

**LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias
Sociales y Humanidades, Asunción, Paraguay.**

ISSN en línea: 2789-3855, 2025, Volumen VI

Ocurrencia y caracterización de microplásticos en el tracto digestivo de *Cyprinus carpio* y *Odontesthes bonariensis* en la laguna de Pacucha, Perú

Occurrence and characterization of microplastics in the digestive tract
of *Cyprinus carpio* and *Odontesthes bonariensis* in Lake Pacucha, Peru

Alberto Rick Allen Borda Cuadros

1003520182@unajma.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-3460-4692>

Universidad Nacional José María

Arguedas

Andahuaylas – Perú

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i5.4764>

Artículo recibido: 12 de julio de 2025

Aceptado para publicación: 11 de noviembre
de 2025.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.


Redilat
Red de Investigadores
Latinoamericanos

NÚMERO

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i5.4764>

Ocurrencia y caracterización de microplásticos en el tracto digestivo de *Cyprinus carpio* y *Odontesthes bonariensis* en la laguna de Pacucha, Perú

Occurrence and characterization of microplastics in the digestive tract of *Cyprinus carpio* and *Odontesthes bonariensis* in Lake Pacucha, Peru

Alberto Rick Allen Borda Cuadros

1003520182@unajma.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-3460-4692>

Universidad Nacional José María Arguedas
Andahuaylas – Perú

Artículo recibido: 12 de julio de 2025. Aceptado para publicación: 11 de noviembre de 2025.
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen

Esta investigación determinó la relación entre la presencia de microplásticos (MPS) y los hábitos alimenticios de los peces de la laguna de Pacucha, un ecosistema dulceacuícola de importancia económica y ecológica. Se aplicó un enfoque básico, de nivel relacional y diseño transversal. La muestra incluyó 105 tractos digestivos de peces: 60 pejerreyes (*Odontesthes bonariensis*) y 45 carpas (*Cyprinus carpio*), obtenidos mediante muestreo no probabilístico por conveniencia. Se empleó observación estructurada y fichas de recolección adaptadas para registrar microplásticos y contenidos tróficos. Los MPS se obtuvieron por digestión química con hidróxido de potasio (KOH 10%) la caracterización física y química, se hizo mediante estereoscopio binocular y espectroscopía ATR_FTIR. Identificando 373 partículas en total; el 73 % de los pejerreyes y el 56 % de las carpas presentaron una frecuencia de ocurrencia de microplásticos. Las formas predominantes de MPS, fueron fibras (52 %) y fragmentos (31%); los colores más frecuentes fueron transparente y blanco, con tamaños sin exceder los 5mm y pesos de 1.25 g máximos. Los polímeros detectados en ATR_FTIR fueron, tereftalato de polietileno (PET), polipropileno (PP) y Poliestireno (PS). El análisis estadístico fue con coeficiente de Spearman mostrando una correlación positiva moderada entre los hábitos alimenticios y la presencia de MPS ($p = 0,615$; $p < 0,001$). El estudio aporta evidencia de la ocurrencia y caracterización física y química de microplásticos en los tractos digestivos de *O. bonariensis* y *C. carpio* relacionándolos con sus hábitos alimenticios, constituyendo el primer reporte para esta laguna.


Palabras clave: microplásticos, peces dulceacuícolas, laguna de Pacucha, tracto digestivo, ATR_FTIR

Abstract

This study investigated the relationship between microplastic (MPs) occurrence and the feeding habits of fish from Pacucha Lagoon, a freshwater ecosystem of ecological and economic importance. A basic research approach with a correlational level and cross-sectional design was applied. The sample comprised 105 fish digestive tracts: 60 silversides (*Odontesthes bonariensis*) and 45 common carp (*Cyprinus carpio*), obtained through non-probabilistic convenience sampling. Structured observation and adapted data sheets were used to record MPS and dietary items. MPs were extracted by chemical digestion with potassium hydroxide (KOH 10%), while physical and chemical characterization was

conducted using a stereomicroscope and ATR_FTIR spectroscopy. A total of 373 particles were identified; 73% of silversides and 56% of carp contained MPs in their digestive tracts. Fibers (52%) and fragments (31%) were the dominant morphotypes, with transparent and white as the most frequent colors, sizes below 5 mm, and maximum weights of 1.25 g. ATR_FTIR analysis identified polyethylene terephthalate (PET), polypropylene (PP), and polystyrene (PS) as the main polymers. Statistical analysis using Spearman's correlation revealed a moderate positive relationship between feeding habits and MPs ingestion ($r = 0.615$; $p < 0.001$). This research provides novel evidence on the occurrence and characterization of MPS in the digestive tracts of *O. bonariensis* and *C. carpio* in relation to their feeding habits, representing the first report for Pacucha Lagoon.

Keywords: microplastics, freshwater fish, lake Pacucha, digestive tract, ATR_FTIR

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicado en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons. 

Cómo citar: Allen Borda Cuadros, A. R. (2025). Ocurrencia y caracterización de microplásticos en el tracto digestivo de *Cyprinus carpio* y *Odontesthes bonariensis* en la laguna de Pacucha, Perú. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 6 (5), 2549 – 2569. <https://doi.org/10.56712/latam.v6i5.4764>

INTRODUCCIÓN

Los microplásticos (MPS) se han convertido en una preocupación ambiental significativa a nivel mundial debido al aumento excesivo de los plásticos producidos como el polietileno (PE), polipropileno (PP), poliácronitrilo (PVC), poliestireno (PS), etc. Estas partículas se producen gracias a la desfragmentación de plásticos más grandes (microplásticos secundarios) o se crean intencionalmente a escalas microscópicas (microplásticos primarios) (Sáez Cubero, 2024). Su presencia ha sido reportada en ecosistemas dulceacuícolas, afectando tanto a la biodiversidad, como a las especies que habitan y buscan sus alimentos en este entorno, representando un riesgo ecológico y sanitario. (GESAMP, 2016) (FAO, 2017). En la actualidad la relación entre la presencia de microplásticos y las cadenas tróficas, aún se encuentran estudiándose. Karami et al. (2017), sugieren que la ingestión de estas partículas en peces, podría estar asociada a sus cadenas tróficas, generando patrones de ocurrencia de acuerdo a sus hábitos alimenticios. Aunque el conocimiento sobre la distribución ecológica de estos microplásticos en ecosistemas dulceacuícolas, es muy limitado, se determina que su persistencia y toxicidad representan un riesgo ecológico y sanitario, especialmente para las poblaciones que dependen de estas especies. (De-la-Torre, 2019)

Trabajos pioneros en Latinoamérica evidenciaron esta relación. Estudios en la Reserva Natural de Usos Múltiples, Monterrico, Guatemala (RNUMM) detectaron la primera evidencia sobre la presencia de microplásticos, en 624 peces de 16 especies, encontrándose 644 partículas de microplásticos. Entre sus resultados se reveló una diferencia significativa (p valor < 0.05) entre el número de microplásticos y el tipo de hábito alimenticio predominante: carnívoros, omnívoros y herbívoros. (Mazariegos-Ortíz et al., 2021). En este contexto, se resalta la necesidad de evaluar la presencia de estas partículas en la laguna de Pacucha, un ecosistema dulceacuícola con relevancia ecológica, económica y cultural. Albergando 2 especies de importancia comercial, carpa (*Cyprinus carpio*) y pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) (Huaraca, 2017). No obstante, hasta la fecha no existen estudios que reporten la presencia de microplásticos en este cuerpo de agua ni su relación con las cadenas tróficas de sus peces.

Es por ello, que la presente investigación se planteó como objetivo de determinar la ocurrencia y caracterización de microplásticos en el tracto digestivo del *Cyprinus carpio* y *Odontesthes bonariensis* en la laguna de Pacucha, determinando su relación con los hábitos alimenticios de las dos especies. Buscando aportar evidencia pionera para la región, siendo un referente para la gestión de recursos hidrobiológicos y la prevención de posibles riesgos ambientales asociados a la contaminación de microplásticos.

METODOLOGÍA

Tipo de investigación

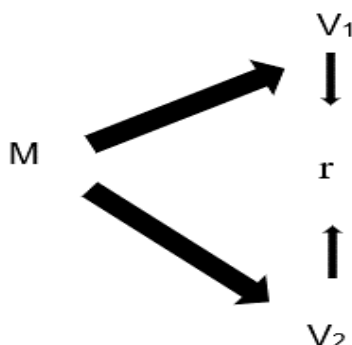
La presente investigación es de tipo básica (descriptiva) ya que se centra en caracterizar física y química los microplásticos (color, forma, tamaño, peso, cantidad y tipo de polímero). (Hernández Sampieri et al., 2014)

Según Hernández-Sampieri (2018) se adoptó un enfoque cuantitativo el cual utilizará la recolección y análisis de datos objetivos de los microplásticos y los hábitos alimenticios de las especies estudiadas.

Diseño de investigación

Figura 1

Esquema de diseño descriptivo correlacional



Donde:

M: Muestra

(V1) Variable independiente: Hábitos alimenticios de los recursos hidrobiológicos.

(V2) Variable dependiente: Número de Microplásticos.

r: Relación estadística entre las variables (V1) y (V2)

El estudio se basó en un diseño no experimental, correlacional y de corte transversal (Figura 1), ya que los datos fueron recolectados en único tiempo, sin manipular las condiciones naturales. Estableciendo relaciones estadísticas entre la ocurrencia de microplásticos y los hábitos alimenticios de los peces sin alterar su entorno (Martínez, 2020).

Tamaño de muestra

El tamaño de muestra se realizó bajo los datos recolectados de Plan Regional de Acuicultura, bajo la Gerencia Regional de Desarrollo Económico - Gobierno Regional de Apurímac (2017) del cual se estimó una extracción anual para pejerrey 87.3 % (*Odontesthes bonariensis*) (27.14 T/año) y 12.6% a la carpa (*Cyprinus carpio*) (3.92 T/año), a partir de estos datos se calculó los valores de extracción anual de 2261.75 kg/mes para pejerrey y 326.25 kg/mes para carpa. Estos datos dividiéndolos con los pesos máximos dados por la ficha de información del Registro Nacional de Información Acuícola (RNIA)-Ministerio de la Producción (2019). Obteniendo un número de individuos de extracción, como muestra representativa de un total de 1, 330. 44 individuos para pejerrey y 163.125 individuos para carpa, de los cuales aplicando la fórmula de tamaño de muestra a continuación, se halló los siguientes valores. (Figura 2)

Ecuación 1

Ecuación de Tamaño de muestra

$$n = \frac{Z^2 P Q N}{(N - 1) e^2 + Z^2 P Q}$$

Considerando los siguientes datos para *O. bonariensis*:

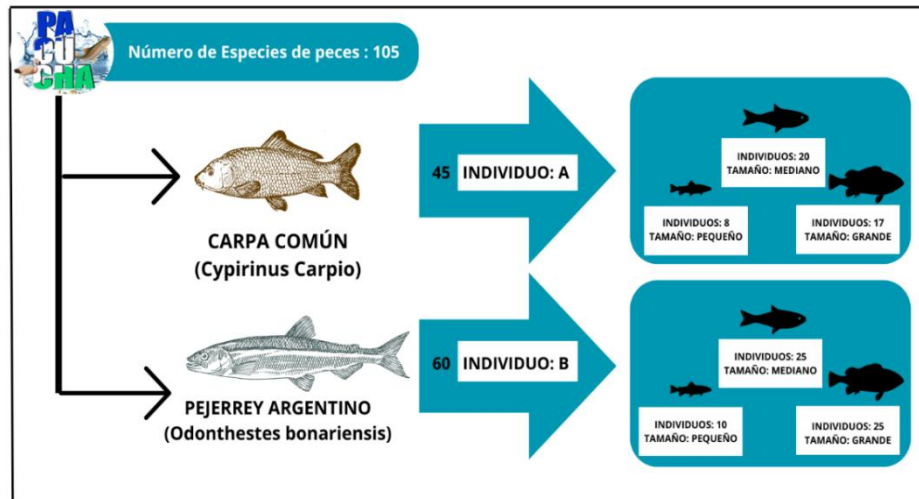
N:1, 330.44; Z: 1.96; e:5; P:95.7; Jabeen et al. (2017) ; Q: 4.3; n: 60.

Para los siguientes datos para C. carpio:

N: 163,125; Z: 1.96; e: 5; P: 95.7 Jabeen et al. (2017); Q: 4.3; n: 45.

Figura 2

Número de especies recolectadas: *C. carpio* (45) y *O. bonariensis* (60)



Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos fueron adaptadas y diseñadas a las condiciones biológicas de los peces y al objetivo de identificar la mayor cantidad de microplásticos, se utilizaron matrices para registrar tamaño, peso, forma, color, cantidad de microplásticos y código de microplásticos, además del código de identificación de la especie (*O. bonariensis* y *C. carpio*). Estos instrumentos fueron evaluados por 2 expertos de la Universidad Nacional José María Arguedas, garantizando su pertinencia y adecuación al contexto de la investigación.

Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en la laguna de Pacucha, ubicada en el distrito homónimo, provincia de Andahuaylas, departamento de Apurímac a 17 kilómetros y noroeste de la ciudad de Andahuaylas, latitud 13°36'41" S y 73°19'8" O, a una altitud de 3.200 m.s.n.m con una superficie de 728 hectáreas (8 Km²). Es considerado una de las lagunas más hermosas de Perú, con un clima templado en julio y agosto (15 °C – 19 °C) (Figura 3). Este ecosistema alberga una diversidad ecológica significativa de aves como gaviotas andinas, patillos silvestres y como importantes recursos hidrobiológicos de peces, pejerrey y carpa, además de su valor natural, cultural y económico, para las comunidades aledañas (Huaraca, 2017). Los peces que fueron capturados para muestreo, son de 6 puntos de muestreo con mayor influencia antrópica dentro de la laguna (Tabla 1).

Figura 3

Puntos de muestreo de pesca con coordenadas UTM recogido de los puntos referenciales de Google Earth 2025

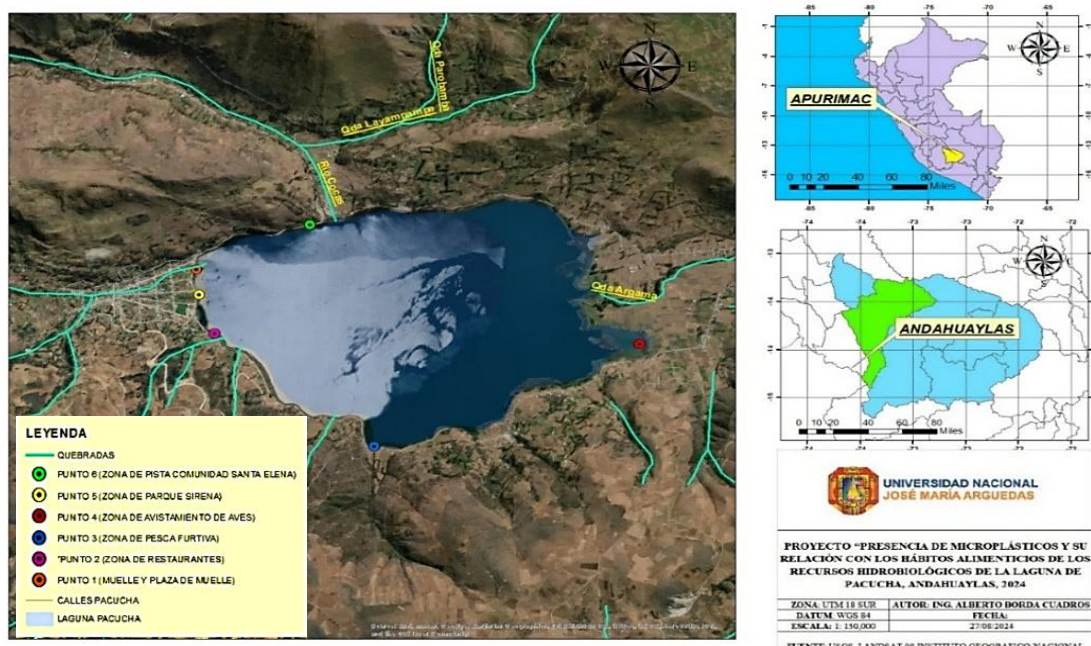


Tabla 1

Coordenadas UTM de los puntos de muestreo de peces

PUNTO	UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	
	COORDENADAS UTM	
	LATITUD	LONGITUD
P1 El muelle	8495196.00 m s	679897.00 m e
P2 Zona restaurantes	8494433.00 m s	680060.00 m e
P3 Z. Pesca recreativa	8493150.00 m s	681501.00 m e
P4 Avistamiento de aves	8494255.00 m s	683854.00 m e
P5 Parque sirena	8494858.00 m s	679924.00 m e
P6 Comunidad S. Elena	8495634.00 m s	680893.00 m e

Procedimiento

Los peces se capturaron con caña de pescar, con apoyo de un pescador local. Obteniendo un total de 105 ejemplares: 45 *Cyprinus carpio* y 60 *Odontesthes bonariensis*, cada pez fue asignado con un código, almacenados en bolsas con cierre hermético, debidamente rotulados, para su traslado al laboratorio. Posteriormente, se registraron sus características morfológicas: longitud total (cm), utilizando una cinta métrica y peso total (g), determinado con balanza analítica (0.01 g de precisión), respectivamente se realizó un corte en la parte del vientre con materiales de disección desde la posición de las branquias hasta la parte urogenital, extrayendo únicamente todo el tracto digestivo. El

análisis de los hábitos alimenticios se determinó examinando el primer tercio del tracto digestivo, donde las presas presentan mejor grado de conservación. Esta porción almacenada en una placa Petri, se visualizó bajo un estereoscopio, clasificando todo el contenido del tracto digestivo en categorías taxonómicas según su grupo de pertenencia (Tabla 3). Los tractos digestivos fueron sometidos a digestión química con hidróxido de potasio al 10% (KOH), en proporción peso-volumen 1:3 adicionando al método de Cruz et al. (2022). Los tejidos se colocaron en vasos de precipitados (25-100 mL), cubiertos con papel aluminio para evitar contaminación cruzada, y se incubaron en una estufa a 60°C durante 24 horas, finalizando el proceso las muestras fueron homogeneizadas con un agitador magnético a 200 rpm, durante 15 a 30 min según tamaño de muestra de acuerdo a los protocolos de Foekema et al. (2013). Procediendo mediante una bomba de vacío de doble salida y embudos Büchner, utilizando filtros de membrana de nitrocelulosa (Millipore 0.45 µm). Los vasos de precipitados fueron enjuagados con agua destilada para asegurar la recuperación completa de las partículas. Los filtros se pasaron a placas Petri de vidrio codificadas de acuerdo al pez evaluado, para después ser secadas en una estufa a 40 °C por 24 horas (Iannacone et al., 2021).

Las partículas retenidas fueron observadas bajo un estereoscopio acoplado a una cámara Nikon DS-Fi1, integrada a un software LAZ EZ. Se registraron características como forma, color y tamaño, en cuanto al peso se utilizó la técnica de diferencias de masas (peso del filtro limpio menos el peso del filtro con partículas) siguiendo a (Riveros, 2024).

Los microplásticos que fueron caracterizados se fotografiaron y guardaron en la base de datos del software con el mismo código de la especie capturada y transcribiendo sus características de los microplásticos. Para asegurarse que era una partícula plástica se aplicó la prueba de la aguja caliente, descrita por Kumar et al. (2024) observando si este se deforma, estira o encoge ante el calor lo que confirma ser un polímero. Como paso final las muestras fueron examinadas mediante un espectrofotómetro infrarrojo por transformada de Fourier con reflectancia total atenuada (ATR_FTIR). Los espectros se registraron en el rango de 400 a 4000 cm⁻¹ con tres corridas por muestra, según la metodología de Liu et al. (2024). Posteriormente, los resultados fueron comparados con espectros de polímeros comerciales disponibles en la base de datos de Rochman Lab Spectral Libraries (Fronde et al., 2021) y se graficaron mediante OriginPro para identificar y clasificar los tipos de polímeros presentes en *Cyprinus carpio* y *Odontesthes bonariensis*.

Proceso de obtención de muestras para identificar microplásticos

Figura 4

Esquema del procedimiento empleado para el análisis de microplásticos en peces de la laguna de Pacucha, guiadas por numeraciones desde el número 1 hasta el 9



Análisis de Datos

Los datos sobre las características morfológicas de los microplásticos se registraron en una ficha de recolección de datos en Microsoft Excel 2024, organizado en columnas y secciones, los datos morfológicos de los peces y características físicoquímicas de los microplásticos. Posteriormente los datos fueron transferidos al software SPSS versión 28 para realizar el análisis estadístico, considerando la cantidad total de microplásticos por individuo de *Odontesthes bonariensis* (pejerrey) y *Cyprinus carpio* (carpa), con el fin de establecer comparaciones y determinar la ocurrencia de microplásticos en cada especie.

Análisis estadístico

Para establecer el grado de interrelación entre variables, se aplicó el coeficiente de correlación de Rho de Spearman (RS), evaluando la relación entre la cantidad de microplásticos y los hábitos alimenticios por especie. Previamente, se verificó la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk ($n < 50$). Adicionalmente, se emplearon modelos multivariados en RStudio, con el propósito de analizar la distribución de microplásticos en relación con los hábitos alimenticios de los peces. Como variables de control se consideraron los factores morfométricos de cada ejemplar, aplicando estadística

descriptiva (promedios M, desviación estándar DS, valores máximos y mínimos) de la longitud total (LT, cm) y el peso total (PT, g) de los individuos.

Consideraciones Éticas

La investigación se desarrolló conforme a la Ley N.º 30407 ley de protección y bienestar animal y al Código de Ética del CONCYTEC. Los ejemplares fueron obtenidos en época de habilitación de pesca y diseccionados únicamente con fines de investigación, en un entorno controlado y restringido, para que no exista una contaminación cruzada dentro del laboratorio. No se persiguió ningún fin comercial ni degradación de la especie, sin causar daño innecesario, ni alterar el ecosistema. Para controlar la posible contaminación cruzada, se colocó un blanco de control (placa Petri con agua destilada/alcohol/KOH) junto a cada muestra analizada bajo el estereoscopio

RESULTADOS

Características morfológicas de las 2 especies de peces de la laguna de Pacucha

Se caracterizó morfológicamente a 105 peces entre *Cyprinus carpio* (n = 45) y *Odontesthes bonariensis* (n = 60), evaluando su ingestión de microplásticos, la carpa presentó una longitud total media de 18,7 ± 6,3 cm y un peso medio de 125,8 ± 92,8 g mientras que el pejerrey alcanzó una longitud total media de 24,0 ± 6,2 cm y un peso medio de 97,0 ± 54,9 g. En relación con la ingesta de microplásticos el *O. bonariensis*, presentó un promedio de 238 partículas por individuo, superior al registrado en *C. carpio* el cual contenía 135 partículas. Estos resultados sugieren que, a pesar de las diferencias morfológicas y tróficas entre especies, ambas están expuestas a niveles comparables de microplásticos en el ecosistema, con una tendencia ligeramente mayor en el pejerrey (Tabla 2).

Tabla 2

Resumen de los datos colectados de la especie, nombre común, familia, hábito alimenticio, número de peces recolectados (n), peso total (PT), longitud total (LT), cantidad y promedio de microplásticos, número de peces con MPS y frecuencia de ocurrencia de microplásticos en cada especie

ESPECIE	Nombr e común	Familia	Hábito alimenti- cio	n	PT (g) Media ± DE	LT (cm) Medi a ± DE	MPS T	MPSP (Medi a ± DE)	Peces con MPS	Frecuenci a de ocurrenci a (%)
C. carpio	Carpa	Cyprinidae	Omnívoro	45	125.8 ± 92.8 (345.6 -8.7)	18.7 ± 6.3 (28.8- 6.8)	135	(3 ± 4.7)	25	56
O. bonariensi s	Pejerrey	Atherinida e	Carnívoro	60	97.0 ± 54.9 (14.9- 299.5)	24.0 ± 6.2 (39.4- 9.8)	238	(3.9 ± 4.6)	44	73

Nota: PT: peso total, LT: longitud total, MPS: Microplásticos, %: porcentaje, ± DE: Desviación estándar, MPST: Microplásticos totales encontrados en el tracto digestivo, MPSP: Microplásticos promedios encontrados en el tracto digestivo, media ± DE (a-b): mínimos y máximos, peces con MPS: peces con microplásticos encontrados en su tracto digestivo, Frecuencia de ocurrencia %: nivel de ocurrencia, frecuencia o porcentaje de peces con microplásticos encontrados.

Con respecto a los hábitos alimenticios se muestra una alimentación variada con un Índice de Importancia Relativa en *Cyprinus carpio*, de insectos acuáticos (32%), moluscos (29%), restos vegetales y detritos inorgánicos (15%) mostrando su dieta "omnívora generalista". En *Odontesthes bonariensis*, insectos acuáticos (34%), moluscos (40%), restos de peces (10%) y detritos orgánicos e inorgánicos del (12%), mostrando su dieta "carnívora y oportunista" (Tabla 3).

Tabla 3

Resumen de ítems presa más representativos encontrados en los tractos digestivos de los peces, considerando el Índice de Importancia Relativa (IIMR (%)) en las 2 especies de peces de la laguna de Pacucha

ITEMPS PRESAS IIMR (%)	Zooplankton (%)	Insectos Acuáticos (%)	Moluscos (%)	Restos De Peces (%)	Restos Vegetales (%)	Macroalgas (%)	Detritos Orgánicos / Inorgánicos (%)	Macroinvertebrados Terrestres (%)
O. bonariensis	2	34	40	10	1	1	12	0
C. carpio	17	32	29	1	3	2	15	1

Nota: El pejerrey: *O. bonariensis*, mostró una dieta carnívora enfocada en moluscos e insectos. Mientras que la carpa: *C. carpio* presentó una dieta omnívora más variada que incluyó componentes animales y vegetales.

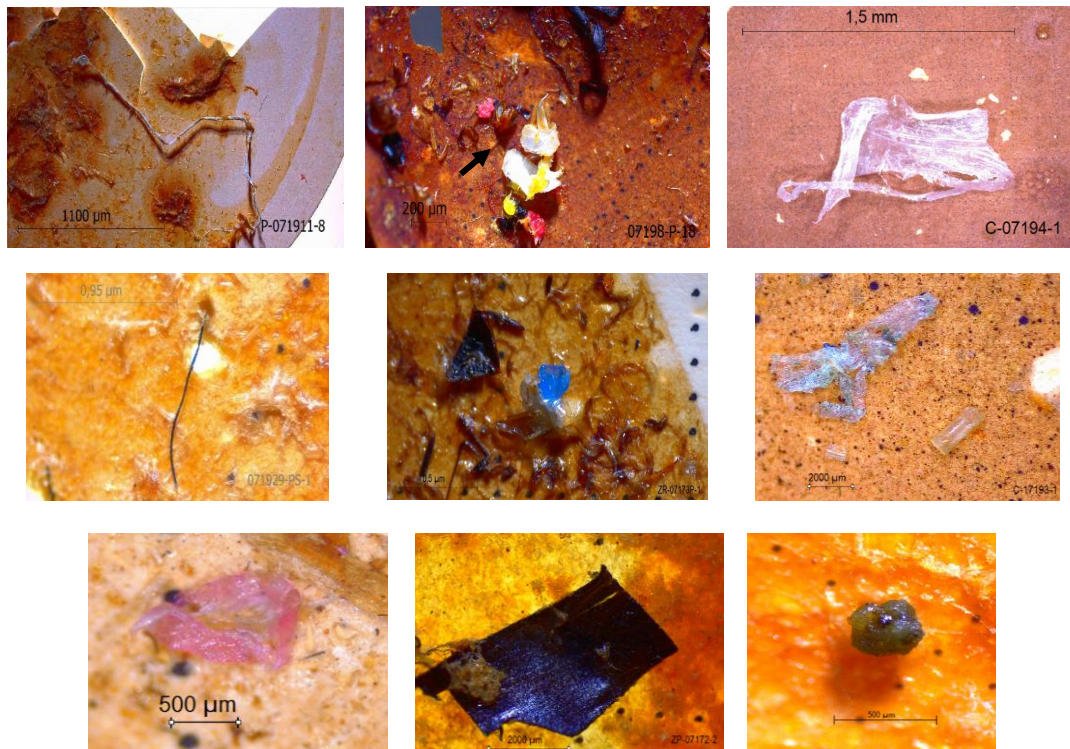
Caracterización de Microplásticos

Se caracterizó un total de 373 microplásticos, entre las formas más representativas se registraron seis grupos, fibras (196), fragmentos (117), película (20), foam (15), film (16), pellets (9) (ver Tabla 3). Entre los colores más recurrentes se encontró el transparente (161), blanco (57), azul (36), amarillo (22), verde (12), marrón (3), naranja (2), beige (1), (Figura 5).

El peso de los microplásticos fue de 0.1 mg el cual es el peso mínimo de la balanza, y de peso máximo fue el 1.54 mg. Los tamaños de MPS variaron con promedios entre 186.598 µm de longitud mínima y de longitud máxima 2711.231 µm.

Figura 5

Formas, colores y evidencia de MPS, evidenciando que el pejerrey presentó mayor cantidad total de partículas, mientras que la carpa evidenció una diversidad mayor de tipos de microplásticos



Nota: Formas, colores y evidencia de MPS: a) fibra blanca, b) fragmento rojo y blanco, c) film transparente, d) fibra negra, e) fragmento negro y azul, f) película transparente, g) film rojo, h) fragmento negro e i) pellet transparente.

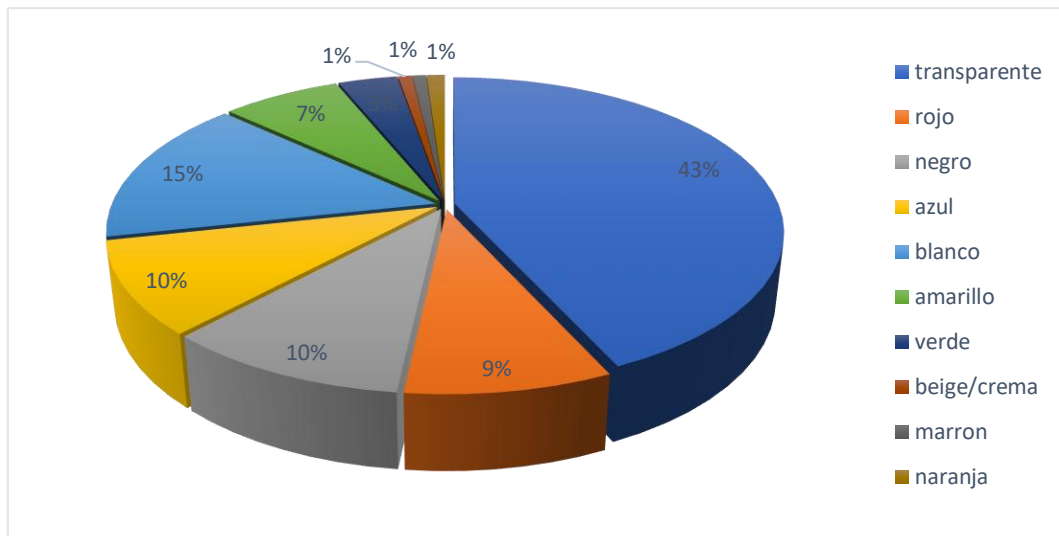
Tabla 4

Números totales de las diferentes formas de MPS, dando un máximo de 373 partículas, en 10 grupos diferentes de formas de MPS

Formas de MPS	C. carpio	O. bonariensis	N° MPS totales
	Análisis: Tracto Digestivo		
Fibras	67	129	196
Fragmento	38	79	117
Película	0	20	20
Foam	6	9	15
Film	16	0	16
Microesfera/pellet	8	1	9

Gráfico 1

Porcentajes de las coloraciones encontradas en los diferentes microplásticos, agrupándolos en 10 diferentes grupos de colores



La ocurrencia de ingestión fue más alta en *Odontesthes bonariensis* (Carnívoro Demersal) el cual tuvo un 73 % de ocurrencia a comparación del *Cyprinus carpio* (omnívoro bentopelágico) con un 56% de ocurrencia, el nivel de ocurrencia de las especies por puntos de muestreo reflejó porcentajes de organismos con MPS: P1 el muelle 56%, P2 Zona restaurantes 70%, P3 pesca recreativa 85%, P4 zona avistamiento de aves 57%, P5 parque sirena 64%, P6 comunidad Santa Elena 67% (Tabla 1). Los porcentajes de organismos con MPS revelaron que de todos los peces analizados tuvieron un promedio de 66.5 % de los 105 peces analizados, lo que se deducirá que más de la mitad de los individuos presentan concentraciones de microplásticos (Tabla 5 y Tabla 6).

Tabla 5

Concentración y Frecuencia de Ocurrencia (FO%) de microplásticos del *C. carpio*

Frecuencia de ocurrencia de MPS en la especie <i>Odontesthes bonariensis</i>			
N°	Presencia de MPS		N° de MPS
	Positivo	Negativo	
44 peces	SI	NO	1 - 238
16 peces	NO	SI	0
Número de peces con Microplásticos			44
Frecuencia de Microplásticos (FO%)			73%

Nota: Presencia de microplásticos (MPS) encontrados en los tractos digestivos de la especie *C. carpio*, positivo confirma presencia de al menos un microplástico y negativo, nula presencia de microplásticos.

Tabla 6

Concentración y Frecuencia de Ocurrencia (FO%) de microplásticos del O. bonariensis

Frecuencia de ocurrencia de MPS en la especie <i>Cyprinus carpio</i>			
N°	Presencia de MPS		N° MPS
	Positivo	Negativo	
25 peces	SI	NO	1 - 135
20 peces	NO	SI	0
Número de peces con Microplásticos			25
Frecuencia de Microplásticos (FO%)			56%

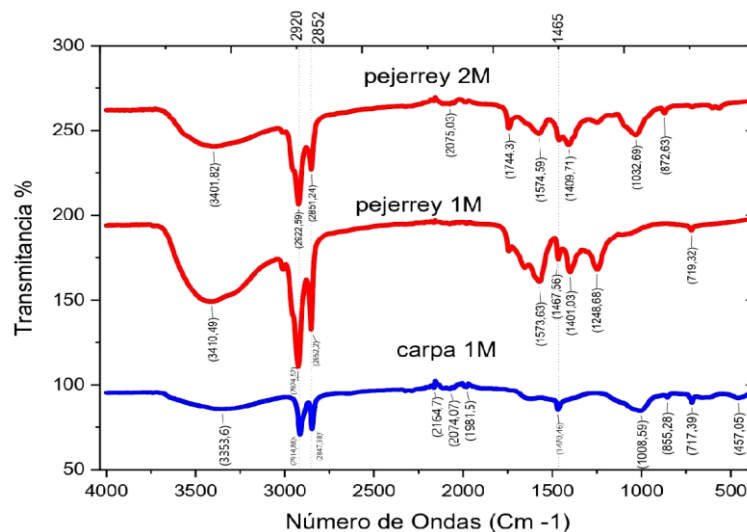
Nota: Presencia de microplásticos (MPS) encontrados en los tractos digestivos de la especie *C. carpio*, positivo confirma presencia de al menos un microplástico y negativo, nula presencia de microplásticos, el número de microplásticos explica la cantidad total de MPS.

Caracterización química de Microplásticos por ATR_FTIR

Se aplicó espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier con la técnica de reflectancia total atenuada (ATR_FTIR) utilizando un espectrofotómetro Nicolet iS50 (400–4000 cm^{-1}) y el software OMNIC 2024. Las muestras se analizaron en triplicado para garantizar la repetibilidad y se compararon con la base de datos Rochman Lab Spectral Libraries (Fronde et al., 2021) y otras literaturas (Velandia, 2017). Los resultados evidenciaron en *Odontesthes bonariensis* tuvo presencia de polipropileno (PP) y polietileno de alta densidad (HDPE), además de tereftalato de polietileno (PET) y señales asociadas a cloruro de polivinilo (PVC). En *Cyprinus carpio* se identificaron bandas características de PVC, acompañadas de HDPE, PP y PET. De manera complementaria, se detectaron picos atribuibles a polietileno de baja densidad (LDPE), poliestireno (PS) y nylon. Estos hallazgos confirman que los peces de la laguna de Pacucha ingieren microplásticos de diferentes composiciones, lo que evidencia un ingreso multifactorial de contaminantes plásticos en este ecosistema dulceacuícola.

Gráfico 2

Gráfica de espectroscopia ATR y Porcentajes de los diferentes polímeros comparados

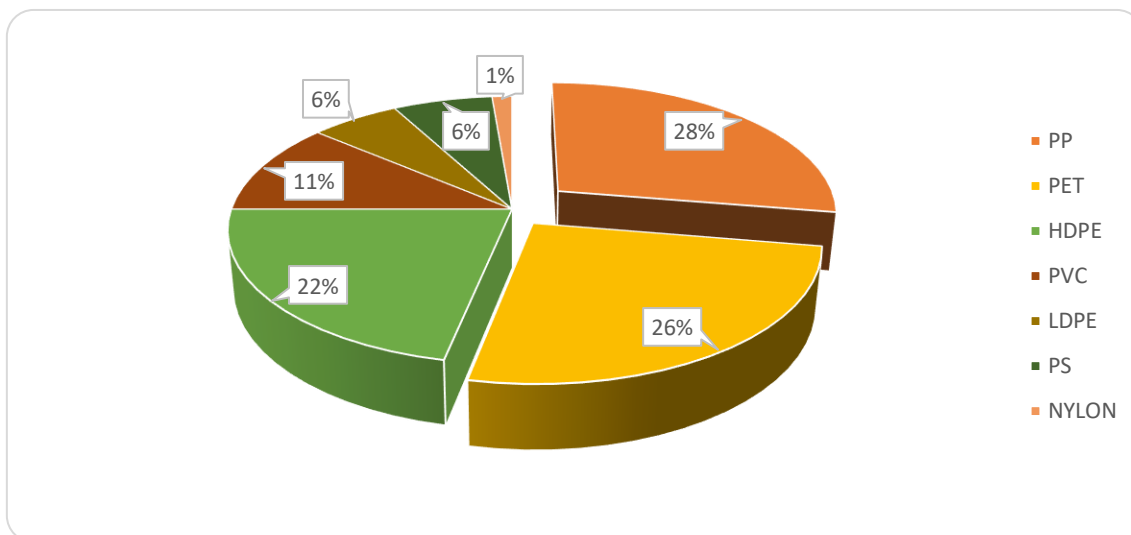


En el gráfico 2, se aprecia líneas rojas que muestran espectros FTIR de 2 muestras de pejerrey, con picos clave en 2920, 2852 y 1465 cm^{-1} . La línea azul 1 muestra de carpa, con picos clave entre 2800 hasta 3000 cm^{-1} y 1465 cm^{-1} . El espectro cubre un rango de 3000 a 400 cm^{-1} donde ocurren las

vibraciones como estiramientos y flexiones de enlaces (Carbono, Hidrogeno y Nitrógeno). Dentro del rango infrarrojo mostrando eje y: transmitancia % y eje x: número de ondas cm^{-1} .

Gráfico 3

Gráfica de porcentajes de los tipos de polímeros encontrados en las muestras evaluadas por espectroscopia Infrarroja (ATR-FTIR), de las cuales destacan: Polipropileno (PP), Polietileno (PET) y Polietileno de Alta densidad (HDPE), dentro de los mayores porcentajes evaluados



Nota: El gráfico muestra que los plásticos más comunes son PP (28%) color naranja, PET (26%) color amarillo y HDPE (22%) color verde, representando más del 75% del total. Tipos menos frecuentes como PVC (11%), LDPE y PS (6%), y NYLON (1%) completan la distribución.

Análisis estadístico

Planteamiento de Hipótesis General

Hipótesis nula (Ho): No existe relación entre la presencia de microplásticos y los hábitos alimenticios de los recursos hidrobiológicos en la laguna de Pacucha, Andahuaylas, 2023.

Hipótesis alterna (Hi): Existe relación significativa entre la presencia de microplásticos y los hábitos alimenticios de los recursos hidrobiológicos de la laguna de Pacucha, Andahuaylas, 2023.

Se consideró la prueba de Kolmogórov-Smirnov, obteniéndose un valor de $p < 0.05$ con un nivel de confianza del 95%. Según los criterios de decisión, cuando p sea < 0.05 los datos seguirán una distribución normal. En consecuencia, se rechazó el supuesto de normalidad, confirmando que la muestra no sigue una distribución normal, por lo que no necesariamente cumplen con lo requerido por pruebas paramétricas en cambio sí para no paramétricas. (Tabla 7).

Tabla 7

Prueba de normalidad de Kolmogórov-Smirnov

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Número de microplásticos totales	0.269	105	0.000	0.767	105	0.000
Tipos de hábitos alimenticios	0.238	105	0.000	0.771	105	0.000

Se aplicó el coeficiente de correlación de Rho de Spearman, dado que los datos de número total de microplásticos y tipos de hábitos alimenticios son no paramétricas, este modelo es adecuado para variables cualitativas y ordinales. Al ser el p - valor < 0.05, la relación es estadísticamente significativa, por lo que se rechazaría la hipótesis nula (Ho) y se aceptaría la hipótesis alterna (Hi). El análisis arrojó un coeficiente de correlación, $r = [0.615]$ con un p valor = [0.00] el cual es < 0.05. Evidenciando una correlación positiva entre ambas variables, indicando que la ingesta de microplásticos están relacionados positivamente a los tipos de hábitos alimenticios de los peces de la laguna. (Tabla 8)

Tabla 8

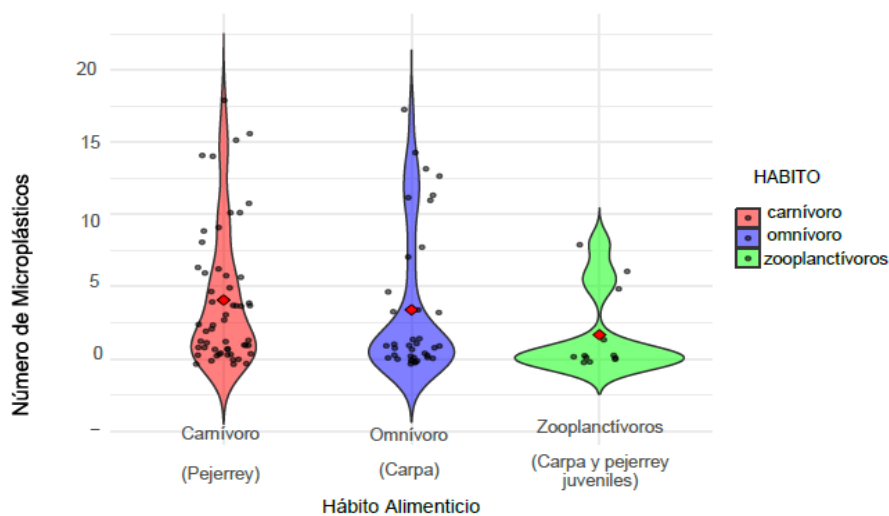
Correlación de Rho de Spearman en la que muestra un 0.615 de coeficiente de correlación y un nivel de significancia $n < 0.05$

<i>Correlación de Rho de Spearman</i>						
Correlaciones						
			Número de microplásticos totales		Tipos de hábitos alimenticios	
Rho de Spearman	Número de microplásticos totales	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) N	105	1.000	,615**	0,000
	Tipos de hábitos alimenticios	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) N	105	,615**	1.000	0,000

En la siguiente figura se muestra el análisis multivariado en RStudio, se destacan los peces carnívoros (carpa) = violín rojo y omnívoros (pejerrey) = violín azul, y los peces juveniles entre carpas y pejerrey = violín verde. Los puntos representan la distribución de individuos con 5 a 20 microplásticos, las cuales varían de acuerdo a sus preferencias alimentarias. El gráfico tipo violín (Figura 9), muestra que los peces zooplanctívoros presentan una mayor variabilidad y densidad en el número de microplásticos ingeridos. Los carnívoros exhiben una distribución más concentrada, con valores generalmente bajos. En contraste, los omnívoros presentan una dispersión intermedia. Estos patrones sugieren que el hábito alimenticio influye significativamente en la exposición a microplásticos.

Gráfico 4

Análisis comparativo multivariado en RStudio



DISCUSIÓN

El análisis de correlación de Spearman evidenció una relación positiva moderada entre la ingestión de microplásticos y los ítems presa consumidos ($r = 0.615$), lo que sugiere un proceso de transferencia trófica, además de la ingestión directa. Este hallazgo coincide con lo reportado por Mazariegos et al. (2021), quienes observaron mayor ocurrencia de microplásticos en peces omnívoros y bentopelágicos; sin embargo, en el presente estudio se encontró alta presencia tanto en especies omnívoras como carnívoras, posiblemente asociada a diferencias ecológicas. En contraste, Sánchez (2022) no encontró relación significativa, atribuida al uso de análisis PCA, diferente método estadístico, mientras que García et al. (2020) y (Mizraji et al., 2017) sí evidenciaron correlación positiva en especies omnívoras, en concordancia con los resultados aquí obtenidos.

Respecto a la caracterización de los microplásticos y la evidenciación de estos microplásticos, se identificaron 373 partículas en total, predominando las fibras (196) y fragmentos (117). Estos resultados se alinean con lo reportado por Riveros (2024) y Capilla et al. (2024), quienes también señalaron alta frecuencia de fibras en peces. En cuanto a la coloración, los tonos más frecuentes fueron transparentes (159) y beige (32), en concordancia con lo informado por Dávila y Montalván (2021) y Ríos (2022). El análisis ATR_FTIR confirmó la presencia de polímeros como polipropileno (28%), PET (26%) y HDPE (22%), resultados similares a los de Sánchez (2022) y Mazariegos et al. (2021), aunque con proporciones distintas a las observadas en ecosistemas marinos, lo que refleja diferencias propias de los ambientes continentales. La alta proporción de PET y PP sugiere presencia de envases plásticos domésticos alrededor de la laguna.

Finalmente, la frecuencia de ocurrencia fue del 56% en *C. carpio* y del 73% en *O. bonariensis*, lo que evidencia una mayor susceptibilidad del pejerrey a la ingestión de microplásticos. Este resultado es comparable con lo descrito por Mio, Díaz y Álvarez (2023) en la laguna de Pomacanchi, aunque superior a los valores reportados por Chota-Macuyama y Chong (2020) en especies comerciales, lo que indicaría similitudes en ecosistemas dulceacuícolas.

LIMITACIONES

Hasta la fecha, no se cuenta con datos actualizados ni con información suficiente desde el año 2016 sobre la población de peces en la laguna de Pacucha lo cual dificulta estimar con mayor precisión el tamaño de muestra para esta investigación. Además, se encontraron obstáculos referentes a las variables de estudio, debido a la escasez de investigaciones previas que aborden la presencia de microplásticos y los hábitos alimenticios de las especies analizadas

RECOMENDACIONES

Se exhorta a incrementar el número de individuos de peces analizados. Dado que la disponibilidad de alimento y la presencia de microplásticos pueden variar con el clima y la actividad humana, es recomendable realizar muestreos estacionales. Para reforzar el enfoque en salud pública, sería pertinente analizar también los tejidos comestibles de los peces (como el músculo) para evaluar el riesgo potencial para los consumidores humanos. Se recomienda implementar puntos de recolección de desechos en zonas de restaurantes y muelles, elaborar estrategias con la municipalidad del distrito de Pacucha, para mejorar la educación ambiental en estas zonas adecuándose a estudios estacionales en manejo de Residuos Sólidos.

CONCLUSIONES

Se determinó una correlación positiva y significativa ($r = 0.615$; $p < 0.001$) entre la presencia de microplásticos y los hábitos alimenticios de *Cyprinus carpio* y *Odontesthes bonariensis*, confirmando que la ingestión ocurre tanto en dietas carnívoras como omnívoras. En total, se caracterizaron 373 partículas de microplásticos, compuestas principalmente por fibras y fragmentos de tamaño < 5 mm, pertenecientes a distintos polímeros, entre ellos polipropileno, PET, polietileno, PVC, PS y nylon. Asimismo, la frecuencia de ocurrencia fue mayor en *O. bonariensis* (73%) que en *C. carpio* (56%), lo que indica una mayor susceptibilidad del pejerrey a la ingestión de microplásticos. Estos hallazgos confirman que la laguna de Pacucha presenta una contaminación plástica que puede transferirse a diferentes niveles tróficos.

Esta investigación fue realizada gracias al financiamiento de proyectos de Tesis por la Universidad Nacional José María Arguedas- Andahuaylas, contrato 0056 – Andahuaylas-Perú- 2024. Al departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Nacional José María Arguedas. Se agradece Al Dr. Manuel Octavio Fernández Atho y a la Dr. María del Carmen Delgado Laime por el apoyo en asesoramiento para la obtención de muestras y técnicas de elaboración de proyectos de investigación.

REFERENCIAS

Amaru, G. (2019). Alimentación, crecimiento y supervivencia de *Odontesthes bonariensis* "pejerrey" hasta la etapa de alevines en condiciones de laboratorio. *Universidad Nacional del Altiplano*, 24(28), 221-238. <https://doi.org/10.24265/campus.2019.v24n28.09>

Arely, C., Tapia, J., Alvarez, J., & Cruz, S. (2022). Methodology for the extraction of microplastics in fish. *Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplicada a Residuos* (1), 14. https://www.researchgate.net/publication/374913040_Metodologia_para_la_extraccion_de_microplasticos_en_peces

Capilla, U., Guzmán, L., y Muñoz, S. (2024). Microplásticos en la mesa: el impacto de la contaminación en nuestros alimentos. *Rd-icup*, 10(28), 114-123. <https://doi.org/10.32399/icup.rdic.2448-5829.2024.28.1241>

Chota-Macuyama, W., y Chong, J. (2020). Primer Registro de Ingestión de microplásticos por un pez de importancia comercial en la ciudad de Iquitos, Amazonia Peruana. *Folia Amazonica*, 29(2), 179-188. <https://doi.org/10.24841/fa.v29i2.521>

Colautti, D. (2001). Reproducción y cultivo del pejerrey: avances y desafíos. (1 ed., Vol. 3). *Revista de Investigaciones Acuáticas*. https://www.researchgate.net/profile/Fabian-Grosman/publication/312445876_Alimentacion_natural_del_pejerrey/links/5b3a79cb0f7e9b0df5e81f02/Alimentacion-natural-del-pejerrey.pdf

Davila, Y., y Montalván, R. (2021). Determinación de microplásticos en especies ícticas e invertebrados del litoral, puerto de Ilo - Perú. *Moquegua: Repositorio de la Universidad Nacional de Moquegua*. <https://es.scribd.com/document/680490862/D095-70805185-T-1634165269>

De-la-Torre, G. (2019). Microplásticos en el medio marino: una problemática que abordar. *Revista Ciencia Y Tecnología*, 15(4), 27-37. <https://www.aacademica.org/gabriel.e.delatorre/10>

Deruza, T., Paz, A., & Angelio, B. (2020). Ingestion of Microplastic by Fish of Different Feeding Habits in Urbanized and Non-urbanized Streams in Southern Brazil. *Water Air and Soil Pollution*, 231(434), 11. <https://doi.org/10.1007/s11270-020-04802-9>

Diaz-Mio, M., y Álvarez, M. (2023). Frecuencia de ocurrencia de microplásticos en contenido gastrointestinal de orestias sp. *Odontesthes bonariensis* de la laguna Pomacanchi-Acomayo-Cusco. *Revista Q'EUÑA*, 2(14), 07-12. <https://doi.org/10.51343/rq.v14i2.1293>

Food And Agriculture Organization Of The United Nations (FAO) (2017). Microplastics in fisheries and aquaculture. *Fisheries and Aquaculture Technical Paper* 615. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a9a298e0-9db6-4769-beac-37325be3e280/content>

Foekema, E., Gruijter, C., Mergia, M., Franeker, A., Murk, A., y Koelmans, A. (2013). Plástico en los peces del Mar del Norte. *Environ. Sci. Technol.*, 47(15), 8818-8824. <https://doi.org/10.1021/es400931b>

Fronnd, H., Rubinovitz, R., & Rochman, C. (2021). μ ATR-FTIR Spectral Libraries of Plastic Particles (FLOPP and FLOPP-e) for the Analysis of Microplastics. *Anal. Chem.*, 48(93), 15878-15885. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.1c02549>

Garcia, X. (2022). Relación entre hábitos alimenticios y presencia de microplásticos en el tracto gastrointestinal de individuos juveniles de tiburón martillo común *Sphyrna lewini* en el Golfo de

California. Mexico: Repositorio de la Universidad Nacional Autónoma de México. <https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000821683>

Gerencia Regional de Desarrollo Económico - Gobierno Regional de Apurímac. (2017). Plan Regional de Acuicultura de la Región Apurímac 2017 - 2030. Dirección General de Acuicultura - Ministerio de la Producción. Apurímac - Perú. <https://rnia.produce.gob.pe/wp-content/uploads/2019/07/Plan-Regional-de-Acuicultura-Apur%C3%ADmac.pdf>

Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP) (2016). Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global. (Kershaw, P.J., and Rochman, C.M., eds). (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection) (93), 220. <http://www.gesamp.org/publications/microplastics-in-the-marine-environment-part-2>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). Metodología de la investigación sexta edición. McGraw-Hill. https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008&orden=0&info=open_link_libro

Hernández-Sampieri, R., y Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Editorial Mc Graw Hill Education. <https://doi.org/10.22201/fesc.20072236e.2019.10.18.6>

Huaraca, R. (2017). Valoración económica de los servicios ecosistémicos de provisión de la laguna de Pacucha del distrito de Pacucha provincia de Andahuaylas región Apurímac. Repositorio de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/6550808>

Hyslop, E. J. (1980). Stomach contents analysis—a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*, 17(4), 411-429. <https://core.ac.uk/download/pdf/78494141.pdf>

Iannacone, J., Principe, F., Minaya, D., Panduro, G., Carhuapoma, M., & Alvarino, L. (2021). Microplastics in marine fishes of economic importance in Lima, Peru. *Rev. investig. vet Perú*, 32(2), 10. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i2.20038>

Jabeen, K., Su, L., Lia, J., Yang, D., Tonga, C., Mu, J., & Shi, H. (2017). Microplastics and mesoplastics in fish from coastal and fresh waters of China. *Environmental Pollution*, 221, 141-149. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.11.055>

Karami, A., Golieskardi, A., Bin, Y., Larat, V., & Salamatina, B. (2017). Microplastics in eviscerated flesh and excised organs of dried fish. *Scientific Reports*, 7, 5473. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-05828-6>

Kumar, V., Sharma, N., Umesh, M., Gupta, P., Sharma, P., Basheer, T., y Pasrija, R. (2024). Microplásticos en alimentos: presencia, toxicidad, métodos analíticos ecológicos de detección y retos futuros. *Química Analítica Verde*, 11, 100152. <https://doi.org/10.1016/j.greeac.2024.100152>

Liu, Y., Lüttojhan, S., Vianello, A., Lorenz, C., Liu, F., y Vollertsen, J. (2024). Detección de pequeños microplásticos de hasta 1,3 µm mediante ATR-FTIR de área grande. *Boletín de contaminación marina*, 198, 115795. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115795>

Marín, C., Del Castillo, B., & Chu Koo, F. (2012). Hábitos alimenticios de la Arahuana *osteoglossum bicirrhosum* (cuvier, 1829) en la cuenca medio del río Putumayo - el Estrecho, Loreto, Perú. *Ciencia Amazónica (Iquitos)*, 2(1), 17-26. DOI:10.22386/ca.v2i1.21

Martínez, R. (2020). El secreto detrás de una tesis. Crea Imagen S.A.C. ISBN N°: 978-612-00-5059-0

Mazariegos-Ortiz, C., Xajil-Sabán, M., Blanda, E., y Delvalle, D. (2021). Ocurrencia de microplásticos en el tracto digestivo de peces de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, Guatemala. *Ecosistemas*, 30(2), 2188. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2188>

Ministerio de la Producción. (2019). Principales Especies Acuícolas Cultivadas en el Perú. Dirección General de Producción y Producción Pesquera para Consumo Humano Directo Dirección de Acuicultura. <https://rnia.produce.gob.pe/wp-content/uploads/2019/09/Ficha-de-las-principales-especies-cultivada.pdf>

Mizraji, R., Ahrendt, C., Perez-Venegas, D., Vargas, J., Pulgar, J., Aldana, M., y Galván-Malagón, C. (2017). Is the feeding type related with the content of microplastics in intertidal fish gut? *Marine Pollution Bulletin*. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.008>

Ríos, J. (2022). El papel del color en la ingesta de fragmentos de microplástico por el pez cebra (*Danio rerio*). *Revista Internacional De Contaminación Ambiental*, 38(1), 551-560. <https://doi.org/10.20937/RICA.54523>

Riveros, G. (2024). Microplásticos en peces nativos del género *Orestias* spp del lago Titicaca que son destinados al consumo humano - Perú. Repositorio de la Universidad del Altiplano. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/21904>

Sáez, A. (2024). Microplásticos en productos de origen animal procedentes del mar. *Universidad Católica de Valencia*, 55. <http://hdl.handle.net/20.500.12466/4572>

Velandia, J. (2017). Identificación de polímeros por espectroscopía infrarroja. *Revista Ontare.*, 5, 115-140. <https://doi.org/10.21158/23823399.v5.n0.2017.2005>

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 