



Citación: Mio-Díaz, M. ., & Zegarra Tupayachi, A. . (2025). Caracterización De Microplásticos presentes en el Contenido Gastrointestinal de *Orestias sp.* y *Odontesthes bonariensis* de la Laguna Pomacanchi-Acomayo-Cusco, 2024. Q'EUÑA, 16(2), 29–41.

<https://doi.org/10.51343/rq.v16i2.1966>

Recibido: 26-10-2025

Aceptado: 28-11-2025

Publicado: 31-12-2025



Copyright: © 2025. Este es un artículo de acceso abierto revisado por pares y publicado por la Revista Q'EUÑA de la Sociedad Botánica del Cusco y la UNSAAC (<http://revistas.unsaac.edu.pe/index.php/RQ>) y distribuido bajo los términos de la licencia de atribución [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/), que permite el uso, distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se acredite el autor y la fuente originales.

Declaración de disponibilidad de datos: Todos los datos relevantes están dentro del documento y sus archivos de información de respaldo.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Autor Corresponsal:

Mirian Mio-Díaz

144235@unsaac.edu.pe

Caracterización De Microplásticos presentes en el Contenido Gastrointestinal de *Orestias sp.* y *Odontesthes bonariensis* de la Laguna Pomacanchi-Acomayo-Cusco, 2024

Characterization of Microplastics present in the Gastrointestinal Contents of *Orestias sp.* and *Odontesthes bonariensis* from the Pomacanchi Lagoon-Acomayo-Cusco, 2024

Miran Mio-Díaz , Adriana Zegarra Tupayachi 

Departamento Académico de Biología Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco Av. de La Cultura 773, Cusco 08003

Resumen

Los microplásticos representan un riesgo potencial en ecosistemas acuáticos por su capacidad de interactuar con los organismos. El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar los microplásticos presentes en el contenido gastrointestinal de *Orestias sp.* y *Odontesthes bonariensis* de la laguna altoandina Pomacanchi (Acomayo, Cusco) durante 2024. Se analizaron 40 individuos (20 por especie), cuyos contenidos gastrointestinales fueron digeridos con KOH al 10% e incubados a 70 °C por 48 h, seguidos de separación por flotación con solución salina hipersaturada y filtración al vacío (0,45 µm). Los microplásticos fueron caracterizados mediante microscopía óptica e identificados por microespectroscopía infrarroja. Se detectaron 387 partículas, predominando los microplásticos cortos (1–1000 µm; 91,73%). En *Orestias sp.* se hallaron 152 partículas, con predominio de fibras (49,34%) y fragmentos (36,84%), de colores transparentes (28,29%), rojos (25%) y azules (18,42%). En *O. bonariensis* se identificaron 235 partículas, principalmente fragmentos (47,66%) y fibras (30,64%), con colores rojos (41,28%) y azules (28,09%). El análisis infrarrojo reveló materiales como polipropileno, tereftalato de polietileno; además de mezclas de textiles semisintéticos. En conclusión, *O. bonariensis* presentó mayor abundancia de microplásticos (11,75 ± 5,38 MPs/individuo) que *Orestias sp.* (7,60 ± 5,26 MPs/individuo), lo que sugiere diferencias asociadas a sus hábitos alimenticios.

Palabras clave: Microplásticos, Ingesta, Peces, Contenido gastrointestinal, Laguna altoandina.

Abstract

Microplastics represent a potential risk in aquatic ecosystems due to their ability to interact with organisms. This study aimed to characterize the microplastics present in the gastrointestinal contents of *Orestias sp.* and

Odontesthes bonariensis from the high Andean lagoon Pomacanchi (Acomayo, Cusco) during 2024. Forty individuals (20 per species) were analyzed. Their gastrointestinal contents were digested with 10% KOH and incubated at 70 °C for 48 h, followed by separation by flotation with hypersaturated saline solution and vacuum filtration (0.45 µm). Microplastics were characterized by optical microscopy and identified by infrared microspectroscopy. A total of 387 particles were detected, with short microplastics (1–1000 µm; 91.73%) predominating. In *Orestias sp.*, 152 particles were found, with a predominance of fibers (49.34%) and fragments (36.84%), of transparent (28.29%), red (25%) and blue (18.42%) colors. In *O. bonariensis*, 235 particles were identified, mainly fragments (47.66%) and fibers (30.64%), with red (41.28%) and blue (28.09%) colors. Infrared analysis revealed materials such as polypropylene, ethylene terephthalate, in addition to mixtures of semi-synthetic textile. In conclusion, *O. bonariensis* presented a higher abundance of microplastics (11.75 ± 5.38 MPs/individual) than *Orestias sp.* (7.60 ± 5.26 MPs/individual), which suggests differences associated with their feeding habits.

Keywords: Microplastics, Ingestion, Fish, Gastrointestinal Content, High Andean Lagoon

Introducción

La presencia de microplásticos (Mps) en organismos acuáticos representa una creciente preocupación por sus implicaciones biológicas y ecológicas. Plantea riesgos potenciales relacionados con la bioacumulación, incorporación a tejidos internos y posibles efectos físicos y bioquímicos en los organismos, así como su participación en procesos de biomagnificación en la cadena trófica (Rochman et al 2019). Los Mps son diversos y provienen de muchas fuentes, presentan una amplia gama de tamaños, colores y formas; están compuestos de varios polímeros y sustancias químicas que probablemente están siendo transferidos a los consumidores por medio de la ingestión. Asimismo, durante la producción del plástico se forman otras sustancias añadidas no intencionadamente (NIAS) y sustancias asociadas producidas a lo largo del ciclo de vida del plástico, muchas de estas sustancias químicas llegan a ser tóxicas (International Pollutants Elimination Network [IPEN], 2024).

Cada vez hay más evidencia de que los MPs se están integrando a los productos de consumo generalizado debido a que hábitats naturales están siendo invadidos por los contaminantes plásticos y llegan a interactuar con la biota debido a su tamaño diminuto (1µm-5mm) (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2017). Su ingesta plantea preocupaciones sobre los posibles impactos para la vida acuática, como daños en el tracto gastrointestinal de los organismos, bloqueos internos y alteración de la digestión (Pazos, 2021, Sarria & Gallo, 2016) incluso llegando a encontrarse en órganos vitales como branquias, gónadas y músculos en peces (Rasta et al., 2021, Riveros, 2024) exponiendo a los organismos a sustancias químicas asociadas al plástico.

La urbanización, actividades agrícolas cercanas a los cuerpos de agua generan amenaza potencial para una contaminación por Mps (Merga et al., 2020). En tal sentido, los niveles locales de contaminación por plásticos aumentan la disponibilidad ambiental de Mps lo que podría aumentar posteriormente el riesgo de biodisponibilidad de Mps. De igual manera las estrategias alimentarias de los peces son factores clave que influyen en la ingestión de Mps, esta ingestión puede ocurrir de manera incidental a través de la absorción de Mps presentes en el agua o sedimentos, por el consumo directo de presas contaminadas con Mps (transferencia trófica), también puede ser intencional cuando los peces confunden las partículas plásticas con su alimento (Wright et al., 2013; Silva-Cavalcanti et al., 2017) así, estos factores explican la presencia razonable de Mps en el tracto gastrointestinal (TGI) de los peces (Silva-Cavalcanti et al., 2017; Huang et al., 2020). Consecuentemente puede generar bloqueo intestinal y sensación de saciedad falsa, lo cual disminuye la ingesta de alimento real, afectando

el crecimiento y la supervivencia (Jovanović, 2017).

Adicionalmente, en la laguna de Pomacanchi, el empleo de redes de pesca de material sintético, algunas de las cuales permanecen abandonadas en el agua incluso durante el periodo de veda, junto con botellas plásticas utilizadas como boyas, representan fuentes complementarias de aporte de MPs al ecosistema acuático. Cabe mencionar; además, la presencia de aguas residuales domésticas provenientes de los afluentes de la laguna de Pomacanchi, la cercanía a áreas agrícolas adyacentes y degradación de materiales plásticos abandonados. Estas condiciones sugieren una exposición potencial de los peces a diversas fuentes de contaminación por MPs.

El objetivo del este estudio fue caracterizar Mps presentes en el contenido gastrointestinal de *Orestias sp.* y *Odontesthes bonariensis* de la laguna Pomacanchi-Acomayo-Cusco, incluyendo cantidad, caracterización morfológica y composición química de los MPs que lo conforman.

Área de estudio

La laguna de Pomacanchi está ubicada a 3,690 m de altitud entre los distritos de Sangarará, Pomacanchi y Acopia de la provincia de Acomayo, región Cusco, Perú. A una distancia de 104 Km de la provincia del Cusco.

Las especies de peces representativas de la laguna de Pomacanchi están conformadas por el género *Orestias* “endémico de lagos de gran altitud y arroyos tributarios de los andes peruanos, bolivianos y chilenos” (Parenti, 1984, pág. 110). Asimismo, la especie *Odontesthes bonariensis*, introducida por la Dirección Regional de Pesquería del Cusco en el año 1981 en la laguna de Pomacanchi (Instituto de manejo de Agua y Medio Ambiente [IMA], 2002, p. 27).

Los peces del género *Orestias* (ver figura 1) son bentopelágicos, no migratorios, que ocupan zonas litorales durante su fase juvenil y migran a mayores profundidades al alcanzar la madurez (Centro de Investigación y Desarrollo Acuícola Boliviano [CIDAB], 2002; FishBase, 2025). Su rango óptimo de temperatura se encuentra entre 15 °C y 20 °C, presentan hábitos omnívoros, con una dieta compuesta principalmente por zooplancton, pequeños crustáceos, insectos acuáticos, moluscos y algas (CIDAB, 2002; Flores, 2013).

Figura 1

Peces capturados de la laguna de Pomacanchi



A) *Odontesthes bonariensis* B) *Orestias sp.*

El pez *Odontesthes bonariensis* (ver figura 1) es originario del río de la Plata, en Argentina (Vila & Soto, 1984). Es una especie pelágica de agua dulce, adaptada a ambientes lénticos, con un rango térmico de 7–27 °C y longitud máxima de 75 cm (Vila & Soto, 1984; FishBase, 2025). Presenta boca protráctil y hábitos eurípagos, alimentándose principalmente de cladóceros, copépodos y algas, además de moluscos, insectos y pequeños peces, mostrando comportamiento piscívoro y canibalismo en individuos que superan los 250 mm de longitud estándar (Ringuelet & Escalante, 1980; Mancini et al., 2009).

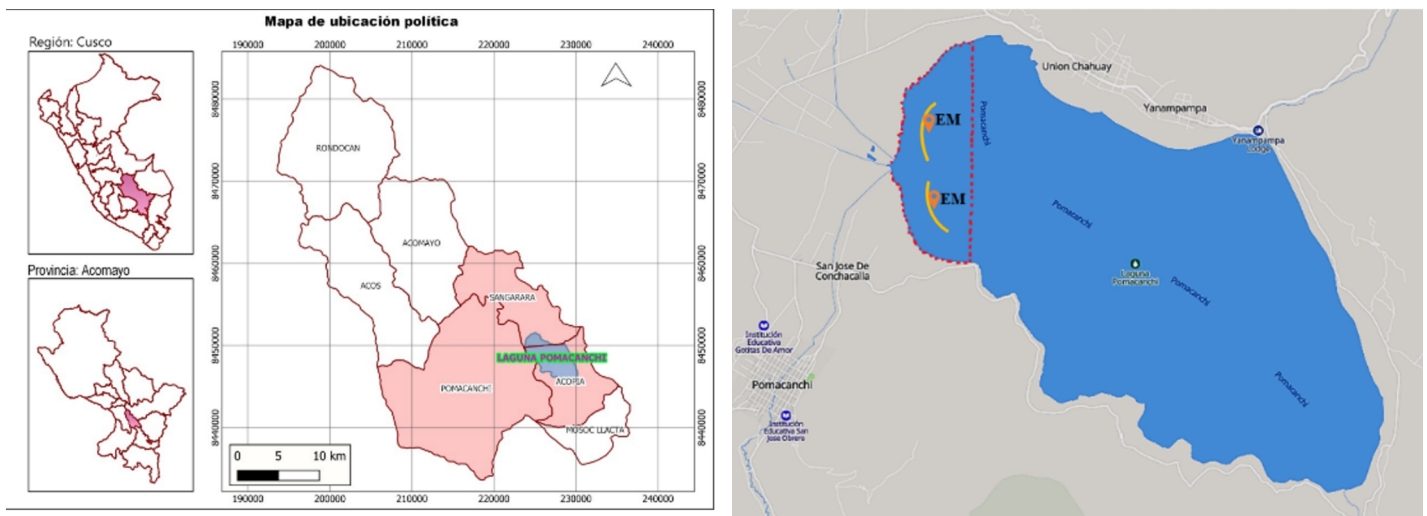
Métodos

El muestreo se realizó en la zona de pesca activa de la laguna de Pomacanchi, sector adyacente a la comunidad de San José de Conchacalla, área con mayor abundancia de *Orestias* sp. y *Odontesthes bonariensis*, según los pescadores de la zona.

Las muestras se obtuvieron de las redes de pesca instaladas por 2 pescadores locales en las coordenadas EM1: 19L 224384E – 8450288N y EM 2: 19L 224415E – 8449154N (ver figura 2), quienes utilizan redes de enmalle de 60 m de longitud por 2 m de profundidad, acopladas 2 redes continuas, con un tiempo de inmersión de 13 horas (16:00–05:00), durante el mes de junio del 2024.

Figura 2

Estaciones de muestreo en la Laguna de Pomacanchi



Nota. EM1 y EM2: estación de muestreo 1 y 2

Se analizaron un total de 40 individuos conformadas por 2 especies, considerando tamaños muestrales de investigaciones previas comparables. Cada pez equivale a una unidad de muestra.

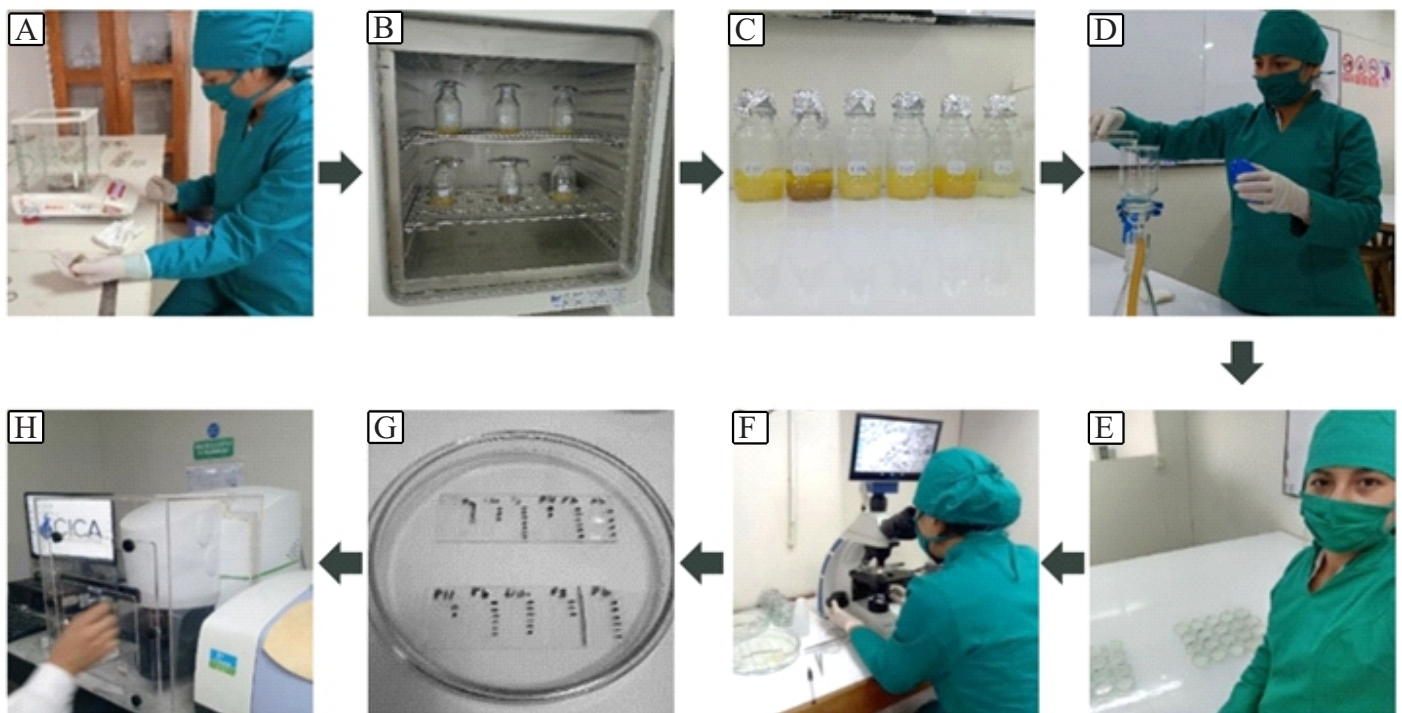
Los ejemplares se trasladaron al laboratorio en cooler con hielo. Previo al procedimiento en el laboratorio los instrumentos y las superficies de trabajo fueron limpiados con detergente, enjuagados tres veces con abundante agua destilada y finalmente desinfectados con alcohol etílico. El personal utilizó indumentaria de laboratorio de material de algodón (scrubs, cofia, mascarilla). Igualmente, durante el tratamiento de las muestras, el ambiente se mantuvo con puertas y ventanas cerradas para reducir la exposición a partículas externas. Se registraron la longitud total (LTcm), altura corporal (ACcm), masa corporal (g) y masa del contenido tracto gastrointestinal (g) de cada individuo utilizando una regla metálica y balanza analítica respectivamente. Se analizó el contenido gastrointestinal de los peces con un tratamiento mencionado por Merga et al. (2020) y Li et al. (2018) con ligeras modificaciones. Se realizó una digestión alcalina de contenido gastrointestinal con KOH 10% en frascos de vidrio con capacidad volumétrica de 250ml tapado con papel aluminio, el volumen del reactivo a considerar fue 20ml por muestra, sometida a 70°C por 48 horas, pasado el tiempo se añadió 50ml de solución salina hipersaturada por 24 horas, seguidamente se realizó la filtración a vacío del sobrenadante en membranas de 0.45micras de porosidad. Las membranas con las muestras filtradas se guardaron en placas Petri de vidrio de 60x15mm para que sequen a temperatura ambiente y su posterior observación a microscopio trinocular Biológico VELAB PRIME VE-T300 donde se identificaron y caracterizaron los Mps según criterios propuestos por Norén (2007), Lusher et al., (2017) y Pazos, (2021); finalmente, se aislaron muestras de Mps para determinar la composición química mediante el análisis por microscopia infrarroja Marca Perkin Elmer, modelo Spotlight 200i

donde se siguió los lineamientos de la norma ASTM E1252-98 (2021), con un rango de número de onda desde 650 cm⁻¹ hasta 4000 cm⁻¹(informe de análisis realizado en la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa - UNSA).

Se determinó la ocurrencia de Mps haciendo uso de la propuesta de Mazariegos-Ortíz et al. (2021) con la siguiente ecuación: $FO\% = (PCMps/N) \times 100$ donde: FO (%) es el factor de ocurrencia, PCMps la cantidad de peces que presentaron Mps, N es el número de peces examinados. También se utilizó prueba t de Student para muestras independientes con el objetivo de comparar la cantidad de Mps ingeridos entre dos especies de peces: *Odontesthes bonariensis* y *Orestias sp.* Previamente, se verificaron los supuestos de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas mediante el test de Levene. Al cumplirse ambos supuestos ($p > 0.05$), se aplicó la prueba t bajo el supuesto de igualdad de varianzas. El análisis fue realizado en el software IBM SPSS Statistics (versión 25), considerando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

Figura 3

Procesamiento



A) Morfometría del pez y extracción del contenido gastrointestinal, B) Digestión alcalina del contenido gastrointestinal con KOH 10%, C) Separación de MPs por flotación en solución salina hipersaturada, D) Filtración a vacío del sobrenadante, E) Secado de los filtros a temperatura ambiente, F) Caracterización de MPs en microscopio trinocular Biológico VELAB PRIME VE-T300, G) Aislamiento de MPs, H) Determinación de la composición química a microscopía infrarroja Marca Perkin Elmer, modelo Spotlight 200i (UNSA).

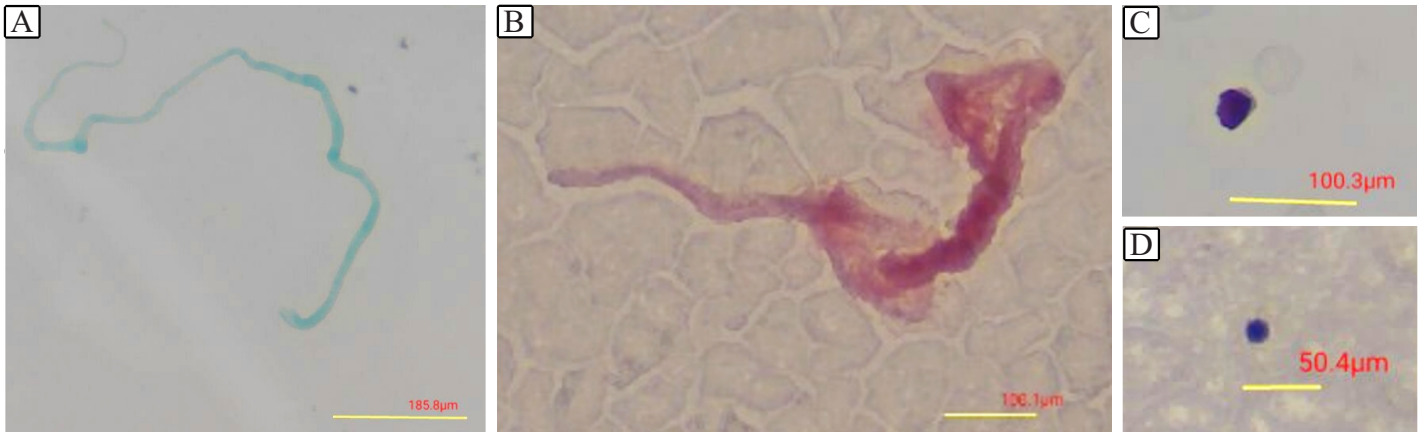
Resultados

Para *O. bonariensis*, se registraron 9 hembras y 11 machos, en promedio tuvieron una LT = 25,47 cm, AC = 3,78cm, masa corporal= 94,16g y masa del contenido tracto gastrointestinal = 1,44g. En *Orestias sp.* se registraron 18 hembras, 2 machos, con una LT= 11,31cm, AC = 3,03 cm, masa corporal= 23,75g y masa del contenido tracto gastrointestinal=0,68g. El 97% de los peces analizados contenían MPs identificándose en total 387 unidades de Mps en 39 peces de los 40 ejemplares evaluados (solo en un organismo de *Orestias sp.* no se encontró Mps). Se caracterizaron y fotografiaron los MPs como se muestra en la figura 4 y 5. Igualmente se observa la proporción de MPs por especie según el color, forma y tamaño de MPs

(ver figuras 6, 7 y 8). La prueba T de Student para muestras independientes mostró una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de ambos grupos ($p = 0,018 < 0,05$), con un intervalo de confianza del 95%. En promedio, *O. bonariensis* presentó una mayor cantidad de MPs ($11,75 \pm 5,379$ Und. MPs/pez) en comparación con el *Orestias sp.* ($7,60 \pm 5,256$ Und. MPs/pez), con una diferencia promedio de 4,15 unidades.

Figura 4

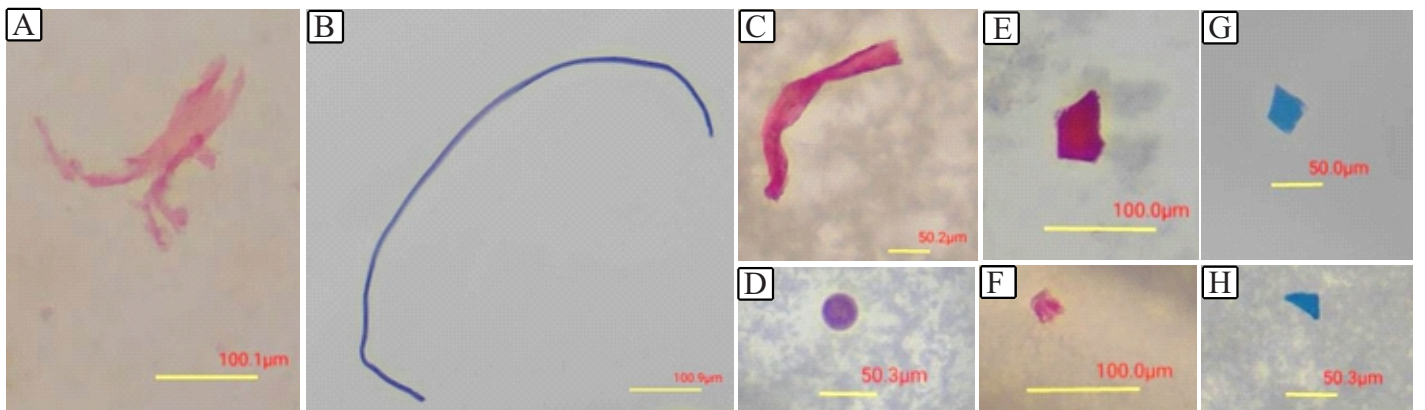
Morfotipo de MPs encontrados en el contenido gastrointestinal de *Orestias sp.*



Ejemplos de fibra (A), film (B), fragmento (C) y esfera (D). Barra con escala.

Figura 5

Morfotipo de MPs encontrados en el contenido gastrointestinal de *Odontesthes bonariensis*



Ejemplos de film (A), fibra (B, C), esfera (D) y fragmento (E, F, G, H). Barra con escala.

Figura 6

Comparación de ingesta de Mps por color según la especie

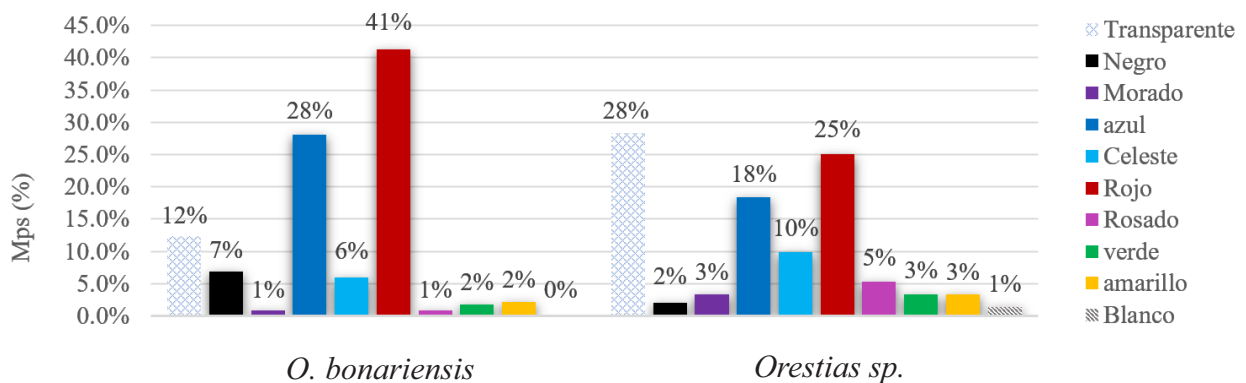


Figura 7

Comparación de ingesta de morfotipos de Mps según la especie

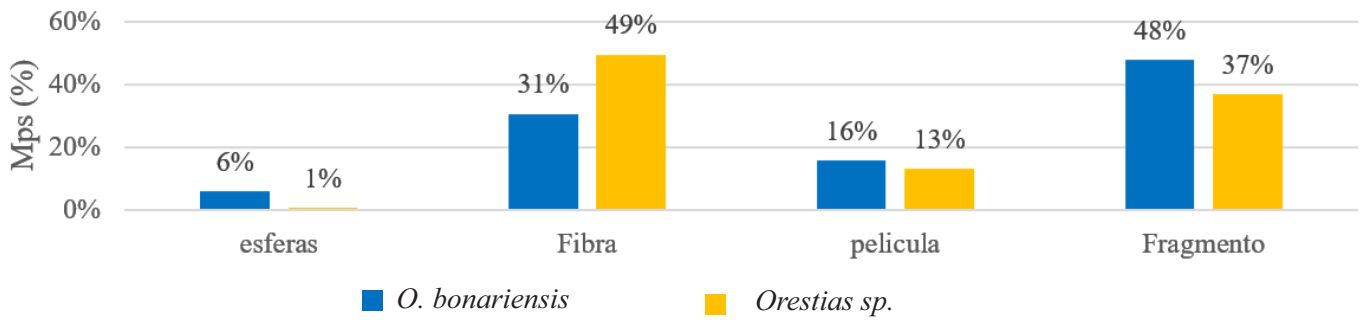
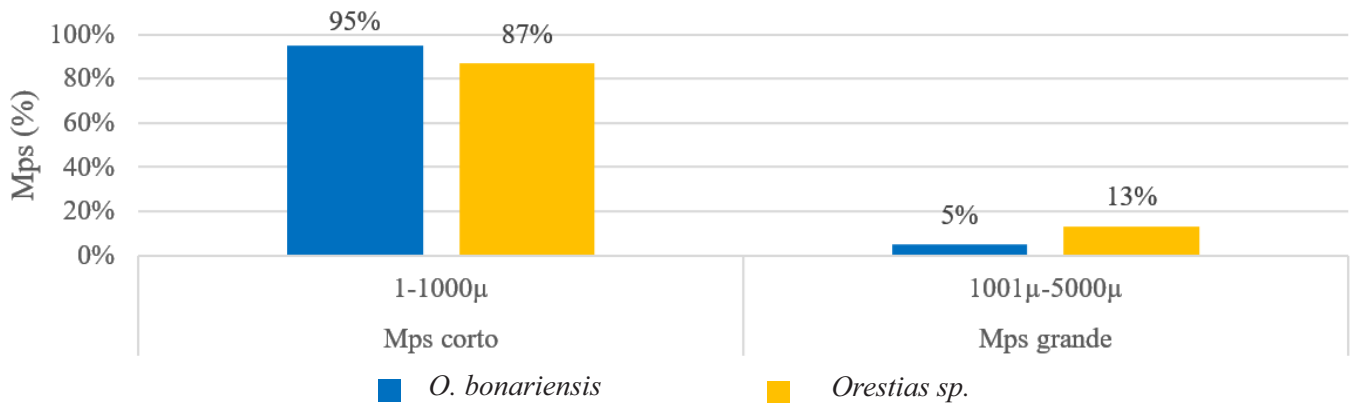


Figura 8

Comparación de ingesta de Mps según el rango de tamaño por especie



Se analizaron ocho muestras de MPs mediante Microscopia infrarrojo obteniéndose espectros (informe de análisis por microscopia infrarrojo – UNSA, ver figura 9 y 10). Se realizó una comparación entre muestras analizadas y diversos materiales de referencia (ver tabla 1 y 2), con el fin de identificar similitudes compositivas. La comparación se basó en un índice de similitud o “match score”.

Figura 9

Espectros de Mps en *Orestias sp.* Analizados por microscopia infrarroja

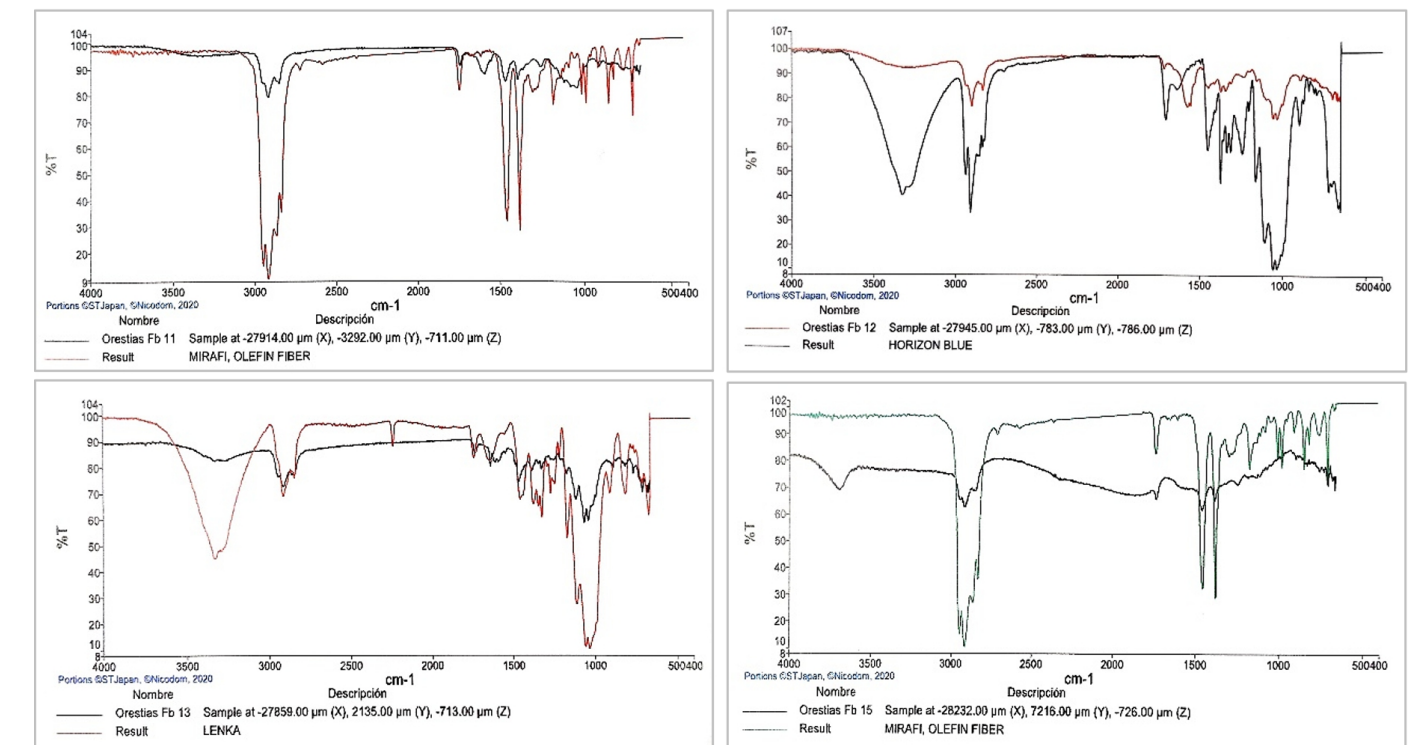


Figura 10

Espectros de Mps en O. bonariensis analizados por microscopía infrarroja

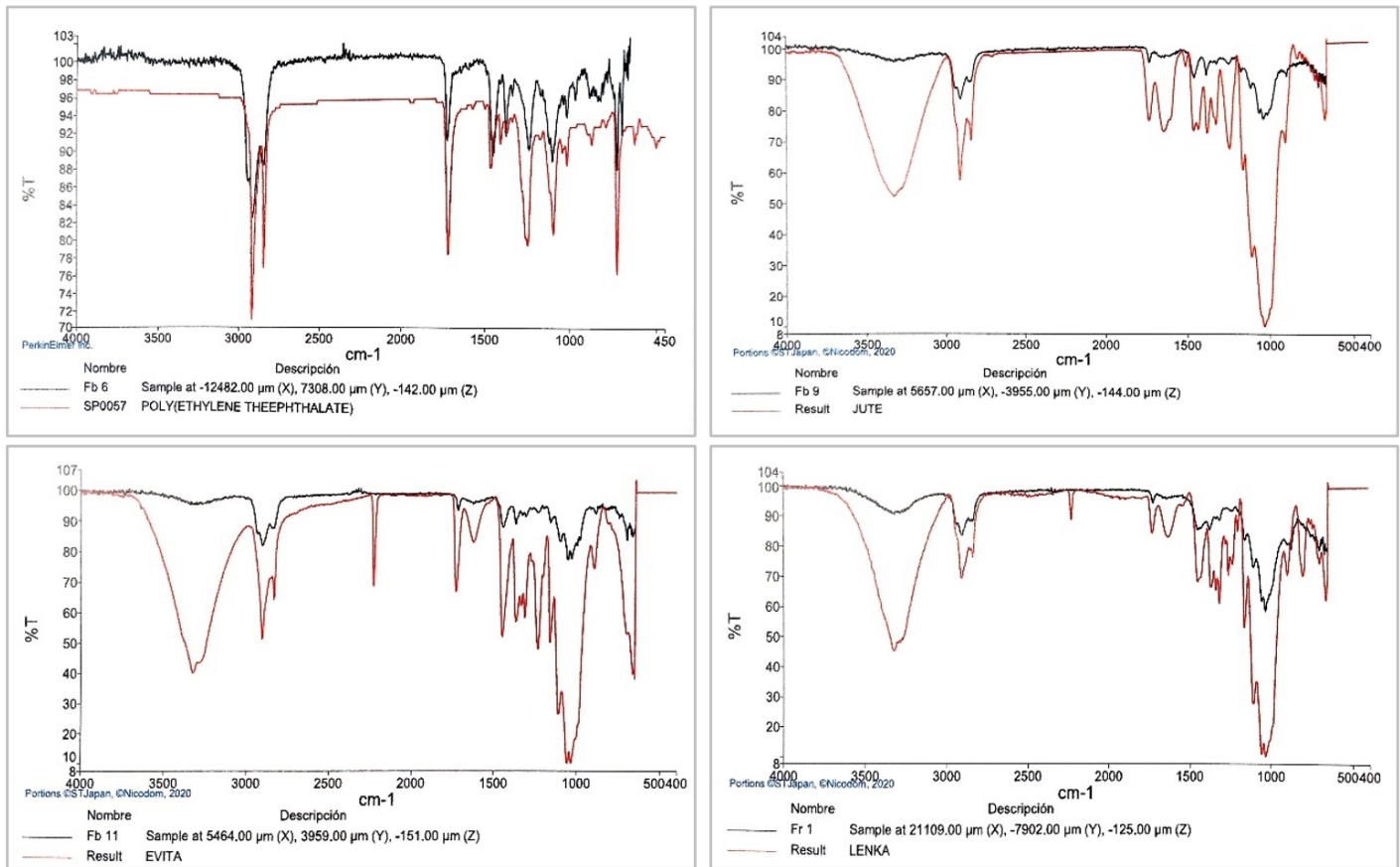


Tabla 1

Análisis por microscopía infrarroja para Orestias sp.

Código	Muestra	Color	Material de Referencia	Score de Similitud
Fb: 11	Fibra	Amarillo	MIRAFI (polipropileno), OLEFIN FIBER (polietileno)	0,699
Fb: 12	Fibra	Verde	HORIZON BLUE (69% algodón, 19% olefina, 12% poliéster)	0,576
Fb: 13	Fibra	Azul	LENKA (15% acrílico, 64% algodón, 21%lino)	0,691
Fb: 15	Fibra	Rojo	MIRAFI (polipropileno), OLEFIN FIBER (polietileno)	0,722

Tabla 2

Análisis por microscopía infrarroja para Odontesthes bonariensis

Código	Muestra	color	Material de Referencia	Score de Similitud
Fb: 6	Fibra	Azul	POLY (tereftalato de polietileno)	0,743
Fb: 9	Fibra	Rojo	JUTE (fibra natural, celulósica)	0,698
Fb: 11	Fibra	Azul	EVITA (21% acrílico, 79% algodón)	0,729
Fr: 1	Fragmento	Celeste	LENKA (15%acrílico, 64% algodón, 21 lino)	0,826

Discusión

En el presente estudio, *O. bonariensis* presentó una mayor abundancia de microplásticos ($11,75 \pm 5,48$ MPs/individuo) que *Orestias* sp. ($7,60 \pm 5,26$ MPs/individuo). Este patrón concuerda con lo reportado por Rojas et al. (2023) quienes registraron valores promedio de 20,3 MPs/individuo de la Amazonia Peruana (Iquitos) y Paredes et al. (2019) quienes también observaron una mayor acumulación de MPs en *O. bonariensis* ($33,32 \pm 7,58$ unidades/individuo) respecto a especies de *Orestias luteus* ($25,41 \pm 6,92$ unidades/individuo) del lago Titicaca, aunque los valores obtenidos en este estudio fueron inferiores, posiblemente debido a diferencias ambientales y en la presión antrópica entre zonas de muestreo.

Las diferencias observadas entre especies podrían estar relacionadas con la ecología de las especies y sus hábitos alimenticios. *O. bonariensis*, de comportamiento predominantemente pelágico, estaría más expuesto a la presencia de partículas flotantes o suspendidas en la columna de agua favoreciendo una ingestión incidental de MPs. Además, ciertos colores de MPs pueden asemejarse a presas naturales o partículas alimenticias, atrayendo visualmente a especies planctívoras o piscívoras como *O. bonariensis*, lo que explicaría su mayor ingestión de MPs de forma intencional y por transferencia trófica. En contraste, *Orestias* sp., de hábitos bentopelágicos, tendría una menor exposición a estas partículas al alimentarse cerca del fondo. Además, este género perteneciente al grupo de los ciprínidos, dependen en mayor medida de estímulos quimiosensoriales para identificar alimentos comestibles y no comestibles, debido a su limitada percepción visual en fondos turbios o poco iluminados, lo que podría favorecer una mejor discriminación de partículas sintéticas, reduciendo así la ingestión intencional de MPs. (Roch et al., 2020).

Por otro lado, la exposición ambiental incluyendo la radiación ultravioleta, la salinidad y la acción mecánica del agua puede modificar la coloración y propiedades químicas de los MPs, dificultando su detección visual o química por parte de los peces (Roch et al., 2020). En ese sentido, la mayor presencia de partículas transparentes en *Orestias* sp. podría deberse a la ingestión incidental de MPs decolorados o degradados, cuyos cambios fisicoquímicos reducen su detectabilidad mediante estímulos quimiosensoriales, facilitando su incorporación inadvertida durante su alimentación.

En cuanto a la morfología, las fibras y fragmentos fueron las formas predominantes, concordando con estudios previos (Paredes et al., 2019; Huang et al., 2020; Villacorta et al., 2024). Las partículas de menor tamaño (1–1000 μm) fueron las más abundantes, lo cual reviste importancia ecológica, ya que MPs menores a 5 μm pueden atravesar tejidos biológicos (Hesler et al., 2019) y ser confundidos con presas planctónicas (Pazos, 2021) favoreciendo ingestión intencional de MPs.

El análisis por microscopía infrarroja reveló la presencia de fibras sintéticas y semisintéticas tanto en *Orestias* sp. como en *O. bonariensis*. En *Orestias* sp. no obstante, algunos de los valores de similitud fueron bajos ($\leq 0,69$), lo que indica que la identificación de ciertos componentes debe considerarse con cautela.

En particular, las muestras Fb: 11 y Fb: 15 de *Orestias* sp. presentaron un índice de similitud de 0,699 y 0,722 respecto al material de referencia MIRAFI®, FIBRA DE OLEFINA. Estos valores, aunque no son extremadamente altos, superan el umbral de confianza mínima aceptado en estudios de identificación de polímeros ($>0,65$ – $0,70$), lo que sugiere una correspondencia a fibras sintéticas de polipropileno utilizadas en geotextiles. El uso de fibras de olefina, como el polipropileno, en productos de ingeniería civil; por ejemplo, en sistemas de estabilización de suelos, control de erosión o construcción de carreteras indica que estas partículas podrían haberse originado por la fragmentación de materiales técnicos. Dichos fragmentos pueden ingresar al

ecosistema acuático arrastrados por lluvias o escorrentía superficial, lo que resalta a los geotextiles y otros materiales de infraestructura como una fuente emergente de MPs en ambientes altoandinos. Esto subraya la importancia de no limitar la evaluación de la contaminación a residuos domésticos visibles, sino también considerar materiales técnicos asociados a la actividad agrícola, vial y de construcción, cuya degradación contribuye silenciosamente a la contaminación por MPs. Otros estudios también han reportado la presencia de polipropileno como uno de los polímeros predominantes, entre ellos se destacan los trabajos de Huang et al., (2020); Rasta et al., (2021), Villacorta et al., (2024).

En *O. bonariensis* se identificaron polímeros sintéticos como tereftalato de polietileno (PET), junto con fibras naturales y textiles mixtos (algodón, lino y acrílico). En este caso, los valores de similitud fueron más elevados ($\geq 0,73$), lo que otorga mayor confiabilidad a la identificación. La presencia de PET es particularmente relevante, ya que se asocia a botellas, envases y fibras textiles liberadas durante el lavado de ropa (Henry et al., 2019). La presencia de fibras semisintéticas en el contenido gastrointestinal sugiere que la principal vía de exposición está vinculada a la contaminación textil, fenómeno ampliamente reportado en sistemas acuáticos continentales.

La diferencia entre especies podría estar relacionada con el comportamiento trófico y el hábito alimenticio. *O. bonariensis*, de mayor tamaño y con hábitos más generalistas, presentó partículas con mayor confiabilidad de identificación, incluyendo polímeros de uso industrial como PET, mientras que *Orestias sp.* mostró más coincidencias con fibras textiles semisintéticas y valores más bajos de similitud. Esto podría indicar diferencias en los patrones de ingestión de partículas, en la selectividad del alimento o en la disponibilidad de MPs en los microhábitats ocupados por cada especie.

No obstante, la identificación de polímeros se complica a medida que disminuye el tamaño de la muestra, y el acceso a equipos especializados representa una limitación para la investigación en países en desarrollo.

Los resultados refuerzan la hipótesis de que las actividades domésticas (lavado de ropa y desgastes de materiales sintética), el inadecuado manejo de residuos plásticos y la degradación de materiales técnicos (geotextiles, infraestructuras) constituyen fuentes de contaminación por MPs.

Conclusión

El presente estudio evidencia la presencia, morfotipos y composición química de MPs en el contenido gastrointestinal de *Orestias sp.* y *Odontesthes bonariensis* procedentes de la laguna altoandina de Pomacanchi. La mayor abundancia de MPs registrada en *O. bonariensis* podría estar asociada a su comportamiento pelágico, por estar expuesto con mayor frecuencia a partículas flotantes o suspendidas, las cuales podrían ser ingeridas incidental e intencionalmente por confusión con el alimento. Además, su comportamiento piscívoro e incluso caníbal sugiere una posible transferencia trófica de MPs a través de sus presas. En contraste, la mayor proporción de MPs transparentes observada en *Orestias sp.* podría deberse a la ingestión incidental de partículas decoloradas o degradadas que pasan inadvertidas a sus estímulos quimiosensoriales durante la alimentación. La predominancia de fibras y fragmentos, principalmente de polímeros como polipropileno (PP) y tereftalato de polietileno (PET), refleja una influencia significativa de las actividades domésticas, agrícolas y pesqueras en la zona. La presencia de MPs de pequeño tamaño genera preocupación debido a su potencial translocación hacia tejidos comestibles, lo que representa un posible riesgo para la salud humana. En este contexto, los resultados constituyen una base para futuras investigaciones orientadas a evaluar la translocación de MPs dentro de tejidos del organismo de los peces y sus posibles implicancias ecológicas y sanitarias en ecosistemas altoandinos.

Agradecimientos

Se agradece al programa Yachayninchis Wiñarinpapaq de la Dirección de Vinculación de la Investigación (VRIN) de la Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco (UNSAAC), por el apoyo económico brindado para la realización de la presente investigación. Asimismo, especial agradecimiento a Karen Fernández Ccana por su apoyo durante el desarrollo del estudio.

Bibliografía

- ASTM International. (2021). *ASTM E1252-98(2021), Standard Practice for General Techniques for Obtaining Infrared Spectra for Qualitative Analysis*. ASTM International. <https://www.astm.org/e1252-98r21.html>
- Centro de Investigación y Desarrollo Acuícola Boliviano -CIDAB. (2002). Manual Area cria y manejo de especies ícticas nativas. *Proyecto BOL/ 98/G31*. Centro de Información y Documentación Agrícola de Bolivia, La Paz – Bolivia. Obtenido de http://www.alt-perubolivia.org/Web_Bio/PROYECTO/Docum_bolivia/21.24%20manual1.pdf
- Fishbase (2025). *Orestias cuvieri* Valenciennes, 1846. <https://fishbase.se/summary/SpeciesSummary.php?ID=10459&AT=orestias>
- Fishbase (2025). *Odontesthes bonariensis* (Valenciennes, 1835) Pejerrey argentino. <https://fishbase.se/summary/SpeciesSummary.php?ID=4678&AT=pejerrey>
- Flores, A. A. (2013). Ecomorfología y ecología alimentaria del género *Orestias* (pisces cyprinodontiformes) en la puna xerofítica de la provincia de sud lípez, Potosí Bolivia. (*tesis para optar al título de licenciatura en biología*). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz - Bolivia. Obtenido de https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers18-05/010066594.pdf
- Henry, T. B., Laitala, K., & Klepp, I. G. (2019). Microfibres from apparel and home textiles: Prospects for including microplastics in environmental sustainability policies. *Science of The Total Environment*, 653, 483–494. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.166>
- Hesler M, Aengenheister L, Ellinger B, Drexel R, Straskraba S, Jost C, et al (2019) Multi-endpoint toxicological assessment of polystyrene nano- and microparticles in different biological models in vitro. *Toxicology in Vitro* 61 (1):1-15. <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2019.104610>
- Huang, J., Koongolla, J., Li, H., Lin, L., Pan, Y., Liu, S., He, W., Maharana, D., & Xu, X. (2020). Microplastic accumulation in fish from Zhanjiang mangrove wetland. South China. *Science of The Total Environment*, 708. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134839>
- International Pollutants Elimination Network – IPEN. (2024). *Preguntas frecuentes sobre plásticos y sustancias químicas*. https://ipen.org/sites/default/files/documents/ipen_plastic_faqs_esp_full.pdf
- Instituto de manejo de Agua y Medio Ambiente - IMA (2002). *Gestión de ecosistemas lacustres de alta montaña el caso de la sub cuenca Pomacanchi*. Obtenido de https://www.ima.org.pe/publicaciones/experiencias/PUB_pomacanchi.pdf
- Jovanović, B. (2017). Ingestion of microplastics by fish and its potential consequences from a physical perspective. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 13(3), 510–515. <https://doi.org/10.1002/ieam.1913>
- Li, H. X., Ma, L. S., Lin, L., Ni, Z. X., Xu, X. R., Shi, H. H., Yan, Y., Zheng, G. M., Rittschof, D. (2018). *Microplastics in oysters Saccostrea cucullata along the Pearl River Estuary, China. Environmental Pollution*, 236 (619-625) ISSN 0269-7491. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.083>.

- Lusher, A.L., Hollman, P. C.H., & Mendoza-Hill, J. J. (2017). *Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. N°. 615. Roma, Italy. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a9a298e0-9db6-4769-beac-37325be3e280/content>
- Mancini, M., Nicola, I., Salinas, V., & Bucco C. (2009). Biología del pejerrey *Odontesthes bonariensis* (Pisces, Atherinopsidae) de la laguna Los Charos (Córdoba, Argentina). *Revista Peruana de Biología*. 15(2), 065- 071. Recuperado en 05 de septiembre de 2022, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332008000200011&lng=es&tlng=es
- Mazariegos-Ortiz, C.H., Xajil-Sabán, M., Blanda, E., & Delvalle-Borrero, 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>
- Merga, L., Redondo-Hasselerharm, P., Van den Brink, P. & Koelmans, A. (2020). Distribucion de microplásticos y pequeñas partículas macroplásticos en cuatro especies de peces y sedimentos en un lago africano. *Science of the Total Environment*, 741, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140527>
- Norén, F. (2007). Small plastic particles in Coastal Swedish waters. 1-11. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/284312290>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. (2017). *Los microplásticos en los sectores de pesca y acuicultura*. Obtenido de <https://fronteirasxxi.pt/wp-content/uploads/2019/08/LOS-MICROPL%C3%81STICOS-EN-LOS-SECTORES-DE-PESCA-Y-ACUICULTURA.pdf>
- Paredes, J., Sanchez, A., Ordoñez, K., & Palo, M. (2019). Caracterización de Microplásticos en los Recursos Hidrobiológicos del Lago Titicaca. (*trabajo de investigación*). Universidad Católica de Santa María, Arequipa. Obtenido de http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/9479/INFORMACION_P%c3%93STER_18.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Parenti, L. (1984). A taxonomic revision of the andean killifish genus *Orestias* (Cyprinodontiformes, Cyprinodontidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History (PDF)*, 178, 107-214. Obtenido de https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/15615/vz_Parenti_Orestias_1984.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pazos, R. S. (2021). *Estudio de microplásticos en la columna de agua, sedimento intermareal y biota residente en la costa del estuario del Río de la Plata (Franja Costera Sur)*. (tesis para optar por el título de Doctora en Ciencias Naturales). Universidad Nacional de la Plata, Argentina. Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/116621/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rasta, M., Sattari, M., Taleshi, M. S., & Imanpour, J. (2021). Microplásticos en diferentes tejidos de algunas especies de peces de importancia comercial del humedal Anzali en el suroeste del Mar Caspio, norte de Irán. *Marine Pollution Bulletin*. 169, ISSN 0025-326X, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112479>.
- Ringuelet, A., & Escalante, H. (1980). Alimentación del pejerrey (*Basilichthys bonariensis bonariensis*, Atherinidae) en laguna Chascomus (Buenos Aires, Argentina). Relaciones ecológicas de complementación y eficiencia trófica del plancton. *Limnobiología* 1, 447-460. Obtenido de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/67243>
-

- Riveros, G. C. (2024). *Microplásticos en peces nativos del género Orestias spp del lago Titicaca que son destinados al consumo humano – Perú* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional UNAP. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/21904>
- Roch, S., Fritodricoh, C. & Brinker, A. (2020). Uptake routes of microplastics in fishes: practical and theoretical approaches to test existing theories [Rutas de absorción de microplásticos en peces: enfoques prácticos y teóricos para probar las teorías existentes]. *Sci Rep* 10, 3896. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60630-1>
- Rochman, C. M., Brookson, C., Bikker, J., Djuric, N., Earn, A., Bucci, K., Athey, S., Huntington, A., McIlwraith, H., Munno, K., De Frond, H., Kolomijeca, A., Erdle, L., Grbic, J., Bayoumi, M., Borrelle, S. B., Wu, T., Santoro, S., Werbowski, L. M., Zhu, X., Giles, R. K., Hamilton, B. M., Thaysen, C., Kaura, A., Klasios, N., Ead, L., Kim, J., Sherlock, C., Ho, A., & Hung, C. (2019). Rethinking microplastics as a diverse contaminant suite. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 38(4), 703–711. <https://doi.org/10.1002/etc.4371>
- Rojas, R.R.; Arango-Mora, C.; Nolorbe-Payahua, C.; Medina, M.; Vasquez, M.; Flores, J.; Murayari, F.; Vásquez, C.; Almeida, V.; Ramos, W.; Rios Isern, E.; Marapara Del Aguila, J.; Castro, J.C.; Del Águila, J.; Diaz Jarama, F.; Vasconcelos-Souza, M. (2023). Microplastic occurrence in fish species from the Iquitos region in Peru, western Amazonia. *Acta Amazonica* 53: 65-72. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392202201212>
- Sarria, R. A., & Gallo, J. A. (2016). La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Microplásticos. (*investigación- Ingeniería Química*). Universidad del Cauca, Colombia. <https://jci.uniautonoma.edu.co/2016/2016-3.pdf>
- Silva-Cavalcanti, J. S., Silva, J. D. B., De Francia, E.J., Barbosa de Araújo, M. C., & Gusmao, F. (2017). Microplastics ingestion by a common tropical freshwater fishing Resource [Ingestión de microplásticos por un recurso pesquero tropical común de agua Dulce]. *Environmental Pollution*, 221, 218-226. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.11.068>
- Vila, I., & Soto, D. (1984). *Odontesthes bonariensis “pejerrey argentino”, una especie para cultivo extensivo*. Obtenido de FAO: <https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/aquaculture/a0844t/docrep/008/AD772S/AD772S17.htm#ch16>
- Villacorta Calle, M. A., Urquiaga Casahuaman, J. R., Sagastegui Ruiz, V. E. & Barba Encarnación, R. A. (2024). Presencia de microplásticos en lorna (*Sciaena deliciosa*) y pejerrey (*Odontesthes regia*), del muelle artesanal de Chorrillos, Lima-Perú. *Bol Inst Mar Perú*, 39(2), e427. <https://doi.org/10.53554/boletin.v39i2.427>
- Wright, S. L., Thompson, R. C., & Galloway, T. S. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution*, 178, 483–492. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031>
-