



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y
FORESTAL



“DETERMINACIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN CARACHI
(*Orestias luteus*) E ISPI (*Orestias ispi*) COMERCIALIZADOS EN LOS
PRINCIPALES MERCADOS DE LA CIUDAD DE JULIACA-2022”

Lisset Conde Callañaupa

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL

Asesor:

Mg. Hugo Apaza Aquino



Juliaca - 2025



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y
FORESTAL



**“DETERMINACIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN CARACHI
(*Orestias luteus*) E ISPI (*Orestias ispi*) COMERCIALIZADOS EN LOS
PRINCIPALES MERCADOS DE LA CIUDAD DE JULIACA-2022”**

Lisset Conde Callañaupa

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL**

Asesor:

Mg. Hugo Apaza Aquino



Juliaca - 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y FORESTAL



**“DETERMINACIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN CARACHI
(*Orestias luteus*) E ISPI (*Orestias ispi*) COMERCIALIZADOS EN LOS
PRINCIPALES MERCADOS DE LA CIUDAD DE JULIACA-2022”**

Lisset Conde Callañaupa

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL**

Asesor: Mg. Hugo Apaza Aquino

Juliaca - Perú

2025

Conde, L. (2025). *Determinación de microplásticos en Carachi (*Orestias luteus*) e Ispi (*Orestias ispi*) comercializados en los principales mercados de la ciudad de Juliaca-2022* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Juliaca.

Autor: Lisset Conde Callañaupa.

Título: Determinación de microplásticos en Carachi (*Orestias luteus*) e Ispi (*Orestias ispi*) comercializados en los principales mercados de la ciudad de Juliaca-2022.

Publicación: Juliaca, 2025.

Descripción: Cantidad de páginas (129).

Nota: Tesis – Escuela profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal – Universidad Nacional de Juliaca.

Código: 01-000055-01/C72

Nota: Incluye bibliografía.

Asesor: Mg. Hugo Apaza Aquino.

Palabras Clave: microplásticos, microscopia Raman, *Orestias luteus*, *Orestias ispi*.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y FORESTAL

“DETERMINACIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN CARACHI (*Orestias luteus*) E ISPI (*Orestias ispi*) COMERCIALIZADOS EN LOS PRINCIPALES MERCADOS DE LA CIUDAD DE JULIACA-2022”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL

Presentada por:

Lisset Conde Callañaupa

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. José Luis Pineda Tapia
PRESIDENTE DE JURADO

Mg. Godofredo Huanca Chambi
JURADO (secretario)

2° MIEMBRO


Mg. Milton Quispe Tisnado
JURADO (vocal)

3° MIEMBRO

Mg. Hugo Apaza Aquino
ASESOR DE TESIS

Lisset Conde Callañaupa

DETERMINACIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN CARACHI (Orestias luteus) E ISPI (Orestias ispi) COMERCIALIZADOS EN...

 Universidad Nacional de Juliaca

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:500488544

128 páginas

Fecha de entrega

18 sep 2025, 1:34 p.m. GMT-5

26.948 palabras

Fecha de descarga

18 sep 2025, 1:44 p.m. GMT-5

153.658 caracteres

Nombre del archivo

V006-INFORME-TESIS-LC-TUNITIN (2).pdf

Tamaño del archivo

4.3 MB






10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 7%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



DEDICATORIA

*A Dios por ser mi guía constante y darme la fortaleza necesaria para
continuar en los momentos difíciles.*

*A mis padres, por su amor incondicional, sacrificio y apoyo incansable a lo
largo de mi vida académica.*

*A mi familia por ser mi ancla y mi refugio en tiempos de incertidumbre,
finalmente a todos aquellos que me impulsaron a superarme cada día.*

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a dios, por haberme permitido llegar hasta aquí, dándome sabiduría, salud y resiliencia a lo largo de mi vida.

A la Universidad Nacional de Juliaca, por las oportunidades brindadas para lograr este objetivo, y a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal, por brindarme los conocimientos necesarios.

A los miembros del jurado, quienes con sus conocimientos aportaron a la elaboración del presente estudio, y al personal de laboratorio que contribuyo en la culminación del mismo.

Finalmente, agradezco rotundamente a las personas que me apoyaron en el proceso de elaboración y ejecución de la presente investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN.....	14
ABSTRACT.....	15
INTRODUCCIÓN	16

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. El problema de investigación	18
1.2. Formulación del problema.....	19
1.2.1. Problema general	19
1.2.2. Preguntas específicas	19
1.3. Objetivos de investigación	20
1.3.1. Objetivo general	20
1.3.2. Objetivos específicos	20
1.4. Justificación de la investigación	20

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes.....	22
2.1.1. Antecedentes internacionales	22
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	24
2.1.3. Antecedentes locales.....	24

2.2.	Marco teórico.....	25
2.2.1.	Historia y transformación de los plásticos.....	25
2.2.2.	Características de los plásticos	27
2.2.3.	Clasificación de los plásticos.....	28
2.2.4.	Aplicaciones de los plásticos sintéticos.....	29
2.2.5.	Residuos plásticos	31
2.2.6.	Fuentes de la contaminación plástica	33
2.2.7.	Degradación de los materiales plásticos.....	35
2.2.8.	Microplásticos	37
2.2.9.	Transferencia de los microplásticos en la cadena trófica	42
2.2.10.	Efectos del consumo de peces con microplásticos	44
2.2.11.	Efectos de los microplásticos en los peces	45
2.2.12.	La ciudad de Juliaca	47
2.2.13.	Descripción biológica del Carachi (<i>Orestias luteus</i>).....	48
2.2.14.	Descripción biológica del Ispi (<i>Orestias ispi</i>).....	50
2.2.15.	Normativa nacional sobre los microplásticos.....	51

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	Ámbito de estudio.....	52
3.2.	Tipo y diseño de la investigación	54
3.3.	Población y muestra	54
3.4.	Hipótesis de investigación.....	55
3.4.1.	Hipótesis general	55
3.4.2.	Hipótesis específicas.....	55
3.5.	Materiales e instrumentos.....	55
3.5.1.	Equipos	55
3.5.2.	Reactivos	55

3.5.3. Materiales	55
3.6. Métodos	56
3.6.1. Determinación de la abundancia de microplásticos en Carachi (<i>Orestias luteus</i>) e Ispi (<i>Orestias ispi</i>)	56
3.6.2. Caracterización física de los microplásticos.....	58
3.6.3. Análisis químico de los microplásticos	58
3.6.4. Prevención de la contaminación	59
3.6.5. Análisis de datos.....	59

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Abundancia de los microplásticos en Carachi (<i>Orestias luteus</i>) y en el Ispi (<i>Orestias ispi</i>).....	60
4.1.1. Características físicas de los microplásticos.....	65
4.1.2. Características químicas de los microplásticos	69

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.....	73
5.2. Recomendaciones	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
ANEXOS.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Breve cronología de la invención de los materiales polímeros.	26
Tabla 2 Densidad, conductividad térmica y eléctrica de diferentes materiales.	27
Tabla 3 Categoría de los plásticos según su tipo de producción.	28
Tabla 4 Plásticos sintéticos con mayor demanda en Europa.	28
Tabla 5 Aplicaciones típicas de los plásticos sintéticos.	30
Tabla 6 Mecanismos de degradación de los materiales plásticos.	36
Tabla 7 Digestión de materia orgánica para el análisis de los microplásticos.	39
Tabla 8 Técnicas analíticas utilizadas para el análisis de microplásticos.	40
Tabla 9 Categorías utilizadas al clasificar los microplásticos por forma.	44
Tabla 10 Abundancia de microplásticos reportada en peces de todo el mundo.	46
Tabla 12 Morfometría de las muestras de <i>Orestias luteus</i> y <i>Orestias ispi</i>	60
Tabla 13 Cantidad de partículas encontradas en las muestras.	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Producción mundial de plásticos por región económica, 2012.....	27
Figura 2	Guía de reciclaje para plásticos.....	30
Figura 3	Entrada de plásticos a partir de residuos sólidos y aguas residuales.	32
Figura 4	La gestión de los plásticos posconsumo.	33
Figura 5	Tipos de polímeros encontrados en cuerpos de agua.....	34
Figura 6	Principales fuentes de la contaminación plástica.....	35
Figura 7	Escala de tamaños para los plásticos.	37
Figura 8	Resumen de las fuentes y clasificación de los microplásticos.....	38
Figura 9	Interacción de microplásticos con organismos y potencial transferencia.....	43
Figura 10	Carachi amarillo (<i>Orestias luteus</i>).	48
Figura 11	Ispi (<i>Orestias ispi</i>).	50
Figura 12	Ubicación de los puntos de recolección de las muestras.	53
Figura 13	Abundancia media de partículas encontradas en las muestras.....	63
Figura 14	Clasificación de las partículas según su forma.	65
Figura 15	Clasificación de las partículas según su color.....	67
Figura 16	Muestras seleccionadas para la identificación del tipo de polímero.....	69
Figura 17	Porcentaje de polímeros encontrados en las muestras.	70

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Recolección de los individuos de las muestras.....	100
Anexo 2	Rotulado y transporte de las muestras.	101
Anexo 3	Obtención de la información bilógica.....	102
Anexo 4	Extracción del tracto digestivo de las muestras.....	103
Anexo 5	Digestión del tracto gastrointestinal de las muestras.....	104
Anexo 6	Filtrado de las muestras digestadas.....	105
Anexo 7	Partículas encontradas en las muestras de Manco Cápac.	106
Anexo 8	Partículas encontradas en las muestras de Cerro Colorado.	106
Anexo 9	Partículas encontradas en las muestras de Santa Barbara.....	107
Anexo 10	Partículas encontradas en las muestras de Pedro Vilcapaza.	107
Anexo 11	Partículas encontradas en las muestras de Las Mercedes.	108
Anexo 12	Evidencia de la contaminación.	108
Anexo 13	Datos morfométricos de las muestras.	109
Anexo 14	Conteo y caracterización física de las partículas en <i>Orestias luteus</i>	111
Anexo 15	Conteo y caracterización física de las partículas en <i>Orestias ispi</i>	117
Anexo 16	Caracterización química de las partículas.....	123

RESUMEN

La presencia de microplásticos en especies de importancia comercial y de alto valor nutritivo puede representar un gran peligro para la salud humana. La investigación tuvo como objetivo determinar la presencia de microplásticos en *Orestias luteus* y *Orestias ispi* comercializados en los principales mercados de la ciudad de Juliaca (Pedro Vilcapaza, Las Mercedes, Santa Bárbara, Manco Cápac y Cerro Colorado). Se realizó un muestreo de tipo no probabilístico por conveniencia; por ende, se adquirió 10 especímenes por cada tipo de especie en cada mercado. A continuación, se digestó el tracto gastrointestinal de *Orestias luteus* con 80 ml de KOH al 10% y el tracto gastrointestinal de *Orestias ispi* con 50 ml de KOH al 10% para luego sellarlo con papel aluminio y almacenarlo durante 24 horas a 60 °C; una vez concluido el tiempo, se filtraron las muestras mediante una bomba de vacío y papel filtro Whatman 42; los filtros fueron secados por 1 hora a 50 °C. Las características físicas se observaron usando microscopio estereoscópico (Leica EZ4E) y las características químicas se analizaron mediante espectroscopia confocal Raman. Se encontraron microplásticos en el 100% de los individuos analizados; de estos, la abundancia promedio de los microplásticos fue de 15.3 ± 2.54 a 22.7 ± 2.91 partículas/individuo para *Orestias luteus* y 5.9 ± 2.02 a 9.3 ± 2.06 partículas/individuo para *Orestias ispi*. La forma más predominante de MP en ambas especies fue fibra (80%), seguido de fragmento (19%) y film (1%). Los colores más dominantes en ambas especies fueron azules (47%) y fucsias (37%); los polímeros plásticos dominantes en el tracto gastrointestinal de ambas especies fueron el polietileno (49.74%) y el polipropileno (45.27%).

Palabras clave: microplásticos, microscopia Raman, *Orestias luteus*, *Orestias ispi*.

ABSTRACT

The presence of microplastics in species of commercial importance and high nutritional value can represent a great danger to human health. The research aims to determine the presence of microplastics in *Orestias luteus* and *Orestias ispi* marketed in the main markets of the city of Juliaca (Pedro Vilcapaza, Las Mercedes, Santa Barbara, Manco Capac and Cerro Colorado). A non-probabilistic convenience sampling was carried out; therefore, 10 specimens were acquired for each type of species in each market. Then, the gastrointestinal tract of *Orestias luteus* was digested with 80 ml of 10% KOH and the gastrointestinal tract of *Orestias ispi* with 50 ml of 10% KOH and then sealed with aluminum foil and stored for 24 hours at 60 °C; once the time was over, the samples were filtered using a vacuum pump and Whatman 42 filter paper; the filters were dried for 1 hour at 50 °C. Physical characteristics were observed using a stereo microscope (Leica EZ4E) and chemical characteristics were analyzed by confocal Raman spectroscopy. Microplastics were found in 100% of the individuals analyzed; of these, the average abundance of microplastics ranged from 15.3 ± 2.54 to 22.7 ± 2.91 particles/individual for *Orestias luteus* and 5.9 ± 2.02 to 9.3 ± 2.06 particles/individual for *Orestias ispi*. The most predominant form of PM in both species was fiber (80%), followed by fragment (19%) and film (1%). The most dominant colors in both species were blue (47%) and fuchsia (37%); the dominant plastic polymers in the gastrointestinal tract of both species were polyethylene (49.74%) and polypropylene (45.27%).

Key words: microplastics, Raman microscopy, *Orestias luteus*, *Orestias ispi*.

INTRODUCCIÓN

La contaminación por microplásticos, es decir partículas menores a 5 mm, representa una amenaza ambiental global con profundas implicancias en los sistemas acuáticos y la salud humana (Wright & Kelly, 2017). Los microplásticos se clasifican en primarios y secundarios. Los microplásticos primarios que se encuentran combinados en artículos de cuidado personal y productos de limpieza industrial, por el contrario los microplásticos secundarios se generan a través de la fragmentación de macroplásticos (Barnes, 2002). Los peces ingieren microplásticos de forma directa debido a la similitud entre estos y su alimento por su color y forma variada o a través de una presa (Martín et al., 2022), lo cual puede producir problemas fisiológicos como el bloqueo del tracto gastrointestinal, falsa sensación de saciedad y lixiviación de aditivos y monómeros (Neves et al., 2015a). Estos efectos adversos pueden incrementarse debido a que los microplásticos adsorben metales pesados y contaminantes hidrofóbicos (Tsang, 2019). Una vez dentro de los peces, los microplásticos se localizan preferentemente en el tracto gastrointestinal, sin embargo, pueden ingresar al sistema circulatorio a través de la mucosa intestinal (Avio, et al., 2015). El riesgo de que los microplásticos se transfieran a través de la cadena trófica es significativo, lo cual representa un riesgo para la salud humana.

En la región de puno, existen especies endémicas de peces, destacando así el *Orestias luteus* y *Orestias ispi*, peces nativos que forman parte esencial de la dieta local debido a su valor nutricional, bajo costo y disponibilidad, estos peces son comercializados ampliamente en los mercados de la región, donde son adquiridos por pobladores para su consumo, muchas veces sin evisceración previa (Pinto et al., 2016). A pesar de la importancia, existen pocos estudios orientados a determinar la posible contaminación por microplásticos en estas especies. Por ello, cobra especial relevancia evaluar si los peces comercializados en mercados locales contienen microplásticos en su tracto gastrointestinal, ya que esta vía de exposición refleja directamente lo que potencialmente llega al consumidor.

En tal sentido, el estudio tiene como objetivo determinar la presencia de microplásticos en *Orestias luteus* y *Orestias ispi* comercializados en los principales mercados de la ciudad de Juliaca (Pedro Vilcapaza, Las Mercedes, Santa Barbara, Manco Cápac y Cerro Colorado), con el propósito de comprender la carga de microplásticos en especies nativas de importancia comercial. Los datos obtenidos de la investigación no solo servirán de evidencia y base científica para que gobiernos y autoridades puedan tomar acciones pertinentes en cuanto a

la contaminación por residuos plásticos, sino que también contribuirán al interés en realizar investigación en otros órganos y tejidos de los peces, resguardando la calidad de vida de la población de la región de Puno.

El estudio se estructura en cinco capítulos: En el capítulo I, “Planteamiento del problema”, se da a conocer la situación actual a nivel global y nacional con enfoque cualitativo y cuantitativo. En el capítulo II, “Revisión de literatura”, se plantean los conceptos clave relacionados con residuos plásticos, microplásticos, identificación de microplásticos, *Orestias luteus* y *Orestias ispi*. El capítulo III, “Materiales y métodos”, detalla los materiales y metodología usados, incluyendo diseño, enfoque y nivel de investigación. En el capítulo IV, “Resultados y discusión”, se presentan y analizan los hallazgos del estudio mediante tablas y gráficos. Finalmente, el capítulo V, “Conclusiones y recomendaciones”, ofrece conclusiones derivadas de los objetivos planteados y formula sugerencias para futuros investigadores.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. El problema de investigación

La presencia de microplásticos en ecosistemas acuáticos representa un problema ambiental y ecológico de creciente preocupación debido a su persistencia, ubicuidad y capacidad para afectar negativamente a los organismos que habitan estos ambientes (Jin et al., 2025). Los organismos acuáticos ingieren microplásticos de forma directa debido a la similitud entre estos y su alimento por su color y forma variada o a través de una presa (Martín et al., 2022), lo cual puede producir problemas fisiológicos como el bloqueo del tracto gastrointestinal, falsa sensación de saciedad, lixiviación de aditivos y monómeros (Neves et al., 2015a), inflamación severa, genotoxicidad, neurotoxicidad, alteraciones histopatológicas y trastornos en los procesos reproductivos (Piskula & Astel, 2024). Estos efectos adversos pueden incrementarse debido a que los microplásticos adsorben metales pesados y contaminantes hidrofóbicos (Tsang, 2019).

Una vez ingeridos los microplásticos suelen situarse preferentemente en el tracto gastrointestinal (Ghosh, 2025), si bien el tracto no forma parte de la dieta humana, la detección de microplásticos en este órgano conlleva importantes implicancias ecológicas y toxicológicas, por otro lado, los microplásticos pueden ingresar al sistema circulatorio a través de la mucosa intestinal (Avio, et al., 2015), se ha demostrado la presencia de microplásticos en diversas partes anatómicas de los peces, incluido el tejido muscular, lo cual sugiere que, incluso cuando no se consume el tracto gastrointestinal, los seres humanos pueden estar expuestos a estos contaminantes a través del consumo del músculo de pescado (Pitt et al., 2024; Saha & Saha, 2024). Esta translocación está determinada por el tamaño y tipo de microplásticos, ya que las partículas más pequeñas tienen una mayor probabilidad de migrar hacia tejidos comestibles (McIlwraith et al., 2021). La presencia en el tracto gastrointestinal de los organismos acuáticos evidencia una alta exposición de los peces a ambientes contaminados, lo que indica una alteración significativa de su hábitat natural (Benaires et al., 2025). Este hallazgo funciona como un bioindicador de contaminación ambiental, útil para el monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos (Rochman et al., 2013). Estudios actuales han reportado la presencia de microplásticos en las playas de la zona costera (De-la-Torre, Dioses-Salinas, et al., 2020; Iannacone et al., 2020; Purca & Henostroza, 2017) y en peces marinos como *Ethmidium maculatum* y *Mugil cephalus*

(Fernández-Ojeda et al., 2021) y *Anisotremus scapularis* (De-la-Torre et al., 2019); de igual manera se realizaron estudios en la ciudad de Iquitos, en *Prochilodus nigricans*, teniendo un promedio de 0,34 ($\pm 1,19$) microplásticos por individuo (Chota-Macuyama & Chong, 2020).

Los cuerpos de agua del departamento de Puno presentan una contaminación generalizada por plásticos provenientes de actividades como la acuicultura, turismo, agricultura, urbanización y descarga de aguas residuales (Huamán, 2019), afectando a especies ícticas nativas del género *Orestias sp.*, *Astroblepus sp.* y *Trichomycterus sp.* y especies introducidas, *Odontesthes bonariensis* y *Oncorhynchus mykiss* (Sostoa et al., 2010), que presentan valor comercial y nutricional para la población de Puno. Investigaciones recientes han evidenciado la presencia de microplásticos en diversas especies de peces, como *Oncorhynchus mykiss*, *Orestias luteus*, *Odontesthes bonariensis* y *Orestias ispi* (Paredes et al., 2019; Riveros, 2024; Estepia-Turpo, 2024). Esto representa una vía potencial de exposición humana a los microplásticos, lo cual representa un peligro para la salud pública, además de comprometer la biodiversidad acuática disminuyendo así, la disponibilidad para la pesca y afectar la seguridad alimentaria de las comunidades ribereñas, esto evidencia la necesidad urgente de evaluar y controlar la presencia de microplásticos en ecosistemas acuáticos.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Habrá presencia de microplásticos en Carachi (*Orestias luteus*) e Ispi (*Orestias ispi*) comercializados en los principales mercados de la ciudad de Juliaca-2023?

1.2.2. Preguntas específicas

- ¿Qué cantidad de microplásticos se encuentra en el tracto gastrointestinal de Carachi (*Orestias luteus*) e Ispi (*Orestias ispi*) comercializados en los principales mercados de la ciudad de Juliaca?
- ¿Cuáles serán las características de los microplásticos encontrados en el tracto gastrointestinal del Carachi (*Orestias luteus*) e Ispi (*Orestias ispi*) por color, forma y composición química?

1.3. Objetivos de investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar la presencia de microplásticos en Carachi (*Orestias luteus*) e Ispi (*Orestias ispi*) comercializados en los principales mercados de la ciudad de Juliaca-2023.

1.3.2. Objetivos específicos

- Cuantificar la presencia de microplásticos en Carachi (*Orestias luteus*) e Ispi (*Orestias ispi*) comercializados en los principales mercados de la ciudad de Juliaca.
- Caracterizar los microplásticos encontrados en el tracto gastrointestinal del Carachi (*Orestias luteus*) e Ispi (*Orestias ispi*) por color, forma y composición química.

1.4. Justificación de la investigación

Las especies de peces ícticas nativas y las introducidas de la región de Puno se enfrentan a una gran amenaza debido a la presencia de microplásticos en sus hábitats. Por lo tanto, esta investigación se justifica en la importancia de la evaluación y monitoreo de estas especies debido a que son una fuente importante de proteína en la dieta de la población, además de ser ampliamente comercializadas en la región, lo cual representa un riesgo directo a la salud (IPERU, 2022), aunque no se consuma de manera directa el tracto gastrointestinal de los peces, los microplásticos pueden traslocarse y acumularse en los tejidos, especialmente en los músculos y otros órganos (Bollaín & Vicente, 2019), así mismo los microplásticos contienen sustancias tóxicas como metales pesados, aditivos químicos o contaminantes orgánicos persistentes que al ser ingeridos por las personas pueden tener efectos adversos sobre la salud generando problemas hormonales, cáncer o trastornos metabólicos (Brennecke et al., 2016). De esta manera, la investigación se justifica porque se generarán antecedentes para que los organismos de gestión municipal cuenten con bases científicas para realizar la toma de decisiones y plantear soluciones a la contaminación plástica, ya que hasta la actualidad no existe un estudio y caracterización de estos microplásticos en las especies del género *Orestias sp.* utilizando microscopía Raman.

Desde el enfoque técnico, el estudio aporta una evaluación científica detallada sobre la presencia de microplásticos en las especies de *Orestias luteus* y *Orestias ispi* comercializadas en los mercados de Pedro Vilcapaza, Las Mercedes, Santa Barbara, Manco Cápac y Cerro Colorado. Este análisis se sustenta en la generación de datos cuantitativos representativos y un método replicable, que no solo permitirá identificar a los microplásticos por su forma y color, sino también de acuerdo a su composición química. Los resultados contribuirán a mejorar las técnicas analíticas y las metodologías para detectar y cuantificar microplásticos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Khan et al., (2024) en su investigación titulada “Presencia generalizada de microplásticos en el tracto gastrointestinal de algunas especies de peces seleccionadas del río Turag, junto a la capital de Bangladesh”, tuvo como objetivo determinar la presencia de microplásticos en el tracto gastrointestinal de tres especies de peces recolectadas en Ashulia Bridge y Mirpur Road del río Turag, que fluye junto a la ciudad de Dhaka, Bangladesh. Recolectaron un total de sesenta especímenes de *Anabas testudineus*, *Puntius sophore* y *Channa striata* durante mayo y julio del 2022. Digestaron el tracto gastrointestinal en 60 mL de hidróxido de potasio y 30 mL de lauril sulfato de sodio. La abundancia de microplásticos fue más alta en *Channa striata* ($3,8 \pm 0,6$) y más baja en *Puntius sophore* ($1,8 \pm 0,4$); las formas más abundantes fueron las fibras (89-93%) y fragmentos (21-35%); los colores dominantes fueron el azul (69–83%) y rojo (20–33%); el examen ATR-FTIR reveló tres variedades específicas de polímeros: polipropileno (40%), poliestireno (30%) y polietileno de baja densidad (30%).

Patidar et al. (2024), en su investigación titulada “Investigación de la contaminación por microplásticos en el tracto gastrointestinal de los peces: un estudio comparativo de varias especies de agua dulce”, tuvo como objetivo determinar la presencia de microplásticos en el tracto gastrointestinal de 48 muestras de 8 especies de la zona de Chhota Nagpur en el este de la India, en el periodo de agosto a septiembre del 2023, recolectaron las muestras de peces a 10 km de distancia entre dos ubicaciones de las orillas de los ríos Subarnarekha y Kharkai a través de pescadores. Digestaron el tracto gastrointestinal con hidróxido de potasio al 10%. La abundancia promedio de microplásticos fue de $3,0 \pm 1,8$ partículas/individuo; las formas encontradas fueron fibras (69.4%), películas (22.3%) y fragmentos (8.3%); los colores encontrados fueron azul (36.0%), negro (33.3%), rojo, blanco y azul (16.7%), verde (11.8%) y marrón (7.4%); la composición química fue poliamida (32.6%), cloruro de polivinilo (17.4%), polipropileno (15.3%), polietileno (12.5%), tereftalato de polietileno (11.8%) y policarbonato (10.4%).

Akter et al., (2024), en su investigación titulada “Microplásticos y metales pesados en especies de peces de agua dulce en la región suroccidental de Bangladesh: una preocupación emergente para la salud pública”, tuvo como objetivo investigar la presencia de microplásticos y metales pesados en el tracto gastrointestinal de diecisiete especies de peces de agua dulce recolectadas en los mercados de los distritos de Jashore, Narail, Bagherhat, Satkhira y Khulna, situados en la región suroeste de Bangladesh, de noviembre a diciembre del 2022. Digestaron el tracto gastrointestinal en 10 mL de peróxido de hidrógeno y 10 mL de solución de Fe (II). La abundancia promedio de microplásticos es de $1,13 \pm 0,84$ elementos por individuo de pez; el color más dominante fue el negro (60,6%); las formas encontradas fueron fibras (94,4%). La composición química fue polietileno (73,08%), polipropileno (21,15%) y poliestireno (5,77%).

Pandey et al., (2023) en su investigación titulada “Abundancia, características y evaluación de riesgos de microplásticos en peces de agua dulce autóctonos de la India”, tuvo como objetivo examinar la abundancia de microplásticos en tejidos comestibles y no comestibles de 175 peces de las familias *Cyprinidae* y *Channidae* capturados en condiciones silvestres de un mercado local en Lucknow, Uttar Pradesh, India, entre febrero y julio de 2021. Digestaron el tracto gastrointestinal con hidróxido de potasio al 10%. La abundancia promedio de microplásticos de *Channa punctatus*, *Labeo rohita* y *Labeo bata* es de $7,86 \pm 2,0$, $4,17 \pm 0,6$ y $3,03 \pm 0,4$ elementos/individuo, respectivamente. Sin embargo, en peces indígenas pequeños como *Salmostoma bacaila* y *Puntius amphibius* varía entre $0,83 \pm 0,13$ y $0,77 \pm 0,2$ elementos/individuo, respectivamente. Las formas más dominantes fueron las fibras, fragmentos y pellets. El análisis de espectroscopia Raman confirma polímeros de tipo polietileno de alta y baja densidad.

Yin et al., (2022) en su investigación titulada “Acumulación de microplásticos en intestinos y branquias de peces de un gran lago natural: ¿selectiva o no selectiva?”, tuvo como objetivo examinar la presencia de microplásticos en los intestinos y branquias de 259 muestras de 11 especies de peces del lago Chao, China, recolectadas de mayo a junio del 2021. Digestaron el tracto gastrointestinal con 1000 mL de hidróxido de potasio al 10%. La abundancia de los microplásticos en el tracto gastrointestinal de las especies varió entre 2,85 y 8,38 elementos/individuo; las formas encontradas fueron fibras (83,5%), fragmentos (9,7%), películas (6,3%) y

microesferas (0,5%); los colores encontrados fueron negro (35.6%) y azul (23,5%); con base en el análisis Raman, identificaron polipropileno (45,9%) y tereftalato de polietileno (26,1%).

2.1.2. Antecedentes nacionales

Mio-Díaz & Álvarez, (2024) en su investigación titulada “Frecuencia de ocurrencia de microplásticos en contenido gastrointestinal de *Orestias sp.* y *Odontesthes bonariensis* de la laguna Pomacanchi-Acomayo-Cusco” tuvo como objetivo de determinar la frecuencia de ocurrencia e identificación de microplásticos en el contenido gastrointestinal de ambas especies. Digestaron las muestras usando KOH al 10%, posteriormente para la cuantificación y caracterización de las partículas usaron un Microscopio trinocular Biológico. Identificaron 61 microplásticos, el color predominante fue el blanco (21.3%), amarillo (13.1%), celeste (11.5%) y transparente (11.5%); de igual manera, las formas predominantes fueron las fibras (55.7%) y los fragmentos (41%).

Chota-Macuyama & Chong, (2020), en su investigación titulada “Primer registro de ingestión de microplásticos por un pez de importancia comercial en la ciudad de Iquitos, Amazonía peruana”, tuvo como objetivo investigar la presencia de microplásticos en el tracto gastrointestinal de 135 peces de 11 especies de importancia comercial provenientes del mercado Belén, ciudad de Iquitos en la región de Loreto, en los meses de julio y agosto del 2020. Trataron el tracto gastrointestinal con etanol filtrado al 70%. Evidenciaron la presencia de microplásticos en seis individuos de la especie *Prochilodus nigricans* con un promedio de 0,34 ($\pm 1,19$) microplásticos por individuo; las formas encontradas fueron los filamentos y fragmentos; los colores encontrados fueron el azul, rojo, verde y celeste.

2.1.3. Antecedentes locales

Riveros, (2024) en su investigación titulada “Microplásticos en peces nativos del género *Orestias spp.* del lago Titicaca que son destinados al consumo humano – Perú”, tuvo como objetivo caracterizar la presencia de microplásticos en el tracto gastrointestinal de 140 individuos de *Orestias ispi* y *Orestias Luteus*. Digesto el tracto gastrointestinal con hidróxido de potasio al 10%. La abundancia promedio de microplásticos para *O. ispi* (1,0 MP/ind.) y *O. luteus* (0,7 MP/ind.); las formas

fueron fibras, film y fragmentos; los colores fueron el transparente, blanco, beige, azul y negro.

Loayza et al., (2022) en su investigación titulada “Evidencia de microplásticos en agua y peces comerciales de un lago de montaña de gran altitud (Lago Titicaca)” tuvieron como objetivo evaluar la presencia de microplásticos en el contenido estomacal de las cuatro especies de peces objetivo de la pesca local en el Lago Menor del lago Titicaca, la observación se realizó mediante observaciones visuales, reportaron una frecuencia de ingestión baja, y la forma más predominante fueron las fibras de color azul y negro.

Ordoñez & Sanchez, (2019) en su investigación titulada “Identificación de microplásticos en recursos hidrobiológicos: agua y especies de importancia comercial; *Odontesthes bonariensis* y *Orestias luteus* en el lago Titicaca - bahía de puno, 2018” tuvieron como objetivo estudiar la presencia de microplásticos en el Lago Titicaca, sitio RAMSAR con gran biodiversidad y valor ambiental. Digestaron las muestras con KOH al 10% y se realizaron filtraciones repetidas. Reportaron 25.4056 (DS \pm 12.4948) mp/individuo en *O. luteus* y 33.3223 (DS \pm 13.6819) mp/individuo para el *O. bonariensis*.

Paredes et al. (2019), en su investigación titulada “Caracterización de microplásticos en los recursos hidrobiológicos del lago Titicaca”, tuvieron como objetivo determinar la presencia de microplásticos en el tracto gastrointestinal de 10 individuos de *Orestias luteus* y *Odontesthes bonariensis* capturados en los Uros, Amantani y Llachon. Digestaron el tracto gastrointestinal con hidróxido de potasio al 10%. La abundancia de microplásticos en *O. luteus* fue de 25,41 mp/individuo y de 34,81 mp/individuo para *O. bonariensis*; las formas encontradas fueron fibras y fragmentos; los colores fueron transparente, azul, rojo, negro y verde.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Historia y transformación de los plásticos

El término plástico, también denominado como polímeros, proviene del griego, el cual significa “que puede ser moldeado por el calor” (Góngora, 2014). En el siglo XIX se utilizaban plásticos naturales, sin embargo, a partir de la revolución industrial, debido al incremento en la tasa de natalidad y el consumismo, aumentó la demanda de productos

plásticos (Carmona & Huanachea, 2021), dando así paso a “La Era del Plástico” (Choy et al., 2020). Dicha situación solo fue progresando, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Breve cronología de la invención de los materiales polímeros.

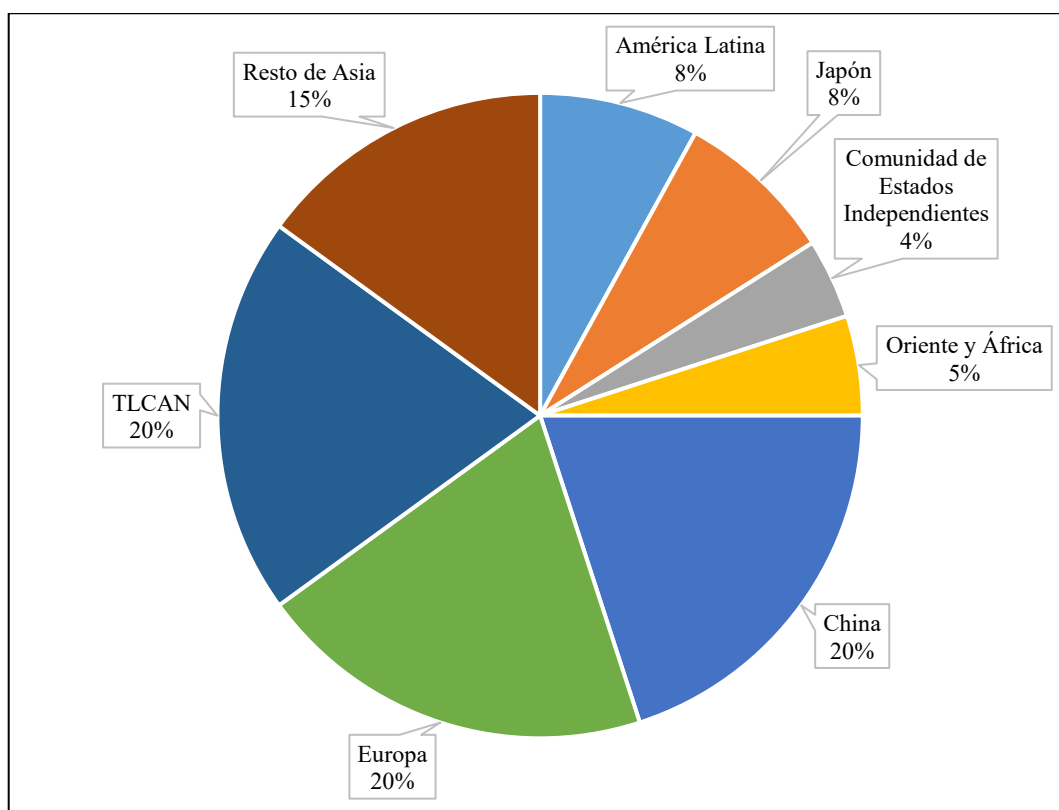
Polímero	Acrónimo	Origen	Año
Caucho	-	Natural	1839
Parkesina	-	Semisintético	1862
Celuloide	-	Semisintético	1863
Rayón	-	Semisintético	1894
Baquelita	BK	Sintético	1907
Vinilo	PVC	Sintético	1926
Polietileno de baja densidad	LDPE	Sintético	1935
Politetrafluoroetileno	PTFE	Sintético	1938
Poliestireno	PS	Sintético	1938
Nilón	PA	Sintético	1939
Tereftalato de polietileno	PET	Sintético	1941
Poliéster insaturado	UP	Sintético	1942
Polipropileno	PP	Sintético	1951
Polietileno de alta densidad	HDPE	Sintético	1951
Poliestireno extruido	XPS	Sintético	1954
Poliésteres termoplásticos	-	Sintético	1970
Polímeros de cristal líquido	LPC	Sintético	1985

Nota. Castañeta et al., (2020).

Este incremento se vio evidenciado en los últimos 65 años; realizando una comparación en el año 1950 se producían 2 millones de toneladas de plástico; sin embargo, para el 2015 se produjeron 381 millones de toneladas, incrementando 200 veces su producción (Geyer et al., 2017). De toda esta cantidad, el 50% de los plásticos son de un solo uso; sin embargo, siguen siendo resistentes a la degradación química y física (Choy et al., 2020), por lo tanto, actualmente se observa su acumulación indiscriminada en ambientes terrestres y acuáticos (Gu et al., 2022; Manrique Muñante, 2020; Ogonowski et al., 2018). La producción de plásticos a nivel mundial en el año 2012 fue la siguiente:

Figura 1

Producción mundial de plásticos por región económica, 2012.



Nota. Extraído de PlasticsEurope, (2012).

2.2.2. Características de los plásticos

En el mercado a nivel mundial existe una gran cantidad de plásticos, los cuales se distinguen por su composición; sin embargo, todos tienen características en común como la versatilidad, larga duración, buena relación costo/beneficio y son livianos (de Titto et al., 2022). En la siguiente tabla se describen las características de algunos tipos de plástico:

Tabla 2

Densidad, conductividad térmica y eléctrica de diferentes materiales.

Material	Densidad (g/cm ³)	Con. Term. (W/mK)	Cond. Elec. (S)
Plásticos	0.9-2.3	0.15-0.5	-
PE	0.9-1.0	0.32-0.4	-
PC	1.0-1.2	-	-
PVC	1.2-1.4	-	10 ⁻¹⁵

Nota. Beltrán & Marcilla, (2011).

2.2.3. Clasificación de los plásticos

Según Góngora, (2014), existen tres categorías generales, que son los plásticos naturales, semisintéticos y sintéticos, los cuales se describen en la tabla 3.

Tabla 3

Categoría de los plásticos según su tipo de producción.

Categorías	Concepto	Fuente
Plásticos naturales	Productos que pueden ser moldeables con el calor.	Rubiano et al., (2011)
Plásticos semisintéticos	Derivan de productos naturales, sin embargo, fueron alterados por su mezcla con otros materiales.	Carmona & Huanachea, (2021)
Plásticos sintéticos	Se derivan de alterar la estructura molecular de materiales a base de carbono, por ejemplo, petróleo crudo.	Rios, (2017)

Dentro de los plásticos sintéticos se encuentran seis familias, las cuales son descritas en la tabla 4; en conjunto representan el 80% de la demanda total en Europa; sin embargo, actualmente existen una infinidad de tipos (PlasticsEurope, 2012).

Tabla 4

Plásticos sintéticos con mayor demanda en Europa.

Plástico sintético	Concepto	Fuente
Polietileno (PEAD-PEBD)	Se produce del etileno derivado de gas natural o petróleo, produciendo polietileno de alta y baja densidad.	Silva, (2020)
Polipropileno (PP)	Se obtiene a partir de la polimerización del propileno y presenta propiedades como la barrera a los aromas, brillante,	Rodríguez, (2021)

		inerte, impermeable, irrompible y liviano.	
Policloruro de vinilo (PVC)		Se produce a partir del 43% de gas y 57% de sal común, presenta propiedades ignífugas, impermeable, irrompible, no tóxico.	de Titto et al., (2022)
Poliestireno sólido (PS) y expandido (PS-E)		Se produce de la síntesis orgánica entre el etileno y el benceno, se caracteriza por ser incoloro y duro, utilizado principalmente para embalaje de electrodomésticos, dentro de sus contraindicaciones se encuentra que puede ser potencialmente cancerígeno.	Ortiz, (2021)
Polietileno tereftalato (PET)		Está constituido por un 64% de petróleo, un 23% de derivados líquidos de gas y un 13% de aire. Se caracteriza por variar entre rígido y liviano, usado principalmente para proteger líquidos.	Silva, (2020)
Poliuretano (PUR)		Se caracterizan por ser espumas rígidas, se usan principalmente como aislantes térmicos.	de Titto et al., (2022)

2.2.4. Aplicaciones de los plásticos sintéticos

Es ampliamente usado debido a su bajo costo, son fundamentales en sectores como la industria, telecomunicaciones, alimentos y agricultura (Silva, 2020), sus principales aplicaciones son las siguientes:

Figura 2

Guía de reciclaje para plásticos.



Nota. Extraído de Ortiz, (2021).

Tabla 5

Aplicaciones típicas de los plásticos sintéticos.

Plástico sintético	Aplicaciones típicas	Fuente
Polietileno (PEAD-PEBD)	Embalajes, láminas industriales, tuberías, bidones, vajillas plásticas, letrinas, cuñetes de pintura, etc.	Rodríguez, (2021)
Polipropileno (PP)	Pasabocas, confitería, utensilios domésticos, vasos	

	desechables, tubería, juguetería, tarrinas, etc.	
Policloruro de vinilo (PVC)	Guantes, trajes impermeables, tuberías de suministro de agua potable, riego y alcantarillado, canales de drenaje, ductos, etc.	de Polanía & Peña, (2013)
Poliestireno sólido (PS) y expandido (PS-E)	Presente en la fabricación de envases y empaques de un solo uso o de larga duración, equipos electrónicos, electrodomésticos, carcasas, etc.	de Titto et al., (2022)
Poliuretano (PUR)	Botellas de gaseosa, aceite, vino, agua, envases farmacéuticos, cuerdas, cintas de grabación, etc.	CAIRP, (2022)
	Se usan principalmente en cámaras frigoríficas y techos industriales.	CAIRP, (2022)

2.2.5. Residuos plásticos

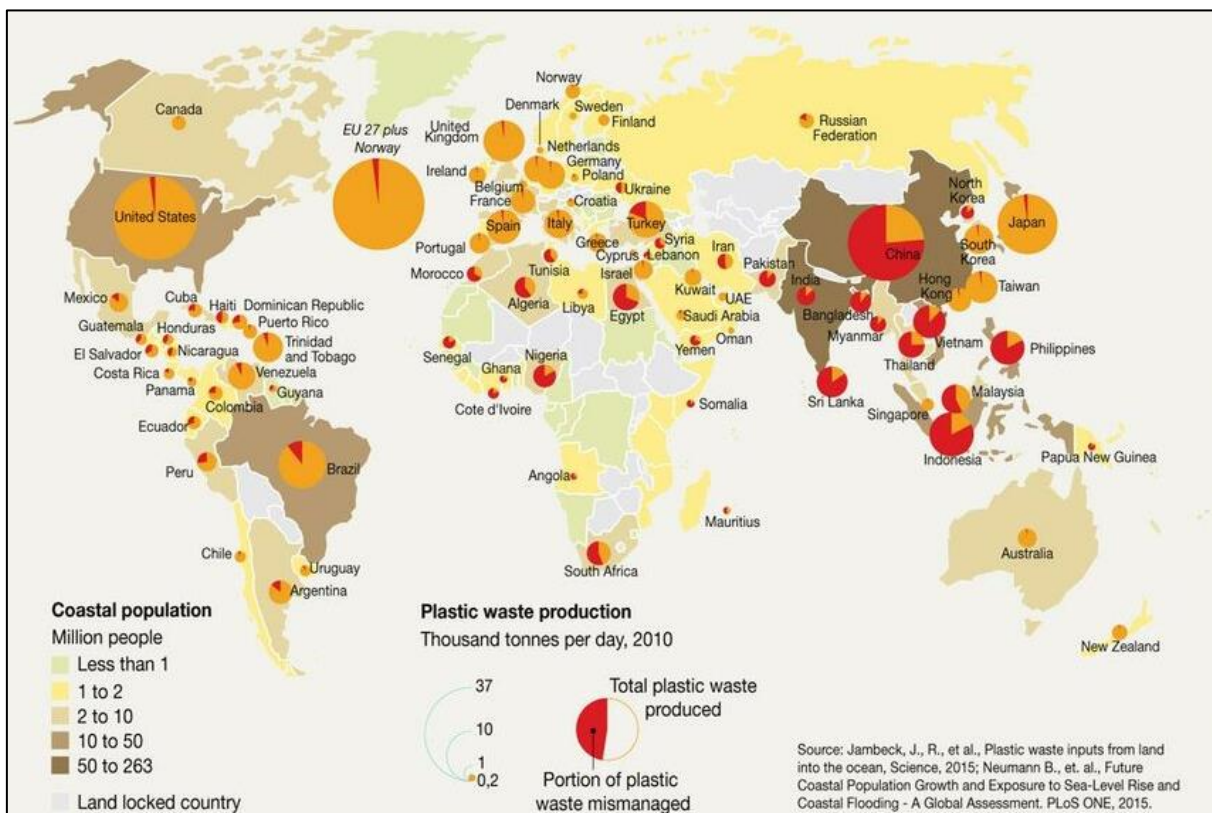
Los plásticos presentan gran importancia para la sociedad desde la década de los 50 debido a que le brindan practicidad a la vida cotidiana (Massuga et al., 2022). Se estima que hasta el año 2017 se han generado 9.2 billones de toneladas de plásticos; de este total, menos del 10% fue reciclado y aproximadamente el 11% tiene su destino en océanos y ríos, perjudicando los ecosistemas (Borrelle et al., 2020). Esto se debe principalmente a la aplicación de estrategias ineficientes de reciclaje y al incorrecto manejo de los residuos (Vázquez et al., 2016). La mayoría de los residuos plásticos permanecen en las áreas costeras durante años, hasta que la marea los introduce a aguas más profundas, agravando el alcance de la contaminación (USAID, 2020). Según Nyberg et al. (2023), para el 2015 el 84% de los ríos a nivel mundial se vieron afectados por los residuos mal dispuestos, los cuales son los mayores contribuidores de plásticos a cuerpos de agua como lagos u océanos.

En la actualidad se ha visibilizado la acumulación de los residuos plásticos en cuerpos de agua continentales debido a su persistencia, lo cual produce cambios en los ecosistemas y la contaminación del agua, suelo, aire y problemas de salud (Okwesili et al., 2016). En los últimos años, se observó un cambio en su generación debido a la pandemia, la cual incrementó el consumo de este material, debido al uso constante de protectores faciales y embalajes (Chowdhury et al., 2021). Uno de los principales contribuidores a esta crisis es la industria de la entrega de los alimentos, gracias a los envases plásticos (Jang et al., 2023).

Se muestra en la Figura 3 que existen países como China, Malasia, Filipinas, Indonesia e India que presentan gran cantidad de población costera y una mayor producción de residuos plásticos. Contrario a esto, su sistema de gestión es ineficiente, a diferencia de otros países como Estados Unidos, Noruega, Japón, Taiwán, Australia y Nueva Zelanda que presentan gran cantidad de población costera, de igual manera, producen gran cantidad de residuos plásticos; sin embargo, presentan mayor eficiencia en su gestión.

Figura 3

Entrada de plásticos a partir de residuos sólidos y aguas residuales.



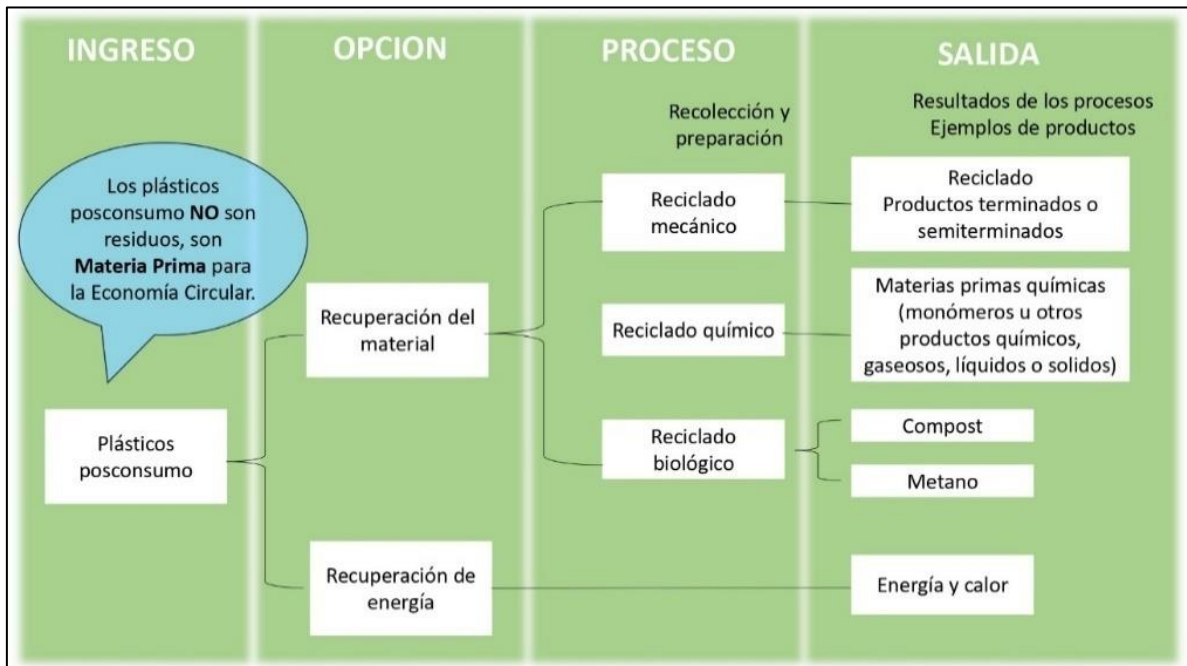
Nota. Lusher et al., (2017).

2.2.6. Fuentes de la contaminación plástica

El plástico es un material indispensable en la vida diaria a nivel mundial debido a las ventajas y utilidad que representa, sin embargo, una vez finalizado su vida útil, los gobiernos lo disponen de manera incorrecta (Ruiz, 2021).

Figura 4

La gestión de los plásticos posconsumo.

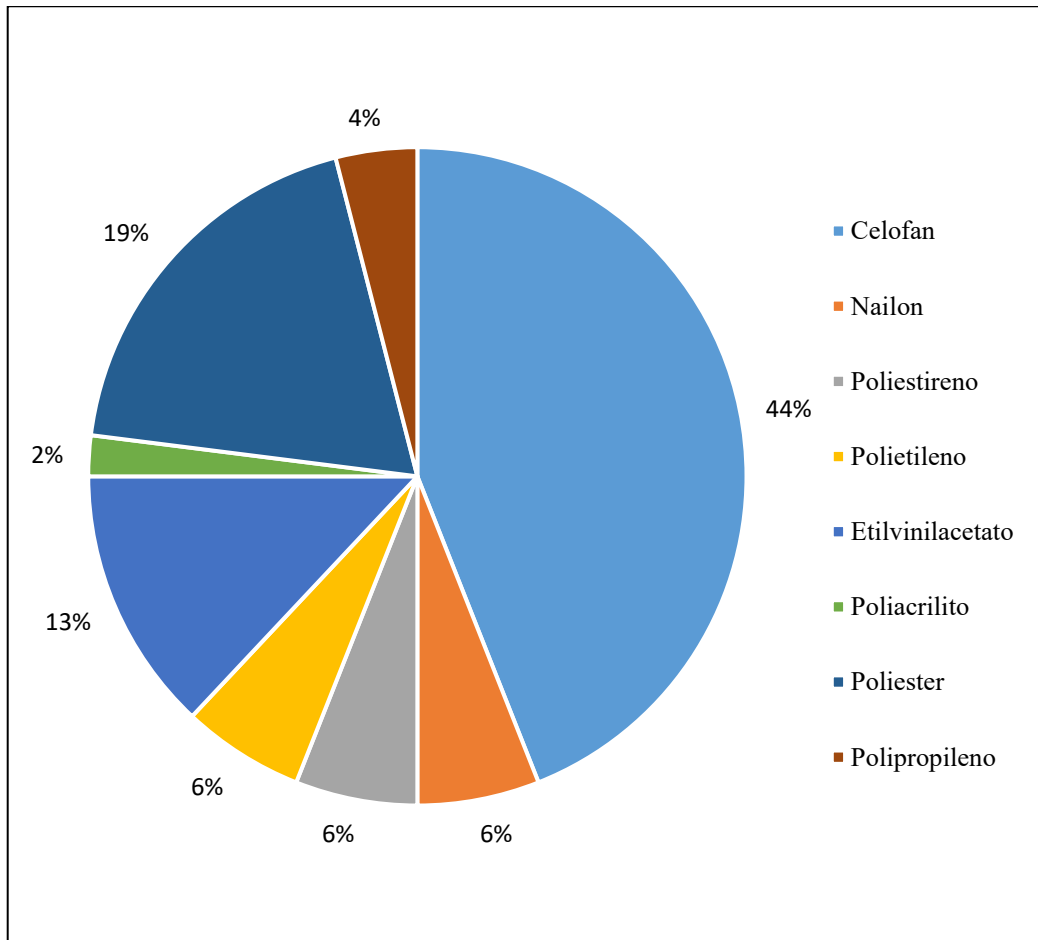


Nota. Tonelli, (2022).

El principal problema de la acumulación de los residuos plásticos es su lenta biodegradabilidad; sin embargo, este no se mantiene intacto a lo largo del tiempo, sino que se fragmenta, degrada y desintegra (Buteler, 2019), generando así microplásticos, los cuales actualmente están presentes en la cadena trófica, amenazando la salud humana y a la biodiversidad acuática como los peces y aves (Bebianno et al., 2022; Castañeta et al., 2020; Neves et al., 2015a; Ogonowski et al., 2018). Los polímeros más comunes encontrados en cuerpos de agua se describen en la Figura 7.

Figura 5

Tipos de polímeros encontrados en cuerpos de agua.



Nota. Rivas & Ornela, (2022).

Dentro de las principales fuentes de la contaminación plástica se encuentran actividades como el transporte, la agricultura, el sector turismo, la pesca y la acuicultura (Perdomo, 2002), como se visualiza en la Figura 6; sin embargo, también existe otra fuente importante que son las aguas residuales, que incorporan microplásticos provenientes de limpiadores faciales y las fibras sintéticas provenientes del lavado de la ropa (M. A. Browne et al., 2011), que gracias a su invisibilidad y a ser hidrofóbicas son descargadas a los cuerpos de agua (Fendall & Sewell, 2009). Debido a esto, los cuerpos de agua cercanos a ciudades pobladas o sitios turísticos presentan contaminación por microplásticos.

Figura 6

Principales fuentes de la contaminación plástica.



Nota. Lusher et al., (2017).

2.2.7. Degradación de los materiales plásticos

Existen distintos aspectos que pueden llegar a degradar los materiales plásticos, de entre los cuales destacan la degradación térmica, radiación mecánica, química y biológica (Posada, 2012), a pesar de que los materiales plásticos presentan características de durabilidad y resistencia. A lo largo de su exposición a estos factores ambientales se fragmentan en partes más diminutas; sin embargo, existen distintos mecanismos, los cuales se describen en la siguiente tabla.

Tabla 6*Mecanismos de degradación de los materiales plásticos.*

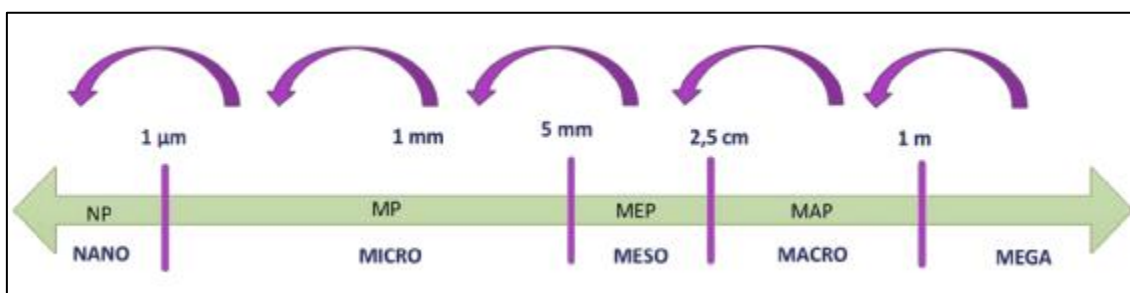
Mecanismo	Concepto	Fuente
Degradación térmica	Dentro de este tipo de degradación se presentan dos mecanismos; primero, es caracterizado por ser reversible, es decir, se aplica para amoldar; segundo, es irreversible, es decir, experimenta cambios químicos.	Posada, (2012)
Degradación por radiación	En este tipo de degradación, las propiedades comunes de los plásticos se ven alteradas, es decir, merman progresivamente; sin embargo, está condicionado por la capacidad que tiene el polímero de absorber radiación.	Quiroz et al., (2009)
Degradación mecánica	Es aquella que se origina en función de la fuerza que se aplica en su uso, lo cual origina rupturas o deformaciones, es decir, afecta la estructura de los polímeros.	Conzáles & Osswald, (2016)
Degradación química	Es la degradación en la cual se realiza la aplicación de reactivos químicos como los ácidos, bases, solventes, gases reactivos, etc.	Posada, (2012)
Biodegradación	Es el tipo de degradación que está impulsado por microorganismos, como bacterias, actinomicetos y hongos, que mediante la acción de enzimas afectan a los polímeros a nivel físico y químico.	Villa-carvajal et al., (2008)

2.2.8. Microplásticos

Los microplásticos son una clase de pequeñas sustancias polimerizadas con un diámetro menor a 5 mm; independientemente de si se formaron a partir de mecanismos primarios (producción industrial) o secundarios (impactos físicos, procesos de meteorización), pueden viajar junto con los flujos superficiales y las corrientes atmosféricas y acumularse en suelos, aguas continentales, océanos y lodos bentónicos (Fan et al., 2022). Esto se debe principalmente a que su densidad aumenta según disminuye su tamaño (Shim et al., 2016). Estos generalmente se clasifican en gran medida de acuerdo a sus características morfológicas como el tamaño, forma y color.

Figura 7

Escala de tamaños para los plásticos.



Nota. Castañeta et al., (2020).

a. Clasificación y fuentes de los microplásticos

Los microplásticos pueden originarse de dos formas, las cuales serán descritas a continuación:

- **Microplásticos primarios**

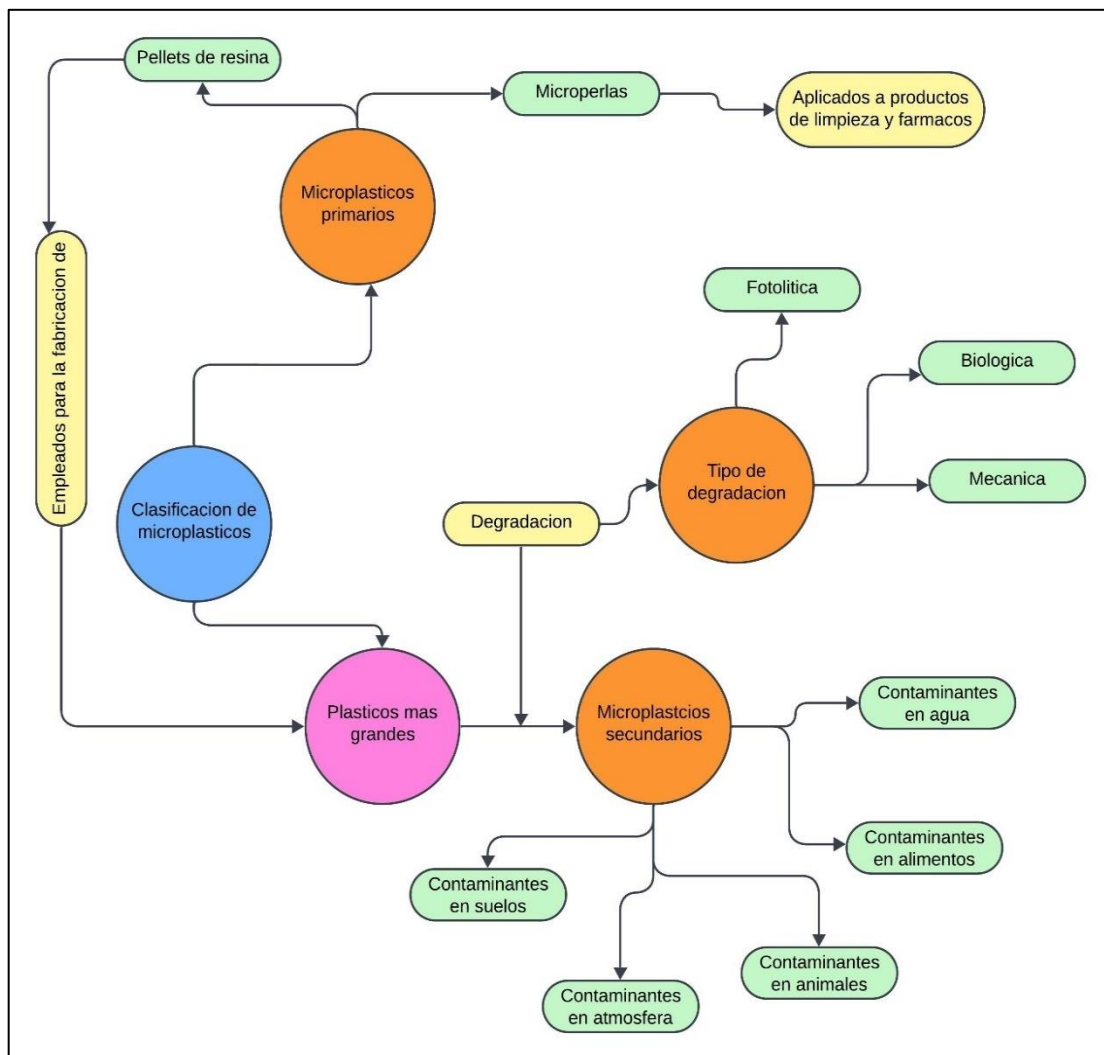
Son aquellos que son fabricados así de manera intencional, los cuales son principalmente productos de cuidado personal como cosméticos, artículos de tocador o limpieza, repelente de insectos, exfoliantes faciales y protector solar (Guzzetti et al., 2018). El microplástico encontrado en mayor cantidad en los artículos de cuidado personal es el polipropileno (Akanyange et al., 2022). Estos contaminantes ingresan al medio ambiente principalmente por las aguas residuales; sin embargo, su presencia en el medio ambiente no es muy común (Fossi et al., 2014).

- **Microplásticos secundarios**

Son aquellos que se fragmentan a partir de plásticos más grandes, prácticamente cualquier material plástico dispuesto de manera incorrecta (Wagner et al., 2018), estos se fragmentan gracias a agentes como la radiación UV, la intemperie, productos químicos y la degradación biológica (Gewert et al., 2015).

Figura 8

Resumen de las fuentes y clasificación de los microplásticos.



Nota. Castañeta et al., (2020).

b. Análisis e identificación de los microplásticos

La extracción de los microplásticos se realiza mediante la digestión del tejido de las muestras biológicas y la eliminación de la materia orgánica (Astorga-Perez et al., 2022); en la tabla 7 se muestran las técnicas más utilizadas.

Tabla 7*Digestión de materia orgánica para el análisis de los microplásticos.*

Solución de digestión	Concepto	Referencias
Hidróxido de potasio (KOH) al 10%	Presenta una alta eficiencia en la digestión de materia orgánica, así como para la recuperación de polipropileno (PP), polietileno (PE), poliestireno (PS) y cloruro de polivinilo (PVC). La eficiencia oscila entre el 96,7% y el 98,6%, está reportada como la metodología más adecuada.	Ding et al., (2018)
Peróxido de hidrógeno (H ₂ O ₂) al 30%	Este es un método altamente eficiente; sin embargo, genera cambios en el tamaño y la forma.	Kallenbach et al., (2021)
Digestión ácida	Produce la degradación de varios polímeros, afectando la fiabilidad de los resultados, presenta una eficiencia del 98%; sin embargo, es demasiado agresiva para polímeros como la poliamida, poliuretano, elastómero procedente de neumáticos, etc.	Astorga-Perez et al., (2022)
Peróxido de Hidrogeno (H ₂ O ₂) al 15%	Es apropiado para cualquier muestra, sin embargo, demanda un tiempo considerable; presenta una eficiencia del 95% en polipropileno y poliestireno.	Toledo, (2019)
Digestión enzimática	Digiere la materia orgánica sin dañar los polímeros, es recomendable para pequeñas muestras y representa un costo elevado.	Astorga-Perez et al., (2022)

Estas técnicas de identificación y cuantificación de microplásticos aún están en desarrollo y en fase de prueba; sin embargo, estas se basan principalmente en detectar, identificar y cuantificar las partículas de los microplásticos (Käppler et al., 2016; Löder et al., 2015).

Existen distintas tecnologías que te permiten identificar este contaminante, de entre las cuales destaca la espectroscopia infrarroja transformada (FPA-FT-IR), microscopía Raman (RM) y cromatografía de gases de pirólisis (Pyr-GC-MS) (Fischer & Scholz-Bottcher, 2017; Mintenig et al., 2018).

Tabla 8

Técnicas analíticas utilizadas para el análisis de microplásticos.

Técnicas analíticas	Ventajas	Desventajas	Referencias
Conteo microscópico	Se realiza el conteo directo de partículas. Las partículas pueden ser identificadas por microscopio estereoscópico, el rango de conteo se da en micrómetros (μm). Su principal ventaja es que puede identificar microplásticos con un porcentaje de asertividad relativamente alto, aparte de identificarlos con rapidez y proporcionar una imagen completa del contaminante a un bajo costo y con baja complejidad.	Se recomienda que se acople con otro método de identificación, para poder identificar la naturaleza del microplástico.	Free et al., (2014)
FTIR	Las muestras se someten a radiación infrarroja y la composición y las estructuras moleculares de una sustancia dan lugar a vibraciones excitables;	Las muestras deben ser activas en IR y los espectros de absorbancia producidos por muestras por debajo	Turner & Holmes, (2011)

Espectroscopía Raman	<p>puede analizar muestras de hasta 20 μm. Son técnicas no destructivas, bien asentadas, rápidas y bastante fiables.</p> <p>La irradiación de moléculas y átomos de muestra con luz láser da como resultado una diferencia de frecuencia de la luz retrodispersada en comparación con la irradiación láser; detecta partículas > 1 μm.</p>	<p>de 20 μm pueden no ser interpretables.</p> <p>Las impurezas orgánicas e inorgánicas biológicas dificultan la identificación de microplásticos debido a la interferencia de la fluorescencia.</p>	Collard et al., (2015)
Microscopía electrónica de barrido	<p>Producción de imágenes de muestra por interacción de haz de electrones y muestra; analiza partículas a microescala, además produce imágenes de alta resolución.</p>	<p>La muestra necesita recubrimiento al alto vacío.</p>	Wang et al., (2017)
Pirólisis GC/MS	<p>Los compuestos gaseosos de las muestras tratadas térmicamente se atrapan y transfieren a una columna de GC acoplada a un cuadrupolo-MS; pueden detectar partículas mayores a 500 micras, son muestras fáciles de analizar con aditivos de plásticos orgánicos en una</p>	<p>Por ejecución, solo se puede evaluar una partícula con cierto peso y su base de datos está disponible solo para polímeros seleccionados.</p>	Funck et al., (2020)

	sola ejecución sin el uso de solventes.		
Cromatografía líquida	La cromatografía de exclusión por tamaño mide diferentes distribuciones de masa molar y HPLC cuantifica el análisis; se requiere un tamaño de varios miligramos para la extracción química.	Por ejecución, solo se puede evaluar una pequeña cantidad de muestras y no se pueden determinar las características físicas.	Wang et al., (2017)
Método de etiquetado	Las superficies microplásticas absorben el tinte hidrofóbico debido a que se emite fluorescencia cuando se irradia con luz azul. Los microplásticos se pueden visualizar y contar; es sencillo y permite la detección de microplásticos a bajo costo.	Las partículas orgánicas también pueden teñirse debido a que puede ocurrir una sobreestimación de la abundancia de microplásticos.	Hengstmann & Fischer, (2019)

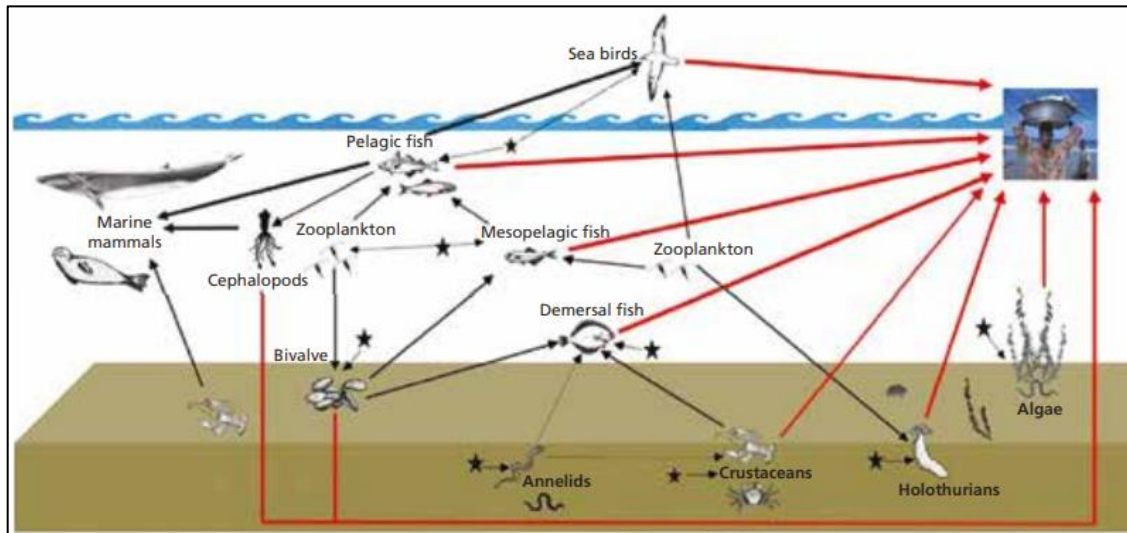
2.2.9. Transferencia de los microplásticos en la cadena trófica

La evidencia actual sugiere que los microplásticos están siendo ingeridos de manera activa o pasiva por parte de los organismos acuáticos, es decir, deliberadamente (confundiéndolo con las presas) o accidentalmente (mezclado con la dieta) en diferentes niveles tróficos (Ding et al., 2018). Este fenómeno de ingestión de microplásticos se da debido a la semejanza perfecta de estos con el plancton combinado con su estructura; otros factores son las preferencias de alimentación, hábitat o antecedentes genéticos de las especies (Espinosa, 2019). Se identificaron 690 especies de agua dulce y marinas que acumulan microplásticos en su intestino y tejidos, lo que confirma la alta transferencia trófica de microplásticos dentro

de los ecosistemas acuáticos (Amponsah et al., 2024). Un ejemplo de esta transferencia se muestra en la Figura 9, la cual describe las interacciones principales.

Figura 9

Interacción de microplásticos con organismos y potencial transferencia.



Nota. Mahamud et al., (2022).

La ingestión de los microplásticos se limita por cinco factores en función de la biodisponibilidad de estos: el tamaño, la forma, el color, la densidad y la composición química de los polímeros (Botterell et al., 2019). El tamaño de los microplásticos hace que se pueda confundir con presas como el zooplancton (Cole et al., 2016). La forma influye en su toxicidad; pueden ser perlas esféricas presentes en productos cosméticos (Vroom et al., 2017), fibras debido al lavado de textiles y fragmentos de forma irregular debido a la exposición y degradación de plásticos más grandes (Choi et al., 2018). El color, debido a la semejanza con las presas, principalmente con especies rapaces visuales (Wright et al., 2013). Los microplásticos transparentes son los más ingeridos por el zooplancton (Cole et al., 2016); sin embargo, los microplásticos azules representan el 66% de los ingeridos por peces (Steer et al., 2017).

Tabla 9

Categorías utilizadas al clasificar los microplásticos por forma.

Clasificación	Otros términos
Fragmentos	Partículas de forma irregular, cristales, pelusa, polvo, gránulos, virutas, escamas y películas.
Fibras	Filamentos, microfibras, hebras e hilos.
Perlas	Granos y microesferas.
Espumas	Poliestireno y poliestireno expandido.
Pellets	Bolitas de resina, nurdles, bolitas de preproducción y puntas.

Nota. Castañeta et al., (2020).

Existen microplásticos de baja densidad como el polietileno (PE) que están presentes en la superficie del mar, por lo tanto, es más común encontrarlo en especies de zooplancton, planctívoros y suspensívoros (Wright et al., 2013); sin embargo, debido a su ingestión/egestión cambian constantemente en sus propiedades como la densidad y su flotabilidad, por ende son biodisponibles en diferentes capas de la columna de agua (Huang et al., 2022), por otro lado, el cloruro de polivinilo (PVC) se hunde fácilmente y se vuelve biodisponible en los comedores bentónicos de suspensión y depósito, dicha capacidad de hundirse y flotar está relacionado también con la composición química de los microplásticos (Galafassi et al., 2019).

2.2.10. Efectos del consumo de peces con microplásticos

Los productos pesqueros son reconocidos como fuentes importantes de microplásticos en la dieta humana; por ende, su ingestión representa una amenaza para la salud humana, lo cual se agrava en países pobres y en desarrollo debido a que el pescado capturado representa el 15% de la ingesta de proteínas animales y a menudo carece de controles de seguridad para microplásticos (Onaji et al., 2025). La ingesta humana de microplásticos destaca los posibles riesgos que plantea el consumo de pescados y mariscos; por lo tanto se debe controlar el consumo rutinario de altas dosis de los productos acuáticos para los grupos vulnerables, como las mujeres embarazadas o lactantes y sus hijos (Akhbarizadeh et al., 2019).

Los microplásticos acceden al sistema circulatorio y se distribuyen sistemáticamente; hasta la fecha se ha informado de la aparición de microplásticos en el cuerpo humano, como heces, sangre, placenta, vías respiratorias inferiores y pulmones; sin embargo, se siguen investigando los efectos de los microplásticos sobre la salud (Zhao et al., 2024). La ingestión

de microplásticos mediante los alimentos puede provocar diversos problemas gastrointestinales como la inflamación del tracto digestivo, estreñimiento, síndrome del intestino irritable, bloqueos intestinales, alteración de la microbiota intestinal y alteraciones en la permeabilidad intestinal (Emenike et al., 2023), además de alteraciones endocrinas, lo cual afecta al equilibrio hormonal y la función reproductiva (Morillo-Velarde, 2021). Así mismo causa estrés oxidativo (puede dañar las células y el ADN) y daño tisular, lo cual puede conducir a una serie de problemas como enfermedades cardíacas, cáncer y trastornos autoinmunes (Wu et al., 2022). Existen informes que vinculan la exposición a microplásticos con efectos adversos sobre la fertilidad masculina y la calidad del espermatozoides; además, se advierte que los microplásticos pueden acumularse en el cuerpo y tener efectos negativos a largo plazo (Osborne, 2018).

2.2.11. Efectos de los microplásticos en los peces

En los peces, los microplásticos causan abrasiones internas, bloqueo intestinal, estrés oxidativo, toxicidad reproductiva y mortalidad (Oliveira et al., 2020). De igual forma, actúan como aglutinantes de contaminantes orgánicos persistentes (hidrocarburos aromáticos policíclicos, bisfenol A y diclorodifeniltricloroetano), metales (cobre, mercurio y plomo) y microbios (*Aeromonas salmonicida*, *Vibrio areninigræ* y *Vibrio navarrensis*) que se adsorben del medio ambiente o como aditivos asociados durante la fabricación y podrían inducir a complicaciones como toxicidad hepática, alteración endocrina, cáncer e infecciones patógenas (Derraik, 2002; Farrell & Nelson, 2013; Tourinho et al., 2010). La acumulación excesiva de poliestireno provoca la inflamación y acumulación de lípidos en el hígado, aparte de un estrés oxidativo (Yan et al., 2022) y la formación temprana de tumores (Rochman et al., 2014); con el consumo de polietileno se alteran las funciones del sistema endocrino (Bebianno et al., 2022). De manera general, la principal preocupación de la exposición permanente son las consecuencias en el éxito reproductivo y dañar las poblaciones existentes de las distintas especies (Guzzetti et al., 2018).

Los microplásticos presentan relación con metales pesados como el Fe, Mn, Pb, Zn y Cr, debido a que actúan como vectores de estos contaminantes, dentro de estos vectores se encuentran principalmente el polipropileno (PP), poliestireno (PS) y el cloruro de polivinilo (Liu et al., 2022), también se señala que transportan hidrocarburos aromáticos policíclicos y antibióticos (Heo et al., 2022), Además de que las propiedades superficiales de los microplásticos son variables, lo cual le permite asociarse no solo con componentes tóxicos como los que se mencionaron con anterioridad, sino también con materia orgánica,

nutrientes y microorganismos (Barnes, 2002). En la tabla 10 se muestra que en distintos lugares del mundo se tiene presencia de microplásticos en especies de peces de importancia comercial en concentraciones que van de $0,27 \pm 0,63$ partículas/individuo a $6,98 \pm 2,81$ partículas/individuo. Esta presencia no solo representa un riesgo ecológico para las especies, sino también para la población que basa su dieta alimenticia en peces.

Tabla 10

Abundancia de microplásticos reportada en peces de todo el mundo.

Ubicación	Tamaño de muestra (N)	Ingestión media de plástico por pez (partículas/individuo)	Referencia
Bahía de Esmirna, Mar Egeo, Türkiye	152	$0,51 \pm 0,26$	Eryaşar et al., (2024)
Chhota Nagpur, este de la India	48	$3,0 \pm 1,8$	Patidar et al., (2024)
Alto Golfo de Tailandia	239	$1,6 \pm 0,5$	Srisiri et al., (2024)
Costa de Chennai	160	$1,7 \pm 2$ a $11 \pm 9,6$	Ineyathendral et al., (2023a)
Costa portuguesa	263	$0,27 \pm 0,63$	Neves et al., (2015b)
Costas atlánticas y mediterráneas españolas	212	$1,56 \pm 0,5$	Bellas et al., (2016)
Aguas territoriales turcas del mar Mediterráneo	1337	2.36	Güven et al., (2017)
Mediterráneo nororiental (bahía de Iskenderun)	153	4.22 a 11,25	Kılıç & Yücel, (2022)
Bahía de Esmirna, Mar Egeo, Türkiye	366	$2,21 \pm 40,7$	Bayhan & Uncumusaoglu, (2024)
Aguas costeras de la India	168	$6,6 \pm 1,7$	Debbarma et al., (2022)

2.2.12. La ciudad de Juliaca

La ciudad de Juliaca es la capital de la provincia de San Román, región de Puno; el distrito se ubica en el centro de la provincia, cerca del lago Titicaca, con una altitud de 3.824 m.s.n.m., la ciudad se estableció en las orillas del río Coata. Se puede tener acceso a esta ciudad por vía férrea y por la carretera Puno–Juliaca–Ayaviri (asfaltada), Ayaviri–Cusco y por vía aérea a través del Aeropuerto Internacional Manco Capac (Aucapuri et al., 2018). Aproximadamente ocupa un área urbana de 1118 hectáreas y tiene una densidad poblacional de 422.04 hab./km². En el año 2007 se contaba con una población de 225 146 habitantes; sin embargo, para el año 2011 se tuvo un crecimiento poblacional anual de 2.85%, contando con una población de 254 947 habitantes (Choque & Mamani, 2013).

Por el norte limita con las provincias de Lampa y Azángaro y el distrito de Calapuja; por el sur con los distritos de Cabana y Caracoto; por el este con las provincias de Huancané y Azángaro y el distrito de Pusi; finalmente, por el oeste con las provincias de Lampa y Cabanillas. Presenta un clima seco y frío, siendo más intenso en los meses de junio y julio, llegando como mínimo a -7.5°C y máximo a 17°C (PROVINCIA DE SAN ROMÁN, 2016). Es reconocida como la cuarta ciudad en importancia en el sur del país, después de Arequipa, Cusco, y Tacna. Se constituye como un importante centro de abastecimiento del ámbito rural, debido a sus ferias semanales donde destacan cinco rubros: la vestimenta, productos agroveterinarios, equipos para el hogar, herramientas de trabajo y alimentos (Ramirez, 2004).

a. Mercados de la ciudad de Juliaca

La ciudad de Juliaca presenta los siguientes mercados y plataformas comerciales (Convenio de cooperación interinstitucional N° 906-2015, 2016):

- Mercado Santa Bárbara.
- Mercado Las Mercedes.
- Mercado Túpac Amaru.
- Mercado Cerro Colorado.
- Mercado Santa Juana
- Mercado Pedro Vilcapaza.
- Mercado Santa María – San Luis
- Mercado Manco Cápac

En los mercados mencionados con anterioridad, se comercializan productos variados; sin embargo, para centrarnos en el tema de investigación, se tiene presente que se dispensan diversas especies de peces, desde los introducidos (*Odontheistes bonariensis*, *Oncorhynchus mykiss*) hasta los autóctonos (*Orestias luteus*, *Orestias agassi*, *Orestias ispi*) (IMARPE, 2010). Estos productos son principalmente obtenidos de la pesca artesanal mediante redes agalleras de nylon de diferente longitud de malla y altura de paño (Gutierrez, 2013).

2.2.13. Descripción biológica del Carachi (*Orestias luteus*)

El género *Orestias* es el más variado y endémico del altiplano andino; 23 de las 43 especies reconocidas son endémicas (Valenzuela, 2018), esta especie se encuentra distribuida solamente en los lagos Titicaca y Uru Uru (Zepita et al., 2013); la especie *Orestias luteus* fue consumida por el 80,52% de la población en el año 2019 (Pari & Mamani, 2019). Su tamaño oscila entre 10 y 15 centímetros; es característico debido a su tonalidad marrón oscura en la zona del dorso y su tonalidad amarillenta clara en la zona central. Además, las hembras son más grandes que los machos (Valenzuela, 2018). La investigación realizada por Segura et al. (2013) revela que el 50% de los pescadores presentan una tendencia de captura hacia el carachi amarillo (*Orestias luteus*), debido a que es el recurso más accesible, además de ser una de las especies nativas de mayor consumo.

Figura 10

Carachi amarillo (Orestias luteus).



Nota. Chambilla et al., (2021).

a. Clasificación taxonómica

Según (Valenzuela, 2018):

- Reino Animal
- Phylum Chordata
- Subphylum Vertebrata
- Grupo Gnathostomata
- Superclase Pisces
- Clase Osteichthyes
- Sub clase Actinopterygii
- División Teleostei
- Super orden Cyprinodontimorpha
- Orden Cyprinodontiformes
- Sub orden Cyprinodontoidei
- Super familia Cyprinodontidae
- Familia Cyprinodontinae
- Sub familia Cyprinodontinae
- Genero *Orestias*
- Especie *Orestias luteus*

b. Descripción y hábitat

Su dieta alimenticia se considera como omnívora, al haber encontrado en su tracto gastrointestinal zooplancton y crustáceos, de igual manera insectos, moluscos y algas; se desarrolla en zonas de litoral, es decir poco profundas en su etapa de alevino, en donde se cuenta con flora abundante, conforme se va desarrollando, va migrando a zonas más profundas (Gutierrez, 2013). Normalmente se desarrolla en zonas cubiertas por flora, la profundidad varía de 1 hasta 10 metros. Está ubicada en la categoría vulnerable, esto significa que presenta un riesgo significativo de extinción (Valenzuela, 2018).

c. Distribución geográfica

El *Orestias luteus* se encuentra en los lagos Titicaca y Uru Uru (Zepita et al., 2013), sobresaliendo en la bahía de Puno y la zona Norte (Moho) (IMARPE, 2010).

2.2.14. Descripción biológica del Ispi (*Orestias ispi*)

Se caracteriza por ser una especie pequeña y la más alargada del género *Orestias*, presenta una cabeza pequeña y un cuerpo comprimido. El tamaño de los adultos oscila entre 7 a 9 cm para hembras y 6 cm para machos (Vaux et al., 1988). Las principales amenazas de esta especie son los desechos domésticos y la minería (Gutierrez, 2013); sin embargo, está catalogado como especie casi amenazada (NT) del libro rojo (Vila et al., 2007). Se caracteriza por ser zooplactófago y de importancia para la seguridad alimentaria de la población (Gutierrez, 2013). Comprende un rol importante en la cadena alimentaria; se agrupan en cardúmenes en zonas de 100 metros de profundidad aproximadamente (Fuentes, 2023).

Figura 11

Ispi (Orestias ispi).



Nota. Monroy et al., (2014).

a. Clasificación taxonómica

Según Monroy et al., (2014), la clasificación taxonomía es la siguiente:

- Reino Animal
- Phylum Chordata
- Subphylum Vertebrata
- Grupo Gnathostomata
- Superclase Pisces
- Clase Osteichthyes
- Sub clase Actinopterygii
- División Teleostei
- Super orden Cyprinodontimorpha

- Orden Cyprinodontiformes
- Sub orden Cyprinodontoidei
- Super familia Cyprinodontidae
- Familia Cyprinodontinae
- Sub familia Cyprinodontinae
- Genero *Orestias*
- Especie *Orestias ispi*

b. Descripción y hábitat

Son peces considerados pelágicos; su dieta es considerada en su mayoría como planctófaga, esta principalmente conformada por zooplancton, que son los cladóceros, copépodos, amphipodos y fitoplancton. Cuando migran a la parte del litoral, suelen habitar los fondos rocosos (Santiago & de Ambrosio, 1999). En horas del día se agrupan en cardúmenes de importante tamaño y permanecen en las profundidades; por el contrario, en las noches se elevan a la superficie (Gutierrez, 2013).

c. Distribución geográfica

Principalmente en el lago Titicaca, en el lado norte del lago Mayor (Gutierrez, 2013), Ilave y la bahía de Puno (Yapura y Ilachon) (IMARPE, 2010).

2.2.15. Normativa nacional sobre los microplásticos

Los países alrededor del mundo están utilizando una amplia gama de métodos para regular las bolsas y artículos plásticos de un solo uso, además de productos que contienen microplásticos, principalmente instituyendo impuestos por su fabricación y compra (Stanton et al., 2022). En la actualidad no se cuenta con un control de microplásticos por medio de legislaciones; sin embargo en países como Estados Unidos y en el Reino Unido se prohibió su uso en productos cosméticos y detergentes (Furio, 2023). Para julio del 2018, el 4% de todos los países del mundo establecieron prohibiciones de microperlas a través de leyes o regulaciones nacionales; estos países son Canadá, Francia, Italia, República de Corea, Nueva Zelanda, Suecia, el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte y los Estados Unidos; del mismo modo Bélgica, Brasil, India e Irlanda han propuesto nuevas leyes o reglamentos que prohíben las microesferas a nivel nacional, principalmente empleados en productos de cuidado personal, producto

CAPÍTULO III

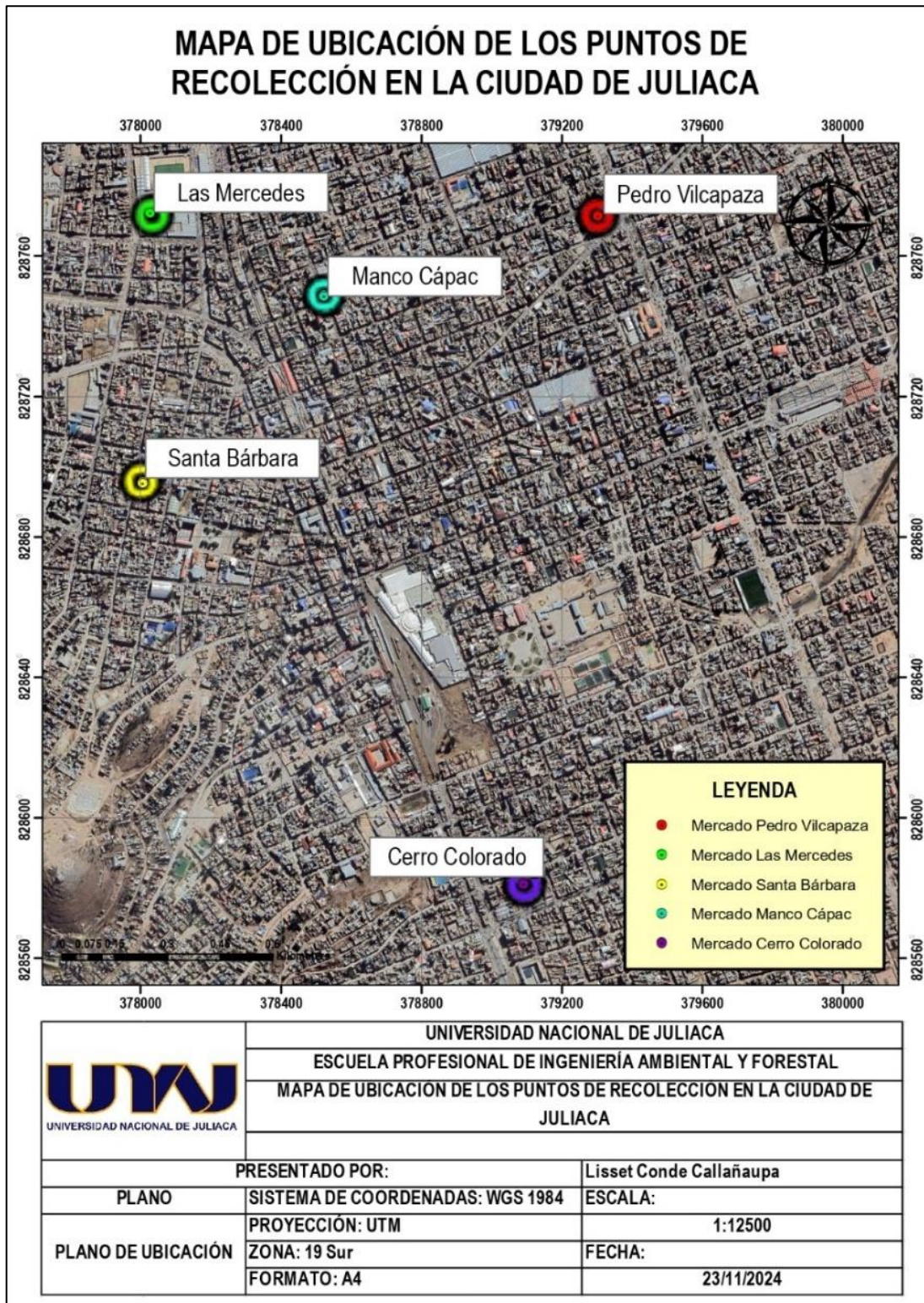
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. **Ámbito de estudio**

La investigación se realizó en la ciudad de Juliaca, una de las principales ciudades de la región de Puno, Perú, situada a 3,825 metros sobre el nivel del mar. Juliaca es conocida como la "Ciudad de los Vientos", es un importante centro comercial del Altiplano peruano y sirve como conexión entre diferentes regiones andinas. Su economía está impulsada por el comercio, la agricultura y la pesca, siendo los mercados locales un eje clave para la distribución de productos. Las muestras de Carachi (*Orestias luteus*) e Ispi (*Orestias ispi*) se recolectaron en los mercados de Pedro Vilcapaza, Las Mercedes, Santa Bárbara, Manco Cápac y Cerro Colorado. Estas especies son importantes tanto desde el punto de vista ecológico como económico en la región.

Figura 12

Ubicación de los puntos de recolección de las muestras.



Nota. Elaboración propia.

3.2. Tipo y diseño de la investigación

La investigación fue de diseño no experimental de secuencia temporal transversal, de nivel descriptivo, de enfoque mixto.

- Según el diseño de investigación, fue “no experimental”, porque se limitó a observar los acontecimientos sin intervenir en las variables (Moreno, 2014).
- Según el nivel de investigación fue “descriptivo” ya que se tuvo como finalidad principal detallar las características tales como cantidad, forma, color. Este nivel principalmente se centra en observar, registrar y analizar fenómenos sin manipular variables permitiendo así caracterizar una situación específica (Hernández-Sampieri, 2008).
- Según el enfoque de investigación, fue “mixto”, porque combina procedimientos cuantitativos y cualitativos para responder a la pregunta de investigación (Ramos, 2015).
- Según su secuencia temporal, fue “transversal”, porque se recolectó datos en un solo momento, es decir, en un tiempo único, se centra principalmente en describir variables y analizar su comportamiento en un momento dado (Müggenburg & Pérez, 2007).

3.3. Población y muestra

La población estuvo constituida por los ejemplares de las especies endémicas de *Orestias luteus* y *Orestias ispi*, que son comercializados en los cinco principales mercados de la ciudad de Juliaca (Pedro Vilcapaza, Las Mercedes, Santa Bárbara, Manco Cápac y Cerro Colorado), durante el periodo en que se realizó la recolección de datos. Esta población fue definida en función del objetivo del estudio, que consistió en determinar la presencia de microplásticos en dichas especies adquiridas directamente de los centros de venta locales.

La muestra estuvo conformada por 10 especímenes por cada tipo de las dos especies ícticas: *Orestias luteus* y *Orestias ispi*, que fueron recolectados de los principales mercados de la ciudad de Juliaca (Pedro Vilcapaza, Las Mercedes, Santa Bárbara, Manco Cápac y Cerro Colorado). Se realizó un muestreo de tipo no probabilístico por conveniencia, ya que no se garantiza la representabilidad total de la cantidad de microplásticos presentes en las dos especies de importancia comercial expandidas en los mercados de la ciudad de Juliaca. Este muestreo se realizó en julio del 2023 con criterio de exclusión a individuos de bajo peso y menor longitud en ambas especies.

3.4. Hipótesis de investigación

3.4.1. Hipótesis general

Existen microplásticos en Carachi (*Orestias luteus*) e Ispi (*Orestias ispi*) comercializados en los principales mercados de la ciudad de Juliaca – 2023.

3.4.2. Hipótesis específicas

- La cantidad de microplásticos presentes en *Orestias luteus* y *Orestias ispi* comercializados en los principales mercados de la ciudad de Juliaca es significativa.
- Las características de los microplásticos del tracto gastrointestinal de *Orestias luteus* y *Orestias ispi* presentan variación en cuanto a su forma, color y composición química.

3.5. Materiales e instrumentos

3.5.1. Equipos

- Balanza analítica.
- Incubadora.
- Microscopio estereoscopio.
- Bomba de vacío.
- Microscopio Raman que se encuentra ubicado en los laboratorios de la PUCP (Centro de caracterización de materiales).

3.5.2. Reactivos

- Agua destilada.
- Hidróxido de potasio KOH al 10%.

3.5.3. Materiales

- Hielera.
- Bolsas ziploc.
- Guantes.
- Cofia.
- Mascarilla.
- Dispensadores de agua destilada.

- Bernier.
- Pinza metálica de punta fina.
- Espátula de metal.
- Escalpelo.
- Matraz Erlenmeyer (100 ml y de 250 ml).
- Papel aluminio.
- Probeta de 250 ml.
- Papel filtro Whatman 42 (125 mm de diámetro).
- Matraz Kitasato.
- Embudo Buchner.
- Placas Petri de vidrio.

3.6. Métodos

3.6.1. Determinación de la abundancia de microplásticos en Carachi (*Orestias luteus*) e Ispi (*Orestias ispi*)

a. Toma de muestras

Las muestras de Carachi (*Orestias luteus*) e Ispi (*Orestias ispi*) fueron adquiridas en los mercados de la ciudad de Juliaca (Pedro Vilcapaza, Las Mercedes, Santa Bárbara, Manco Cápac y Cerro Colorado) el 16 de Julio del 2023. Se seleccionaron 50 muestras de cada especie, asegurando que todas presentaran características homogéneas en términos de longitud total y peso corporal, con el fin de evitar sesgos en los análisis posteriores. Cada espécimen fue cuidadosamente colocado en bolsas herméticas tipo Ziploc, lo que aseguró su aislamiento y protección durante el transporte. Las bolsas con los especímenes fueron depositadas en una hielera equipada con hielo, manteniendo una temperatura controlada entre 0 y 4 °C. Estas condiciones son esenciales para prevenir la descomposición o alteración de las muestras, minimizando cualquier posible alteración antes de su llegada al laboratorio. Este manejo cuidadoso permite que las condiciones originales de los especímenes se mantengan, garantizando resultados fiables y representativos para los análisis posteriores.

b. Información morfométrica

En el laboratorio, las muestras recolectadas de *Orestias luteus* y *Orestias ispi* pasaron por un proceso inicial de lavado exhaustivo con agua destilada. Esto se realizó para eliminar cualquier residuo adherido externamente y garantizar que las muestras estuvieran

descontaminadas antes de los análisis. Este paso es crucial para evitar que contaminantes externos afecten los resultados. Utilizando un vernier metálico de 20 cm, se registró la longitud total de cada espécimen en centímetros (cm). Cada muestra fue pesada con una balanza analítica, permitiendo registrar el peso corporal en gramos (g) (Ruiz, 2021).

c. Extracción del tracto digestivo

La disección del tracto gastrointestinal (estomago e intestino) de las muestras de *Orestias luteus* e *Orestias ispi* se realizó siguiendo procedimientos detallados en las metodologías de estudios previos (Hamed et al., 2023; Sayed et al., 2021). En las muestras de *Orestias luteus*, con la ayuda de un bisturí, se realizó una incisión desde el ano hasta la boca y con la ayuda de unas pinzas, se extrajo el tracto gastrointestinal. En el caso de *Orestias ispi*, se realizó el mismo procedimiento; sin embargo, se requirió la ayuda de un estereoscopio para mejorar la visualización del tracto gastrointestinal de esta especie, al ser un individuo de menor longitud.

d. Digestión del tracto gastrointestinal

Para el análisis del contenido del tracto gastrointestinal de las muestras de *Orestias luteus* y *Orestias ispi*, se realizó el siguiente procedimiento: Los tractos gastrointestinales fueron colocados en matraces Erlenmeyer específicos. Se añadió 80 mL de una solución de hidróxido de potasio (KOH) al 10% al matraz de 250 mL para el tracto gastrointestinal de *Orestias luteus*, y 50 mL de la misma solución para el tracto gastrointestinal de *Orestias ispi* en el matraz de 100 mL. Esto se realizó para asegurar que las soluciones cubrieran completamente el tracto gastrointestinal de cada especie (Yuan et al., 2019).

Los matraces fueron sellados con papel aluminio y se almacenaron en una incubadora durante 24 horas a una temperatura de 60 °C. Este tratamiento permitió la digestión de los tejidos de los tractos gastrointestinales, facilitando la posterior identificación de los microplásticos (De-la-Torre et al., 2020). Una vez que la digestión se completó, las muestras ya digeridas fueron filtradas colocando el papel filtro Whatman 42 de 125 mm de diámetro en un embudo Buchner que se ajusta a la boca de un matraz Kitasato con la ayuda de un corcho, de igual manera la bomba de vacío se conectó al matraz Kitasato a través de un tubo, las muestras se vierten sobre el papel filtro colocados en el embudo Buchner, se enciende la bomba de vacío, creando un vacío que succiona el contenido a través del papel filtro, los líquidos pasan a través del filtro mientras que las partículas más grandes, como posibles microplásticos, quedan atrapadas en el papel filtro. Finalmente, una vez que la filtración se

ha completado, se retiraron los papeles filtro con los residuos atrapados y se colocaron en placas Petri de vidrio que fueron envueltos con papel aluminio y se secaron a una temperatura de 50 °C por una hora para eliminar la humedad restante antes de ser analizados (Hamed et al., 2023).

3.6.2. Caracterización física de los microplásticos

Para el análisis de las partículas obtenidas de *Orestias luteus* y *Orestias ispi*, se utilizó un microscopio estereoscópico Leica EZ4E con aumentos que van desde 8x hasta 35x. Este equipo permitió observar las partículas en los filtros obtenidos de cada especie, siguiendo el procedimiento descrito por Buteler et al., (2023). Las partículas encontradas fueron fotografiadas usando la cámara integrada en el microscopio, y el software del equipo permitió exportar las imágenes capturadas.

El análisis incluyó la contabilización y clasificación de las partículas según su forma y color. En cuanto a la forma, se identificaron cuatro categorías: fibra, definida como plástico delgado, fibroso y recto; fragmento, caracterizado por partículas de plástico duro e irregular; film, descrito como plástico plano, endeble y delgado; y pellet, correspondiente a partículas de plástico duro y redondeado. Para el análisis del color, las partículas se agruparon en cinco categorías principales: azul, fucsia, verde, negro y blanco. Adicionalmente, se realizaron ajustes en la clasificación cromática, incluyendo las partículas rojas dentro de la categoría de fucsias, y las violetas y celestes dentro de la categoría de azules (Lusher & Hernandez-Milian, 2018; Sruthy & Ramasamy, 2017).

3.6.3. Análisis químico de los microplásticos

Se seleccionaron 10 partículas representativas, elegidas entre las categorías de caracterización física (forma y color), priorizando aquellas que eran más comunes en las muestras y aquellas que visualmente parecían de naturaleza distinta (Güven et al., 2017; Neves et al., 2015b).

Las partículas seleccionadas fueron enviadas al Centro de Caracterización de Materiales de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) en Lima para su análisis químico mediante espectroscopia confocal Raman. A fin de garantizar la integridad de las muestras durante el traslado, se cumplió estrictamente con la cadena de custodia: las partículas fueron aseguradas en placas Petri y envueltas en papel aluminio, lo que permitió evitar su posible contaminación y preservar su estado original.

3.6.4. Prevención de la contaminación

Para prevenir y minimizar la contaminación durante los procedimientos, se implementaron diversas medidas estrictas. Se utilizó vestimenta de algodón para reducir la liberación de microfibras sintéticas, y todos los materiales empleados se enjuagaron previamente con agua destilada para eliminar posibles contaminantes. Además, se minimizó el uso de materiales plásticos en el laboratorio, optando por materiales de vidrio y metal, y se limpió cuidadosamente la superficie de trabajo con papel humedecido en agua destilada para eliminar partículas de polvo y microfibras (Ruiz, 2021).

Como medida adicional, se colocaron placas Petri con agua destilada junto a cada muestra durante todo el proceso de extracción de partículas. Estas placas permitieron monitorear la contaminación potencial. Al finalizar el procedimiento, las placas se analizaron bajo el estereoscopio para observar cualquier partícula capturada, asegurándose de no incluirlas en el conteo de partículas de las muestras estudiadas (Manrique, 2019).

3.6.5. Análisis de datos

En esta investigación se empleó estadística descriptiva para analizar los datos recopilados. Una vez obtenida la información sobre la abundancia de partículas, su forma, color y composición química en cada especie íctica, se utilizó el software Microsoft Excel 2019 para generar gráficos y tablas comparativas que facilitaron el análisis. La abundancia de partículas se expresó como partículas por individuo (partículas/individuo), este cálculo se realizó en todos los grupos de procesamiento para garantizar la representatividad de la abundancia en cada especie. Posteriormente, se calculó el promedio de abundancia por especie en todas las muestras, junto con la desviación estándar (DE), que permitió evaluar la dispersión de los datos respecto al promedio.

Además, las características de forma y color de las partículas fueron representadas a través de gráficos de barras, los cuales ilustraron los porcentajes calculados en función del total de partículas identificadas en cada especie. Este método visual facilitó la comparación de las diferentes categorías, permitiendo destacar las proporciones relativas de cada tipo de partícula según su forma y color. Al integrar esta representación gráfica en el análisis, se logró una interpretación más clara y accesible de la distribución y diversidad de partículas en las distintas especies estudiadas, fortaleciendo la comprensión de los patrones observados.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Abundancia de los microplásticos en Carachi (*Orestias luteus*) y en el Ispi (*Orestias ispi*)

Comprender la morfometría de ambas especies proporciona una base esencial para interpretar los hallazgos relacionados con la presencia de microplásticos en el tracto gastrointestinal. Inicialmente se determinó la morfometría de las muestras de cada especie, encontrando que la longitud total promedio (cm) y el peso promedio (g) de *Orestias luteus* fue de 12.4 cm \pm 0.44 y 50.1 g \pm 5.15 respectivamente. De igual manera la longitud total promedio (cm) y el peso promedio (g) de *Orestias ispi* fue de 6.2 cm \pm 0.72 y 2.6 g \pm 0.37 respectivamente, como se muestra en la tabla 12.

Tabla 11

Morfometría de las muestras de Orestias luteus y Orestias ispi.

Sitio	Especies	Muestras	Longitud corporal	Peso corporal
			(cm)	(g)
			(media \pm DE)	(Media \pm DE)
Manco	<i>Orestias luteus</i>	10	12.41 \pm 0.26	51.93 \pm 1.18
Cápac	<i>Orestias ispi</i>	10	6.71 \pm 0.12	3.22 \pm 0.26
Santa	<i>Orestias luteus</i>	10	12.57 \pm 0.13	45.64 \pm 0.91
Bárbara	<i>Orestias ispi</i>	10	6.97 \pm 0.23	2.40 \pm 0.11
Pedro	<i>Orestias luteus</i>	10	12.72 \pm 0.17	57.88 \pm 0.44
Vilcapaza	<i>Orestias ispi</i>	10	5.29 \pm 0.32	2.31 \pm 0.08
Cerro	<i>Orestias luteus</i>	10	11.64 \pm 0.16	49.89 \pm 0.45
Colorado	<i>Orestias ispi</i>	10	6.52 \pm 0.21	2.63 \pm 0.16
Las	<i>Orestias luteus</i>	10	12.62 \pm 0.20	45.40 \pm 0.23
Mercedes	<i>Orestias ispi</i>	10	5.67 \pm 0.15	2.40 \pm 0.23

Nota. Elaboración propia.

En estudios previos, el tamaño corporal ha sido considerado tanto un factor influyente como variable independiente en la ingestión de microplásticos por peces. Por un lado, algunas investigaciones observaron que, a mayor longitud o peso, se incrementan las cargas de microplásticos en el tracto digestivo (de Souza et al., 2024). Sin embargo, estos patrones no son universales. de Vries et al., (2020) reportaron ausencia de correlación significativa entre la longitud o el peso corporal y la abundancia de microplásticos en capturas de *Gadus morhua* y *Pollachius virens*, sugiriendo que tanto individuos pequeños como grandes acumulaban cantidades similares de microplásticos.

En la presente investigación se realizó el conteo de microplásticos encontrados en los filtros de las muestras de Carachi (*Orestias luteus*) e Ispi (*Orestias ispi*) comercializados en los principales mercados de la ciudad de Juliaca (Pedro Vilcapaza, Las Mercedes, Santa Barbara, Manco Cápac, Cerro Colorado). Además, se realizó el conteo de partículas encontradas en las placas Petri con agua destilada colocadas durante el procesamiento, en donde se observaron partículas externas en forma de fibras blancas, las cuales también se evidenciaron en los filtros de Carachi (*Orestias luteus*) como en los de Ispi (*Orestias ispi*). Las partículas fueron sustraídas de manera directa del conteo de partículas realizadas en los filtros de las muestras, lo cual no solo facilitó la detección de contaminación, sino también la corrección de la información generada, dicho protocolo de calidad es recomendado por Hermsen et al., (2018) y Prata et al., (2020), ya que permite eliminar la contaminación externa introducida por el ambiente del laboratorio.

Tabla 12

Cantidad de partículas encontradas en las muestras.

Sitio	Especies	Porcentaje de organismos positivos	Número total de microplásticos	Microplásticos (partículas/individuo) (Media ± DE)
Manco	<i>Orestias luteus</i>	100%	227	22.7 ± 2.91
Cápac	<i>Orestias ispi</i>	100%	81	8.1 ± 1.29
Santa	<i>Orestias luteus</i>	100%	229	20.5 ± 2.27
Bárbara	<i>Orestias ispi</i>	100%	82	7.4 ± 2.22
Pedro	<i>Orestias luteus</i>	100%	180	18 ± 3.30
Vilcapaza	<i>Orestias ispi</i>	100%	59	5.9 ± 2.02

Cerro	<i>Orestias luteus</i>	100%	153	15.3 ± 2.54
Colorado	<i>Orestias ispi</i>	100%	63	6.3 ± 2.11
Las	<i>Orestias luteus</i>	100%	215	21.5 ± 2.42
Mercedes	<i>Orestias ispi</i>	100%	93	9.3 ± 2.06

Nota. Esta tabla muestra la abundancia de microplásticos en las muestras de *Orestias luteus* y *Orestias ispi* comercializados en los mercados de la ciudad de Juliaca.

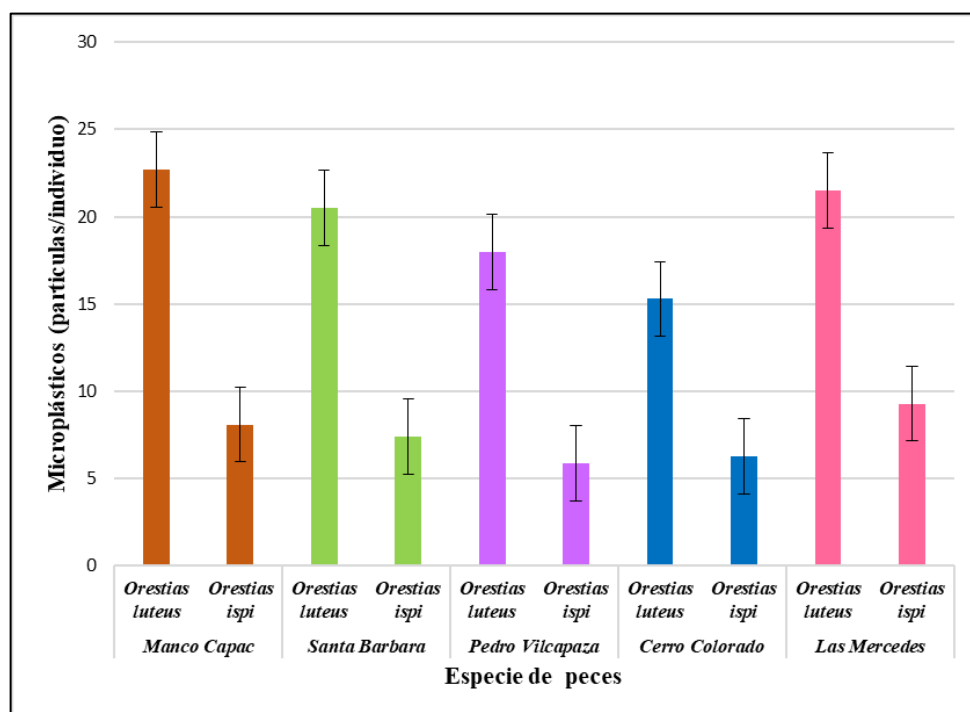
Actualmente no existe un protocolo estandarizado o método universalmente aprobado para la extracción y cuantificación de microplásticos en el tracto gastrointestinal de peces; debido a ello es complicado realizar la comparación con otros resultados a nivel mundial. Se observó la presencia de microplásticos en el 100% de las muestras analizadas de ambas especies. La abundancia promedio de partículas en *Orestias luteus* fue de 19.6 ± 2.96 partículas/individuo y en *Orestias ispi* fue de 7.4 ± 1.37 partículas/individuo. La investigación realizada por Loayza et al., (2022) evidencia una menor abundancia de microplásticos en *Orestias luteus* en el lago menor del lago Titicaca, esto se debe principalmente a que las muestras no fueron sometidas a métodos de purificación o separación, se enfocó principalmente en la observación visual. Los resultados del tracto gastrointestinal de *Orestias luteus* son menores a los presentados por (Ordoñez & Sanchez, 2019 y Paredes et al., 2019), que reportaron una abundancia media de 25.4056 ± 6.9194 mp/individuo capturados en Uros, esta diferencia puede deberse a la capacidad de los peces de regurgitar o defecar cuando son sometidos a condiciones de estrés, como movimientos bruscos o comportamentales durante la pesca y el tiempo desde la captura hasta la compra en los puntos de venta (Rivas, 2022). De igual manera, en la investigación de Mio-Díaz & Álvarez, (2024), reportaron una abundancia promedio de $82,40 \pm 79,09$ unidades Mps por individuo en *Orestias sp.* recolectados de la laguna Pomacanchi-Acomayo-Cusco, la mayor abundancia se debe principalmente a la ausencia de filtrado de las muestras digeridas. De manera contraria a las investigaciones mencionadas anteriormente Riveros, (2024), evidenció una abundancia promedio de 1 MP/Ind en *Orestias ispi* y 0,7 MP/Ind en *Orestias luteus*, lo cual se puede justificar en las repeticiones de filtrado con diferentes tamaños de apertura de malla que realizó la autora.

Por otro lado en ecosistemas de agua dulce la investigación de Espetia-Turpo, (2024) reporta una abundancia promedio de 7.89 ± 2.38 partículas/individuo en la Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) capturados en piscigranjas de Uros, estos resultados son menores en comparación con la presente investigación, lo cual se puede justificar en que las muestras de la autora se recolectaron de zonas con menos presencia de microplásticos a comparación de

las del estudio, es decir diferencia en el hábitat de las especies (FAO, 2017), de igual manera en la investigación de Pandey et al., (2023) se reportaron la abundancia de microplásticos que varía entre $0,83 \pm 0,13$ y $0,77 \pm 0,2$ elementos/individuo para especies indígenas pequeñas como *Salmostoma bacaila* y *Puntius amphibius* adquiridos del mercado local en Lucknow, Uttar Pradesh, India, los resultados son menores a los presentados en la investigación, debido principalmente a la zona de estudio, ya que la ingesta de microplásticos está relacionada con el nivel de actividad antrópica desarrollada en los alrededores de los cuerpos acuáticos.

Figura 13

Abundancia media de partículas encontradas en las muestras.



Nota. Elaboración propia.

En la presente investigación se detectaron microplásticos en los cinco mercados de importancia económica estudiados en la ciudad de Juliaca, lo que sugiere una contaminación generalizada por microplásticos en las especies de los peces estudiados. En la figura 13 se observa la evidente diferencia que existe en la abundancia de partículas encontradas en *Orestias luteus* y *Orestias ispi*; la diferencia entre las especies se justifica principalmente en el tipo de dieta (Garcés-Ordóñez et al., 2020). *Orestias luteus* se desarrolla en ambientes pelágicos, es decir, se encuentra más cerca de las fuentes de contaminación, también se caracteriza por presentar una alimentación omnívora que hace más probable la ingestión de microplásticos. La investigación realizada por Ineyathendral et al. (2023b) demostró que los

peces pelágicos presentan mayor abundancia de microplásticos en sus tractos gastrointestinales; a diferencia de *Orestias ispi* que presenta una dieta carnívora y se desarrolla en zonas más profundas del lago (De la Barra et al., 2020).

Una revisión mundial identificó la presencia de microplásticos en 887 especies de peces, siendo las especies marinas y demersales las más afectadas. Se estima que aproximadamente el 45% de los peces a nivel global han ingerido microplásticos, con una media de 5,93 partículas por especie (Kibria, 2022). Por ello, las investigaciones actuales resaltan la urgencia de realizar más estudios que permitan comprender la toxicocinética y los posibles efectos en la salud humana derivados de la exposición a microplásticos, considerando la importancia nutricional que tienen los productos marinos y de cuerpos de agua dulce en muchas dietas (Alberghini et al., 2023; Smith et al., 2018).

Si bien el tejido gastrointestinal de los peces no suele formar parte de la dieta humana habitual, la detección de microplásticos en este órgano conlleva importantes implicancias ecológicas y toxicológicas. En primer lugar, su presencia en el tracto digestivo evidencia una alta exposición de los peces a ambientes contaminados, lo que indica una alteración significativa de su hábitat natural. Este hallazgo funciona como un bioindicador de contaminación ambiental, útil para el monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos (Rochman et al., 2013). Asimismo, estas partículas pueden causar lesiones internas y obstrucciones en el sistema digestivo, lo que afecta negativamente el comportamiento alimentario y reduce las tasas de crecimiento y reproducción de los peces (Ofoegbu et al., 2024). Por otro lado, se ha demostrado la presencia de microplásticos en diversas partes anatómicas de los peces, incluido el tejido muscular, lo cual sugiere que, incluso cuando no se consume el tracto gastrointestinal, los seres humanos pueden estar expuestos a estos contaminantes a través del consumo del músculo de pescado (Pitt et al., 2024; Saha & Saha, 2024). Esta translocación está determinada por el tamaño y tipo de microplásticos, ya que las partículas más pequeñas tienen una mayor probabilidad de migrar hacia tejidos comestibles (McIlwraith et al., 2021).

En segundo lugar, varios estudios han demostrado que los microplásticos ingeridos pueden liberar aditivos tóxicos o actuar como vectores de contaminantes químicos persistentes, como los metales pesados. Estos compuestos pueden ser absorbidos a través de la pared intestinal y redistribuidos a otros tejidos comestibles como el músculo o el hígado (Lu et al., 2016; Pitt et al., 2024). Por tanto, los microplásticos y las toxinas asociadas pueden bioacumularse en los peces y biomagnificarse a lo largo de la cadena alimentaria, lo cual

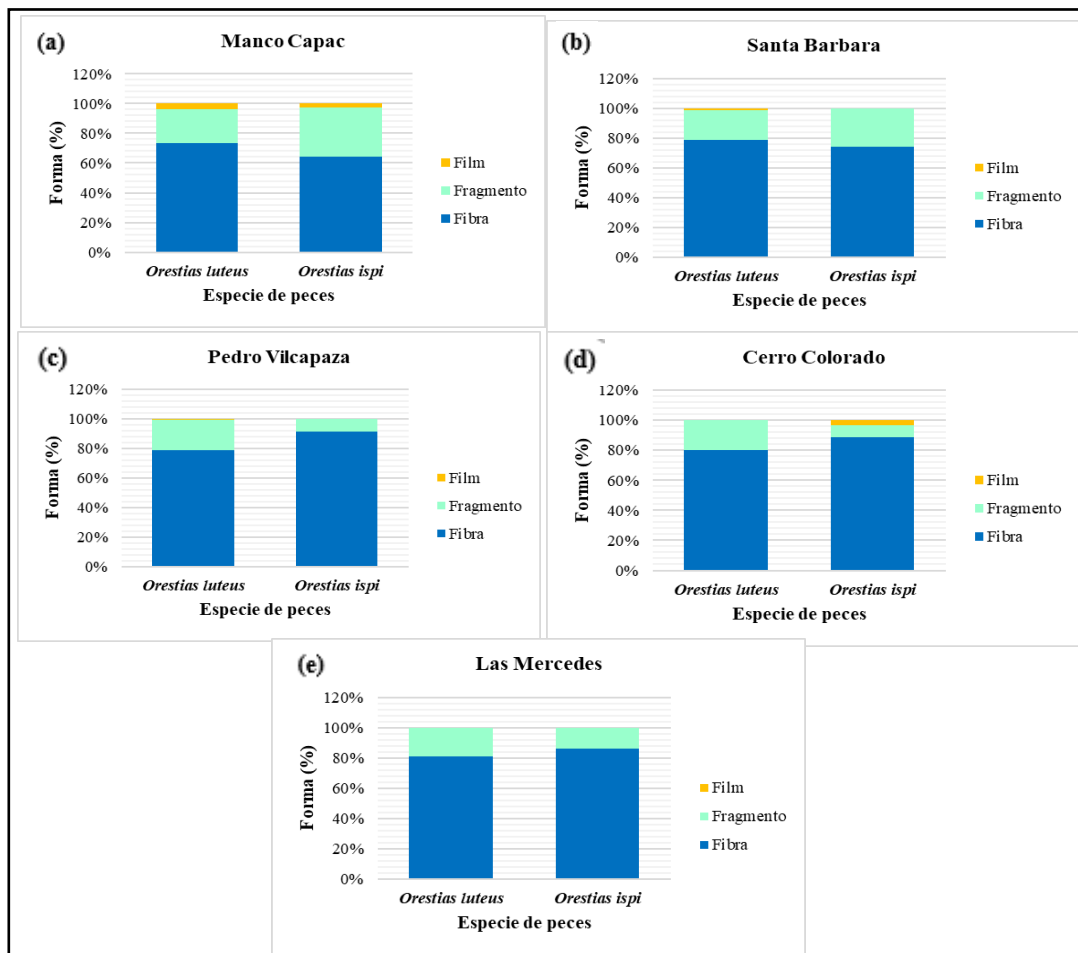
representa un riesgo potencial para la salud humana, donde están incluidas el posible estrés hepático y las alteraciones metabólicas en los seres humanos (Ofoegbu et al., 2024). Esto plantea una vía indirecta de exposición humana a compuestos tóxicos a través del consumo de diferentes partes del pez, especialmente en poblaciones que dependen del pescado como fuente principal de proteínas.

4.1.1. Características físicas de los microplásticos

a) Forma de los microplásticos

Figura 14

Clasificación de las partículas según su forma.



Nota. Formas encontradas en *Orestias luteus* y *Orestias ispi* comercializados en los mercados de: (a) Manco Cápac, (b) Santa Barbara, (c) Pedro Vilcapaza, (d) Cerro Colorado y (e) Las Mercedes.

Se identificaron tres formas de microplásticos para ambas especies; estas fueron fibras, fragmentos y film. En las partículas de *Orestias luteus*, la forma más predominante fue la

fibra (78%), seguido de fragmentos (20%) y film (1%). De igual manera, en las partículas de *Orestias ispi*, la forma más predominante fue la fibra (81%), seguido de fragmentos (18%) y film (1%). En la investigación realizada por Riveros, (2024), evidencio que la forma más predominante son las fibras en el tracto gastrointestinal de *Orestias ispi* y *Orestias luteus*, respectivamente. Así mismo en la investigación realizada por Mio-Diaz & Álvarez, (2024), reportaron la mayor presencia de fibras y fragmentos en *Orestias sp.* recolectados de la laguna Pomacanchi-Acomayo-Cusco. De igual manera en las especies Carachi amarillo (*Orestias luteus*) y Pejerrey argentino (*Odontesthes bonariensis*) del Lago Titicaca estudiadas por Paredes et al., (2019), se reportó que las fibras superaron el 90% con respecto a los otros tipos de forma; de manera similar en la investigación de Espetia-Turpo, (2024), realizada en la Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) capturada en piscigranjas de Uros evidenció que la forma más dominante fueron las fibras. En el tracto gastrointestinal de las especies de *Orestias luteus*, *Orestias agassizii*, *Trichomycterus dispar* y *Odonthestes bonariensis* capturadas en el lago menor del Lago Titicaca, se evidencio que la forma más dominante fueron las fibras (Loayza et al., 2022). Otros estudios realizados en agua dulce reportan resultados similares a los de la presente investigación, ya que la forma más predominante presente en el tracto gastrointestinal de especies de importancia comercial son las fibras (Chota-Macuyama & Chong, 2020; Khan et al., 2024; Pandey et al., 2023; Yin et al., 2022).

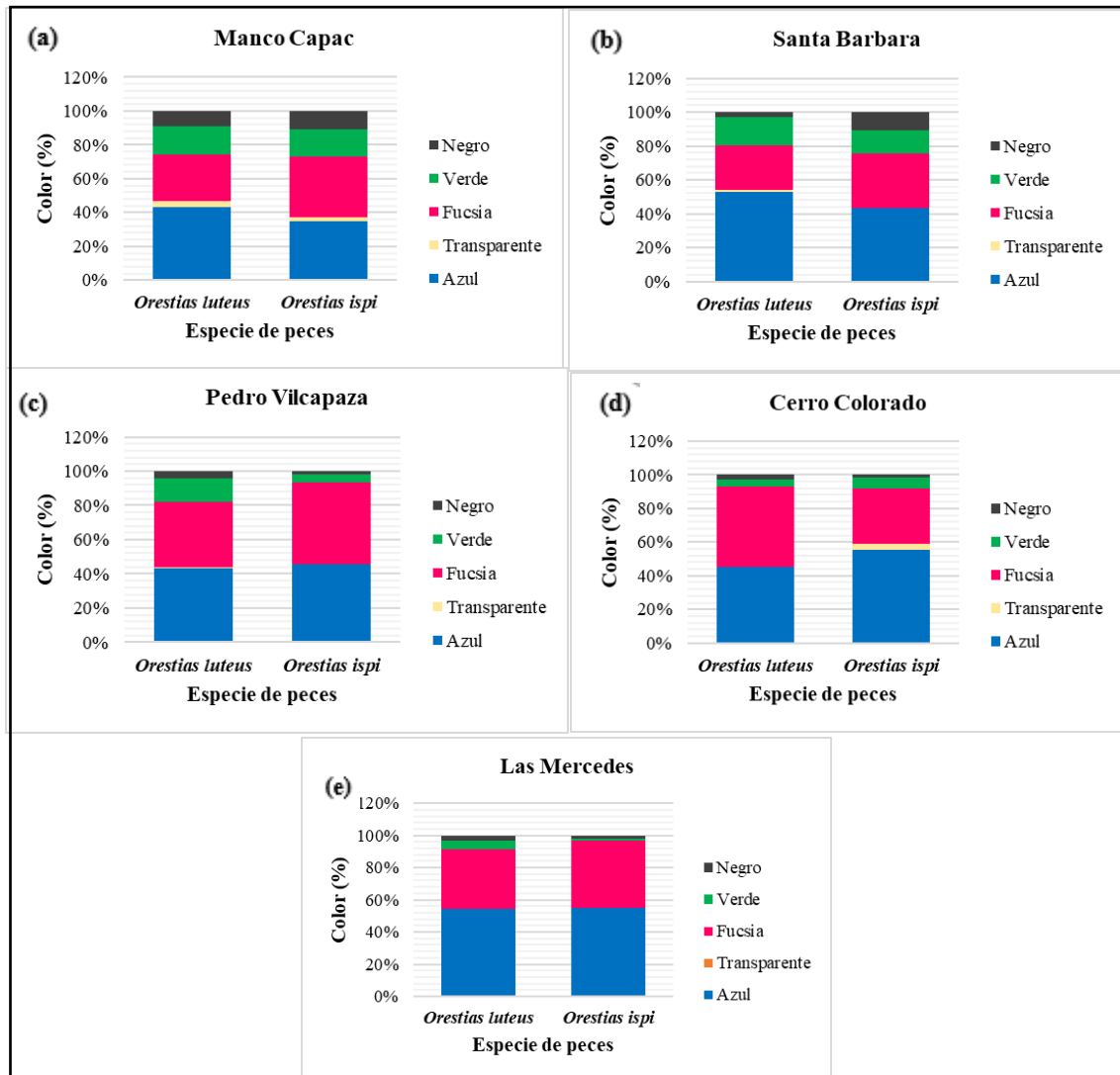
Las fibras generalmente provienen de la fragmentación y degradación de textiles, nylon de redes de pesca, cuerdas y jaulas (Sait et al., 2021), de la misma forma, Na et al., (2024) indican que las plantas de tratamiento de aguas residuales contienen fibras y fragmentos en mayor proporción. Por otro lado, la segunda forma de microplásticos más prevaleciente son los fragmentos, los cuales generalmente provienen de la fragmentación de desechos plásticos (Vairaperumal et al., 2024), pintura de barco y de capa epoxi (Jaini & Namboothri, 2023).

Tanto las fibras como los fragmentos son considerados microplásticos secundarios debido a que se generan por degradación fotolítica, biológica y procesos de meteorización oxidativa (Browne et al., 2007; Eerkes-Medrano et al., 2015). Son la principal amenaza en especies acuáticas debido a su abundancia y biodisponibilidad (Boateng et al., 2024) ya que representan el 79% de los microplásticos en las aguas dulces globales (Li et al., 2020).

b) Color de los microplásticos

Figura 15

Clasificación de las partículas según su color.



Nota. Colores encontrados en *Orestias luteus* y *Orestias ispi* comercializados en los mercados de: (a) Manco Cápac, (b) Santa Barbara, (c) Pedro Vilcapaza, (d) Cerro Colorado y (e) Las Mercedes.

En cuanto al color de las partículas, se registraron cinco colores, siendo estos el negro, verde, fucsia, transparente y azul. En las partículas de *Orestias luteus*, se reportó que el 48% son azules, 35% son fucsias, 11% son verdes, 4% son negros y el 1% transparentes. De igual manera en las partículas de *Orestias ispi*, se reportó que el 47% son azules, 38% son fucsias, 8% son verdes, 5% son negros y el 1% transparentes. En ambas especies el color predominante en las partículas encontradas en el tracto gastrointestinal fue el azul y fucsia,

de igual forma en la investigación realizada por Loayza et al., (2022) evidenciaron que los colores dominantes fueron el azul y el negro en el tracto gastrointestinal de las especies de *Orestias luteus*, *Orestias agassizii*, *Trichomycterus dispar* y *Odontheistes bonariensis* capturadas en el lago menor del Lago Titicaca, así mismo en la investigación de Espetia-Turpo, (2024), realizada en la Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) capturados en piscigranjas de Uros evidencio que los colores más dominantes fueron el azul y el rojo, de manera similar Paredes et al., (2019), reportaron que los colores dominantes fueron el transparente, rojo y azul, de manera contraria Riveros, (2024), indica que los colores más dominantes en el tracto gastrointestinal de *Orestias luteus* y *Orestias ispi* fue el transparente, así mismo en la investigación realizada por Mio-Díaz & Álvarez, (2024), reporto que el color más dominante fue el blanco en *Orestias sp.* recolectados de la laguna Pomacanchi-Acomayo-Cusco. Dicha variabilidad se justifica en los diferentes ecosistemas y las condiciones a las que están sujetas, es decir, las diferentes fuentes de contaminación por microplásticos que poseen.

Las partículas coloreadas resultan ser más atractivas que otras, lo que hace que sean ingeridas con mayor facilidad por parte de los peces, debido a la similitud de estas partículas plásticas con sus alimentos naturales (Ory et al., 2017; Yoo et al., 2021). Por ejemplo, en la investigación de Nie et al., (2019), las partículas de color verde y negro son ingeridas con mayor frecuencia debido a su parecido con plantas verdes e insectos oscuros, además de otros colores similares al zooplancton. Por otro lado, en el estudio de Vellore et al., (2024), observaron que los colores azul y negro predominan en el tracto gastrointestinal de especies de importancia comercial en los lagos Kalinjur y Karigiri, además del estudio realizado por Piskula & Astel (2024) que indican que el color azul es el más dominante en el tracto gastrointestinal de la Trucha arcoíris.

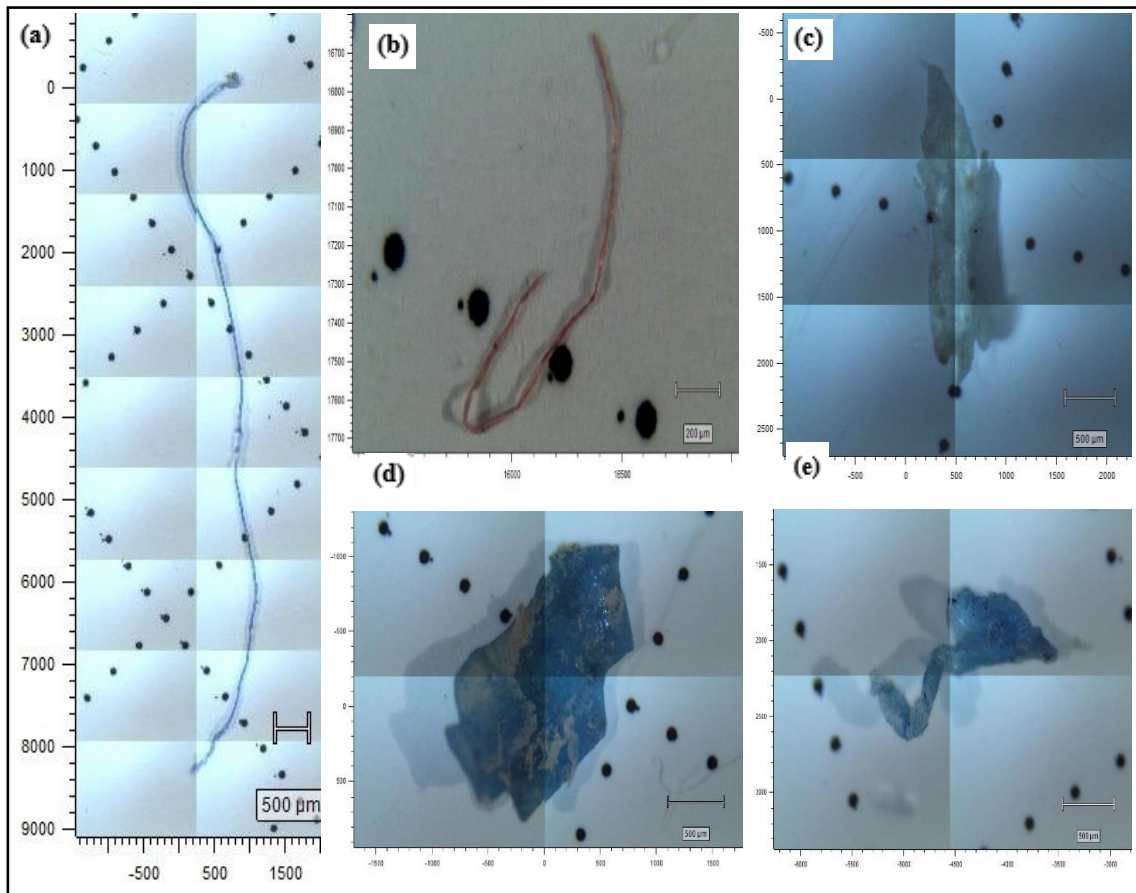
En la investigación se obtuvo una amplia gama de colores; dichos colores pueden provenir de ropas sintéticas, redes de pesca, tecnopor, bolsas y botellas. Según los resultados obtenidos por (Zarate & Iannacone, 2020), los microplásticos de color azul y verde generalmente provienen de redes de pesca (Arredondo-Navarro & Flores-Cervantes, 2023). Todos los microplásticos fueron de origen secundario, además resaltar que esta la caracterización del color es subjetivo debido a que puede cambiar de acuerdo al tiempo de exposición al ambiente y el tipo de método de extracción de microplásticos aplicado en el estudio (Islam et al., 2022; Mahamud et al., 2022; Sun et al., 2022).

4.1.2. Características químicas de los microplásticos

Respecto a la identificación química de microplásticos, se seleccionaron muestras representativas de todos los microplásticos obtenidos en los cinco principales mercados de la ciudad de Juliaca, según metodologías empleadas por (Espíritu et al., 2019; Hamed et al., 2023).

Figura 16

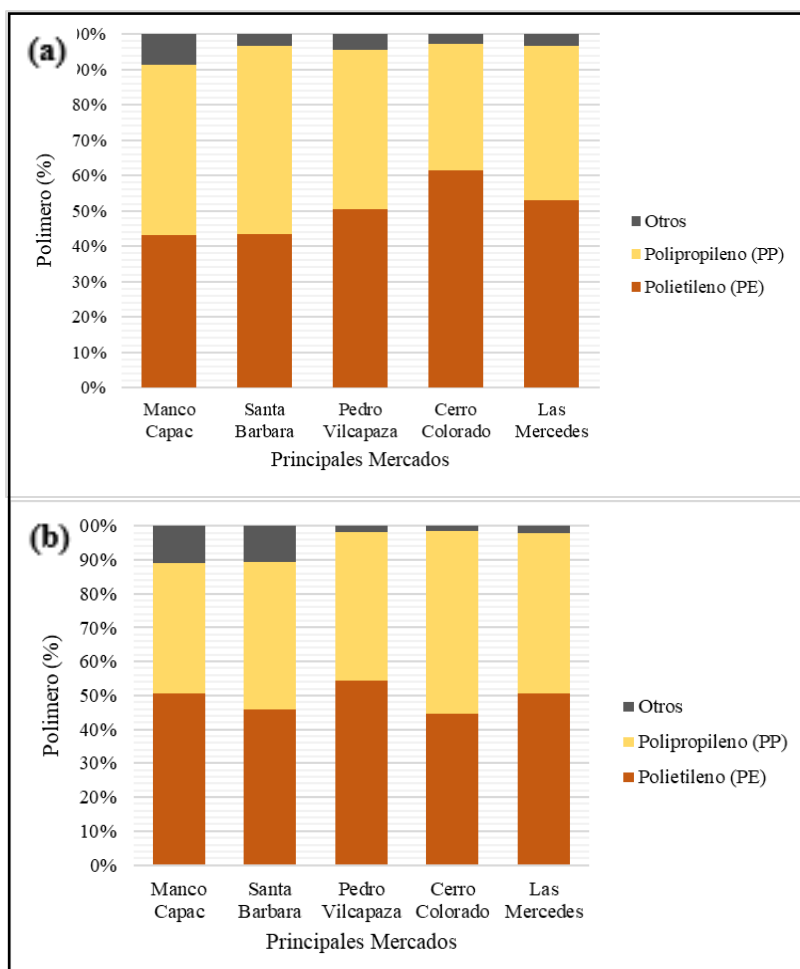
Muestras seleccionadas para la identificación del tipo de polímero.



Nota. Análisis del tipo de polímero con Espectroscopia confocal Raman. (a) Fibra azul, (b) Fibra fucsia, (c) Film Transparente, (d) y (e) Fragmentos azules.

Figura 17

Porcentaje de polímeros encontrados en las muestras.



Nota. Polímeros encontrados en los principales mercados de la ciudad de Juliaca: (a) *Orestias luteus* y (b) *Orestias ispi*.

En el tracto gastrointestinal de las especies estudiadas, se identificó la composición polimérica mediante espectroscopia confocal Raman. En el tracto gastrointestinal de *Orestias luteus* las partículas fueron caracterizadas como polietileno (50%) y polipropileno (45%). De manera similar en las partículas del tracto gastrointestinal de *Orestias ispi* se encontró polietileno (49%) y polipropileno (45%), lo que muestra una coincidencia parcial con la investigación de Espetia-Turpo, (2024) realizada en la Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) capturados en piscigranjas de Uros, que indica que el polímero más abundante fue el polietileno, el cual fue caracterizado mediante espectroscopia confocal Raman, aunque existen diferencias importantes entre ambos casos principalmente en cuanto al origen de los especímenes a comparación resulta válida en el contexto metodológico. Ambos estudios emplean espectroscopia Raman focal como técnica analítica para la

identificación de los tipos de polímeros, lo cual permite establecer un punto de referencia común, ya que ambos estudios aplicaron un método analítico preciso y comparable para la identificación de polímeros, asimismo, aunque el lago Titicaca es un ecosistema extenso y heterogéneo, la presencia repetida de estos mismos tipos de microplásticos en distintas especies y sectores del lago sugiere la existencia de fuentes comunes de contaminación o una dispersión generalizada de residuos plásticos en el sistema lacustre.

De igual manera la investigación realizada por Pandey et al., (2023) confirmó la presencia de polietileno de alta y baja densidad presente en el tracto gastrointestinal de peces de agua dulce autóctonos recolectados de un mercado local en Lucknow, Uttar Pradesh, India, así mismo Yin et al., (2022) evidenciaron la presencia de polipropileno y polietileno en el tracto gastrointestinal de peces del lago Chao, China. Por otro lado, Akter et al., (2024) identificaron polietileno y polipropileno en mayor porcentaje mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (ATR-FTIR) en especies de peces de agua dulce; de igual manera, Khan et al., (2024) identificaron en mayor proporción polipropileno en el tracto gastrointestinal de tres especies de peces: *Channa striata*, *Puntius sophore* y *Anabas testudineus* recolectadas de dos ubicaciones del río Turag, que fluye junto a la ciudad de Dhaka, Bangladesh. Si bien el contexto geográfico y metodológico de dichos estudios difiere del presente trabajo, los hallazgos permiten evidenciar que el polipropileno y el polietileno son los microplásticos más comunes en ambientes acuáticos continentales a nivel internacional. Esto refuerza la idea de que existe una problemática ambiental compartida respecto al ingreso de residuos plásticos a través de las redes tróficas acuáticas.

Los microplásticos encontrados en la presente investigación pueden provenir de las redes de pesca y cuerdas de polipropileno y polietileno (Welden & Cowie, 2017). El polipropileno se encuentra principalmente en las redes de pesca y en fibras textiles que se desprenden durante el lavado y llegan a los cuerpos de agua por medio del drenaje; por otro lado, el polietileno se utiliza principalmente para la fabricación de tuberías y recipientes, que pueden llegar a los cuerpos de agua mediante residuos plásticos mal gestionados (Hamed et al., 2023).

A pesar de que la presente investigación logró cumplir con los objetivos planteados, presenta ciertas limitaciones que deben considerarse al evaluar los resultados. El número de muestras fue limitado debido a restricciones logísticas, lo que puede afectar la representatividad de los datos obtenidos, además, las muestras fueron recolectadas en los mercados de la ciudad de Juliaca dejando fuera las ferias que se dan de manera semanal en la ciudad de Juliaca en

donde también se expenden peces, de igual manera la disponibilidad de recursos económicos limitó la realización de réplicas para la identificación de polímeros mediante espectroscopia confocal Raman, afectando así la confiabilidad de los resultados, así mismo la ausencia de estándares internacionales para la clasificación y cuantificación de microplásticos y la escasez de investigaciones previas dificultó la comparación de los resultados obtenidos. Estas limitaciones podrían afectar la generalización de los hallazgos, futuras investigaciones podrían incluir muestras más diversas y el análisis químico de más partículas para obtener una comprensión más integral. Aunque estas limitaciones deben ser consideradas, los resultados obtenidos ofrecen una base sólida para continuar explorando la presencia de microplásticos en la biota y contribuyendo significativamente al conocimiento existente.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La abundancia de microplásticos en los peces evaluados varió entre 15.3 ± 2.54 y 22.7 ± 2.91 partículas por individuo en *Orestias luteus*, y entre 5.9 ± 2.02 y 9.3 ± 2.06 partículas por individuo en *Orestias ispi*. Se observa que *Orestias luteus* presenta una mayor abundancia promedio de microplásticos en su tracto gastrointestinal. Esta diferencia es consistente con estudios previos que indican que las especies omnívoras que habitan en zonas litorales del lago tienden a ingerir más partículas plásticas, debido a la mayor concentración de residuos plásticos. En contraste con *Orestias ispi*, que posee una dieta predominantemente carnívora y habita en zonas más profundas, mostro una menor acumulación de microplásticos, lo que refleja la influencia de factores ecológicos y tróficos sobre la ingestión de partículas plásticas.
- En el tracto gastrointestinal de *Orestias luteus* se encontraron principalmente fibras (78%) y fragmentos (20%). Respecto al color se encontraron partículas predominantes de color azul (48%) y fucsia (35%). En cuanto a la composición química los polímeros más frecuentes fueron polietileno (50%) y polipropileno (45%). De manera similar en el tracto gastrointestinal de *Orestias ispi* se encontraron fibras (81%) y fragmentos (18%) en mayor proporción. Los colores predominantes fueron el azul (47%) y fucsia (38%). Finalmente, en relación a la composición química, se identificaron principalmente polietileno (49%) y polipropileno (45%).

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar más investigaciones sobre la presencia de microplásticos en los tejidos comestibles de los peces para así poder determinar con mayor exactitud la presencia de estos en los alimentos humanos.
- Se recomienda realizar estudios futuros considerando más variedad de organismos acuáticos existentes en la región de Puno con tamaños de muestras más grandes, para monitorear de manera más precisa la abundancia de microplásticos a lo largo de la cadena trófica.

- Se recomienda que futuras investigaciones incluyan el análisis de la trazabilidad de las especies comercializadas en los principales mercados de la ciudad de Juliaca. La información obtenida contribuiría a evaluar el grado de contaminación del hábitat de estas especies, así como a determinar las fuentes potenciales de contaminación.
- Finalmente, se recomienda analizar la composición química de una mayor cantidad de partículas mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (ATR-FTIR), debido a su menor costo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akanyange, S. N., Zhang, Y., Zhao, X., Adom-Asamoah, G., Ature, A.-R. A., Anning, C., Tianpeng, C., Zhao, H., Lyu, X., & Crittenden, J. C. (2022). A holistic assessment of microplastics ubiquitousness: pathway for source identification in the environment. *Sustainable Production and Consumption*, 20–22. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.06.020>
- Akhbarizadeh, R., Moore, F., & Keshavarzi, B. (2019). Investigating microplastics bioaccumulation and biomagnification in seafood from the Persian Gulf: a threat to human health? *Food Additives & Contaminants: Part A*, 36(11), 1696–1708. <https://doi.org/10.1080/19440049.2019.1649473>
- Akter, M. S., Kumar Chakraborty, T., Ghosh, G. C., Nice, M. S., Zaman, S., & Khan, A. S. (2024). Microplastics and heavy metals in freshwater fish species in the southwestern region of Bangladesh: An emerging concern for public health. *Emerging Contaminants*, 10(3), 100325. <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2024.100325>
- Alberghini, L., Truant, A., Santonicola, S., Colavita, G., & Giaccone, V. (2023). Microplastics in Fish and Fishery Products and Risks for Human Health: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(1). <https://doi.org/10.3390/ijerph20010789>
- Amponsah, A. K., Afrifa, E. K. A., & Essandoh, P. K. (2024). Plastic in the food chain: Investigating microplastic consumption by the blue-swimming crab (de Rochebrune, 1883) and shrimp (Pérez-Farfante, 1967) from an estuarine system in Ghana. *Scientific African*, 25, e02261. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2024.e02261>
- Arredondo-Navarro, A., & Flores-Cervantes, D. X. (2023). Revisión de métodos de muestreo, detección, caracterización de microplásticos y control de calidad en columna de agua y sedimentos. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 14(3), 474–522. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-14-03-10>
- Astorga-Perez, A., Ulate-Naranjo, K., & Abarca-Guerrero, L. (2022). Presencia de microplásticos en especies marinas del Parque Nacional Marino las Baulas. *Revista Tecnología En Marcha*. <https://doi.org/10.18845/tm.v35i2.5466>
- Aucapuri, J., Caviedes, Y., Chura, G. E., & Zanabria, A. (2018). *Planeamiento Estratégico del Distrito de Juliaca* [PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ].

<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/11753>

- Avio, C. G., Gorbi, S., & Regoli, F. (2015). Experimental development of a new protocol for extraction and characterization of microplastics in fish tissues: First observations in commercial species from Adriatic Sea. *Marine Environmental Research*, *111*, 18–26. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.06.014>
- Barnes, D. K. A. (2002). Invasions by marine life on plastic debris. *Nature*, *416*, 808–809. <https://www.nature.com/articles/416808a>
- Bayhan, B., & Uncumusaoglu, A. A. (2024). Abundance, characteristics, and potential ecological risks of microplastics in some commercial fish in İzmir Bay (Aegean Sea, Türkiye). *Regional Studies in Marine Science*, *73*, 103488. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2024.103488>
- Bebianno, M. J., Mendes, V. M., O'Donovan, S., Carteny, C. C., Keiter, S., & Manadas, B. (2022). Effects of microplastics alone and with adsorbed benzo(a)pyrene on the gills proteome of *Scrobicularia plana*. *Science of The Total Environment*, *842*, 156895. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156895>
- Bellas, J., Martínez-Armental, J., Martínez-Cámara, A., Besada, V., & Martínez-Gómez, C. (2016). Ingestion of microplastics by demersal fish from the Spanish Atlantic and Mediterranean coasts. *Marine Pollution Bulletin*, *109*(1), 55–60. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.026>
- Beltrán, M., & Marcilla, A. (2011). Tema 1. Estructura y propiedades de los polímeros. In *Tecnología de Polímeros* (p. 42). <http://hdl.handle.net/10045/16883>
- Benaires, K. D., Yap-Dejeto, L. G., & Parilla, R. B. (2025). Microplastics in commercially sold fish in a coastal city of the Philippine Islands, Western Pacific. *Regional Studies in Marine Science*, *82*, 104025. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2025.104025>
- Boateng, C. M., Addo, S., Duodu, C. P., Danso-Abbeam, H., Agyeman, P. C., Anyan, K. F., Asamoah, E. K., Blankson, E. R., Nyarko, E., & Matsuoka, A. (2024). Microplastics in the Volta Lake: Occurrence, distribution, and human health implications. *Heliyon*, *10*(7), e29041. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29041>
- Bollaín, C., & Vicente, D. (2019). Presencia de microplásticos en aguas y su potencial impacto en la salud pública. *Revista Española de Salud Pública*, *93*, 1–10. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272019000100012

- Borrelle, S. B., Ringma, J., Law, K. L., Monnahan, C. C., Lebreton, L., McGivern, A., & Rochman, C. M. (2020). Projected growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution. *Science*, *369*(6510), 1515–1518. <https://doi.org/10.1126/ciencia.aba3656>
- Botterell, Z. L. R., Beaumont, N., Dorrington, T., Steinke, M., Thompson, R. C., & Lindeque, P. K. (2019). Bioavailability and effects of microplastics on marine zooplankton: a review. *Environmental Pollution*, *245*, 98–110. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.065>
- Brennecke, D., Duarte, B., Paiva, F., Caçador, I., & Canning-Clode, J. (2016). Microplastics as vector for heavy metal contamination from the marine environment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *178*, 189–195. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.12.003>
- Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompson, R. (2011). Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environmental Science & Technology*, *45*(21), 9175–9179. <https://doi.org/10.1021/es201811s>
- Browne, M., Thompson, R. C., & Galloway, T. S. (2007). Microplastic—an emerging contaminant of potential concern? *Integrated Environmental Assessment & Management*, *3*(4), 559–566. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ieam.5630030412/abstract>
- Buteler, M. (2019). El problema del plástico ¿Qué es la contaminación por plástico y por qué nos afecta a todos? *Desde La Patagonia*, *16*(28), 56–58. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/109678/CONICET_Digital_Nro.9fbc68cb-0eb2-4000-b7f6-ac241af6e3f0_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Buteler, M., Fasanella, M., Alma, A. M., Silva, L. I., Langenheim, M., & Tomba, J. P. (2023). Lakes with or without urbanization along their coasts had similar level of microplastic contamination, but significant differences were seen between sampling methods. *Science of The Total Environment*, *866*, 161254. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161254>
- CAIRP. (2022). *Tipos de plásticos*. Camara Argentina de La Industria Plástica. <https://www.caip.org.ar/tipos-de-plasticos/>
- Carmona, E. A., & Huanachea, A. A. (2021). *Revisión sistemática: problemática de la*

generación de microplásticos y sus principales impactos en el medio marino
[Universidad Cesar Vallejo].
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_046482ada21c5a23255

Castañeta, G., Gutiérrez, A. F., Nacaratte, F., & Manzano, C. A. (2020). Microplastics: a contaminant that grows in all environmental areas, its characteristics and possible risks to public health from exposure. *Revista Boliviana de Química*, 37(3), 16. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.37.3.4>

Chambilla, G. R., Yujra, E., & Gamarra, C. (2021). Reproducción y crecimiento de carachi amarillo (*Orestias luteus*) en condiciones de laboratorio utilizando alimento vivo. *Inf Inst Mar Perú*, 48(3), 388–392. [https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/3590/1/Informe articulo6.pdf](https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/3590/1/Informe%2048-3%20articulo6.pdf)

Choi, J. S., Jung, Y., Hong, N., Hong, S. H., & Park, J. (2018). Toxicological effects of irregularly shaped and spherical microplastics in a marine teleost, the sheepshead minnow (*Cyprinodon variegatus*). *Marine Pollution Bulletin*, 129(1), 231–240. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.02.039>

Choque, G., & Mamani, A. (2013). Juliaca, ciudad abierta. Un eje articulador sureño. *Peru Hoy*, 22(10), 179–194. https://www.descosur.org.pe/wp-content/uploads/2014/12/Juliaca_PeruHoy_Dic2012.pdf

Chota-Macuyama, W., & Chong, J. (2020). Primer registro de ingestión de microplásticos por un pez de importancia comercial en la ciudad de Iquitos, Amazonía peruana. *Folia Amazónica*, 29(2), 179–188. <https://doi.org/10.24841/fa.v29i2.521>

Chowdhury, H., Chowdhury, T., & Sait, S. M. (2021). Estimating marine plastic pollution from COVID-19 face masks in coastal regions. *Marine Pollution Bulletin*, 168(March), 112419. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112419>

Choy, C. A., Robison, B. H., Gagne, T. O., Erwin, B., Firl, E., Halden, R. U., Hamilton, J. A., Katija, K., Lisin, S. E., Rolsky, C., & Van, K. S. (2020). The vertical distribution and biological transport of marine microplastics across the epipelagic and mesopelagic water column. *Scientific Reports*, 10(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-57573-y>

Cole, M., Lindeque, P. K., Fileman, E., Clark, J., Lewis, C., Halsband, C., & Galloway, T.

- S. (2016). Microplastics alter the properties and sinking rates of zooplankton faecal pellets. *Environmental Science & Technology*, 50(6), 3239–3246. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b05905>
- Collard, F., Gilbert, B., Eppe, G., Parmentier, E., & Das, K. (2015). Detection of anthropogenic particles in fish stomachs: an isolation method adapted to identification by Raman Spectroscopy. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 69(3), 331–339. <https://doi.org/10.1007/s00244-015-0221-0>
- Convenio de cooperación interinstitucional N° 906-2015. (2016). *Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Juliaca 2016-2025* (p. 37). <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5641655/4997450-iii-3-sub-sistema-economico-productivo.pdf?v=1704496442>
- Conzáles, F. A., & Osswald, T. (2016). Determinación de la degradación térmica de polímeros por análisis de cambio de color. *Ingeniería*, 21(1), 19–30. <http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.reving.2016.1.a02>
- De-La-torre, G. E. (2019). Microplásticos en el medio marino: una problemática que abordar. *Ciencia y Tecnología*, 15(1), 27–37. https://www.researchgate.net/publication/338263789_Microplasticos_en_el_medio_marino_una_problematika_que_abordar
- De-la-Torre, G. E., Apaza-Vargas, D. M., & Santillán, L. (2020). Microplastic ingestion and feeding ecology in three intertidal mollusk species from Lima, Peru. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 55(2), 167–171. <https://doi.org/10.22370/rbmo.2020.55.2.2502>
- De-la-Torre, G. E., Dioses-Salinas, D. C., Castro, J. M., Antay, R., Fernández, N. Y., Espinoza-Morriberón, D., & Saldaña-Serrano, M. (2020). Abundance and distribution of microplastics on sandy beaches of Lima, Peru. *Marine Pollution Bulletin*, 151, 110877. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110877>
- De-la-Torre, G. E., Dioses-Salinas, D. C., Pérez-Baca, B. L., & Santillán, L. (2019). Microplastic abundance in three commercial fish from the coast of Lima, Peru. *Brazilian Journal of Natural Sciences*, 2(3), 171. <https://doi.org/10.31415/bjns.v2i3.67>
- De la Barra, E., Maldonado, M., Vila, I., Ibáñez, C., Jégu, M., & Carvajal-Vallejos, F. (2020). Resumen del conocimiento sobre la biología y taxonomía del género *Orestias*

- Valenciennes 1839 (Actinopterygii, Cyprinodontiformes). *Neotropical Hydrobiology and Aquatic Conservation*, 1(2), 185–224. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969719344468>
- de Polanía, I. Z., & Peña, F. (2013). Plásticos en la agricultura: beneficio y costo ambiental: una revisión productos plasticos en la gricultura: beneficio y costo ambiental. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 16(1), 139–150. <https://www.aiu.edu/applications/DocumentLibraryManager/upload/1-1282014-182728-10487564.pdf>
- de Souza, J. S., de Pinho, J. V., de Almeida Rodrigues, P., de Melo, A. C., Bergsten-Torrallba, L. R., & Conte-Junior, C. A. (2024). A systematic review of microplastic contamination in commercially important bony fish and its implications for health. *Environments*, 11(8), 174. <https://doi.org/10.3390/environments11080174>
- de Titto, E., de Titto, G., & Savino, A. (2022). Plásticos: un mundo en expansión que requiere atención. *Isalud*, 17(83), 47–57. https://www.researchgate.net/profile/Ernesto-De-Titto/publication/363661412_Plasticos_un_mundo_en_expansion/links/6328993370cc936cd31db49e/Plasticos-un-mundo-en-expansion.pdf
- de Vries, A. N., Govoni, D., Árnason, S. H., & Carlsson, P. (2020). Microplastic ingestion by fish: Body size, condition factor and gut fullness are not related to the amount of plastics consumed. *Marine Pollution Bulletin*, 151(February), 110827. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110827>
- Debbarma, N., Gurjar, U. R., Ramteke, K. K., Shenoy, L., Nayak, B. B., Bhushan, S., Geethalakshmi, V., & Xavier, M. (2022). Abundance and characteristics of microplastics in gastrointestinal tracts and gills of croaker fish (*Johnius dussumieri*) from off Mumbai coastal waters of India. *Marine Pollution Bulletin*, 176(2015), 113473. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113473>
- Derraik, J. G. B. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 44(9), 842–852. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5)
- Ding, J.-F., Li, J.-X., Sun, C.-J., He, C.-F., Jiang, F.-H., Gao, F.-L., & Zheng, L. (2018). Separation and identification of microplastics in digestive system of bivalves. *Chinese*

Journal of Analytical Chemistry, 46(5), 690–697. [https://doi.org/10.1016/S1872-2040\(18\)61086-2](https://doi.org/10.1016/S1872-2040(18)61086-2)

Eerkes-Medrano, D., Thompson, R. C., & Aldridge, D. C. (2015). Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. *Water Research*, 75, 63–82. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.02.012>

El Peruano. (2018). *Ley N° 30884: ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables*. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1267346/Ley N° 30884.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1267346/Ley%20N%2030884.pdf)

Emenike, E. C., Okorie, C. J., Ojeyemi, T., Egbemhenghe, A., Iwuozor, K. O., Saliu, O. D., Okoro, H. K., & Adeniyi, A. G. (2023). From oceans to dinner plates: The impact of microplastics on human health. *Heliyon*, 9(10), e20440. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20440>

Eryaşar, A. R., Mutlu, T., Karaoğlu, K., Veske, E., & Gedik, K. (2024). Assessment of microplastic pollution in eleven commercial fish species in the Gulf of İzmir (Aegean Sea, eastern Mediterranean). *Marine Pollution Bulletin*, 208, 116932. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116932>

Espetia-Turpo, F. (2024). *Determinación de la presencia de microplásticos en los Uros y su bioacumulación en Trucha Arcoiris (Oncorhynchus mykiss) Puno – 2022* [UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA]. [file:///C:/Users/USER/Downloads/TESIS_Espetia_Turpo_Flor_Digna \(1\).pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/TESIS_Espetia_Turpo_Flor_Digna%20(1).pdf)

Espinosa, A. (2019). Microplásticos: del mar a tu estómago. *Newsweek Mexico*, 23(13), 50–52. <https://web.p.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=0&sid=32370d4f-1b54-4e9d-b251-50e8f4febb9c%40redis&bdata=JkF1dGhUeXBIPWlwLHNzbyZsYW5nPWVzJnNpdGU9ZWhvc3QtbGl2ZSZzY29wZT1zaXRl#db=fap&AN=138242465>

Espiritu, E. Q., Dayrit, S. A. S., Coronel, A. S. O., Paz, N. S. C., Ronquillo, P. I. L., Castillo, V. C. G., & Enriquez, E. P. (2019). Assessment of Quantity and Quality of Microplastics in the Sediments, Waters, Oysters, and Selected Fish Species in Key Sites Along the Bombong Estuary and the Coastal Waters of Ticalan in San Juan, Batangas. In *Universidad Ateneo de Manila* (p. 20). <https://archium.ateneo.edu/chemistry->

- Excell, C., Salcedo-La Viña, C., Worker, J., & Moses, E. (2018). Legal Limits on Single-Use Plastics and Microplastics: A Global Review of National Laws and Regulation. In *United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya*. <https://www.unep.org/resources/publication/legal-limits-single-use-plastics-and-microplastics-global-review-national>
- Fan, C., Huang, Y.-Z., Lin, J.-N., & Li, J. (2022). Microplastic quantification of nylon and polyethylene terephthalate by chromic acid wet oxidation and ultraviolet spectrometry. *Environmental Technology & Innovation*, 28, 102683. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102683>
- FAO. (2017). Microplastics in fisheries and aquaculture. In *FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS*. <http://www.fao.org/3/a-i7677e.pdf>
- Farrell, P., & Nelson, K. (2013). Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). *Environmental Pollution*, 177, 1–3. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.01.046>
- Fendall, L. S., & Sewell, M. A. (2009). Contributing to marine pollution by washing your face: microplastics in facial cleansers. *Marine Pollution Bulletin*, 58(8), 1225–1228. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.04.025>
- Fernández-Ojeda, C., Muniz, M. C., Cardoso, R. P., dos Anjos, R. M., Huaranga, E., Nakazaki, C., Henostroza, A., & Garcés-Ordóñez, O. (2021). Plastic debris and natural food in two commercially important fish species from the coast of Peru. *Marine Pollution Bulletin*, 173, 113039. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113039>
- Fischer, M., & Scholz-Bottcher, B. M. (2017). Simultaneous trace identification and quantification of common types of microplastics in environmental samples by pyrolysis-gas chromatography-mass spectrometry. *Environmental Science & Technology*, 51(9), 5052–5060. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.6b06362>
- Fossi, M. C., Coppola, D., Baini, M., Giannetti, M., Guerranti, C., Marsili, L., Panti, C., de Sabata, E., & Clò, S. (2014). Large filter feeding marine organisms as indicators of microplastic in the pelagic environment: the case studies of the Mediterranean basking shark (*Cetorhinus maximus*) and fin whale (*Balaenoptera physalus*). *Marine Environmental Research*, 100(2014), 17–24.

<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2014.02.002>

- Free, C. M., Jensen, O. P., Mason, S. A., Eriksen, M., Williamson, N. J., & Boldgiv, B. (2014). High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake. *Marine Pollution Bulletin*, *85*(1), 156–163. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.06.001>
- Frias, J. P. G. L., Antunes, J. C., & Sobral, P. (2013). Local marine litter survey - A case study in Alcobaça municipality, Portugal. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, *13*(2), 169–179. <https://doi.org/10.5894/rgci395>
- Fuentes, H. (2023). *Determinación de parasitosis gastrointestinal y respiratoria en ispi (Orestias ispi), carachi negro (Orestias agassii) Y carachi amarillo (Orestias luteus) en el Lago Titicaca de la región Puno-2023* [Universidad Católica de Santa María Facultad]. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/server/api/core/bitstreams/973efe6a-1811-42ff-9e81-9c46cd13d4dc/content>
- Funck, M., Yildirim, A., Nickel, C., Schram, J., Schmidt, T. C., & Tuerk, J. (2020). Identification of microplastics in wastewater after cascade filtration using Pyrolysis-GC–MS. *MethodsX*, *7*(19), 100778. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.100778>
- Furio, C. (2023). *Legislación de microplásticos añadidos intencionadamente: últimos avances*. AIMPLAS. <https://www.aimplas.es/blog/avances-en-legislacion-de-microplasticos-anadidos-intencionadamente/>
- Galafassi, S., Nizzetto, L., & Volta, P. (2019). Plastic sources: A survey across scientific and grey literature for their inventory and relative contribution to microplastics pollution in natural environments, with an emphasis on surface water. *Science of The Total Environment*, *693*, 133499. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.305>
- Garcés-Ordóñez, O., Mejía-Esquivia, K. A., Sierra-Labastidas, T., Patiño, A., Blandón, L. M., & Espinosa Díaz, L. F. (2020). Prevalence of microplastic contamination in the digestive tract of fishes from mangrove ecosystem in Cispatá, Colombian Caribbean. *Marine Pollution Bulletin*, *154*(2), 111085. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111085>
- Gewert, B., Plassmann, M. M., & MacLeod, M. (2015). Pathways for degradation of plastic polymers floating in the marine environment. *Environmental Science: Processes & Impacts*, *17*(9), 1513–1521. <https://doi.org/10.1039/C5EM00207A>
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever

- made. *Science Advances*, 3(7), 3–8. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Ghosh, T. (2025). Microplastics bioaccumulation in fish: Its potential toxic effects on hematology, immune response, neurotoxicity, oxidative stress, growth, and reproductive dysfunction. *Toxicology Reports*, 14, 101854. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2024.101854>
- Góngora, J. (2014). La industria del plástico en México y el mundo. *Comercio Exterior*, 64(5), 6–9. http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/761/3/la_industria_del_plastico.pdf
- Gu, X., Liu, S., Li, Y., Ouyang, W., He, M., Liu, X., & Lin, C. (2022). A review of sources, status, and risks of microplastics in the largest semi-enclosed sea of China, the Bohai Sea. *Chemosphere*, 135564. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135564>
- Gutierrez, R. (2013). *Análisis del contenido estomacal de Ispi (Orestias ispi)* [UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES]. <http://hdl.handle.net/123456789/4282>
- Güven, O., Gökdağ, K., Jovanović, B., & Kıdeyş, A. E. (2017). Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish. *Environmental Pollution*, 223, 286–294. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.01.025>
- Guzzetti, E., Sureda, A., Tejada, S., & Faggio, C. (2018). Microplastic in marine organism: environmental and toxicological effects. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 64, 164–171. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2018.10.009>
- Hamed, M., Martyniuk, C. J., Lee, J.-S., Shi, H., & Sayed, A. E.-D. H. (2023). Distribution, abundance, and composition of microplastics in market fishes from the Red and Mediterranean seas in Egypt. *Journal of Sea Research*, 194, 102407. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2023.102407>
- Hengstmann, E., & Fischer, E. K. (2019). Nile red staining in microplastic analysis—proposal for a reliable and fast identification approach for large microplastics. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(612), 1–9. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7786-4>
- Heo, Y., Cho, W.-S., Maruthupandy, M., Kim, S.-K., & Park, J.-W. (2022). Biokinetics of fluorophore-conjugated polystyrene microplastics in marine mussels. *Journal of*

Hazardous Materials, 438, 129471. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129471>

Hermesen, E., Mintenig, S. M., Besseling, E., & Koelmans, A. A. (2018). Quality Criteria for the Analysis of Microplastic in Biota Samples: A Critical Review. *Environmental Science & Technology*, 52(18), 10230–10240. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b01611>

Hernández-Sampieri, R. (2008). Metodología de la investigación: las rutas cuantativa, cualitativa y mixta. In *McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES*. http://www.biblioteca.cij.gob.mx/archivos/materiales_de_consulta/drogas_de_abuso/articulos/sampierilasrutas.pdf

Huamán, M. M. (2019). Contaminantes del ecosistema del Lago Titicaca de la región Puno y la gestión ambiental del turismo. In *Repositorio académico USMP*. <https://hdl.handle.net/20.500.12727/4825>

Huang, X., Leung, J. Y. S., Hu, M., Xu, E. G., & Wang, Y. (2022). Microplastics can aggravate the impact of ocean acidification on the health of a common mussel: insights from physiological performance, immunity and byssus properties. *Environmental Pollution*, 119701. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119701>

Iannacone, J., Huyhua, A., Alvarino, L., Valencia, F., Principe, F., Minaya, D., Ortega, J., Argota, G., & Castañeda, L. (2020). Microplásticos en la zona de marea alta y supralitoral de una playa arenosa del litoral costero costero del Perú. *The Biologist*, 17(2), 12. <https://doi.org/10.24039/rtb2019172369>

Iannacone, J., Principe, F., Minaya, D., Panduro, G., Carhuapoma, M., & Alvarino, L. (2021). Microplásticos en peces marinos de importancia económica en Lima, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 32(2), e20038. <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i2.20038>

IMARPE. (2010). *Parametros Biologicos De Las Principales Especies Ícticas Comerciales Del Lago Titicaca Para Una Adecuada Gestion Sostenible, 2007-2010* (p. 20). <http://www.imarpe.gob.pe>

Ineyathendral, T. R., Govindarajulu, B., & Priyanka, R. (2023a). Characterization and distribution of microplastics in the commercial fishes along the coast of Chennai. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 20, 100898. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2023.100898>

Ineyathendral, T. R., Govindarajulu, B., & Priyanka, R. (2023b). Characterization and

- distribution of microplastics in the commercial fishes along the coast of Chennai. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 20(2022), 100898. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2023.100898>
- IPERU. (2022). *Laguna de Arapa*. <https://www.iperu.org/laguna-de-arapa>
- Islam, T., Li, Y., Rob, M. M., & Cheng, H. (2022). Microplastic pollution in Bangladesh: research and management needs. *Environmental Pollution*, 308, 119697. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119697>
- Jaini, M., & Namboothri, N. (2023). Boat paint and epoxy fragments - Leading contributors of microplastic pollution in surface waters of a protected Andaman bay. *Chemosphere*, 312, 137183. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137183>
- Jang, Y., Nam Kim, K., & Woo, J. (2023). Post-consumer plastic packaging waste from online food delivery services in South Korea. *Waste Management*, 156, 177–186. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.11.036>
- Jin, R., Li, L., Wang, S., Hu, M., Huang, W., & Wang, Y. (2025). Microplastic accumulation in four commercial fish from fish market: Implications for human dietary risk assessment. *Food Control*, 176, 111332. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2025.111332>
- Kallenbach, E. M. F., Hurley, R. R., Lusher, A., & Friberg, N. (2021). Chitinase digestion for the analysis of microplastics in chitinaceous organisms using the terrestrial isopod *Oniscus asellus* L. as a model organism. *Science of The Total Environment*, 786, 147455. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147455>
- Käppler, A., Fischer, D., Oberbeckmann, S., Schernewski, G., Labrenz, M., Eichhorn, K. J., & Voit, B. (2016). Analysis of environmental microplastics by vibrational microspectroscopy: FTIR, Raman or both? *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 408(29), 8377–8391. <http://dx.doi.org/10.1007/s00216-016-9956-3>
- Khan, H. S., Hasan, J., Manik, M., Farukh, M. A., & Shahjahan, M. (2024). Pervasiveness of microplastics in the gastrointestinal tract of some selected fish species from Turag River alongside the capital city of Bangladesh. *Emerging Contaminants*, 10(3), 100309. <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2024.100309>
- Kibria, G. (2022). Global Review and Analysis of the Presence of Microplastics in Fish. *Asian Fisheries Science*, 35(3), 191–256. <https://doi.org/10.33997/j.afs.2022.35.3.003>

- Kılıç, E., & Yücel, N. (2022). Microplastic occurrence in the gastrointestinal tract and gill of bioindicator fish species in the northeastern Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*, 177, 113556. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113556>
- Li, C., Busquets, R., & Campos, L. C. (2020). Assessment of microplastics in freshwater systems: A review. *Science of The Total Environment*, 707, 135578. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135578>
- Liu, Q., Wu, H., Chen, J., Guo, B., Zhao, X., Lin, H., Li, W., Zhao, X., Lv, S., & Huang, C. (2022). Adsorption mechanism of trace heavy metals on microplastics and simulating their effect on microalgae in river. *Environmental Research*, 214, 113777. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113777>
- Loayza, E., Trigos Barrientos, A. C., & Janssens, G. P. J. (2022). Evidence of microplastics in water and commercial fish from a high-altitude mountain lake (Lake Titicaca). *PeerJ*, 10, e14112. <https://doi.org/10.7717/peerj.14112>
- Löder, M. G. J., Kuczera, M., Mintenig, S., Lorenz, C., & Gerdt, G. (2015). Focal plane array detector-based micro-Fourier-transform infrared imaging for the analysis of microplastics in environmental samples. *Environmental Chemistry*, 12(5), 563. <https://doi.org/10.1071/EN14205>
- Lu, Y., Zhang, Y., Deng, Y., Jiang, W., Zhao, Y., Geng, J., Ding, L., & Ren, H. (2016). Uptake and Accumulation of Polystyrene Microplastics in Zebrafish (*Danio rerio*) and Toxic Effects in Liver. *Environmental Science & Technology*, 50(7), 4054–4060. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b00183>
- Lusher, A., Hollam, P., & Mendoza-Hill, 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. [https://oceanrep.geomar.de/id/eprint/49179/1/Microplastics in fisheries and aquaculture.pdf%0A\(www.fao.org/publications](https://oceanrep.geomar.de/id/eprint/49179/1/Microplastics_in_fisheries_and_aquaculture.pdf%0A(www.fao.org/publications)
- Lusher, A. L., & Hernandez-Milian, G. (2018). Microplastic extraction from marine vertebrate digestive tracts, regurgitates and scats: a protocol for researchers from all experience levels. *Bio-Protocol*, 8(22), e3087–e3087. <https://doi.org/10.21769/BioProtoc.3087>
- Mahamud, A. G. M. S. U., Anu, M. S., Baroi, A., Datta, A., Khan, M. S. U., Rahman, M.,

- Tabassum, T., Tanwi, J. T., & Rahman, T. (2022). Microplastics in fishmeal: a threatening issue for sustainable aquaculture and human health. *Aquaculture Reports*, 25, 101205. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101205>
- Manrique Muñante, R. E. (2020). Microplásticos: el enorme problema de pequeñas partículas de plástico. *Revista de Química*, 34(1–2). https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2020000400306&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- Manrique, R. E. (2019). *Microplásticos en sedimentos fluviales de la cuenca baja y desembocadura del río Jequetepeque, Perú* [Pontificia Universidad catolioca del peru]. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/15030>
- Martín, J., Santos, J. L., Aparicio, I., & Alonso, E. (2022). Microplastics and associated emerging contaminants in the environment: Analysis, sorption mechanisms and effects of co-exposure. *Trends in Environmental Analytical Chemistry*, 35, e00170. <https://doi.org/10.1016/j.teac.2022.e00170>
- Massuga, F., Larson, M. A., Kuasoski, M., & Dias Oliveira, S. L. (2022). Resíduos plásticos e sustentabilidade: reflexos e impactos da pandemia de COVID-19 no contexto sociocultural e ambiental. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 16, 1–17. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v16.2860>
- McIlwraith, H. K., Kim, J., Helm, P., Bhavsar, S. P., Metzger, J. S., & Rochman, C. M. (2021). Evidence of Microplastic Translocation in Wild-Caught Fish and Implications for Microplastic Accumulation Dynamics in Food Webs. *Environmental Science & Technology*, 55(18), 12372–12382. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c02922>
- Mintenig, S. M., Bäuerlein, P. S., Koelmans, A. A., Dekker, S. C., & van Weze, A. P. (2018). Closing the gap between small and smaller: towards a framework to analyse nano- and microplastics in aqueous environmental samples. *Environmental Sciencia: Nano*, 7, 1640–1649. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2018/en/c8en00186c/unauth>
- Mio-Díaz, M., & Álvarez, M. E. (2024). Frecuencia de ocurrencia de microplásticos en contenido gastrointestinal de orestias sp. y odontesthes bonariensis de la laguna Pomacanchi-Acomayo-Cusco. *Q'EUÑA*, 14(2), 7–12. <https://doi.org/10.51343/rq.v14i2.1293>
- Monroy, M., Maceda-Veiga, A., Caiola, N., & De Sostoa, A. (2014). Trophic interactions

- between native and introduced fish species in a littoral fish community. *Journal of Fish Biology*, 85(5), 1693–1706. <https://doi.org/10.1111/jfb.12529>
- Moreno, J. (2014). Tipos de investigación. *DIVULGARE Boletín Científico de La Escuela Superior de Actopan*, 1(1). <https://doi.org/10.29057/esa.v1i1.1580>
- Morillo-Velarde, L. (2021). *Efectos potenciales de los microplásticos en la salud humana* [Universidad de Sevilla]. <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/133051/MORILLO VELARDE MARTINEZ LOURDES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Müggenburg, M. C., & Pérez, I. (2007). Tipos de estudio en el enfoque de investigación cuantitativa. *Revista Enfermería Universitaria ENEO-UNAM*, 4(1), 35–38. <http://www.redalyc.org/pdf/3587/358741821004.pdf>
- Na, S., Kim, M.-J., Kim, J., Batool, R., Cho, K., Chung, J., Lee, S., & Kim, E.-J. (2024). Fate and potential risks of microplastic fibers and fragments in water and wastewater treatment processes. *Journal of Hazardous Materials*, 463, 132938. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.132938>
- Neves, D., Sobral, P., Ferreira, J. L., & Pereira, T. (2015a). Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast. *Marine Pollution Bulletin*, 101(1), 119–126. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.11.008>
- Neves, D., Sobral, P., Ferreira, J. L., & Pereira, T. (2015b). Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast. *Marine Pollution Bulletin*, 101(1), 119–126. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.11.008>
- Nie, H., Wang, J., Xu, K., Huang, Y., & Yan, M. (2019). Microplastic pollution in water and fish samples around Nanxun Reef in Nansha Islands, South China Sea. *Science of The Total Environment*, 696, 134022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134022>
- Nyberg, B., Harris, P. T., Kane, I., & Maes, T. (2023). Leaving a plastic legacy: current and future scenarios for mismanaged plastic waste in rivers. *Science of The Total Environment*, 869, 161821. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161821>
- Ofoegbu, O., Onuwa, P. O., Kelle, H. I., Onogwu, S. U., Ajakaye, O. J., Lullah-Deh, J. A., Egwumah, J., & Unongul, T. P. (2024). The Environmental and Health Implications of Microplastics on Human and Aquatic Life. *International Journal of Research and Innovation in Applied Science*, IX(IX), 367–377. <https://doi.org/10.51584/IJRIAS.2024.909031>

- Ogonowski, M., Gerdes, Z., & Gorokhova, E. (2018). What we know and what we think we know about microplastic effects-a critical perspective. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 1, 41–46. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.09.001>
- Okwesili, J., Chinyere, N., & Chidi, N. (2016). Urban solid waste management and environmental sustainability in Abakaliki Urban, Nigeria. *European Scientific Journal, ESJ*, 12(23), 155. <https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n23p155>
- Oliveira, C. W. de S., Corrêa, C. D. S., & Smith, W. S. (2020). Food ecology and presence of microplastic in the stomach content of neotropical fish in an urban river of the upper Paraná River Basin. *Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 15(4), 1. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2551>
- Onaji, M. O., Abolude, D. S., Abdullahi, S. A., Faria, L. D. B., & Chia, M. A. (2025). Analysis of microplastic contamination and associated human health risks in *Clarias gariepinus* and *Oreochromis niloticus* from Kubanni Reservoir, Zaria Nigeria. *Environmental Pollution*, 364, 125328. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.125328>
- Ordoñez, K. G., & Sanchez, A. V. (2019). Identificación de microplásticos en recursos hidrobiológicos: agua y especies de importancia comercial; *Odontesthes Bonariensis* y *Orestias Luteus* en el lago Titicaca - Bahía de Puno, 2018 [Universidad Católica de Santa María]. In *Universidad Católica de Santa María*. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/9423>
- Ortiz, T. de J. (2021). Una mirada hacia los plásticos. *Épsilon Delta de Las Ciencias UNA*, 11(1), 1–5. <http://www.ittehuacan.edu.mx/revista/vol011-2021/espacioquimico2021.pdf>
- Ory, N. C., Sobral, P., Ferreira, J. L., & Thiel, M. (2017). Amberstripe scad *Decapterus muroadsi* (Carangidae) fish ingest blue microplastics resembling their copepod prey along the coast of Rapa Nui (Easter Island) in the South Pacific subtropical gyre. *Science of The Total Environment*, 586, 430–437. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.175>
- Osborne, H. (2018). Microplásticos en heces humanas. *Newsweek Mexico*, 22(44), 42–43. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=133745810&lang=es&site=ehost-live>

- Pandey, N., Verma, R., Patnaik, S., & Anbumani, S. (2023). Abundance, characteristics, and risk assessment of microplastics in indigenous freshwater fishes of India. *Environmental Research*, 218, 115011. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.115011>
- Paredes, J., Sanchez, A., Ordoñez, K., & Palo, M. (2019). *Caracterización de microplásticos en los recursos hidrobiológicos del Lago Titicaca*. <https://core.ac.uk/download/pdf/233005269.pdf>
- Pari, D., & Mamani, M. (2019). Consumo de *Orestias agassii* y *Orestias luteus* “Carachi” en la ciudad de Puno. *Revista Investigación Universitaria*, 9(1), 149–159. <http://revistas.unu.edu.pe/index.php/iu/article/view/106>
- Patidar, K., Alluhayb, A. H., Younis, A. M., Dumka, U. C., & Ambade, B. (2024). Investigation of microplastic contamination in the gastrointestinal tract of fish: A comparative study of various freshwater species. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 136, 103760. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2024.103760>
- Perdomo, G. A. (2002). Plástico y medio ambiente. *Revista Iberoamericana Polímeros*, 3(2), 1–13. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/59214400/REVISTA_SOBRE_PLASTICOS20190511-120589-1ic8uu6-libre.pdf?1557596729=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DRevista_Iberoamericana_Polimeros_Volumen.pdf&Expires=1676393067&Signature=e54AlwZ5bk1cZer
- Pinto, M. C., Ortega, H., & Espinoza, M. (2016). La diversidad de peces del lago Titicaca: una revisión actualizada. *Revista Peruana de Biología*, 23(2), 123–132. <https://www.repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/21904#:~:text=Los datos de abundancia se, en la ingesta de microplásticos.>
- Piskula, P., & Astel, A. (2024). Occurrence of microplastics in commercial fishes from aquatic ecosystems of northern Poland. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 24(3), 492–505. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2023.12.005>
- Pitt, J. A., Gallager, S. M., Youngs, S., Michel, A. P. M., Hahn, M. E., & Aluru, N. (2024). The abundance and localization of environmental microplastics in gastrointestinal tract and muscle of Atlantic killifish (*Fundulus heteroclitus*): a pilot study. *Microplastics and Nanoplastics*, 4(1), 23. <https://doi.org/10.1186/s43591-024-00101-w>
- PlasticsEurope. (2012). *Plásticos – Situación en 2012 Análisis de la producción, la demanda*

- y de la recuperación de plástico en Europa en 2011.*
https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:HmhBMydfjmwJ:https://legacy.plasticseurope.org/download_file/force/1290/632&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=pe
- Posada, B. (2012). La degradación de los plásticos. In *Revista Universidad EAFIT* (Vol. 30, Issue 94, pp. 67–86). <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/1408>
- Prata, J. C., da Costa, J. P., Lopes, I., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. (2020). Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects. *Science of The Total Environment*, 702(February), 134455. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134455>
- PROVINCIA DE SAN ROMÁN. (2016). *Sub Sistema Socio Cultural* (p. 66). <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5641654/4997450-iii-2-sub-sistema-socio-cultural.pdf?v=1704496441>
- Purca, S., & Henostroza, A. (2017). Presencia de microplásticos en cuatro playas arenosas de Perú. *Revista Peruana de Biología*, 24(1), 101–106. <https://doi.org/10.15381/rpb.v24i1.12724>
- Quiroz, F., Cadena, F., Sinche, L., Chango, I., & Aldás, M. (2009). Estudio de la degradación en polímeros oxo-biodegradables. *Revista Politécnica*, 30(1), 179–191. <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5537/1/Francisco-Quiroz.pdf>
- Ramirez, E. (2004). *Plan de desarrollo, Juliaca 2004 - 2015* (p. 295). https://eudora.vivienda.gob.pe/observatorio/PDU_MUNICIPALIDADES/JULIACA/PDU-JULIACA.pdf
- Ramos, C. A. (2015). Los paradigmas de la investigación científica. *Avances En Psicología*, 23(1), 9–17. <https://doi.org/10.33539/avpsicol.2015.v23n1.167>
- Rios, D. A. (2017). *Caracterización de los microplásticos e identificación de su origen, en el balneario Costa Azul, Ventanilla – Callao 2017* [Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/14306>
- Rivas, G. (2022). *Estudio de microplásticos en contenido estomacal de la especie pelágica *Scomber colias* en el Golfo de Cádiz* Grado en Biología Universidad de Sevilla [Universidad de Sevilla]. https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/159131/TFG_Gabriel Rivas

Mena.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Rivas, M., & Ornela, G. (2022). Impacto de la contaminación por plásticos en la biodiversidad y patrimonio biocultural de México. *Heinrich Böll Stiftung*, 1–10. <https://mx.boell.org/es/2021/03/10/impacto-de-la-contaminacion-por-plasticos-en-la-biodiversidad-y-patrimonio-biocultural>
- Riveros, G. C. (2024). *Microplásticos en peces nativos del género Orestias spp del lago Titicaca que son destinados al consumo humano - Perú* [UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO]. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_Joel_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rochman, C. M., Hoh, E., Hentschel, B. T., & Kaye, S. (2013). Long-Term Field Measurement of Sorption of Organic Contaminants to Five Types of Plastic Pellets: Implications for Plastic Marine Debris. *Environmental Science & Technology*, 130109073312009. <https://doi.org/10.1021/es303700s>
- Rochman, C. M., Lewison, R. L., Eriksen, M., Allen, H., Cook, A.-M., & Teh, S. J. (2014). Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in fish tissue may be an indicator of plastic contamination in marine habitats. *Science of The Total Environment*, 476–477, 622–633. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.01.058>
- Rodríguez, P. (2021). *Tipos de plásticos: clasificación y reciclaje*. Dkv 360. <https://dkv.es/corporativo/blog-360/medioambiente/reciclaje/tipos-de-plasticos>
- Rubiano, J. L., Pérez, M. A., Barrera, O. A., Orozco, W., Quesada, F., Diaz, M. Á., & Gaviria, L. A. (2011). Manejo de los materiales plásticos reciclados y mejoramiento de sus propiedades. *Revista Facultad de Ingeniería*, 1(1), 53–60. <http://186.28.225.70/index.php/ingeuan/article/view/219/180>
- Ruiz, J. B. (2021). *Evidenciación de la presencia de microplásticos en agua, sedimento y tracto digestivo de tilapia (Oreochromis aureus) proveniente de la laguna de Catemaco, Veracruz* [INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE SAN ANDRÉS TUXTLA]. file:///C:/Users/Lisset/Downloads/151U0352“EVIDENCIACIÓN DE LA PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS EN.pdf
- Saha, G., & Saha, S. C. (2024). Tiny Particles, Big Problems: The Threat of Microplastics to Marine Life and Human Health. *Processes*, 12(7), 1401.

<https://doi.org/10.3390/pr12071401>

- Sait, S. T. L., Sørensen, L., Kubowicz, S., Vike-Jonas, K., Gonzalez, S. V, Asimakopoulos, A. G., & Booth, A. M. (2021). Microplastic fibres from synthetic textiles: Environmental degradation and additive chemical content. *Environmental Pollution*, 268, 115745. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115745>
- Santiago, J. M., & de Ambrosio, L. (1999). Estudio de las actividades y mejora de las condiciones de producción acuícola en el Lago Titicaca (Perú). *Estudios Biológicos, S.L., 1*, 1–116. <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/67098857/>
- Sayed, A. E. H., Hamed, M., Badrey, A. E. A., Ismail, R. F., Osman, Y. A. A., Osman, A. G. M., & Soliman, H. A. M. (2021). Microplastic distribution, abundance, and composition in the sediments, water, and fishes of the Red and Mediterranean seas, Egypt. *Marine Pollution Bulletin*, 173, 112966. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112966>
- Segura, R., Guardia, M., & Cervantes, A. (2013). Encuesta de la pesca artesanal en el lago Titicaca (Junio-diciembre 2006). *Instituto Del Mar Del Perú*, 40(4), 274–290. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/2244>
- Shim, W. J., Song, Y. K., Hong, S. H., & Jang, M. (2016). Identification and quantification of microplastics using Nile Red staining. *Marine Pollution Bulletin*, 113(1–2), 469–476. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.10.049>
- Silva, Z. A. (2020). *Estudio del manejo de residuos plásticos en Colombia [TECNOLÓGICO DE ANTIOQUIA]*. [https://dspace.tdea.edu.co/bitstream/handle/tdea/952/Residuos plasticos.pdf](https://dspace.tdea.edu.co/bitstream/handle/tdea/952/Residuos%20plasticos.pdf)
- Smith, M., Love, D. C., Rochman, C. M., & Neff, R. A. (2018). Microplastics in Seafood and the Implications for Human Health. *Current Environmental Health Reports*, 5(3), 375–386. <https://doi.org/10.1007/s40572-018-0206-z>
- Sostoa, A., Doadrio, I., Ornelas, C. P., Caiola, N., Pedraza, C., Flores, O., Monroy, M., & Maceda, A. (2010). *Estudio genético de las especies ícticas nativas del lago Titicaca. Caracterización y estructura poblacional* (p. 173). <https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-puno/archivos/public/docs/395.pdf>
- Srisiri, S., Haetrakul, T., Dunbar, S. G., & Chansue, N. (2024). Microplastic contamination in edible marine fishes from the upper Gulf of Thailand. *Marine Pollution Bulletin*,

198, 115785. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115785>

- Sruthy, S., & Ramasamy, E. V. (2017). Microplastic pollution in Vembanad Lake, Kerala, India: the first report of microplastics in lake and estuarine sediments in India. *Environmental Pollution*, 222, 315–322. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.12.038>
- Stanton, T., Chico, G., Carr, E., Cook, S., Gomes, R. L., Heard, E., Law, A., Wilson, H. L., & Johnson, M. (2022). Planet Patrolling: A citizen science brand audit of anthropogenic litter in the context of national legislation and international policy. *Journal of Hazardous Materials*, 436, 129118. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129118>
- Steer, M., Cole, M., Thompson, R. C., & Lindeque, P. K. (2017). Microplastic ingestion in fish larvae in the western English Channel. *Environmental Pollution*, 226, 250–259. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.03.062>
- Sun, W., Yan, S., Meng, Z., Tian, S., Jia, M., Huang, S., Wang, Y., Zhou, Z., Diao, J., & Zhu, W. (2022). Combined ingestion of polystyrene microplastics and epoxiconazole increases health risk to mice: based on their synergistic bioaccumulation in vivo. *Environment International*, 107391. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107391>
- Toledo, Á. (2019). Revisión bibliográfica de los métodos de análisis de micro(nano)plásticos en el medioambiente y en la biota marina. *Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)*, 1–64. <http://e-spacio.uned.es/fez/view/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Matoledo>
- Tonelli, M. (2022). *La visión de la industria argentina respecto de la gestión de los plásticos*. <https://www.iswa.org/event/webinar-resolucion-unea-fin-de-la-contaminacion-por-plasticos-rumbo-a-un-instrumento-legalmente-vinculante/?v=3acf83834396>
- Tourinho, P. S., Ivar do Sul, J. A., & Fillmann, G. (2010). Is marine debris ingestion still a problem for the coastal marine biota of southern Brazil? *Marine Pollution Bulletin*, 60(3), 396–401. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.10.013>
- Tsang, Y. Y. (2019). Microplastic Pollution in Coastal Areas of Hong Kong and Its Potential Impacts. *ProQuest Dissertations & Theses*, 27662622. <https://www.proquest.com/openview/8fea6ddd6444ed86bfe6313b7ec09813/1?pq-origsite=gscholar&cbl=51922&diss=y>
- Turner, A., & Holmes, L. (2011). Occurrence, distribution and characteristics of beached

- plastic production pellets on the island of Malta (central Mediterranean). *Marine Pollution Bulletin*, 62(2), 377–381. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.09.027>
- USAID. (2020). *Estudio de caso: Los desechos plásticos en el mar y la gestión de residuos sólidos en Perú*. file:///C:/Users/MACIAS YANAYACO
- Vairaperumal, T., Selvaraj, D., & Chakraborty, P. (2024). Microplastic in the environment: sources, workflow, identification techniques, and impacts on human health. In *Role of Green Chemistry in Ecosystem Restoration to Achieve Environmental Sustainability* (pp. 91–103). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15291-7.00002-X>
- Valenzuela, D. M. (2018). *Alimentación de alevinos de Orestias agassii y Orestias luteus a base de nauplios de Artemia salina* [Univeridad Nacional del Altiplano de Puno]. <http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle>
- Vaux, P., Wurtsbaugh, W., Trevino, H., Marino, L., Bustamante, E., Torres, J., Richerson, P., & Alfaro, R. (1988). Ecology of the pelagic fishes of Lake Titicaca, Peru-Bolivia. *Biotropica*, 20(3), 220–229. <https://doi.org/10.2307/2388237>
- Vázquez, A., Velasco, M., Espinosa, R. M., Morales, M., Hernández, S., Ordaz, M. Y. L., & Almeida, H. J. (2016). Generación, legislación y valorización de reisduos plásticos en Iberoamérica. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32, 63–76. <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.05.05>
- Vellore Mohan, A., Kuttykattil, A., Toshiaki, I., & Sudhakaran, R. (2024). Assessment of microplastic contamination in commercially available fishes. *Marine Environmental Research*, 196, 106412. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2024.106412>
- Vila, I., Pardo, R., & Scott, S. (2007). Freshwater fishes of the Altiplano. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 10(2), 201–211. <https://doi.org/10.1080/14634980701351395>
- Villa-carvajal, M., Rivera, J. D., Capilla, V., & Gardé, J. A. (2008). Degradación biológica de polímeros mediante la selección y producción de potenciales cultivos iniciadores. *II Congreso Iberoamericano Sobre Seguridad Alimentaria*, 1–6. <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/9101420>
- Vroom, R. J. E., Koelmans, A. A., Besseling, E., & Halsband, C. (2017). Aging of microplastics promotes their ingestion by marine zooplankton. *Environmental Pollution*, 231, 987–996. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.088>

- Wagner, S., Hüffer, T., Klöckner, P., Wehrhahn, M., Hofmann, T., & Reemtsma, T. (2018). Tire wear particles in the aquatic environment - a review on generation, analysis, occurrence, fate and effects. *Water Research*, *139*, 83–100. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.03.051>
- Wang, Z.-M., Wagner, J., Ghosal, S., Bedi, G., & Wall, S. (2017). SEM/EDS and optical microscopy analyses of microplastics in ocean trawl and fish guts. *Science of The Total Environment*, 616–626. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.047>
- Welden, N. A., & Cowie, P. R. (2017). Degradation of common polymer ropes in a sublittoral marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, *118*(1–2), 248–253. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.02.072>
- Wright, S. L., & Kelly, F. J. (2017). Plastic and human health: a micro issue? *Environmental Science & Technology*, *51*(12), 6634–6647. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00423>
- 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>
- Wu, P., Lin, S., Cao, G., Wu, J., Jin, H., Wang, C., Wong, M. H., Yang, Z., & Cai, Z. (2022). Absorption, distribution, metabolism, excretion and toxicity of microplastics in the human body and health implications. *Journal of Hazardous Materials*, *437*, 129361. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129361>
- Yan, X., Cao, Z., Murphy, A., & Qiao, Y. (2022). An ensemble machine learning method for microplastics identification with FTIR spectrum. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, *10*(4), 108130. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.108130>
- Yin, X., Wu, J., Liu, Y., Chen, X., Xie, C., Liang, Y., Li, J., & Jiang, Z. (2022). Accumulation of microplastics in fish guts and gills from a large natural lake: Selective or non-selective? *Environmental Pollution*, *309*, 119785. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119785>
- Yoo, J., Cho, H., Jeon, M., Jeong, C.-B., Jung, J.-H., & Lee, Y. (2021). Effects of polystyrene in the brackish water flea *Diaphanosoma celebensis*: Size-dependent acute toxicity, ingestion, egestion, and antioxidant response. *Aquatic Toxicology*, *235*, 105821. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2021.105821>
- Yuan, W., Liu, X., Wang, W., Di, M., & Wang, J. (2019). Microplastic abundance,

- distribution and composition in water, sediments, and wild fish from Poyang Lake, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 170, 180–187. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.11.126>
- Zarate, M., & Iannacone, J. (2020). Microplásticos en tres playas arenosas de la costa central del Perú [Universidad Científica del Sur]. In *Rev. Salud ambient.* (Vol. 21, Issue 2). <https://doi.org/10.21142/tl.2020.1435>
- Zepita, C., Hugueny, B., Esquer, Y., Pinto, J., & Ibañez, C. (2013). *Variación en la ecología de las poblaciones de Orestias agassii y Orestias luteus (Pisces-Cyprinodontidae) en los Lagos Titicaca, Uru Uru y Poopó* (p. 9). <https://1library.co/document/y4mm3m5y-variacion>
- Zhao, B., Rehati, P., Yang, Z., Cai, Z., Guo, C., & Li, Y. (2024). The potential toxicity of microplastics on human health. *Science of The Total Environment*, 912, 168946. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168946>

ANEXOS

Anexo 1

Recolección de los individuos de las muestras.



Nota. Recolección en los mercados de (a) Cerro Colorado, (b) Santa Barbara, (c) Manco Cápac, (d) Las Mercedes y (e) Pedro Vilcapaza.

Anexo 2

Rotulado y transporte de las muestras.



Nota. Las muestras fueron recolectadas de los mercados de: (a) Cerro Colorado, (b) Santa Barbara, (c) Manco Cápac, (d) Las Mercedes y (e) Pedro Vilcapaza.

Anexo 3

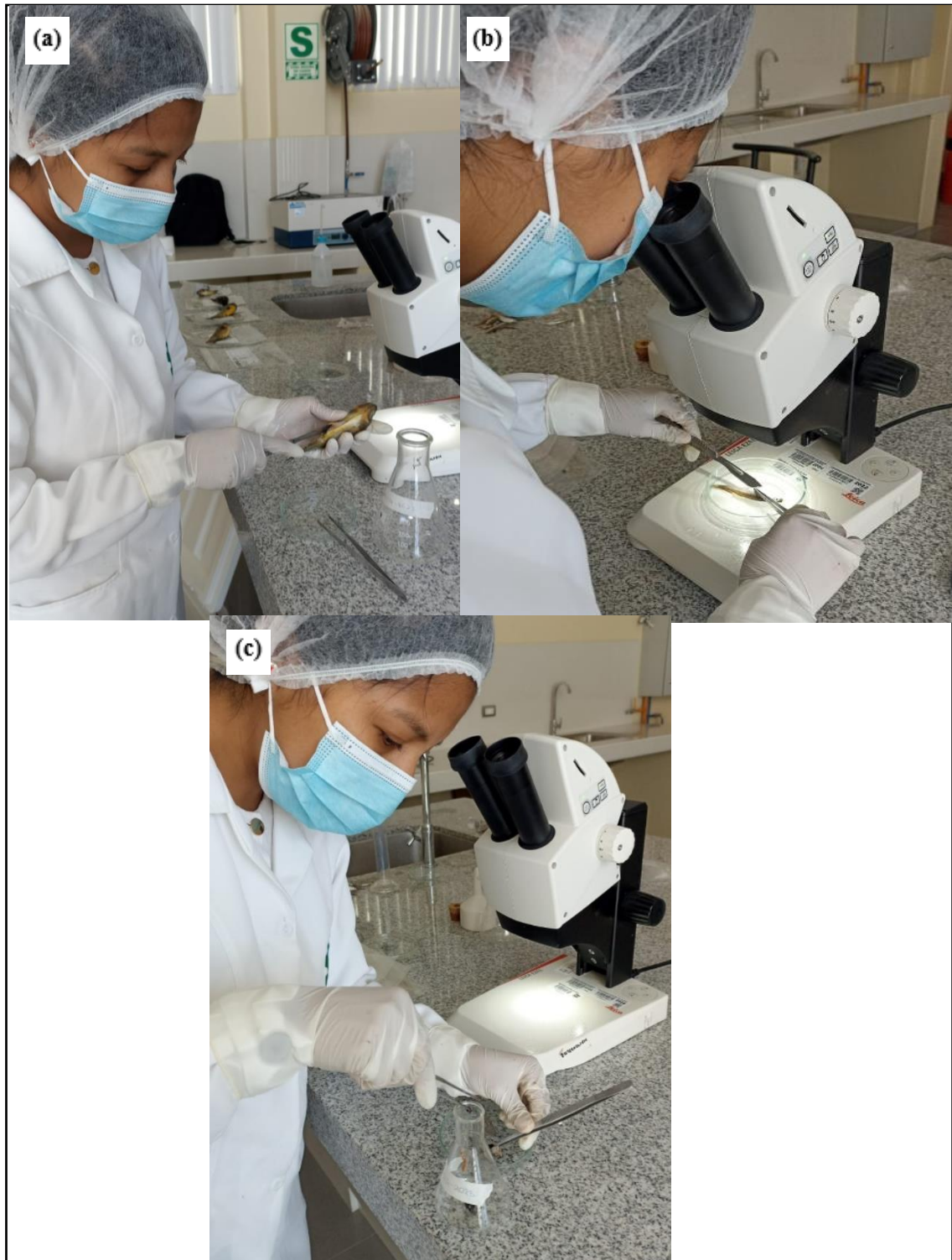
Obtención de la información biológica.



Nota. Información morfométrica por los cual: (a) lavado de la especie *Orestias luteus* con agua destilada (b) lavado de la especie *Orestias ispi* con agua destilada, (c) determinación del peso corporal de los peces, (d) determinación de la longitud total de los peces.

Anexo 4

Extracción del tracto digestivo de las muestras.



Nota. (a) Incisión del ano hasta la boca de *Orestias luteus*, (b) incisión del ano hasta la boca de *Orestias ispi* con ayuda de un estereoscopio, (c) Colocación del tracto gastrointestinal en el matraz.

Anexo 5

Digestión del tracto gastrointestinal de las muestras.



Nota. (a) vaciado de 80 ml de KOH al 10% y 50 ml de KOH al 10% en el matraz Erlenmeyer, (b) sellado de los matraces con papel aluminio, (c) colocación de los matraces en la mufla durante 24 horas a 60°C (d) enfriamiento de los matraces a temperatura ambiente.

Anexo 6

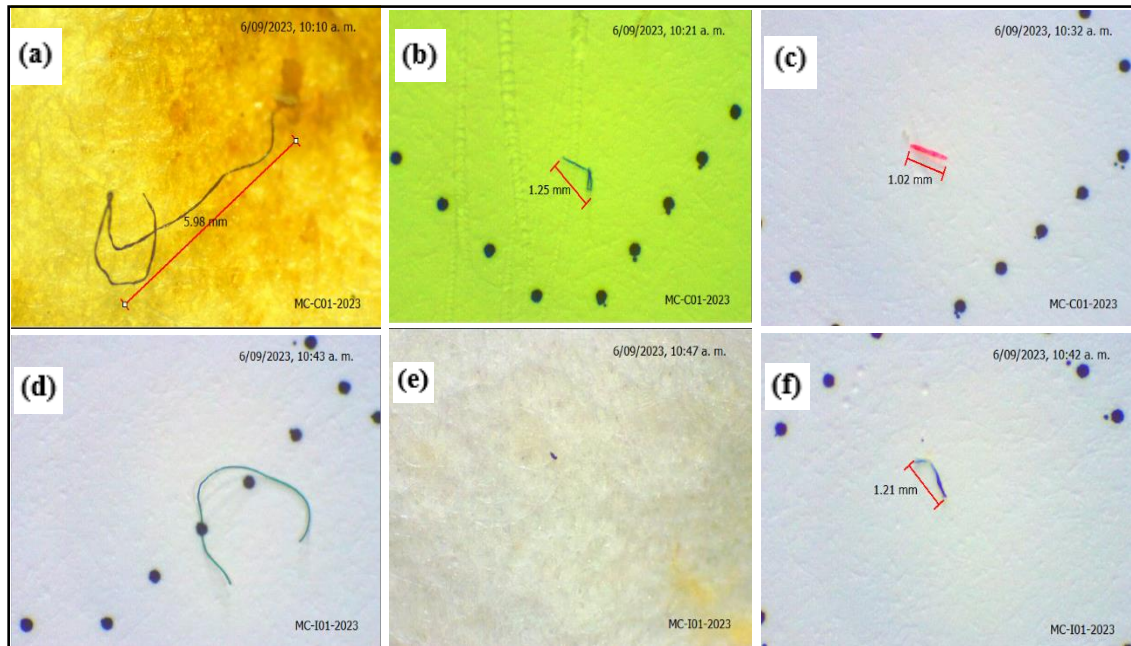
Filtrado de las muestras digeridas.



Nota. (a) armado del sistema de filtrado con la bomba de vacío, matraz Kitasato y embudo Buchner, (b) colocado del filtro Whatman 42 en el embudo Buchner, (c) Vaciado de las muestras digeridas en el sistema de filtrado y el (d) conteo de las partículas presentes en los filtros secos.

Anexo 7

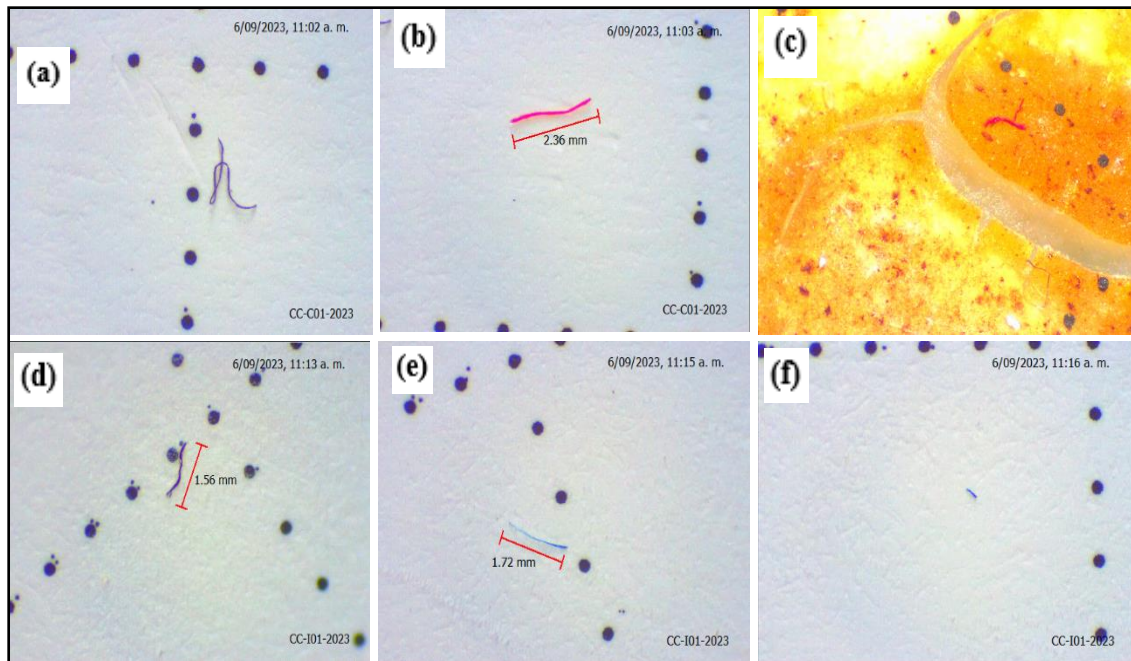
Partículas encontradas en las muestras de Manco Cápac.



Nota. Caracterización de los microplásticos forma y color en *Orestias luteus*: (a) fibra negra, (b) fibra fucsia, (c) fibra fucsia y en *Orestias ispi*: (d) fibra verde, (e) fragmento azul, (f) fibra azul.

Anexo 8

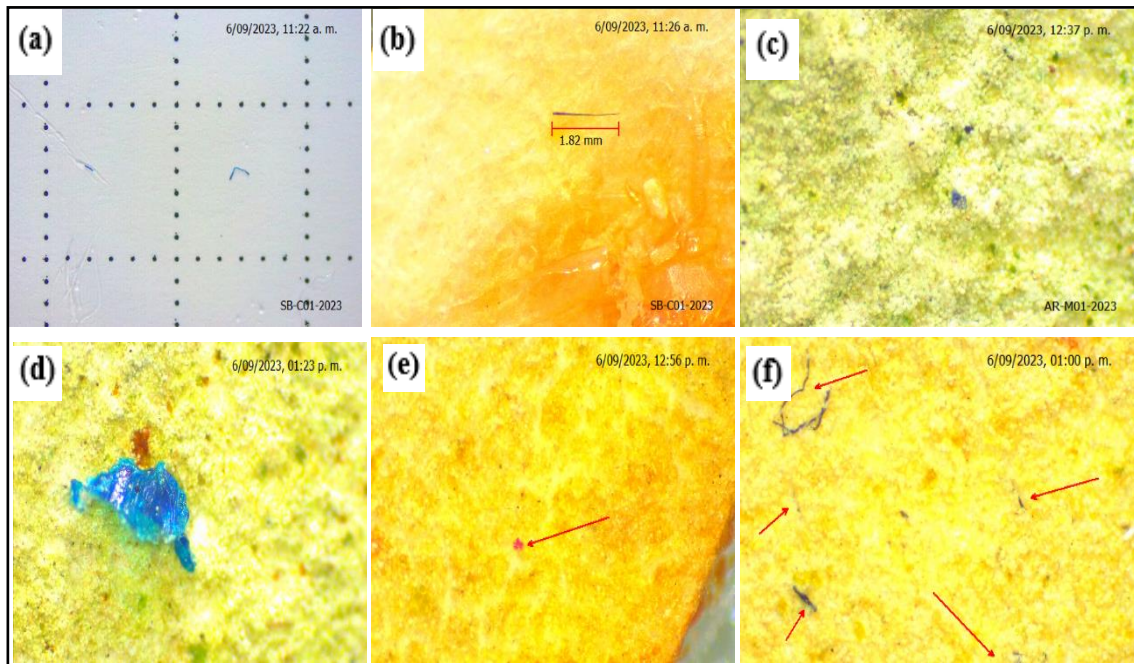
Partículas encontradas en las muestras de Cerro Colorado.



Nota. Caracterización de los microplásticos por forma y color en *Orestias luteus*: (a) fibra azul, (b) fibra fucsia, (c) fibra fucsia y en *Orestias ispi*: (d), (e) y (f) fibra azul.

Anexo 9

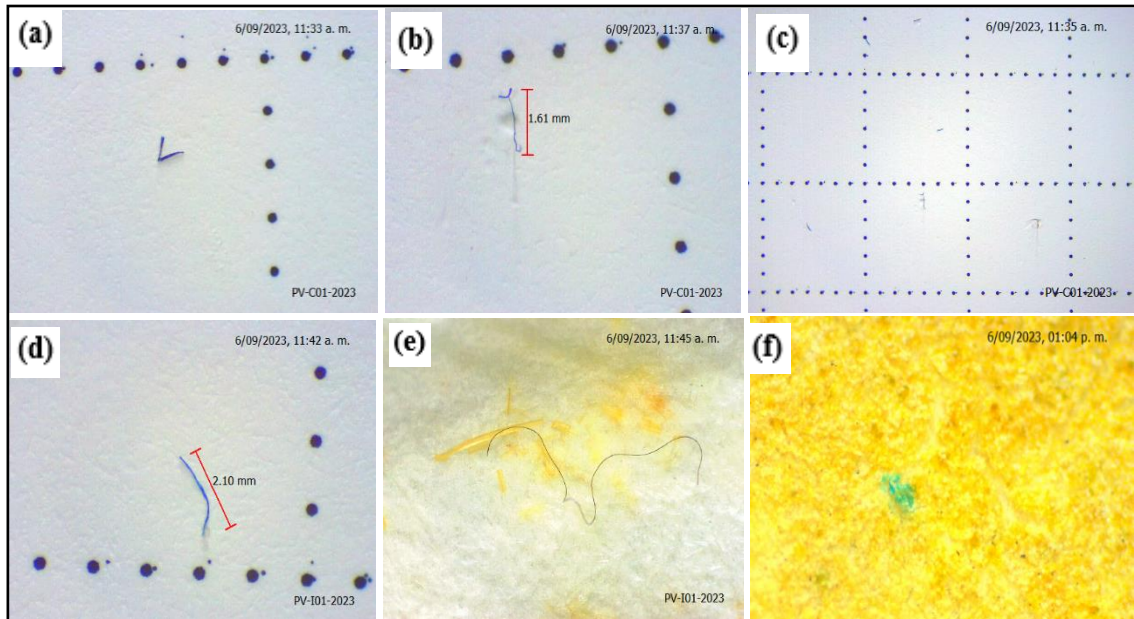
Partículas encontradas en las muestras de Santa Barbara.



Nota. Caracterización de los microplásticos por forma y color en *Orestias luteus*: (a) fibras azules, (b) fibra azul, (c) fragmento azul y en *Orestias ispi*: (d) fragmento azul, (e) fragmento rojo, (f) fibras azules

Anexo 10

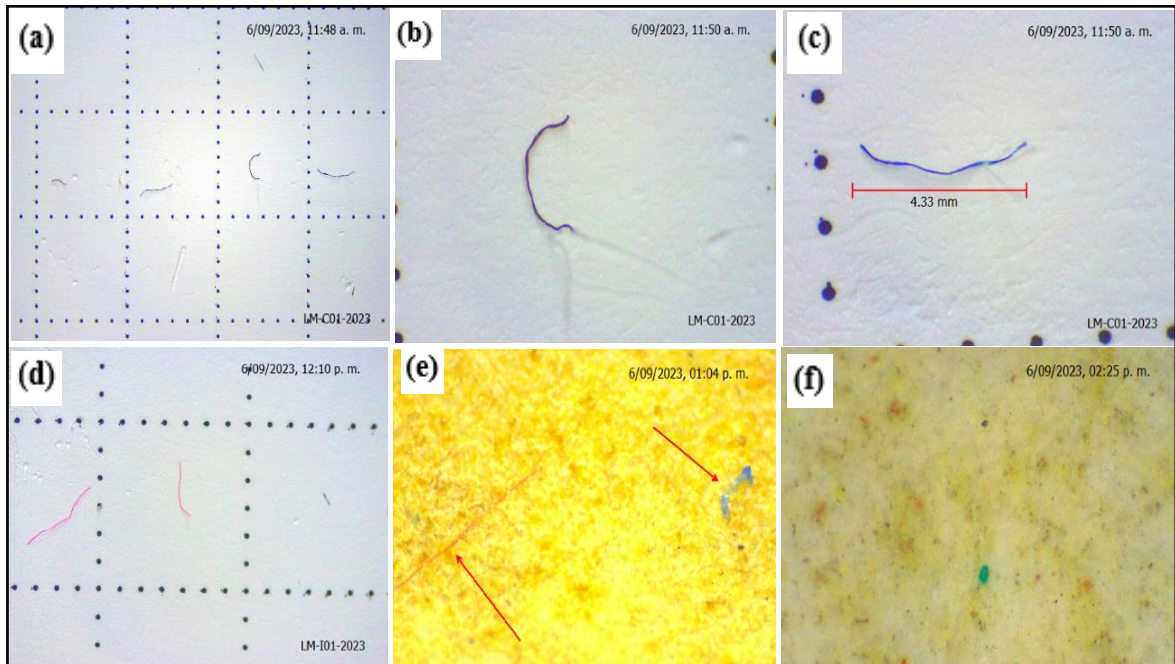
Partículas encontradas en las muestras de Pedro Vilcapaza.



Nota. Caracterización de los microplásticos por forma y color en *Orestias luteus*: (a) fibras azules, (b) fibra azul, (c) fragmento azul y en *Orestias ispi*: (d) fragmento azul, (e) fragmento rojo, (f) fibras azules.

Anexo 11

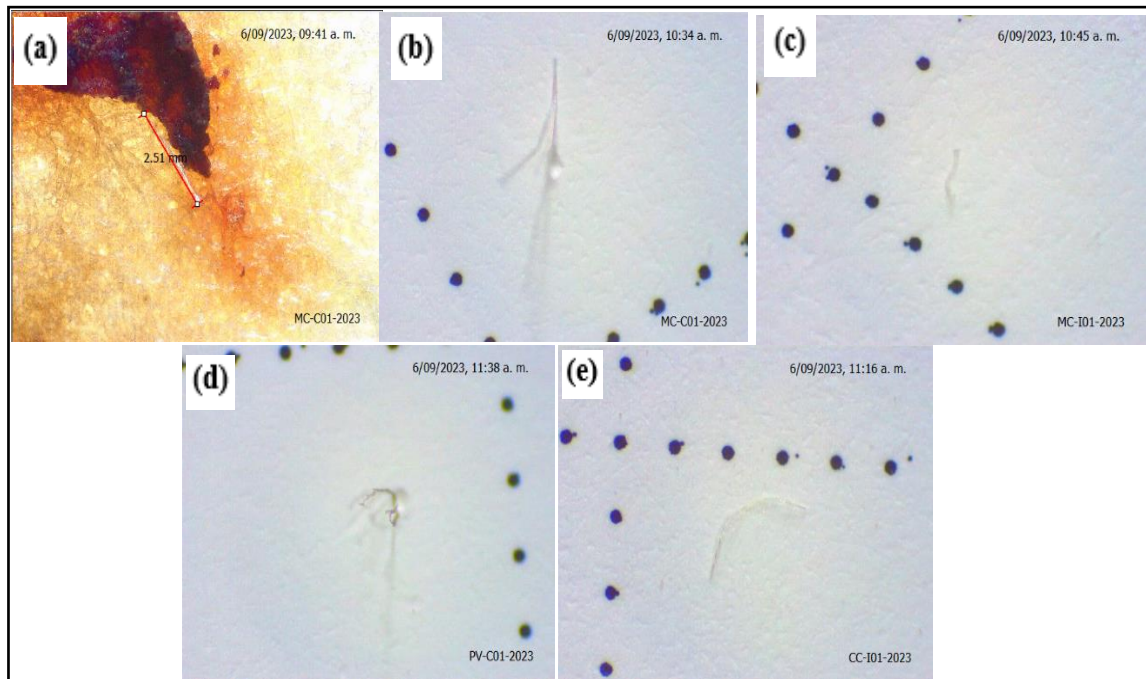
Partículas encontradas en las muestras de Las Mercedes.



Nota. Caracterización de los microplásticos por forma y color en *Orestias luteus*: (a) fibras azules, (b) fibra azul, (c) fibra azul y en *Orestias ispi*: (d) fibras rojas y azules, (e) fragmento azul, (f) fragmento verde.

Anexo 12

Evidencia de la contaminación.



Nota. Evidencia de la contaminación con fibras blancas en los filtros de los mercados: (a), (b) y (c) Manco Cápac (d) Pedro Vilcapaza y (e) Cerro Colorado.

Anexo 13

Datos morfométricos de las muestras.

Lugar	Especie	Longitud corporal	Peso corporal
Manco Capac	<i>Orestias luteus</i>	12.5	54.22
	<i>Orestias luteus</i>	12.3	52.36
	<i>Orestias luteus</i>	12.4	50.36
	<i>Orestias luteus</i>	12.1	51.87
	<i>Orestias luteus</i>	11.9	50.76
	<i>Orestias luteus</i>	12.5	50.46
	<i>Orestias luteus</i>	12.4	52.34
	<i>Orestias luteus</i>	12.6	51.9
	<i>Orestias luteus</i>	12.7	52.15
	<i>Orestias luteus</i>	12.7	52.9
	<i>Orestias ispi</i>	6.8	3.26
	<i>Orestias ispi</i>	6.7	3.21
	<i>Orestias ispi</i>	6.5	3.25
	<i>Orestias ispi</i>	6.6	3.67
	<i>Orestias ispi</i>	6.9	3.68
	<i>Orestias ispi</i>	6.6	3.12
	<i>Orestias ispi</i>	6.8	3.09
	<i>Orestias ispi</i>	6.8	2.99
	<i>Orestias ispi</i>	6.7	3.01
<i>Orestias ispi</i>	6.7	2.96	
Santa Barbara	<i>Orestias luteus</i>	12.5	46.67
	<i>Orestias luteus</i>	12.4	43.47
	<i>Orestias luteus</i>	12.5	46.5
	<i>Orestias luteus</i>	12.8	45.9
	<i>Orestias luteus</i>	12.6	46.04
	<i>Orestias luteus</i>	12.7	45.76
	<i>Orestias luteus</i>	12.7	46.03
	<i>Orestias luteus</i>	12.6	45.67
	<i>Orestias luteus</i>	12.5	45.34
	<i>Orestias luteus</i>	12.4	44.99
	<i>Orestias ispi</i>	7.1	2.36
	<i>Orestias ispi</i>	7	2.34
	<i>Orestias ispi</i>	7.1	2.43
	<i>Orestias ispi</i>	7.2	2.21
	<i>Orestias ispi</i>	7.3	2.28
	<i>Orestias ispi</i>	6.9	2.34
	<i>Orestias ispi</i>	6.9	2.41
	<i>Orestias ispi</i>	6.8	2.56
	<i>Orestias ispi</i>	6.5	2.48

	<i>Orestias ispi</i>	6.9	2.56
	<i>Orestias luteus</i>	12.8	58.07
	<i>Orestias luteus</i>	12.7	58.21
	<i>Orestias luteus</i>	12.9	58.12
	<i>Orestias luteus</i>	13	58.02
	<i>Orestias luteus</i>	12.6	57.99
	<i>Orestias luteus</i>	12.8	56.87
	<i>Orestias luteus</i>	12.8	57.54
	<i>Orestias luteus</i>	12.6	57.88
	<i>Orestias luteus</i>	12.5	57.63
	<i>Orestias luteus</i>	12.5	58.45
Pedro Vilcapaza	<i>Orestias ispi</i>	5.4	2.36
	<i>Orestias ispi</i>	5.5	2.31
	<i>Orestias ispi</i>	5.4	2.35
	<i>Orestias ispi</i>	5.3	2.29
	<i>Orestias ispi</i>	5.6	2.19
	<i>Orestias ispi</i>	5.6	2.34
	<i>Orestias ispi</i>	5.4	2.27
	<i>Orestias ispi</i>	5.2	2.37
	<i>Orestias ispi</i>	4.9	2.45
	<i>Orestias ispi</i>	4.6	2.21
	<i>Orestias luteus</i>	11.8	50.08
	<i>Orestias luteus</i>	11.7	50.01
	<i>Orestias luteus</i>	11.6	49.99
	<i>Orestias luteus</i>	11.5	49.36
	<i>Orestias luteus</i>	11.8	48.95
	<i>Orestias luteus</i>	11.9	50.12
	<i>Orestias luteus</i>	11.6	50.42
	<i>Orestias luteus</i>	11.4	50.36
	<i>Orestias luteus</i>	11.6	49.75
Cerro Colorado	<i>Orestias luteus</i>	11.5	49.85
	<i>Orestias ispi</i>	6.5	2.67
	<i>Orestias ispi</i>	6.4	2.65
	<i>Orestias ispi</i>	6.6	2.64
	<i>Orestias ispi</i>	6.6	2.45
	<i>Orestias ispi</i>	6.9	2.48
	<i>Orestias ispi</i>	6.2	2.76
	<i>Orestias ispi</i>	6.8	2.99
	<i>Orestias ispi</i>	6.5	2.46
	<i>Orestias ispi</i>	6.4	2.56
	<i>Orestias ispi</i>	6.3	2.59
	<i>Orestias luteus</i>	12.6	45.38
Las Mercedes	<i>Orestias luteus</i>	12.3	45.21
	<i>Orestias luteus</i>	12.8	45.32

<i>Orestias luteus</i>	12.5	45.62
<i>Orestias luteus</i>	12.4	45.75
<i>Orestias luteus</i>	12.9	45.12
<i>Orestias luteus</i>	12.8	45.39
<i>Orestias luteus</i>	12.5	45.31
<i>Orestias luteus</i>	12.6	45.12
<i>Orestias luteus</i>	12.8	45.71
<i>Orestias ispi</i>	5.9	2.44
<i>Orestias ispi</i>	5.8	2.22
<i>Orestias ispi</i>	5.9	2.55
<i>Orestias ispi</i>	5.6	2.45
<i>Orestias ispi</i>	5.8	2.03
<i>Orestias ispi</i>	5.7	2.63
<i>Orestias ispi</i>	5.9	2.49
<i>Orestias ispi</i>	5.6	2.48
<i>Orestias ispi</i>	5.5	2.03
<i>Orestias ispi</i>	5.9	2.65

Nota. Las muestras examinadas fueron de *Orestias luteus* y *Orestias ispi*.

Anexo 14

Conteo y caracterización física de las partículas en *Orestias luteus*.

Mercados	Ind.	Forma	Color					Primer conteo	Sub Total	Total
			Azul	Blanco	Fucsia	Verde	Negro			
Manco Cápac	C1	Fibra	6		6	3	4	19	28	227
		Fragmento	2		2	1	3	8		
		Film		1				1		
		Pellet o gránulos						0		
	C2	Fibra	8		4	2	2	16	22	
		Fragmento	2		1	2		5		
		Film		1				1		
		Pellet o gránulos						0		
	C3	Fibra	10		6	2		18	21	
		Fragmento	2					2		
		Film		1				1		
		Pellet o gránulos						0		
	C4	Fibra	6		4	4	2	16	18	
		Fragmento	1		1			2		
		Film						0		
		Pellet o gránulos						0		

Santa Barbara	C5	Fibra	7	3	4	2	16	23
		Fragmento	2	2		1	5	
		Film		2			2	
		Pellet o gránulos					0	
	C6	Fibra	8	4	3	2	17	23
		Fragmento		3	2	1	6	
		Film					0	
		Pellet o gránulos					0	
	C7	Fibra	8	5	3	1	17	27
		Fragmento	3	4	1		8	
	Film		2			2		
	Pellet o gránulos					0		
C8	Fibra	9	2	2	1	14	21	
	Fragmento	1	3	2		6		
	Film		1			1		
	Pellet o gránulos					0		
C9	Fibra	9	5	2		16	22	
	Fragmento	3	1	2		6		
	Film					0		
	Pellet o gránulos					0		
C10	Fibra	9	4	4		17	22	
	Fragmento	2	2		1	5		
	Film					0		
	Pellet o gránulos					0		
	C1	Fibra	9	6	2		17	21
		Fragmento	4				4	
		Film					0	
		Pellet o gránulos					0	
	C2	Fibra	4	6	2		12	18
		Fragmento	3	1	2		6	
		Film					0	
		Pellet o gránulos					0	
	C3	Fibra	7	5	2		14	23
		Fragmento	3	2	1	2	8	
		Film		1			1	
		Pellet o gránulos					0	
	C4	Fibra	8	9			17	21

		Fragmento		1	2	3		
		Film	1			1		
		Pellet o gránulos				0		
	C5	Fibra	9	6	2	17	21	
		Fragmento	3			3		
		Film		1		1		
		Pellet o gránulos				0		
	C6	Fibra	8	7	3	18	23	
		Fragmento	3	2		5		
		Film				0		
		Pellet o gránulos				0		
	C7	Fibra	11	5	3	19	20	
		Fragmento	1			1		
		Film				0		
		Pellet o gránulos				0		
	C8	Fibra	6	2	6	3	17	21
		Fragmento	4				4	
		Film					0	
		Pellet o gránulos					0	
	C9	Fibra	9	2	2		13	16
		Fragmento	3				3	
		Film					0	
		Pellet o gránulos					0	
	C10	Fibra	11		6	1	18	21
		Fragmento	2		1		3	
		Film					0	
		Pellet o gránulos					0	
	C1	Fibra	7	6	5	1	19	22
		Fragmento	2	1			3	180
		Film					0	
		Pellet o gránulos					0	
Pedro Vilcapaza	C2	Fibra	8	7			15	20
		Fragmento	1	2	1		4	
		Film		1			1	
		Pellet o gránulos					0	
	C3	Fibra	6	6	2	3	17	20
		Fragmento		2		1	3	

	Film					0			
	Pellet o gránulos					0			
C4	Fibra	8	6	3		17	21		
	Fragmento	2		1	1	4			
	Film					0			
	Pellet o gránulos					0			
C5	Fibra	6	6	2		14	18		
	Fragmento	2	2			4			
	Film					0			
	Pellet o gránulos					0			
C6	Fibra	6	6	1		13	18		
	Fragmento	2	2		1	5			
	Film					0			
	Pellet O Granulos					0			
C7	Fibra	3	2	2		7	11		
	Fragmento			4		4			
	Film					0			
	Pellet o gránulos					0			
C8	Fibra	8	8	1	1	18	18		
	Fragmento					0			
	Film					0			
	Pellet o gránulos					0			
C9	Fibra	5	7	2		14	18		
	Fragmento	2	2			4			
	Film					0			
	Pellet o gránulos					0			
C10	Fibra	6	2			8	14		
	Fragmento	4	2			6			
	Film					0			
	Pellet o gránulos					0			
Cerro Colorado	C1	Fibra	6	6	1	1	14	16	153
		Fragmento	1	1			2		
		Film					0		
		Pellet o gránulos					0		
	C2	Fibra	5	4	1	1	11	16	
	Fragmento	3	2			5			
	Film					0			

	Pellet o gránulos				0				
C3	Fibra	6	5	1	12	12			
	Fragmento				0				
	Film				0				
	Pellet o gránulos				0				
C4	Fibra	4	6		10	12			
	Fragmento		2		2				
	Film				0				
	Pellet o gránulos				0				
C5	Fibra	2	6		8	13			
	Fragmento	4	1		5				
	Film				0				
	Pellet o gránulos				0				
C6	Fibra	3	8	1	12	16			
	Fragmento	3	1		4				
	Film				0				
	Pellet o gránulos				0				
C7	Fibra	4	8		12	17			
	Fragmento	5			5				
	Film				0				
	Pellet o gránulos				0				
C8	Fibra	6	6	1	13	14			
	Fragmento	1			1				
	Film				0				
	Pellet o gránulos				0				
C9	Fibra	6	7	2	1	16	20		
	Fragmento	4				4			
	Film					0			
	Pellet o gránulos					0			
C10	Fibra	6	8	1		15	17		
	Fragmento		2			2			
	Film					0			
	Pellet o gránulos					0			
Las Mercedes	C1	Fibra	8	7	3	1	19	22	215
		Fragmento	2		1		3		
		Film					0		

	Pellet o gránulos				0	
C2	Fibra	9	8	3	20	26
	Fragmento	6			6	
	Film				0	
	Pellet o gránulos				0	
C3	Fibra	8	8	2	2	20
	Fragmento		2	1		3
	Film				0	
	Pellet o gránulos				0	
C4	Fibra	8	8		16	22
	Fragmento	4	1	1	6	
	Film				0	
	Pellet o gránulos				0	
C5	Fibra	9	8		17	21
	Fragmento	3	1		4	
	Film				0	
	Pellet o gránulos				0	
C6	Fibra	10	8	1	19	22
	Fragmento	3			3	
	Film				0	
	Pellet o gránulos				0	
C7	Fibra	9	8	1	18	23
	Fragmento	5			5	
	Film				0	
	Pellet o gránulos				0	
C8	Fibra	8	8	1	17	20
	Fragmento	3			3	
	Film				0	
	Pellet o gránulos				0	
C9	Fibra	9	5	1	15	18
	Fragmento	3			3	
	Film				0	
	Pellet o gránulos				0	
C10	Fibra	6	6	1	13	18
	Fragmento	4	1		5	
	Film				0	

Pellet o gránulos	0
-------------------	---

Nota. Las partículas contabilizadas y caracterizadas son procedentes de las muestras de Carachi (*Orestias luteus*).

Anexo 15

Conteo y caracterización física de las partículas en Orestias ispi.

Mercados	Ind.	Forma	Color					Primer conteo	Sub Total	Total
			Azul	Blanco	Fucsia	Verde	Negro			
Manco Cápac	C1	Fibra	3		1	1		5	9	81
		Fragmento	1		2		1	4		
		Film						0		
		Pellet o gránulos						0		
	C2	Fibra	1		2	1		4	9	
		Fragmento	1		2	1		4		
		Film		1				1		
		Pellet o gránulos						0		
	C3	Fibra	3		1	3		7	10	
		Fragmento	1		2			3		
		Film						0		
		Pellet o gránulos						0		
	C4	Fibra	1		1	1		3	8	
		Fragmento			2	1	1	4		
		Film		1				1		
		Pellet o gránulos						0		
	C5	Fibra	3		4		1	8	8	
		Fragmento						0		
		Film						0		
		Pellet o gránulos						0		
	C6	Fibra	3			1	1	5	6	
Fragmento				1			1			
Film							0			
Pellet o gránulos							0			
C7	Fibra	2			1		3	6		
	Fragmento	1		1	1		3			
	Film						0			
	Pellet o gránulos						0			

Santa Barbara	C8	Fibra	3	1	1	5	8		
		Fragmento	1	1	1	3			
		Film				0			
		Pellet o gránulos				0			
	C9	Fibra	1	3	1	5	9		
		Fragmento	1	2	1	4			
		Film				0			
		Pellet o gránulos				0			
	C10	Fibra	1	3	2	1	7	8	
		Fragmento	1				1		
	Film					0			
	Pellet o gránulos					0			
	C1	Fibra	4	3	1	2	10	13	74
		Fragmento	2			1	3		
		Film					0		
		Pellet o gránulos					0		
	C2	Fibra	2	2	1	1	6	6	
		Fragmento					0		
		Film					0		
		Pellet o gránulos					0		
	C3	Fibra	1	2	1	1	5	9	
		Fragmento	1	1	1	1	4		
		Film					0		
		Pellet o gránulos					0		
	C4	Fibra	2	3			5	7	
		Fragmento		1	1		2		
		Film					0		
		Pellet o gránulos					0		
	C5	Fibra	3	2	1		6	7	
		Fragmento	1				1		
		Film					0		
		Pellet o gránulos					0		
	C6	Fibra	1	2	1	1	5	7	
		Fragmento	2				2		
		Film					0		
		Pellet o gránulos					0		
	C7	Fibra	3	2		1	6	7	

	Fragmento		1			1		
	Film					0		
	Pellet o gránulos					0		
C8	Fibra	3		1		4		7
	Fragmento	2	1			3		
	Film					0		
	Pellet o gránulos					0		
C9	Fibra	3				3		5
	Fragmento		2			2		
	Film					0		
	Pellet o gránulos					0		
C10	Fibra	2	1	2		5		6
	Fragmento		1			1		
	Film					0		
	Pellet o gránulos					0		
C1	Fibra	2	1	1	1	5		59
	Fragmento					0		
	Film					0		
	Pellet o gránulos					0		
C2	Fibra	2	1			3		3
	Fragmento					0		
	Film					0		
	Pellet o gránulos					0		
C3	Fibra	2	1			3		4
	Fragmento	1				1		
	Film					0		
	Pellet o gránulos					0		
C4	Fibra	4	2			6		7
	Fragmento	1				1		
	Film					0		
	Pellet o gránulos					0		
C5	Fibra	3	4			7		8
	Fragmento	1				1		
	Film					0		
	Pellet o gránulos					0		
C6	Fibra	2	4			6		6
	Fragmento					0		

Pedro
Vilcapaza

	Film				0		
	Pellet O				0		
	Granulos						
C7	Fibra	2	4		6	8	
	Fragmento		1	1	2		
	Film				0		
	Pellet o gránulos				0		
C8	Fibra	3	4		7	7	
	Fragmento				0		
	Film				0		
	Pellet o gránulos				0		
C9	Fibra	2	5	1	8	8	
	Fragmento				0		
	Film				0		
	Pellet o gránulos				0		
C10	Fibra	2	1		3	3	
	Fragmento				0		
	Film				0		
	Pellet o gránulos				0		
C1	Fibra	2	1	1	4	4	63
	Fragmento				0		
	Film				0		
	Pellet o gránulos				0		
C2	Fibra	4	2	1	7	7	
	Fragmento				0		
	Film				0		
	Pellet o gránulos				0		
C3	Fibra	2	1		3	5	
	Fragmento	1		1	2		
	Film				0		
	Pellet o gránulos				0		
C4	Fibra	3	1	1	5	5	
	Fragmento				0		
	Film				0		
	Pellet o gránulos				0		
C5	Fibra	3	2	1	6	6	
	Fragmento				0		
	Film				0		

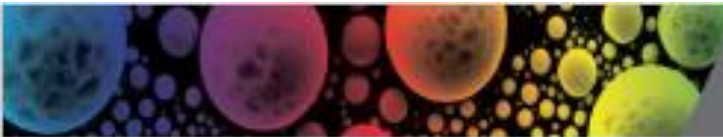
Cerro
Colorado

	Pellet o gránulos				0		
Las Mercedes	C6	Fibra	4	4		8	9
		Fragmento				0	
		Film		1		1	
		Pellet o gránulos				0	
	C7	Fibra	4	5		9	10
		Fragmento	1			1	
		Film				0	
		Pellet o gránulos				0	
	C8	Fibra	5	2		7	8
		Fragmento	1			1	
	Film				0		
	Pellet o gránulos				0		
C9	Fibra	2	2		4	5	
	Fragmento				0		
	Film		1		1		
	Pellet o gránulos				0		
C10	Fibra	2	1		3	4	
	Fragmento	1			1		
	Film				0		
	Pellet o gránulos				0		
	C1	Fibra	4	6	1	11	14
		Fragmento	1	2		3	
		Film				0	
		Pellet o gránulos				0	
	C2	Fibra	3	4	1	8	8
		Fragmento				0	
		Film				0	
		Pellet o gránulos				0	
	C3	Fibra	4	4	1	9	10
		Fragmento	1			1	
		Film				0	
		Pellet o gránulos				0	
	C4	Fibra	5	4		9	9
		Fragmento				0	
		Film				0	

	Pellet o gránulos			0	
C5	Fibra	4		4	7
	Fragmento	1	2	3	
	Film			0	
	Pellet o gránulos			0	
C6	Fibra	5	3	8	8
	Fragmento			0	
	Film			0	
	Pellet o gránulos			0	
C7	Fibra	4	3	7	8
	Fragmento	1		1	
	Film			0	
	Pellet o gránulos			0	
C8	Fibra	6	3	9	10
	Fragmento		1	1	
	Film			0	
	Pellet o gránulos			0	
C9	Fibra	3	3	6	8
	Fragmento	2		2	
	Film			0	
	Pellet o gránulos			0	
C10	Fibra	5	4	9	11
	Fragmento	2		2	
	Film			0	
	Pellet o gránulos			0	

Anexo 16

Caracterización química de las partículas.

**CAMPUCP**
CENTRO DE CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

CAM-MAY-024/2024

INFORME TÉCNICO


Número Total de Páginas: 6

SOLICITADO POR : LISSET CONDE CALLAÑAIPA.

MUESTRA : 10 muestras.

REALIZADO POR : Dr. Jorge Andrés Guerra.

FECHA DE EMISIÓN: 02.07.2024.



I. INTRODUCCIÓN


A pedido del solicitante se realizó el análisis por espectroscopia μ Raman con resolución espacial de varias muestras de micropartículas y/o microfibras embebidos en papel filtro, con la finalidad de identificar la presencia de posibles micro polímeros a través de la identificación de las frecuencias vibracionales características de los enlaces o moléculas presentes. El presente informe contiene el procedimiento empleado para el análisis, así como los resultados de este.

Las muestras fueron numeradas del 1 a 10. Se encontró y evaluó una partícula en cada uno de los filtros, de las cuales solo 7 mostraron bandas vibracionales asociadas a algún polímero. El resto no mostraron bandas vibracionales características. Por la morfología es posible que correspondan a material orgánico, o simplemente su señal estaba enmascarada por una fuerte luminiscencia imposibilitando la identificación del compuesto por medio de esta técnica

II. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Para identificar los compuestos presentes en las muestras por medio del análisis de espectroscopia μ Raman se procedió a utilizar objetivos de 5x, 20x y 50x, en algunos casos se usó un objetivo de 100x para realizar las medidas, con el fin de localizar, enfocar y medir las partículas y fibras observadas en la muestra. Se midieron diferentes micropartículas de la muestra, así como el papel filtro usado en cada grupo con el fin de distinguir y verificar los espectros Raman. Se utilizaron diferentes longitudes de onda de excitación, i.e. 785 nm y 633 nm, correspondientes a un láser de diodo y un láser de Helio-Neón, respectivamente, con el fin de identificar las mejores condiciones para obtener la señal Raman. La longitud de onda de excitación que mostró la mejor relación señal-ruido y menor contribución de fondo fue la de 785 nm. La medida de los espectros de corrimiento Raman fue realizada con un objetivo de 50x bajo la excitación láser seleccionada con un tiempo de exposición de 10 segundos, en algunos casos, para evitar co-excitar el filtro se usó el objetivo de 100x. La región de excitación estuvo enfocada sobre las micropartículas.

Centro de Caracterización de Materiales CAMPUCP
Dirección: Av. Universitaria 1801, pabellón O - Campus PUCP
Teléfono: 511-6262000 anexo: 7783 - 7781
Email: confe@pucp.edu.pe

**CAMPUCP**

Contacto:
Elisa Córdova
Email: wolcker@pucp.edu.pe

1 de 6



Los espectros de corrimiento Raman obtenidos luego fueron procesados con el fin de aislar la señal Raman y distinguirla de efectos de luminiscencia que pudiesen contribuir a la señal de fondo de la medida, ver **Figura 1**, así como de alguna señal proveniente de la matriz del filtro de papel u otros compuestos presentes. El procesamiento consiste en retirar la luminiscencia de fondo usando el Software Wire 4.2 de Renishaw. Los espectros luego fueron contrastados con espectros de referencia. La **Figura 2** presenta fotografías de las partículas/fibras caracterizadas. Se adjuntan al informe las micrografías ópticas de las mismas.

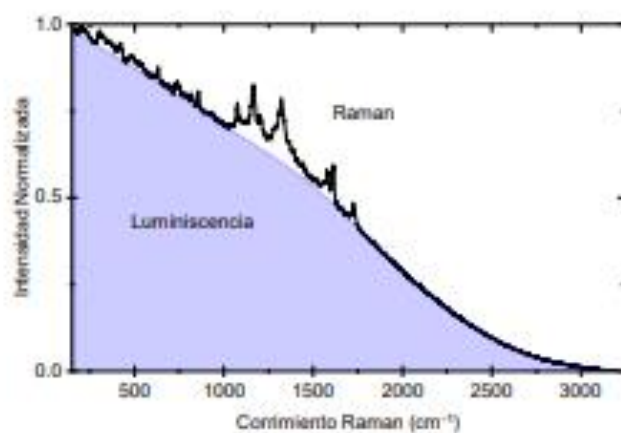
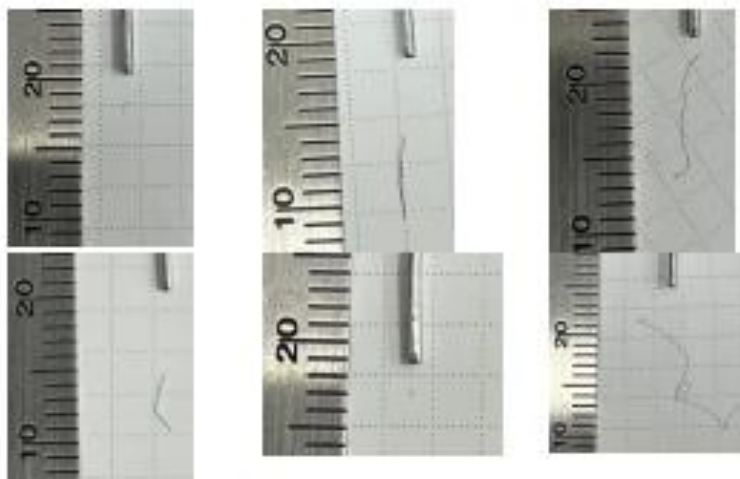


Figura 1. Ejemplo de espectro de corrimiento Raman sin procesar. Se indican las bandas asociadas modos vibracionales (Raman) y el efecto de la luminiscencia de fondo.



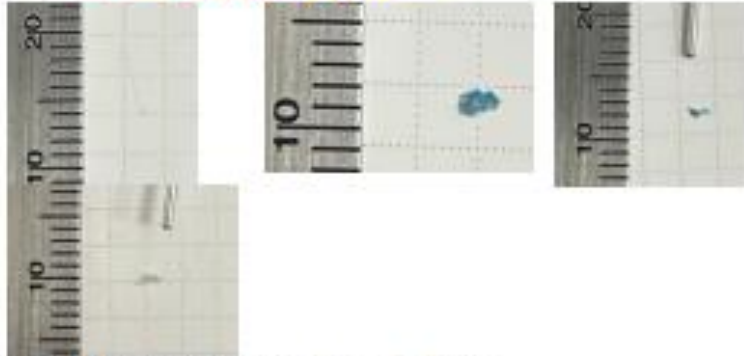


Figura 2. Fotografías de las muestras MP01-MP10.

III. RESULTADOS

La Figura 3 muestra el espectro de corrimiento Raman del papel filtro usado para alojar las muestras. Este es contrastado con los espectros de referencia de compuestos a base de celulosa como celulosa microcristalina (MCC), acetato de celulosa (CA) e hidroxipropilo de celulosa (HPC). La Figura 4 muestra los espectros de corrimiento Raman con corrección de fondo de las muestras MP01, MP02 y MP07. En estos casos no se pudo identificar ninguna banda vibracional característica distinta a la del papel.

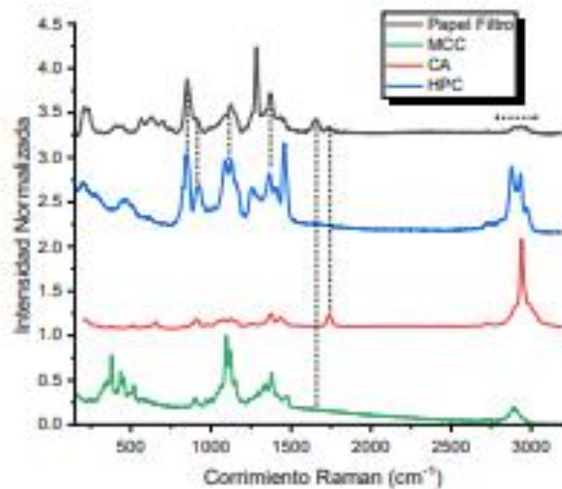


Figura 3. Espectro de corrimiento Raman correspondiente al filtro de papel con corrección de fondo. Se incluyen tres espectros de referencia de compuestos a base de celulosa, señalando bandas características. Las intensidades relativas pueden variar.

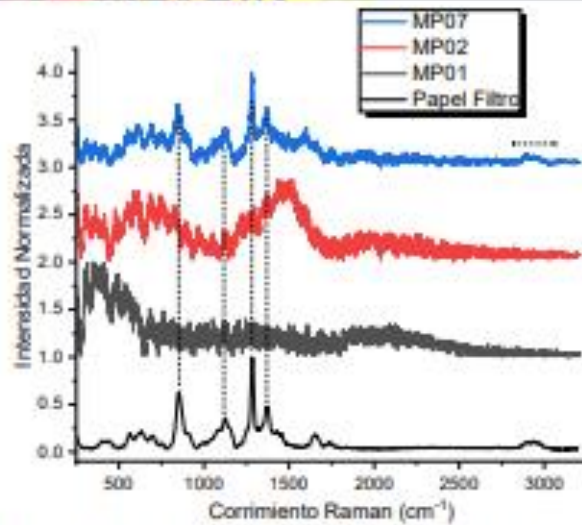
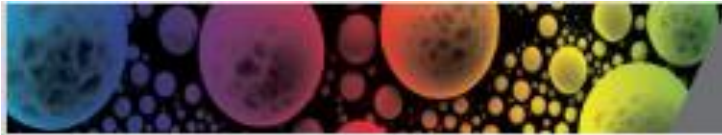


Figura 4. Espectros de corrimiento Raman de las muestras MP01, MP02 y MP07 después de la corrección de fondo. No se observan bandas características distintas a las del papel filtro. Se incluye el espectro del papel filtro para fines de comparación.

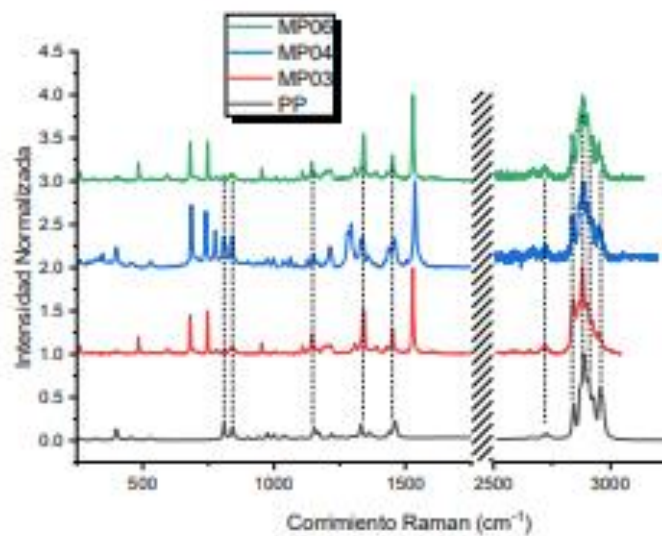


Figura 5. Espectros de corrimiento Raman con corrección de fondo de las muestras MP03, MP04 y MP06. Se incluye el espectro de referencia de Polipropileno. Se resalta la región espectral alrededor de los 3000 cm^{-1} con las bandas asociadas a los enlaces CH_2 y CH . Se observa una buena correspondencia con Polipropileno.

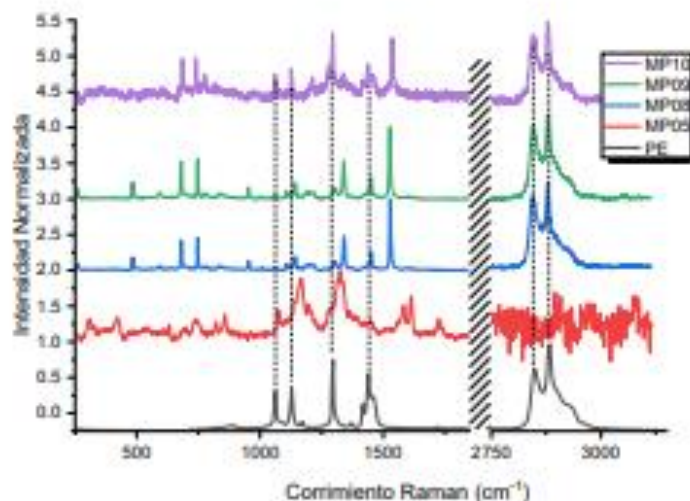


Figura 6. Espectros de corrimiento Raman con corrección de fondo de las muestras MP05, MP08, MP09 y MP10. Se incluye el espectro de referencia de Polietileno. Se resalta la región espectral alrededor de los 3000 cm^{-1} con las bandas asociadas a los enlaces CH_2 y CH . Se observa una buena correspondencia con el Polietileno. En el caso de MP05, la ausencia de estas bandas puede ser debido a degradación por lo que la identificación no puede confirmarse.

Las Figuras 5 presenta los espectros de corrimiento Raman con corrección de fondo de las muestras MP03, MP04 y MP06 junto con un espectro de referencia de Polipropileno (PP). Se observan bandas vibracionales alrededor de los 3000 cm^{-1} , típico del caso de polímeros, debido a la presencia de enlaces CH_2 y CH . La identificación del polímero puede realizarse revisando la forma e intensidades relativas de las bandas vibracionales en esta región.

La Figura 6 presenta los espectros de corrimiento Raman con corrección de fondo de las muestras MP05, MP08, MP09 y MP10 junto con un espectro de referencia de Polietileno (PE). También se observan bandas vibracionales alrededor de los 3000 cm^{-1} , típico del caso de polímeros, debido a la presencia de enlaces CH_2 y CH . La identificación del polímero puede realizarse revisando la forma e intensidades relativas de las bandas vibracionales en esta región.

El resto de las bandas agudas que no coinciden con el PP o PE en cada caso podrían estar relacionadas a impurezas o pigmentos de origen mineral. No se observaron bandas relacionadas al filtro de papel.

En el caso de la muestra MP05 la identificación no puede asegurarse debido a la baja intensidad de la señal en la región de 3000 cm^{-1} .



IV. CONCLUSIONES

Se midieron los espectros de comimient Raman con resolución micrométrica de 10 muestras incluyendo una medida del papel usado para alojarlas. 03 partículas coincidieron con Polipropileno, 03 muestras coincidieron con Polietileno, 02 muestras no presentaron bandas características asociadas a algún polímero o mineral y 01 (MP05) se sospecha de Polietileno. Se adjunta a este informe una carpeta con las micrografías ópticas. De acuerdo con las micrografías ópticas se sospecha que MP02 es de origen orgánico.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Centro de Caracterización de Materiales



Dr. Jorge Andrés Guerra Torres
Jefe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA