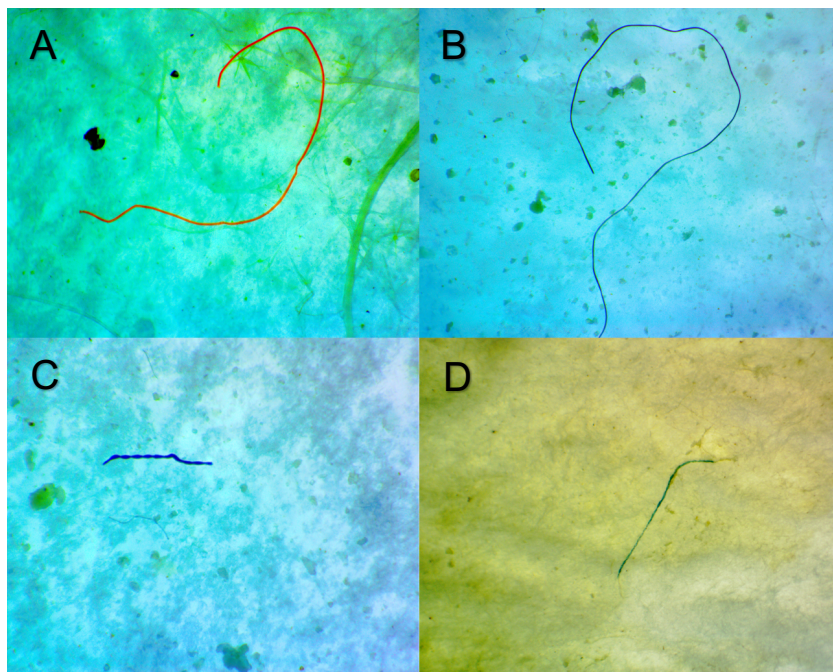


Figura 8. Microfibras de plástico identificadas en egagropilas de aves rapaces (A) microfibra roja, (B) microfibra negra, (C) microfibra azul, (D) microfibra verde.



Al determinar la cantidad de microfibras de plástico por egagrópila según sector de recolección, se encontró que en el humedal Paicaví, de las seis muestras recolectadas cuatro contenían fibras de microplástico (67%). La cantidad de fibras de microplástico fue variable por egagrópila analizada en este humedal, en total se cuantificaron 19 fibras en este sector.

Para el sector Faro de Cocholque se recolectaron 17 muestras de egagrópilas las cuales presentaron presencia de fibras de microplástico (100%). En total, se cuantificaron por este sector 47 fibras de microplástico.

En el centro de rehabilitación de fauna silvestre (CEREFAS) de la Universidad San Sebastián, sede Concepción, se recolectaron 8 muestras, las cuales todas contenían fibras de microplástico. En total se cuantificaron 34 fibras de microplástico en este lugar de muestreo.

5. DISCUSIÓN

En relación con los resultados del análisis de las 31 muestras en el laboratorio, se identificó la presencia de microplásticos en las egagrópilas de aves rapaces recolectadas. Sin embargo, se diferenció en cuanto a la frecuencia de micropartículas encontradas dependiendo del sector, siendo más predominante el Faro de Cocholgue por mayor presencia de actividad antropogénica y presencia de aves rapaces, pero también porque fue el lugar dónde más egagrópilas se observaron en las salidas a terreno (Humedal Paicaví: 19, CEREFAS: 34, Faro de Cocholgue:47) (Valdebenito y Rodríguez, 2018; Pellet y Cornejo, 2021).

En concordancia con este estudio, Richard et al., (2021) también señala la presencia de material antropogénico correspondiente a microplástico en egagrópilas de Buitre Americano (*Coragyps atratus*) en donde en un total de 112 egagrópilas analizadas en su estudio, el 100% contenía materiales provenientes de desechos siendo los más predominantes los microplásticos. Este estudio también concuerda con numerosos estudios recientes que reportan la preocupación del hallazgo de microplástico en rapaces, en órganos, heces, y además de observar el comportamiento de las rapaces con el consumo de alimentos desde vertederos (Bouker et al., 2021; Leviner y Perrine, 2023; Schutten et al., 2023). Las aves rapaces son una especie altamente susceptible al consumo de plástico debido a que son consideradas como basureros alados (Alvarado, 2015), esto debido a su dieta variada desde el consumo de micromamíferos, pequeños insectos hasta materia en descomposición.

Al encontrar la presencia de fibras de microplástico en las egagrópilas, se comprueba el consumo de plástico por aves rapaces, lo que significa que los residuos y desechos plásticos han causado una importante contaminación ambiental en todo el mundo y se han acumulado en cientos de especies de aves terrestres y acuáticas (Sakar et al., 2023). Este resultado es de importancia debido

al cambio en la dieta que están sufriendo las aves terrestres y acuáticas, siendo de las especies mas vulnerables a la contaminación antropogénica (Wang et al., 2021).

El Humedal Paicaví se encuentra en plena ciudad, un estudio realizado por Rojas et al., (2015) señala que los humedales poseen una progresiva urbanización lo que conlleva a los efectos antropogénicos tales como la contaminación por basura y desechos, pese a que los humedales son una fuente importante de diversidad biológica, producto de la alta heterogeneidad estructural que presentan. Así mismo, el faro de Cocholegüe es un lugar turístico de zona costera, pero de difícil acceso. Sin embargo, es un lugar en donde se desarrolla la pesca artesanal y actividades que pueden llevar a la contaminación del lugar debido a que las caletas son importantes lugares geográficos, socio económicos y simbólicos donde hay alta intervención antropogénica, por lo que las aves tienen acceso directo a alimentos similares a su dieta y que probablemente estén contaminados (Guerrero, 2018).

Pese a ello las especies de aves rapaces que anidan en el faro de Cocholegüe son muy selectivas en su dieta, así como la Lechuza (*Tyto alba*). En un estudio realizado por Lombera (2011) se recolectaron un total de 149 egagrópilas de Lechuzas y se determinó que su dieta está compuesta, al menos por siete especies de roedores (*Perognatus flavus*, *Microtus mexicanus*, *Peromyscus sp.*, *Reithrodontomys sp.*, *Sigmodon leucotis*, *Rattus rattus* y *Mus musculus*). Así, Panti (2018) respalda que la presencia de microplástico en la dieta de las aves puede ser producto de una contaminación indirecta al consumir micromamíferos que se encuentran aún más en contacto con el ser humano, en sus viviendas, donde suelen encontrar fuentes ideales de alimento y refugio.

Las aves tanto terrestres como marinas son de los grupos de especie mas afectada por las consecuencias de las malas obras del ser humano en relación con la contaminación del medio ambiente, esto debido a que su hábitat se ve constantemente afectado (Herrera, 2020). Estudios señalan que una de las maneras en que el plástico afecta a las aves es a través de la ingesta de este material, que puede ser confundido con alimento o de manera indirecta como la

depredación de individuos que previamente han ingerido plástico (Navarro et al., 2023).

En relación a la forma de los microplásticos encontrados, el 100% fueron correspondientes a fibras, lo cual era un resultado esperado, a causa de que las fibras son una de las formas de presentación de mayor abundancia en los diversos estudios tales como los realizados en el Condor andino (*Vultur gryphus*), el Buitre americano (*Coragyps atratus*), Gaviota dominicana (*Larus dominicanus*) y el Pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*) (Herrera, 2020; Richard et al., 2021; Mendez-Sanhueza et al., 2023). A pesar de ello, existen estudios en los que las fibras no son consideradas dentro de la clasificación por posible alteración del resultado por confusión con fibras no sintéticas (Ory et al., 2017 ; Navarro et al., 2023). Por lo tanto, la caracterización de las fibras encontradas se requiere para poder determinar tanto como el impacto que puedan tener estos compuestos en las aves como el posible origen de la contaminación.

Con respecto a los colores obtenidos por egagrópila observada, el rojo y el negro fueron los de mayor porcentaje con un 50% y 35% respectivamente, lo cual coincide con otros estudios similares realizados en otras especies de animales silvestres como el desarrollado por Pérez et al., (2024) en lobos marinos en donde el color que predominaba resultó ser el negro con un 52%. Aun cuando el azul fue el color de menor prevalencia con un 15%, se han realizado estudios en donde el color con mayor porcentaje es el azul como los estudios realizados por Méndez – Sanhueza et al., (2023) en aves marinas y el de Pérez – Venegas et al., (2020) en otáridos.

Respecto a la recolección de egagrópilas por temporada, estas se encontraron en mayor medida durante el verano, lo que coincide con una mayor identificación de fibras de egagrópilas encontradas en esa estación. Sin embargo, algunos estudios establecen que es más fácil identificar problemas de contaminación por microplásticos en humedales en otoño-invierno, después de las tormentas (Poeta et al. 2014; Gallitelli et al. 2021). Sin embargo, esto no pudo ser evaluado ya que en los sitios de recolección por la lluvia se inundaron y no era posible identificar las egagrópilas en el suelo.

No existe un origen definido de la procedencia de estas fibras, por lo cual resulta difícil explicar el motivo de la variación entre los colores y los diferentes estudios, así como en el caso del presente estudio, poder esclarecer el motivo de la variación de los colores por sector de recolección de egagrópilas. Por otra parte, tampoco fue posible identificar la especie a la cual pertenecía cada egagrópila, lo que puede ser interesante investigar con otro tipo de metodología.

6. CONCLUSIONES

1. En el presente estudio se consiguió caracterizar los componentes presentes en las egagropilas de aves rapaces de la región del Bio bío. Existiendo gran cantidad de restos óseos, plumas, pelos en cada muestra, comprobando lo que dice la literatura sobre la dieta de las aves rapaces compuesta por insectos, anfibios, aves y micromamíferos.
2. La ocurrencia de micro y mesoplásticos pudo ser identificada en las muestras de egagrópilas de aves rapaces recolectadas en los sectores seleccionados en la región del Bio bío. Lo cual indica el consumo de plástico en la dieta de las aves rapaces.
3. La comparación de la frecuencia de ocurrencia de micro y mesoplástico presentes en las egagrópilas obtenidas mostró un mayor porcentaje de fibras en el sector el Faro de Cocholgue con un total de 47 fibras de microplásticos y una fibra de mesoplástico.

7. REFERENCIAS

- Alvarado, S., Figueroa, R., Valladares, P., Carrasco-Lagos, P., y Moreno, R. (2015). *Aves rapaces de la Región Metropolitana de Santiago, Chile*. Laboratorio de Ecología de Vida Silvestre (LEVS), Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile.
- Amereh, F., Babaei, M., Eslami, A., Fazelipour, S., y Rafiee, M. (2020). The emerging risk of exposure to nano(micro)plastics on endocrine disturbance and reproductive toxicity: From a hypothetical scenario to a global public health challenge. *Environmental Pollution*, 261 (114158). <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114158>
- Bouker, G., Tyree, A., San Martín, A., Salom, A., Dodino, S., & Balza, U. (2021). Garbage dump use, mortality, and microplastic exposure of raptors in Ushuaia, Tierra Del Fuego Province, Southern Argentina. *Journal of Raptor Research*, 55(2), 220-229. <https://doi.org/10.3356/0892-1016-55.2.220>
- Bucci, K., M, Tulio y Rochman, C. (2020). What is known and unknown about the effects of plastic pollution: A meta-analysis and systematic review. *Ecological Applications*, 30(2) 20-44. <https://doi.org/10.1002/eap>
- Dipineto, L., De Luca Bossa, L. M., Pace, A., Russo, T. P., Gargiulo, A. R., Ciccarelli, F., Raia, P., Caputo, V., y Fioretti, A. (2015). Microbiological survey of birds of prey pellets. *Comparative Immunology Microbiology and Infectious Diseases*, 41, 49-53. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2015.05.001>
- Gallardo, C., Vásquez, N. y Thiel, M. (2021). Cuarto Muestreo Nacional de Basuras En Playas.; Coquimbo. <http://www.cientificosdelabasura.cl/wp-content/uploads/2023/09/2020-Informe-4to-mUestreo-Nacional-de-la-Basura-en-las-Playas.pdf>.

- Gallitelli L, Battisti C, Olivieri Z, Marandola C, Acosta ATR, Scalici M (2021) *Carpobrotus spp.* patches as trap for litter: evidence from a Mediterranean beach. *Mar Pollut Bull* 173:113029. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113029>
- Guerrero, R. y Alarcón, M. (2018). Neoliberalismo y transformaciones socio-espaciales en caletas urbanas del Área Metropolitana de Concepción. Los casos de Caleta Los Bagres y Caleta Cocholgüe, Tomé. *Revista de Urbanismo*, (38), 1-17. <http://dx.doi.org/10.5354/0717-5051.2018.48666>
- Herrera, P. y Galbán, C. (2020). Caracterización del consumo de desechos de origen antropogénico y microplásticos por el cóndor andino (*Vultur gryphus*) en Chile [Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Licenciado en Biología]. Universidad Andrés Bello.
- Jimenez-Cárdenas, V., Luna-Acosta, A., & Gómez-Méndez, L. D. (2022). Differential presence of microplastics and mesoplastics in coral reef and mangrove fishes in Isla Grande, Colombia. *Microplastics*, 1(3), 477–493. <https://doi.org/10.3390/microplastics1030034>
- Leviner, A., & Perrine, J. D. (2023). Documentation of microplastics in the gastrointestinal tracts of terrestrial raptors in central California, USA. *California Fish and Wildlife Journal*, 109, e6. <https://doi.org/10.51492/cfwj.109.6>
- Lombera (2011). Micromamíferos en la dieta de la Lechuza de Campanario (*Tyto alba*) en Huapalcalco, Tulancingo de Bravo, Hidalgo. Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo.
- Mendez –Sanhueza, S., Torres, M., Pozo, K., Del Aguila, G., Hernandez, F., Jacobsen, C. y Echeverry, D. (2023). Microplastics in Seabird Feces from Coastal Areas of Central Chile. *Animals*, 13 (2840). <https://doi.org/10.3390/13182840>
- Muñoz, A., Rau, J. y Yañez, J. (2019). Aves rapaces de Chile (2ª ed.) Cea ediciones
- Navarro, A., Luzardo, O. P., Gómez, M., Acosta-Dacal, A., Martínez, I., De la Rosa, J. F., Macías-Montes, A., Suárez-Pérez, A., y Herrera, A. (2023). Microplastics ingestion

and chemical pollutants in seabirds of Gran Canaria (Canary Islands, Spain). *Marine Pollution Bulletin*, 186, 114434. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114434>

Ory, N., Chagnon, C., Félix, F., Fernández, C., Ferreira, J. L., Gallardo, C., Garcés-Ordóñez, O., Henostroza, A., Laaz, E., Mizraji, R., Mojica, H., Haro, V. M., Medina, L., Preciado, M., Sobral, P., Urbina, M. A., y Thiel, M. (2017). Low prevalence of microplastic contamination in planktivorous fish species from the Southeast Pacific Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 127, 211-216. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.12.016>

Panti, J. A., Gurubel-González, Y., Palomo-Arjona, E., Cetina-Trejo, R., Machaín-Williams, C., Robles, M., y Hernández-Betancourt, S. (2018). CARACTERÍSTICAS POBLACIONES DE *Rattus rattus* Y *Mus musculus* PRESENTES EN COMUNIDADES RURALES DE YUCATÁN, MÉXICO. *Tropical And Subtropical Agroecosystems*, 21(2). <https://doi.org/10.56369/tsaes.2480>

Pellet, P., & Cornejo, C. (2021). Las aves en la Región del Biobío (Chile): su riqueza, composición y distribución. *Gayana (Concepción)*, 85(1), 55-77. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382021000100055>

Perez-Gómez, C., Torres, M., Pozo, K., y Echeverry, D.E. (2024). Identificación de microplásticos en heces de lobos marinos (*Otaria flavescens*) en el puerto La Poza, Región del Bio bío, Chile. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 35(1), e25593. <https://doi.org/10.15381/rivep.v35i1.25593>

Pérez-Venegas, D., Toro-Valdivieso, C., Ayala, F., Brito, B., Iturra, L., Arriagada, M., Seguel, M., Barrios, C., Sepúlveda, M., Oliva, D., Cárdenas-Alayza, S., Urbina, M. A., Jorquera, A., Castro-Nallar, E., y Galbán-Malagón, C. (2020). Monitoring the occurrence of microplastic ingestion in otariids along the Peruvian and Chilean coasts. *Marine Pollution Bulletin*, 153, 110966. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.110966>

Poeta G, Battisti C, Acosta ATR (2014) Marine litter in Mediterranean sandy littorals: Spatial distribution patterns along central Italy coastal dunes. *Mar Pollut Bull* 89:168–173. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.10.011>

- Ramírez, J. E. S. (2018). Plásticos y microplásticos en agua, un problema mundial que afecta nuestros sistemas acuáticos. *Ingeniería y región*, 19.
- Richard, E., Zapata, D. I. C., y Angeoletto, F. (2021). Consumo incidental de plástico y otros materiales antropogénicos por parte de *coragyps atratus* (Bechstein, 1793) en un vertedero de basura de Ecuador. *Revista Peruana de Biología*, 28(4). <https://doi.org/10.15381/rpb.v28i4.21627>
- Rojas, C., Sepúlveda-Zúñiga, E., Barbosa, O., Rojas, O., y Martínez, C. (2015). Patrones de urbanización en la biodiversidad de humedales urbanos en Concepción metropolitana. *Revista de Geografía Norte Grande*, (61), 181-204.
- Sakar, S., Diab, H., & Thompson, J. (2023). Microplastic pollution: Chemical characterization and impact on wildlife. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 1745. <https://doi.org/10.3390/ijerph20031745>
- Schutten, K., Chandrashekar, A., Bourdages, M., Bowes, V., Elliott, J., Lee, S., ... & Wilson, L. (2023). Assessing plastic ingestion in birds of prey from British Columbia, Canada. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(31), 76631-76639. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27830-4>
- Valdebenito, R. M. G., & Rodríguez, M. A. (2018). Neoliberalismo y transformaciones socio-espaciales en caletas urbanas del Área Metropolitana de Concepción. Los casos de Caleta Los Bagres y Caleta Cocholgüe, Tomé. *Revista de Urbanismo*, (38), 1-17.
- Wang, L., Nabi, G., Gin, L., Wang, Y., Li, S., Hao, Z. y Li, D. (2021). Birds and plastic pollution: recent advances. *Avian Research*, 12(1-9). <https://doi.org/10.1186/s40657-021-00293-2>