

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



TESIS

**CARACTERIZACIÓN DE MICROPLÁSTICOS PRESENTES EN EL
CONTENIDO GASTROINTESTINAL DE *Orestias sp.* y *Odontesthes
bonariensis* EN LA ZONA DE PESCA DE LA LAGUNA POMACANCHI-
ACOMAYO-CUSCO, 2024**

PRESENTADO POR:

Br. MIRIAN MIO DIAZ

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE BIÓLOGO**

ASESORA:

M.Sc. ADRIANA ZEGARRA TUPAYACHI

FINANCIADO POR EL PROGRAMA

**YACHAYNINCHIS WIÑARINANPAQ -
UNSAAC**

CUSCO - PERÚ

2025



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor M.Sc. ADRIANA ZEGARRA TUPAYACHI.....
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: CARACTERIZACIÓN DE MICROPLÁSTICOS.....
PRESENTES EN EL CONTENIDO GASTROINTESTINAL DE Orestias s.p.
y Odontesthes bonariensis EN LA ZONA DE PESCA DE LA
LAGUNA POMACANCHI-ACOMAYO-CUSCO, 2024.....

Presentado por: MIRIAM MIO DIAZ..... DNI N° 72912344.....;

presentado por: DNI N°:

Para optar el título Profesional/Grado Académico de BIÓLOGO.....

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de**
Similitud en la UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 8 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto**
las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 01 de JUNIO..... de 2026.....


.....
Firma

Post firma..... ADRIANA ZEGARRA TUPAYACHI.....

Nro. de DNI..... 23976647.....

ORCID del Asesor..... 0000-0002-2165-3882.....

Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: 27259:596315859.....

MIRIAN MIO DIAZ - TESIS CARACTERIZACIÓN DE MICROPLÁSTICOS 30052026.pdf

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:596315859

Fecha de entrega

31 may 2026, 10:56 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

1 jun 2026, 12:01 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

MIRIAN MIO DIAZ - TESIS CARACTERIZACIÓN DE MICROPLÁSTICOS 30052026.pdf

Tamaño del archivo

5.0 MB

129 páginas

24.451 palabras

139.933 caracteres

8% 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 8 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 4%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 8%  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.

Agradecimientos

Doy gracias a la vida por cada lección que me brinda y por permitirme seguir aprendiendo. Agradezco profundamente a mis padres, hermanos y familiares por su amor, sus sabios consejos y sus palabras de aliento, que han sido mi fortaleza a lo largo de este camino.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), y en especial a la Escuela Profesional de Biología, por haberme brindado una formación académica integral y de calidad. Durante estos años no solo adquirí conocimientos científicos y técnicas fundamentales, sino también valores como la ética, la responsabilidad, el respeto por la vida y el compromiso con la conservación del medio ambiente.

A mis docentes, les agradezco profundamente por su dedicación, exigencia y vocación, que contribuyeron de manera significativa a mi formación profesional y personal. A mis compañeros de estudio, gracias por compartir experiencias, aprendizajes y momentos que hicieron de esta etapa una vivencia enriquecedora.

Mi especial gratitud a la M.Sc. Adriana Zegarra Tupayachi, mi asesora, por su tiempo, compromiso y valiosas sugerencias brindadas durante el desarrollo de esta tesis. Su guía fue fundamental desde el inicio hasta la culminación de esta investigación.

También agradezco al programa Yachayninchis Wiñarinpapaq, de la Dirección de Vinculación de la Investigación (VRIN) de la UNSAAC, por el apoyo económico que hizo posible la realización de este estudio.

Asimismo, expreso un afectuoso agradecimiento a mis amigos Karen, Roxana, Rabeli, Rodrigo, Rubens, Hesil, Estefani y Jesús, por su compañía constante, su apoyo incondicional y su amistad sincera a lo largo de esta etapa.

RESUMEN	I
INTRODUCCIÓN	II
PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	III
JUSTIFICACIÓN.....	IV
OBJETIVOS.....	V
VARIABLES.....	VI
 CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Marco conceptual	6
1.2.1 Plásticos	6
1.2.2 Microplásticos.....	13
1.2.3 Peces	20
1.3 Marco Legal.....	25
 CAPÍTULO II: ÁREA DE ESTUDIO	
2.1 Ubicación Política	27
2.2 Ubicación Geográfica	28
2.3 Accesibilidad.....	28
2.4 Hidrología.....	30

2.5 Biogeografía Ecológica	31
----------------------------------	----

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales	34
3.1.1 Biológicos	34
3.1.2 De Campo	34
3.1.3 Equipos e insumos	34
3.2 Metodología	35
3.2.1 Tipo de investigación	35
3.2.2 Determinación de zona de muestreo	36
3.2.3 Obtención de Muestras de Peces	37
3.2.4 Determinación de la cantidad de microplásticos presentes en el contenido gastrointestinal de <i>Orestias sp.</i> y <i>Odontesthes bonariensis</i>	38
3.2.4.1 Digestión del contenido gastrointestinal	39
3.2.4.2 Separación por flotación	39
3.2.4.3 Filtración	39
3.2.4.4 Identificación y cuantificación de microplásticos	40
3.2.4.5 Determinación de la ocurrencia de microplásticos.	41
3.2.4.6 Pruebas estadísticas	41

3.2.5	Caracterización morfológica de microplásticos presentes en el contenido gastrointestinal de <i>Orestias sp.</i> y <i>Odontesthes bonariensis</i>	41
3.2.5.1	Microscopia óptica.....	41
3.2.6	Identificación del tipo de plástico que conforma los microplásticos presentes en el contenido gastrointestinal de <i>Orestias sp.</i> y <i>Odontesthes bonariensis</i>	42
3.2.6.1	Microscopia infrarroja	42
 CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1	Resultados.....	44
4.1.1	Determinación de la cantidad de microplásticos presentes en el contenido gastrointestinal de <i>Orestias sp.</i> y <i>Odontesthes bonariensis</i>	44
4.1.2	Caracterización morfológica de microplásticos presentes en el contenido gastrointestinal de <i>Orestias sp.</i> y <i>Odontesthes bonariensis</i>	46
4.1.3	Identificación del tipo de plástico que conforma los microplásticos presentes en el contenido gastrointestinal de <i>Orestias sp.</i> y <i>Odontesthes bonariensis</i>	51
4.2	Discusión	55
CONCLUSIONES.....		61
RECOMENDACIONES.....		62
BIBLIOGRAFÍAS		64
ANEXOS		74

Lista de Figuras

Figura 1	Vías de degradación de polímeros sintéticos en el medio acuático	14
Figura 2	Pez <i>Orestias sp.</i> capturado de la laguna de Pomacanchi.....	22
Figura 3	Pez <i>Odontesthes bonariensis</i> capturado de la laguna de Pomacanchi	24
Figura 4	Ubicación política de la laguna de Pomacanchi.....	27
Figura 5	Vías de acceso a la laguna de Pomacanchi.....	29
Figura 6	Climograma de Pomacanchi 2024.....	32
Figura 7	Ubicación de estaciones de muestreo	37
Figura 8	Cuantificación de MPs / pez.....	45
Figura 9	Caracterización de MPs en función al color.....	46
Figura 10	Caracterización de MPs en función a la forma.....	47
Figura 11	Caracterización de MPs en función al tamaño	47
Figura 12	Color de MPs encontrados según la especie	49
Figura 13	Forma de MPs encontrados según la especie	50
Figura 14	Tamaño de MPs encontrados según la especie	51

Lista de Tablas

Tabla 1	Cuadro de operacionalización de variables.....	VI
Tabla 2	Sustancias químicas asociadas a los plásticos	7
Tabla 3	Tipos de plásticos.....	8
Tabla 4	Termoplásticos.....	10
Tabla 5	Termoestables	10
Tabla 6	Elastómeros.....	11

Tabla 7 Rangos de tamaño de los plásticos.....	15
Tabla 8 Polímeros comunes, monómeros, usos y sus posibles riesgos.....	18
Tabla 9 Muestra recolectada de peces.....	38
Tabla 10 Ocurrencia de MPs en el contenido gastrointestinal de peces	44
Tabla 11 Estadístico descriptivo de MPs /pez	45
Tabla 12 Caracterización de MPs en términos de color, forma y tamaño	48
Tabla 13 Rango de microplásticos encontrados.....	51
Tabla 14 Análisis por microscopia infrarroja para <i>Orestias sp.</i>	52
Tabla 15 Análisis por microscopia infrarroja para <i>Odontesthes bonariensis</i>	54

Lista de Anexos

Anexo 1: Área de estudio	75
Anexo 2: Observación de desechos plásticos en recorrido del río Pomacanchi.....	77
Anexo 3: Observación de desechos plásticos en la laguna Pomacanchi	78
Anexo 4: Obtención de muestras de peces	79
Anexo 5: Procesamiento del contenido gastrointestinal.....	80
Anexo 6: Muestras filtradas de contenido gastrointestinal de <i>Odontesthes bonariensis</i> .	81
Anexo 7: Muestras filtradas de contenido gastrointestinal de <i>Orestias sp.</i>	82
Anexo 8: Morfometría de <i>Odontesthes bonariensis</i>	83
Anexo 9: Morfometría de <i>Orestias sp.</i>	84
Anexo 10: Morfotipo de microplásticos encontrados en <i>Odontesthes bonariensis</i>	85
Anexo 11: Morfotipo de microplásticos encontrados en <i>Orestias sp.</i>	86
Anexo 12: Caracterización de microplásticos encontrados en <i>Odontesthes bonariensis</i> .	87

Anexo 13: Caracterización de microplásticos encontrados en <i>Orestias sp.</i>	88
Anexo 14: Informe de análisis por microscopia infrarroja para <i>Orestias sp.</i>	89
Anexo 15: Informe de análisis por microscopia infrarroja para <i>Odontesthes bonariensis</i>	100

RESUMEN

El presente estudio abordó la presencia de microplásticos en el contenido gastrointestinal de peces de la laguna altoandina de Pomacanchi (Acomayo, Cusco), específicamente en *Orestias sp.* y *Odontesthes bonariensis*, a partir de muestras recolectadas en junio de 2024, con la finalidad de caracterizar dichos contaminantes. Se analizaron 40 individuos (20 por especie) mediante un proceso que incluyó digestión con KOH al 10%, separación con solución salina hipersaturada, filtración al vacío e identificación y caracterización mediante microscopía óptica e infrarroja. Como resultado, se detectaron 387 partículas de microplásticos en el contenido gastrointestinal de 39 de los 40 peces, rango de tamaños entre 11 y 3300 μm , con colores principalmente rojo, azul y transparente. Asimismo, se identificaron polímeros como polipropileno (PP), tereftalato de polietileno (PET) y materiales semisintéticos. En conclusión, *Odontesthes bonariensis* presentó mayor cantidad de microplásticos ($11,75 \pm 5,379$ Und. de MPs/individuo) que *Orestias sp.* ($7,60 \pm 5,256$ Und. de MPs/individuo), lo que sugiere una posible relación con sus hábitos alimenticios y evidencia la presencia de microplásticos en los peces analizados de la laguna de Pomacanchi.

Palabras clave: Caracterización, Microplásticos, Contenido Gastrointestinal de Peces, Laguna Altoandina

ABSTRACT

This study examines the presence of microplastics in the gastrointestinal contents of fish from the high-Andean Pomacanchi Lagoon (Acomayo, Cusco), focusing on *Orestias sp.* and *Odontesthes bonariensis*. Samples were collected in June 2024, with the aim of characterizing these pollutants and a total of 40 individuals (20 per species) were analyzed. The methodology included digestion with 10% KOH, density separation using a hypersaturated saline solution, vacuum filtration, and identification through optical and infrared microscopy. A total of 387 microplastic particles were detected in 39 of the 40 fish, with sizes ranging from 11 to 3300 μm and colors mainly red, blue, and transparent. Identified materials included polypropylene (PP), polyethylene terephthalate (PET), and semi-synthetic compounds. *Odontesthes bonariensis* showed a higher average microplastic load (11.75 ± 5.379 MPs per individual) than *Orestias sp.* (7.60 ± 5.256 MPs per individual), suggesting a potential link to feeding habits. The results confirm the presence of microplastics in analyzed fish from Pomacanchi Lagoon.

Keywords: Characterization, Microplastics, Gastrointestinal Contents of Fish, High Andean Lagoon

INTRODUCCIÓN

La producción, utilización y generación de residuos plásticos continúa en aumento de manera excesiva como menciona Plastics Europe (2022) “Tras un estancamiento en 2020 debido a la pandemia de Covid-19, la producción mundial de plásticos aumentó a 390,7 millones de toneladas en 2021” (p. 16). Estos objetos plásticos al llegar a los ecosistemas empiezan a deteriorarse y fragmentarse adquiriendo dimensiones cada vez más cortas formando microplásticos y nanoplásticos que invaden los alimentos, suelo, agua y aire expuestos a ser ingeridos por la biota de diferentes formas como: ingestión incidental, transferencia trófica e ingestión intencional (Silva-Cavalcanti et al., 2017).

Los microplásticos (MPs) son partículas diminutas de 1µm a 5mm de tamaño y según su origen se clasifican en primarios (fabricados intencionalmente en este rango de tamaño) y secundarios (se generan por fragmentación de polímeros plásticos de mayores tamaños) (Castañeta et al., 2020).

El reporte de presencia MPs en peces de cuerpos acuáticos de agua dulce tanto en lagos y humedales a nivel mundial va en aumento, como reportan: Adeogun et al., (2020) en el lago Eleyele en Nigeria, Huang et al., (2020) del humedal de manglares de Zhanjiang (China), Xiaowei et al. (2022) lago Chao en China, Merga et al., (2020) del lago Ziway en Etiopía, Munno et al. (2021) del lago Ontario y lago Superior (frontera entre Canadá y Estados Unidos), Valencia (2021) cuerpo lacustre de Chapala en México, Rasta et al. (2021) del humedal Anzali al norte de Irán, Loayza et al. (2022) Lago Menor del Lago Titicaca por el lado de Bolivia Paredes et al. (2019) & Riveros, G. C. (2024) Lago Titicaca en Perú, Chota-Macuyama & Chong (2020) amazonia peruana.

El impacto negativo que generan los plásticos en los seres vivos está relacionado con el tamaño y composición, a menor tamaño del plástico la posibilidad de ser ingeridos y generar daños en el

tracto gastrointestinal de los organismos incrementa (Pazos, 2021, Sarria & Gallo, 2016, p 24). Diversos estudios han reportado la presencia de MPs en órganos vitales de peces como el intestino, branquias, músculo y gónadas (Rasta et al., 2021; Xiaowei et al., 2022).

Uno de los impactos más frecuentes es la ingestión intencional o selectiva de MPs, que ocurre cuando los peces confunden estas partículas con alimento natural debido a su forma, tamaño o color (Wright et al., 2013). Esta ingestión puede generar bloqueo intestinal y sensación de saciedad falsa, lo cual disminuye la ingesta de alimento real, afectando el crecimiento y la supervivencia (Jovanović, 2017).

La contaminación por plástico en el Perú está estrechamente vinculada al elevado uso y mala gestión de los residuos plásticos en el país. Con una generación anual de aproximadamente 1.2 millones de toneladas de residuos plásticos y una tasa de reciclaje efectiva de apenas el 10 % (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2024), el escenario nacional favorece la fragmentación de estos desechos en MPs que terminan acumulándose en ríos, playas, aire y organismos acuáticos. A pesar de iniciativas normativas como la Ley N° 30884, que prohíbe el uso de plásticos de un solo uso, su cumplimiento sigue siendo limitado. El uso masivo de productos plásticos, como lo demuestran los 30 kilos per cápita anuales y los 3 mil millones de bolsas plásticas usadas cada mes, lo que equivale a aproximadamente 6 mil bolsas por minuto (MINAM, 2024) agrava este problema silencioso pero persistente, con serias implicancias ecológicas y sanitarias.

En las últimas décadas, la contaminación por MPs se ha convertido en una de las amenazas emergentes más preocupantes para los ecosistemas acuáticos a nivel global. Los MPs son capaces de persistir en el ambiente durante largos periodos, siendo ingeridos por organismos acuáticos e ingresando a las redes tróficas.

En el Perú, el bajo índice de reciclaje, sumado al uso masivo de plásticos de un solo uso y a la limitada fiscalización ambiental, ha contribuido a la presencia creciente de MPs en ecosistemas marinos, fluviales y lacustres.

En el distrito de Pomacanchi, la composición física de los residuos sólidos municipales para el año 2015 evidencia que los plásticos representan el 11,47 % del total, distribuidos en plástico PET (2,38 %), plástico duro (3,38 %), bolsas plásticas (4,37 %) y tecnopor y materiales similares (1,34 %) (Municipalidad Distrital de Pomacanchi, 2015). Asimismo, se observa la presencia de residuos plásticos dispersos en calles y en los ríos que atraviesan el centro poblado, los cuales finalmente desembocan en la laguna de Pomacanchi, constituyendo una potencial fuente de contaminación para este ecosistema acuático.

Esta situación demuestra la necesidad de continuar investigando el impacto de los MPs en el ambiente y en la fauna acuática. Por ello, la presente investigación tiene como objetivo caracterizar los microplásticos presentes en el contenido gastrointestinal de *Orestias* sp. y *Odontesthes bonariensis* en la zona de pesca de la laguna Pomacanchi (Acomayo, Cusco) durante el año 2024.

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

La laguna de Pomacanchi, ubicada en la provincia de Acomayo (Cusco), es uno de los cuatro cuerpos de agua que conforman el sistema lacustre de las Cuatro Lagunas, y posee una gran importancia ecológica, económica y social para las poblaciones aledañas. No obstante, esta laguna enfrenta presiones antrópicas significativas debido a actividades agrícolas, ganaderas, turísticas y a la pesca artesanal, que muchas veces no consideran una gestión adecuada de residuos sólidos.

La actividad agrícola y ganadera desarrollada en las inmediaciones de la laguna sugieren la posible presencia de plásticos derivados de envases de agroquímicos, cintas de riego, saquillos de carga sintética y otros residuos propios de estas prácticas. La pesca artesanal también representa una fuente potencial de contaminación, ya que se ha observado el uso de redes de material sintético y botellas plásticas de ácido tereftálico de etilenglicol (PET) como boyas improvisadas, muchas de las cuales son abandonadas en el agua tras su uso. También, la actividad turística hacia el circuito de las Cuatro Lagunas introduce residuos que podrían ingresar al sistema acuático.

Asimismo, la gestión de aguas residuales en el distrito de Pomacanchi aún presenta limitaciones, ya que el sistema de tratamiento no se encuentra completamente operativo. según la Municipalidad Distrital de Pomacanchi (2025) la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en el distrito de Pomacanchi forma parte de un proyecto integral de saneamiento iniciado en 2024 y que, para el año 2025, aún se encontraba en fase de ejecución, evidenciado por la aprobación de modificaciones técnicas (replanteo de planos), lo que indica que el sistema no estaba plenamente operativo y que evidencia que el tratamiento de aguas residuales ha sido limitado lo que ha favorecido que estas sean descargadas de manera indirecta hacia la laguna, principalmente a través de escorrentías urbanas y cursos de agua que atraviesan el centro poblado.

Además, la identificación del tipo de polímero es fundamental, dado que ciertos MPs son tóxicos por sí mismos. “Por ejemplo, se ha demostrado que la exposición a partículas de polietileno está asociada con anomalías histopatológicas” (Karami et al., 2017, como se cita en Andrade et al., 2019). Asimismo, el ácido tereftálico de etilenglicol (PET), presente comúnmente en botellas, envases alimentarios y ropa sintética, ha sido vinculado a afecciones como la acidosis urinaria, alteración en la eliminación de electrolitos e hipercalciuria (Castañeta et al., 2020, p. 167).

Por lo que surgen las siguientes interrogantes:

➤ Pregunta general:

¿Cómo se caracterizan los microplásticos presentes en el contenido gastrointestinal de *Orestias sp.* y *Odontesthes bonariensis* en la zona de pesca de la laguna Pomacanchi-Acomayo-Cusco, 2024?

➤ Preguntas específicas:

1. ¿Cuál es la cantidad de microplásticos presentes en el contenido gastrointestinal de *Orestias sp.* y *Odontesthes bonariensis*?
2. ¿Cuáles son las características morfológicas de los microplásticos presentes en el contenido gastrointestinal de *Orestias sp.* y *Odontesthes bonariensis*?
3. ¿Cuál es el tipo de plástico que conforman los microplásticos presentes en el contenido gastrointestinal de *Orestias sp.* y *Odontesthes bonariensis*?

JUSTIFICACIÓN

Actualmente, la laguna de Pomacanchi está rodeada de pueblos y recibe el aporte de varios afluentes como el río de Pomacanchi, el cual atraviesa zonas poblada del mismo nombre y transporta residuos visibles que ingresan al cuerpo lagunar entre ellos se observan bolsas plásticas de un solo uso como de detergentes, lo que evidencia el uso de estos cauces para actividades domésticas como el lavado de ropa. Esta práctica, además de incorporar compuestos químicos al ecosistema, genera el desprendimiento de fibras textiles por fricción, contribuyendo así la presencia de MPs.

Estudios previos han reportado escenarios de contaminación por residuos sólidos en la laguna de Pomacanchi, los cuales generan un riesgo significativo para las zonas de alto valor bioecológico (Pumachapi & Canazas, 2012). Estos residuos pueden descomponerse en partículas de menor tamaño e ingresar al ecosistema acuático, afectando directamente a especies nativas y exóticas como *Orestias* sp. y *Odontesthes bonariensis*, ambas utilizadas como alimento por las comunidades locales.

Más aún, investigaciones recientes evidencian la presencia de MPs en el contenido gastrointestinal de peces como *Orestias* sp. y *Odontesthes bonariensis*, especies de importancia para el consumo humano (Mio-Díaz & Álvarez, 2023). Esto genera preocupación sobre los posibles efectos que estos contaminantes pueden tener tanto en la salud de los ecosistemas como en la seguridad alimentaria de las comunidades que dependen de estos recursos.

A pesar de ello, la información sobre las características de los MPs en peces de la laguna Pomacanchi sigue siendo limitada, dificultando la toma de decisiones ambientales y la implementación de medidas preventivas.

Frente a este contexto, se considera necesario caracterizar los MPs presentes en el contenido gastrointestinal de estas especies, con el fin de proporcionar evidencia que permita informar a la población sobre el riesgo de que dichos contaminantes ya estén ingresando a la cadena trófica.

Por todo lo expuesto, esta investigación aporta al conocimiento científico al proporcionar evidencias de la presencia de MPs en el contenido gastrointestinal de peces en ecosistemas altoandinos y generará información valiosa que servirá de base técnica para la formulación de un plan de conservación del ecosistema acuático. Dicho plan estará orientado a la protección del cuerpo de agua, la recuperación de su calidad ambiental y la mitigación de los efectos negativos de la contaminación por plásticos, contribuyendo así a la conservación de los servicios ecosistémicos.

OBJETIVOS

Objetivo General

Caracterizar los microplásticos presentes en el contenido gastrointestinal de *Orestias sp.* y *Odontesthes bonariensis* en la zona de pesca de la laguna Pomacanchi, Acomayo-Cusco.

Objetivos Específicos

1. Determinar la cantidad de microplásticos presentes en el contenido gastrointestinal de *Orestias sp.* y *Odontesthes bonariensis*.
2. Caracterizar morfológicamente los microplásticos presentes en el contenido gastrointestinal de *Orestias sp.* y *Odontesthes bonariensis*.
3. Identificar el tipo de plástico que conforman los microplásticos presentes en el contenido gastrointestinal de *Orestias sp.* y *Odontesthes bonariensis*.

VARIABLES

Tabla 1

Cuadro de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
Contenido gastrointestinal	Conjunto de materiales presentes en el tracto digestivo de los peces, incluyendo alimento, sedimentos y partículas no digeribles como microplásticos (Rochman et al., 2013).	Masa total del contenido gastrointestinal	gramos	Balanza analítica
Microplásticos	Plásticos menores a 5 mm provenientes de fuentes primarias o secundarias, encontrados en el ambiente acuático y susceptibles de ser ingeridos por peces (Castañeta et al., 2020).	Características morfológicas	Forma, tamaño y color	Microscopio óptico
		Tipo de plástico	Polímeros (PE, PP, etc.)	Microscopio IR

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes

1.1.1 Antecedentes internacionales

Adeogun et al. (2020) analizaron y detectaron por primera vez MPs en el estómago de un grupo selecto de especies de peces de consumo humano. El estudio se diseñó con el objetivo de detectar la presencia y distribución de MPs en el estómago de algunas especies de peces de consumo común de un lago municipal abastecedor de agua (Eleyele) en Nigeria. Se analizaron 8 especies de peces *Coptodon zillii* (CZ: n = 38), *Oreochromis niloticus* (ON: n = 43), *Sarotheron melanotheron* (SM: n = 19), *Chrysichthys nigrodigitatus* (CN: n = 3), *Lates niloticus* (LN: n = 3), *Paranchanna obscura* (PO: n = 1), *Hemichromis fasciatus* (HF: n = 1), y *Hepsetus odoe* (HO: n = 1). La técnica utilizada fue por separación en gradiente de densidad y microscopio de fluorescencia. Los MPs estaban presentes en todas las especies examinadas (excepto *H. fasciatus*) con una frecuencia de 69,7% de individuos positivos en las especies examinadas. En promedio, detectaron de 1 a 6 MPs con tamaños que oscilaban entre 124 μm y 1,53 mm por individuo.

Huang et al. (2020) revelaron la presencia de MPs en especies de peces de un humedal de manglares. El objetivo fue determinar la acumulación de MPs en peces recolectados del humedal de manglares de Zhanjiang (China). Analizaron 32 especies (*Amoya chlorostigmatoides* n=1, *Acanthopagrus latus* n=3, *Arius leiotetocephalus* n=6, *Acentrogobius viridipunctatus* n=9, *Cynoglossus puncticeps* n=5, *Callionymus richardsoni* n=4, *Dendrophysa russelii* n=2, *Epinephelus akaara* n=4, *Gerreomorpha decacantha* n=2, *Gerres filamentosus* n=4, *Gerres lucidus* n=4, *Muraenesox cinereus* n=1, *Oreochromis niloticus* n=4, *Odontamblyopus rubicundus* n=5, *Pisodonophis boro* n=1, *Platycephalus indicus* n=9, *Periophthalmus modestus* n=2, *Solea ovata* n=1, *Sillago sihama* n=5, *Terapon jarbua* n=5, *Takifugu niphobles* n=6, *Zebrias zebra* n=4,

Atherina bleekeri n=1, *Alepes djedaba* n=1, *Caranx malam* n=3, *Konosirus punctatus* n=5, *Leiognathus brevirostris* n=8, *Osteomugil ophuyseni* n=5, *Osteomugil strongylophalus* n=4, *Stolephorus commersonnii* n=1, *Tylosurus melanotus* n=2 y *Thryssa vitrirostris* n=3). Analizaron la abundancia, el morfotipo, el tamaño y el color de los MPs entre diferentes especies de peces. Encontraron MPs en 30 de 32 especies de peces con una abundancia promedio de $2,83 \pm 1,84$ elementos individuales, que osciló entre 0,6 y 8,0 elementos individuales en cada especie. Detectaron MPs en branquias, estómago e intestino, y no se encontraron en músculos ni hígados. Los polímeros identificados por micro-FTIR fueron polietileno, tereftalato de polietileno, polipropileno y celofán. Los MPs consistían principalmente en fibras (70%), fragmentos (18%), película (9%), pellet (3%) y tenían un rango de tamaño prominente de 0,02 a 1 mm.

Rasta et al. (2021) analizaron 9 especies de peces (*Esox Lucius* n=23, *Perca fluviatilis* n=44, *Sander lucioperca* n=1, *Carassius gibelio* n=54, *Cyprinus carpio* n=31, *Tinca tinca* n=5, *Abramis brama* n=25, *Vimba vimba* n=7 y *Scardinius erythrophthalmus* n=3) comercialmente importantes del humedal Anzali (norte de Irán) con el objetivo de investigar la presencia de MPs en el tracto gastrointestinal, músculo y gónadas. Los tejidos fueron extraídos, digeridos en KOH al 10% durante 24 h a 60 °C, filtrados en membranas de nitrato de celulosa. Se encontraron MPs en todos los tejidos. Hubo diferencias significativas entre el número de partículas aisladas del tracto gastrointestinal y los grupos de control, mientras que su abundancia en el músculo y las gónadas no mostró diferencias significativas con los grupos de control. Se registraron mayores abundancias de MPs en peces omnívoros ($2,26 \pm 2,93$ elementos/individuo) que en especies carnívoras ($1,10 \pm 1,10$ elementos/individuo) ($P < 0,05$). Los MPs tenían un tamaño de 20 a 4800 μm y estaban dominados por la forma similar a una fibra, polietileno en polímero y color negro.

Valencia (2021) realizó el primer registro de MPs presentes en el tracto digestivo de peces del cuerpo lacustre de Chapala (México). Analizó un total de 21 muestras de peces de tres especies (*Cyprinus carpio* n=7, *Oreochromis sp.* n=7 y *Chirostoma sp.* n=7). El conteo de los Mps en promedio fueron 130Mps de color negro, 75Mps de color rojo, 50Mps de color azul y 1Mps de color amarillo. La caracterización morfológica de Mps predominaron las fibras El tamaño de Mps que predominó fueron cortos del rango específico de 0-100µm

1.1.2 Antecedentes nacionales

Paredes et al. (2019) analizaron 30 muestras de tracto digestivo de peces de dos especies (*Orestias luteus* n=15 y *Odontesthes bonariensis* n=15) con el objetivo de caracterizar MPs de los recursos hidrobiológicos del Lago Titicaca. El proceso de aislamiento de MPs de la matriz biológica fue mediante el método químico alcalino con KOH 10% a temperatura ambiente durante dos a tres semanas, seguida de filtrado en tamiz de 300µm. Encontraron MPs en el 100% de especímenes estudiados, con una predominancia de las fibras transparentes(38.08%) seguidas de azul(23.01%) y rojo(13.40%), en cuanto a la forma predominaron las fibras (99.89%) y fragmentos (0.11%), luego de realizar el aislamiento de MPs y el conteo de los mismos, se obtuvieron un promedio de 25.4056 ± 6.9194 MPs/individuo para *Orestias luteus* y 33.3223 ± 7.5768 MPs/individuo para *Odontesthes bonariensis*, siendo la estación de Uros la de mayor concentración (34.8167 ± 14.9671 MPs/individuo) para *O. luteus* y la estación de Llachón (36.6167 ± 12.0831 MPs/individuo) para *O. bonariensis*, demostrando que los MPs del lago interactúan con la biota del lago.

Chota-Macuyama & Chong (2020) realizaron estudios con el objetivo de registrar la ingestión de MPs en peces del río Amazonas. El lugar de colecta fue el Mercado Belén (zona baja) de la ciudad de Iquitos, región Loreto, Perú, en puestos de venta ambulatoria. Analizaron el contenido

estomacal de un total de 50 peces conformados en once (11) especies (*Prochilodus nigricans* n=13, *Potamorhina altamazonica* n=3, *Mylossoma albiguttatum* n=4, *Triportheus angulatus* n=10, *Osteoglossum bicirrhosum* n=1, *Schizodon fasciatus* n=8, *Pimelodus blochii* n=1, *Hydrolycus scomberoides* n=4, *Pygocentrus nattereri* n=1, *Calophysus macropterus* n=4 y *Sorubim lima* n=1). Solo 6 individuos de *P. nigricans* presentaron MPs en el contenido estomacal, un total de 17 partículas, todas estuvieron en el rango de tamaño de 0,40 a 4,39mm, el número de MPs en promedio fue de $0,34 \pm 1,19$ MPs/individuo, las formas encontradas fueron fibras (14) y fragmentos (3) colores azules (58%) seguidas de rojo, verde y celeste. La frecuencia de ocurrencia de MPs para los 50 individuos fue 12% y para *P. nigricans* fue 46,2%.

Rojas et al. (2023) investigaron la ocurrencia de partículas de MPs en peces de un área de la Amazonia Peruana. Analizaron un total de 61 peces conformados por 15 especies comerciales proveniente de los mercados locales de la ciudad de Iquitos (*Megaleporinus trifasciatus* n=3, *Brycon amazonicus* n= 1, *Hoplias malabaricus* n=6, *Anodus elongatus* n=7, *Myelus schomburgkii* n=5, *Pygocentrus nattereri* n=6, *Astronotus ocellatus* n=4, *Cichla monoculus* n=5, *Satanoperca jurupari* n=1, *Ageneiosus inermis* n=1, *Pterygoplichthys pardalis* n=5, *Calophysus macropterus* n=5, *Pseudoplatystoma fasciatum* n=2, *Pseudoplatystoma tigrinum* n=4 y *Sorubim lima* n=6) Detectaron 1241 partículas de MPs en órganos internos (esófago, estomago, intestinos, hígado, gonadas, pancreas, vejiga natatoria y corazón). La prevalencia de los MPs fue del 100% y la abundancia fue de 20,3MPs/individuo en los órganos internos. La mayoría de las partículas fueron azules (50,7%), seguidas de las negras (23,7%), blancas (14,8%), rojas (7,4%), marrones (3,8%) y verdes (0,7%). En cuanto a la forma, el 99% de las partículas eran fibras, y solo el 0,8% eran fragmentos y el 0,2% esferas.

Melgarejo-Velásquez & Reyes-Avalos (2024) evaluaron la forma, tamaño y color de los MPs en estómagos de un total de 12 individuos de 4 especies de peces (*Poecilia reticulata* n=5, *Brycon atrocaudatus* n=1, *Eretmobrycon peruanus* n=1 y *Mugil cephalus* n=5) de la cuenca baja del río Lacramarca (Ancash, Perú). En el estómago de los peces abundaron los fragmentos (209,3 MPs/pez) seguida de las fibras (24,7 MPs/pez) y microesferas (15,7 MPs/pez). Además, los fragmentos y las microesferas de mayor proporción fueron pequeños (< 0,01 mm), medianos (0,02 mm). Los colores de MPs predominantes fueron el negro, rojo y azul. El presente estudio demuestra por primera vez la abundancia de MPs (fragmentos, fibras y microesferas) en peces de la cuenca baja del río Lacramarca, al mismo tiempo que muestra que este ecosistema está impactado negativamente por la presencia de MPs.

Villacorta et al. (2024) analizaron un total de 11 peces de 2 especies obtenidos de la compra de los pescadores artesanales quienes operan pequeñas embarcaciones en el muelle artesanal de Chorrillos (Lima). 2 ejemplares de Lorna (*Sciaena deliciosa*) de 25 y 30cm de longitud total con peso promedio de 165 gramos y 9 ejemplares de pejerrey (*Odontesthes regia*) con tallas de 9 a 15 cm de longitud total y peso promedio de 13gramos. El objetivo fue evaluar la presencia de MPs en *S. deliciosa* y *O. regia* del muelle artesanal de Chorrillos, Lima-Perú. El análisis por ATR-FTIR validó la presencia de Polipropileno (PP), Rayon y Cloruro de polivinilo (PVC) en los músculos y tracto digestivo de las dos especies revisadas.

1.1.3 Antecedentes locales

Mio-Díaz & Álvarez (2023) determinaron la frecuencia de ocurrencia de microplásticos en contenido gastrointestinal de *Odontesthes bonariensis* y *Orestias sp* de la laguna de Pomacanchi – Cusco. Se analizó 0.2ml del contenido gastrointestinal previamente digeridas con KOH 10% de cada pez, evidenciando la presencia de MPs en el 72.5% de organismos estudiados, identificándose

un total de 61 MPs en 29 de los 40 ejemplares analizados. Reportan predominio de ingesta de colores blanco (21.3%), amarillo (13.1%), celeste (11.5%) y transparente (11.5%); de igual manera, encontraron tres formas de MPs: fibras, fragmentos y films donde se observaron en mayor cantidad las dos primeras formas con 55.7% y 41% respectivamente; en cuanto al tamaño encontraron los MPs cortos del rango comprendido de 101-500 μ m con 29.5%, en mayor cantidad. El 65% de la especie *Orestias sp* contenía una ingesta promedio de 0.95 ± 0.887 MPs/0.2ml que fue menor a comparación de la especie *Odontesthes bonariensis*, que presentó una frecuencia de ocurrencia de MPs de 80% con un rango de ingesta promedio de 2.10 ± 1.86 MPs analizadas en 0.2ml por individuo en ambas especies.

1.2 Marco conceptual

1.2.1 Plásticos

El término plástico es una palabra que proviene del griego “plastikos” y significa “capaz de ser moldeado” al ser aplicados a calor y/o presión; químicamente los plásticos son polímeros orgánicos con una estructura formada principalmente por el carbono asociado a otros elementos como hidrogeno, oxígeno y nitrógeno (Cornish, 1997; Vargas, 1997; Góngora, 2014).

Los plásticos se forman mediante la polimerización de unidades más pequeñas llamadas monómeros. Además, durante su fabricación se añaden diversos compuestos químicos conocidos como aditivos, los cuales mejoran sus propiedades físicas y funcionales. Algunos de estos aditivos pueden transferirse durante la ingestión por parte de los organismos consumidores, incluyendo catalizadores (como organoestaño), antioxidantes (nonilfenol), retardantes de llama (éteres de difenilo polibromados) y compuestos antimicrobianos (triclosán) (Browne et al., 2007).

Como resultado de esta combinación de componentes, los plásticos son materiales versátiles: flexibles, resistentes, ligeros, duraderos y con propiedades aislantes tanto térmicas como eléctricas.

Sin embargo, durante su producción también se generan sustancias añadidas no intencionadamente (NIAS) y otras sustancias asociadas que se forman a lo largo del ciclo de vida del plástico. Muchas de estas sustancias químicas han demostrado ser tóxicas, afectando la salud de organismos vertebrados, invertebrados y del ambiente en general (ver Tabla 2).

Tabla 2

Sustancias químicas asociadas a los plásticos

Tipo de Sustancia	Concepto	Propiedades	Ejemplos	Riesgos para la Salud	Impacto Ambiental
Monómeros	Unidades básicas del plástico	Unidades básicas de los polímeros	Etileno, estireno	Pueden ser tóxicos (estireno)	Contaminación del aire y agua
Polímeros	cadena larga de monómeros que dan estructura al plástico	Cadenas largas de monómeros	Polietileno, polipropileno	Algunos son persistentes y bioacumulativos	Acumulación en el medio ambiente
Aditivos	no suelen estar enlazados químicamente a los polímeros y pueden lixiviarse fácilmente del material	Mejoran propiedades del plástico	Ftalatos, retardantes de llama	Toxicidad reproductiva, cáncer	Contaminación de suelos y aguas subterráneas
NIAS	Contaminantes inevitables	Se forman durante la producción, degradación y otros del plástico	Dioxinas, furanos	Muy tóxicos y persistentes	Contaminación atmosférica y alimentaria
Asociadas producidas a lo largo del ciclo de Vida	Subproductos obligados producidas de forma no intencionada	generadas desde la extracción de materias primas hasta la eliminación de residuos	Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)	Carcinógenos	Contaminación del aire y suelos

Nota: Datos obtenidos de “Preguntas frecuentes sobre plásticos y sustancias químicas”, por International Pollutants Elimination Network [IPEN], Suecia, 2024. (chrome-extension://efaidnbmninnibpcjpcglclefindmkaj/https://ipen.org/sites/default/files/documents/ipen_plastic_faqs_esp_full.pdf)

1.2.1.1 Tipos de plásticos

1.2.1.1.1 Según su procedencia

- a) Plásticos naturales: se obtienen directamente de materias primas vegetales (celulosa, látex) o animales (caseína) que pueden ser moldeados mediante calor.
- b) Plásticos semisintéticos: es el resultado de la transformación de los polímeros naturales mediante mezclas con otros materiales por procesos químicos.
- c) Plásticos sintéticos: se obtienen mediante la alteración de la estructura molecular de materiales a base de carbono como el petróleo crudo, carbón o gas natural.

(Góngora, 2014).

Tabla 3

Tipos de plásticos

Polímero	Acrónimo	Origen	Año
Caucho	-	Natural	1839
Parkesina	-	Semisintético	1862
Rayón	-	Semisintético	1894
Baquelita	BK	Sintético	1907
Vinilo	PVC	Sintético	1926
Poliestireno de baja densidad	LDPE	Sintético	1935
Politetrafluoroetileno	PTFE	Sintético	1938
Poliestireno	PS	Sintético	1938
Nylon	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 liquido	LCP	Sintético	1985

Nota. De “Microplásticos: un contaminante que crece en todas las esferas ambientales, sus características y posibles riesgos para la salud pública por exposición” por G. Castañeta, A. F. Gutiérrez, F. Nacaratte, C. A. Manzano, 2020, Boliviana de Química (37), p. 161 (10.34098/2078-3949.37.3.4).

A medida que se descubrieron nuevas variedades de plásticos (ver Tabla 3), su producción se incrementó de manera excesiva, al punto de sustituir el uso de materiales tradicionales como metales, madera, vidrio, lana y algodón. Esta sustitución se vio favorecida por características como su alta resistencia a la degradación, facilidad de manipulación, bajo costo de producción y la rapidez con la que pueden generarse una gran diversidad de artículos, desde productos para la salud, construcción y limpieza, hasta utensilios de cocina y aseo personal.

Con el paso del tiempo, los plásticos se convirtieron en materiales comunes e indispensables en la vida cotidiana del ser humano. Sin embargo, como ocurre con muchos recursos sobreexplotados, su uso excesivo ha generado consecuencias negativas. Su alta resistencia a la degradación, que inicialmente representó una ventaja, ha contribuido a su acumulación en el ambiente, afectando gravemente los ecosistemas y representando un riesgo potencial para la salud humana.

1.2.1.1.2 Según su composición

Según su estructura molecular y a su comportamiento mecánico a temperatura ambiente, los polímeros se clasifican en termoplásticos, elastómeros y termoestables (Meira. G & Gugliotta. L, 2022; IES Bellavista, s/f)

Los termoplásticos son materiales que se reblandecen con el calor y pueden moldearse fácilmente, conservando la forma adquirida al enfriarse. Esto se debe a que sus cadenas moleculares son, en su mayoría, lineales, lo que permite su deformación al aplicar calor. Esta característica los hace reciclables, aunque presentan un historial térmico, es decir, sus propiedades físicas pueden deteriorarse si se funden y moldean repetidamente (Meira. G & Gugliotta. L, 2022; IES Bellavista, s/f).

Tabla 4*Termoplásticos*

Tipo de Plástico	Abreviatura	Composición/Características	Usos Comunes
Polietileno de alta densidad	PEAD o HDPE	Polímero de etileno con estructura lineal	Botellas, envases de alimentos, tuberías
Polietileno de baja densidad	PEBD o LDPE	Polímero de etileno con ramificaciones	Bolsas plásticas, películas, envolturas
Polipropileno	PP	Polímero de propileno	Tapas de botellas, pajillas, envases reutilizables
Poliestireno	PS	Polímero del estireno (aromático)	Vasos desechables, bandejas, embalajes
Policloruro de vinilo	PVC	Polímero de cloruro de vinilo	Tuberías, ventanas, tarjetas, cables
Tereftalato de polietileno	PET	Polímero de ácido tereftálico y etilenglicol	Botellas de bebidas, fibras textiles
Polycarbonato	PC	Polímero de bisfenol A y fosgeno	Discos, gafas, recipientes duros y transparentes

Nota. en base a Meira. G & Gugliotta. L, 2022 & IES Bellavista, s/f

Los termoestables (termoendurecibles) son materiales que, una vez moldeados mediante el calor, adquieren una forma definitiva y no pueden volver a fundirse. Esto se debe a su alto grado de entrecruzamiento molecular, que impide su deformación posterior incluso bajo altas temperaturas. Su reciclaje es complejo, costoso y generalmente más contaminante, ya que requiere procesos químicos especializados (Meira. G & Gugliotta. L, 2022; IES Bellavista, s/f).

Tabla 5*Termoestables*

Tipo de Plástico	Composición/Características	Usos Comunes
Resinas epoxi (Epoxy)	Polímeros termoestables de epóxidos	Adhesivos, recubrimientos, componentes eléctricos
Melamina-formaldehído	Condensación de melamina y formaldehído	Vajillas, tableros MDF
Urea-formaldehído	Condensación de urea y formaldehído	Aislantes eléctricos, adhesivos
Poliuretanos (PU)	Polioles + isocianatos	Espumas, recubrimientos, suelas de calzado
Baquelita (fenol-formaldehído)	Condensación de fenol y formaldehído	Manijas, componentes eléctricos

Nota. en base a Meira. G & Gugliotta. L, 2022 & IES Bellavista, s/f

Los elastómeros son materiales blandos con un comportamiento elástico, capaces de recuperar su forma original tras sufrir grandes deformaciones por estiramiento o compresión. Esta propiedad se debe a su estructura molecular parcialmente entrecruzada (Meira. G & Gugliotta. L, 2022; IES Bellavista, s/f).

Tabla 6

Elastómeros

Tipo de Elastómero	Abreviatura	Composición	Propiedades	Usos
Butadieno	BR	Polibutadieno	Alta elasticidad y resistencia al desgaste	Neumáticos, suelas
Estireno-butadieno	SBR	Copolímero de estireno y butadieno	Económico, resistente a la abrasión	Llantas, calzado
Nitrilo	NBR	Copolímero de butadieno y acrilonitrilo	Resistente a aceites y combustibles	Guantes, sellos, mangueras
Neopreno	CR	Policloropren	Buena resistencia a la intemperie y productos químicos	Trajes de buceo, juntas
Silicona	VMQ	Polisiloxanos	Excelente resistencia térmica, química y flexibilidad	Implantes médicos, moldes, sellos
Poliuretano	PU	Polioles e isocianatos	Alta resistencia mecánica y elasticidad	Ruedas, recubrimientos, espumas elásticas
Etileno-propileno-dieno	EPDM	Copolímero con dieno	Resistente al ozono, agua caliente, y rayos UV	Sellos, mangueras, techos

Nota. en base a Meira. G & Gugliotta. L, 2022 & IES Bellavista, s/f

1.2.1.1.3 Según código de identidad de resina

La clasificación del plástico según el código de identificación de resinas (RIC) se divide en 7 números dentro del símbolo de reciclaje, indicando el tipo de resina: 1-PET, 2-HDPE, 3-PVC, 4-LDPE, 5-PP, 6-PS y 7-Otros. Estos números facilitan la separación y reciclaje, siendo 1, 2 y 5 los más reciclables, mientras que 3 y 7 son más complejos.

1 - PET (Tereftalato de Polietileno): Es el tipo de plástico más utilizado en los envases alimentarios gracias a propiedades como su ligereza, su bajo coste de producción, así como sus grandes posibilidades de reciclaje, más común empleado en la producción de envases como botellas de refrescos, agua, aceite... Al ser un material circular, el PET puede ser reciclado y volver

a ser lo que era, por lo que es común encontrar en el mercado bandejas o botellas de rPET, además de otros muchos productos elaborados con este material.

2- HDPE (Polietileno de alta densidad): Se distingue por su mayor grosor y rigidez, lo que le confiere más resistencia tanto al calor como al frío. Se emplea para fabricar botellas de lácteos, garrafas, detergentes, bolsas de plástico... Es reciclable y se puede emplear para hacer macetas o contenedores de basura. También es reutilizable si está en óptimas condiciones higiénicas

3 - PVC (Polivinilo o cloruro de polivinilo): Dentro de los códigos de identificación de los plásticos, el número 3 se corresponde con materiales que destacan por tener cloro en su composición, lo que hace que su proceso de reciclaje sea más complejo. Sin embargo, cabe destacar su alta resistencia a los ácidos, así como su dureza, que permite que sea utilizado sobre todo para tubos y cañerías, botellas de detergente, equipamientos médicos, suelas para zapatos.

4 - LDPE (Polietileno de baja densidad): De la familia de los polietilenos, se trata de un plástico muy flexible que es ampliamente usado por la industria alimentaria debido a sus prestaciones de sellado y a la velocidad que alcanza el envasado en máquina. Así mismo, también es frecuente encontrarlo en forma de bolsas de todo tipo, envases de laboratorio o de comida congelada. Además, tras su reciclaje se puede utilizar de nuevo en contenedores y papeleras, paneles, tuberías o baldosas.

5 - PP (Polipropileno): Se trata de un material perfecto para envases microondables ya que destaca por su dureza, barrera al vapor y resistencia al calor. Ello lo hace ideal, entre otras cosas, para envases de alimentos que se esterilizan. También es habitual encontrarlo en botes de salsas, tapas y envases de uso médico y veterinario. Además, tras su proceso de reciclado, es habitual emplearlo en la elaboración de cepillos, bandejas, cables de batería o señales luminosas.

6 - PS (Poliestireno): Es un material que se usa principalmente en bandejas para alimentos, en la industria de los lácteos, para embalajes de electrodomésticos e incluso para la fabricación de vasos para bebidas calientes. Así mismo, es un material con una vida útil muy larga y que puede ser reciclado infinitas veces, lo que lo convierte en un material con propiedades bastante sostenibles. No obstante, como principal punto negativo del material, encontramos que altas temperaturas, a más de 80 °C, libera estirenos. El estireno está clasificado como un posible carcinógeno humano por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC).

7 - Otros plásticos y materiales compuestos: Esta categoría es una combinación de diversos plásticos. Está compuesta por el PC (Policarbonato), muy común en botellas de ketchup, biberones, jeringuillas, CD's o DVD's; y también por los nuevos plásticos biodegradables fabricados con almidones vegetales. Estos envases no son reutilizables ni tampoco reciclables, excepto los etiquetados como "PLA", que al ser biodegradables sirven para obtener compost. (Fundación Aquae, 2021)

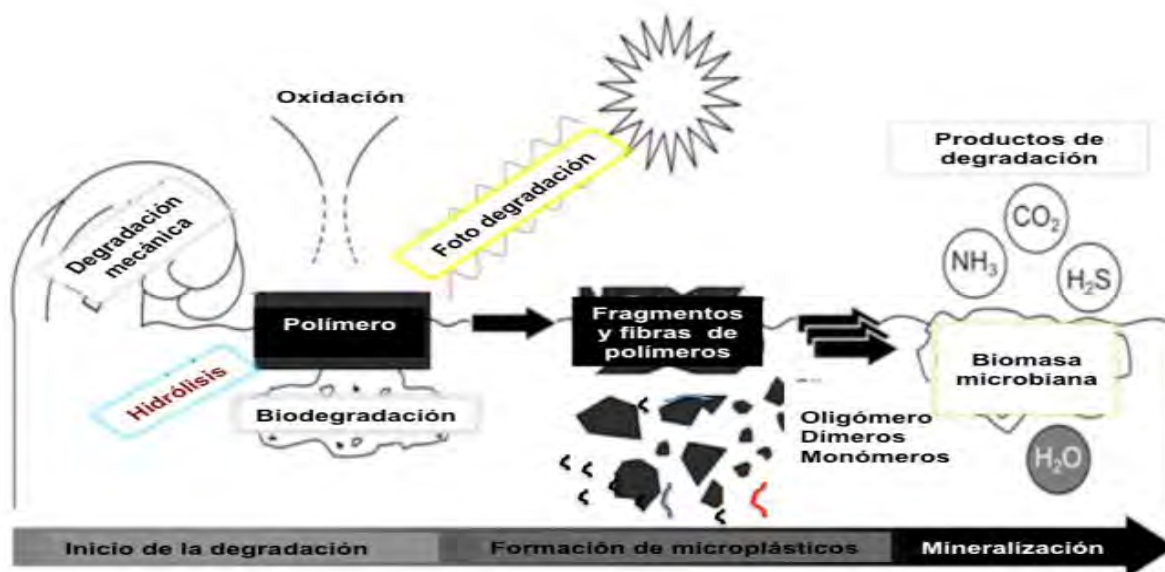
1.2.2 Microplásticos.

Como su nombre lo indica, los microplásticos (MPs) son fragmentos de plástico de pequeñas dimensiones. Según acuerdos recientes, el rango de tamaño de los MPs se encuentra entre 5 mm y 1 µm (Castañeta et al., 2020; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2017). De acuerdo con su origen, los MPs se clasifican en dos tipos: primarios y secundarios.

Los MPs primarios son fabricados intencionalmente con tamaños reducidos, como microperlas o esferas, para usos específicos en productos como exfoliantes, cosméticos, pinturas, limpiadores y pastas dentales. En muchos casos, se utilizan debido a su bajo costo y versatilidad, sustituyendo a ingredientes naturales más costosos (Castañeta et al., 2020). Los MPs secundarios son partículas que se originan a partir de la degradación física (luz UV, calor, acción mecánica), química (oxidación) y/o microbiana de objetos plásticos de mayor tamaño, una vez que estos se encuentran expuestos a factores ambientales (Sarria & Gallo, 2016, p. 23), ver figura 1. La exposición prolongada a la radiación solar, por ejemplo, provoca la fotodegradación del polímero, debilitando su estructura química y causando la ruptura de enlaces moleculares. Esto vuelve al material quebradizo y más susceptible a fragmentarse por acción de la abrasión o turbulencia en medios acuáticos (Cole et al., 2011).

Figura 1

Vías de degradación de polímeros sintéticos en el medio acuático



Nota. De “Evaluación de la presencia de microplásticos en peces comerciales, agua y sedimento del estuario de Tecolutla, Veracruz” por L. J. Sánchez, 2018, Universidad Autónoma Metropolitana, p. 9 (<http://tesiuami.izt.uam.mx/uam/aspuam/presentatesis.php?recno=22454&docs=UAMI22454.pdf>).

1.2.2.1 Caracterización de microplásticos

❖ *Clasificación de MPs por tamaño.*

La determinación del tamaño de los MPs es de gran importancia, ya que influye directamente en los grupos de organismos que pueden verse afectados por su presencia (Lusher et al., 2017). En este sentido, se han establecido diversos rangos de dimensiones para los plásticos, los cuales se presentan en la Tabla 7, con base en las clasificaciones propuestas por Van Cauwenberghe et al. (2015) y la FAO (2017).

Tabla 7

Rangos de tamaño de los plásticos

Nanoplásticos	Microplásticos	Mesoplásticos	Macroplásticos	Megaplásticos
1nm—≤1μm	1μm— ≤ 5mm	5mm — ≤ 2,5 mm	2,5— ≤ 1m	>1m

Nota. se considera microplásticos cortos (1μm – ≤ 1000 μm) y microplásticos grandes (1mm – ≤5 mm)

❖ *Clasificación de MPs por la forma.*

Los MPs pueden presentarse en diversas formas morfológicas, lo que permite inferir sus posibles fuentes de origen. Se ha identificado que ciertas formas están comúnmente asociadas con productos específicos; por ejemplo, las fibras suelen desprenderse de prendas de vestir, las microperlas provienen de productos de cuidado personal o de procesos industriales, y los films o láminas derivan generalmente de materiales de embalaje (Pazos, 2021). A continuación, se describen las principales formas de MPs:

- Esferas: Presentan forma redondeada y superficies lisas, aunque también pueden adoptar una forma semiesférica debido a roturas durante su fabricación, uso o exposición a la intemperie.

- Pellets o nurdles: Son piezas plásticas de morfología homogénea, generalmente cilíndrica, discoide, ovoide o esferoidal, con superficies lisas. Aunque similares a las esferas, suelen ser de mayor tamaño, con dimensiones que oscilan entre 3 y 5 mm. Tanto esferas como pellets pueden presentarse en una amplia variedad de colores (Rochman et al., 2019).
- Fragmentos: Son piezas de plástico con forma irregular, bordes afilados, angulares o subangulares, que resultan del rompimiento de objetos plásticos más grandes.
- Fibras: Corresponden a filamentos o hebras plásticas que presentan una alta relación longitud/diámetro, grosor constante a lo largo de su extensión, flexión tridimensional y extremos que pueden estar bien cortados o deshilachados.
- Haces de fibras: Agrupaciones compuestas por 20 o más fibras individuales firmemente enrolladas, formando una masa compacta que no puede ser desenredada (Rochman et al., 2019).
- Films o películas: Son láminas delgadas, planas y maleables de plástico, que pueden doblarse o arrugarse sin romperse con facilidad. Suelen ser parcial o totalmente transparentes y se presentan en diversos colores.
- Foam (poliestireno expandido o styrofoam): son livianos, de aspecto poroso similar a una esponja, compresible y generalmente color blanco (pazos, 2021, p. 47).

❖ ***Clasificación de MPs por color.***

El color de los MPs constituye un descriptor adicional de relevancia, ya que puede influir en la probabilidad de ingestión por parte de distintas especies acuáticas. Muchas especies planctívoras y piscívoras dependen de señales visuales para identificar sus presas, por lo que podrían confundir MPs de colores similares a los de su alimento natural. En contraste, especies bentónicas como los

ciprínidos poseen un sistema quimiosensorial más desarrollado, lo que les permite discriminar entre materiales comestibles y no comestibles, incluso en ausencia de señales visuales. Sin embargo, con el paso del tiempo y debido a la exposición ambiental, los MPs pueden sufrir alteraciones físico-químicas, como la decoloración, lo que puede modificar tanto su apariencia visual como sus propiedades organolépticas. Estos cambios podrían dificultar la detección de su origen artificial, aumentando así la probabilidad de ingestión inadvertida (Roch et al., 2020).

Además, el análisis del color puede contribuir a la inferencia sobre el posible origen del material plástico, así como a la identificación de aditivos presentes en su composición. Dichas sustancias, al ser ingeridas junto con los MPs, pueden provocar efectos adversos en la salud de los organismos acuáticos (Pazos, 2021).

1.2.2.2 Efecto de los microplásticos

Los MPs pueden ser ingeridos por los organismos, de forma directa o indirecta, representando un riesgo creciente para la biota. El peligro que representan no radica únicamente en su diminuto tamaño, sino también en la composición química (ver Tabla 8) del plástico del que están hechos, la cual puede contener aditivos tóxicos o sustancias contaminantes adsorbidas en su superficie.

La presencia de MPs en ecosistemas acuáticos ha sido ampliamente documentada, y diversos estudios han evidenciado sus efectos nocivos en organismos acuáticos, como los peces. Los efectos pueden clasificarse en físicos, fisiológicos y bioquímicos, abarcando desde obstrucciones gastrointestinales (generando sensación de saciedad falsa, lo cual disminuye la ingesta de alimento real, afectando el crecimiento y la supervivencia) hasta alteraciones celulares y reproductivas (Jovanović, 2017).

Tabla 8

Polímeros comunes, monómeros, usos y sus posibles riesgos

Polímero	Monómero	Uso común	Posible riesgo
PS	Estireno	Envases desechables	Cancerígeno, neurotóxico, genotóxico
PET	Ácido Tereftálico etilenglicol	Botellas, empaques de comida, confección de ropa	Acidosis urinaria, eliminación alterada de electrolitos y hipercalcemia
PVC	Cloruro de vinilo	Plásticos de vinilo, películas y tuberías de agua	Cancerígeno, obstrucción respiratoria
PLA	Ácido láctico	Implantes médicos como dermatológicos y cosméticos	Cancerígeno y enfermedades genéticas
PMMA	Metacrilato de metilo	Ventanas, plásticos transparentes	Irritación cutánea y daño endotelial corneal producido por contacto directo
UF	Urea formaldehído	Interruptores de electricidad, pantallas de lámparas, recipientes de cosméticos	Dermatitis, prurito, asma
PU	Diol – diisocianato	Fibras elásticas	Intoxicaciones por inhalación de CO, CO ₂ y HCN producidos en la descomposición térmica
PP	Propileno	Juguetes, equipos de laboratorio, componentes automotrices, empaque de alimentos	Citotoxicidad a dosis altas, aumento en la liberación de histaminas
PTFE	Tetrafluoretileno	Recubrimiento para sartenes y utensilios antiadherentes	Astenia, parestesia, cancerígeno, hipotiroidismo, resistencia a la insulina, obesidad

Nota: De “Microplásticos: un contaminante que crece en todas las esferas ambientales, sus características y posibles riesgos para la salud pública por exposición” por G. Castañeta, A. F. Gutiérrez, F. Nacaratte y C. A. Manzano, 2020, *Boliviana de Química* (37), p. 167 (10.34098/2078-3949.37.3.4).

Además, los MPs pueden actuar como vectores de contaminantes orgánicos persistentes (COPs) y metales pesados, los cuales se liberan una vez ingeridos y alteran procesos endocrinos, inmunológicos y reproductivos en los peces (Rochman et al., 2013).

Otro aspecto emergente de estudio es la plastisfera, término que hace referencia a las comunidades microbianas que colonizan la superficie de los MPs en ambientes acuáticos. Esta biopelícula microbiana incluye algunos microorganismos que pueden ser patógenos para peces u otros organismos. La plastisfera puede modificar la toxicidad de los MPs al generar compuestos secundarios o facilitar la transferencia de genes de resistencia a antibióticos (Zettler et al., 2013;

Pazos, 2021). La interacción entre MPs y microbiota puede también influir en la forma en que los peces reconocen e ingieren estas partículas, e incluso alterar su microbioma intestinal.

Uno de los efectos fisiológicos más relevantes es el estrés oxidativo, una condición celular caracterizada por la sobreproducción de especies reactivas de oxígeno (ROS), que puede causar daño a lípidos, proteínas y material genético. Alomar et al. (2017) demostraron que peces del medio natural como *Mullus surmuletus*, expuestos a fragmentos de MPs, presentan incrementos significativos en biomarcadores de estrés oxidativo en hígado y tejido muscular. Estos efectos fisiológicos han sido confirmados también en condiciones experimentales con peces modelo como *Danio rerio*, donde Lu et al. (2016) reportaron acumulación hepática de poliestireno y daño oxidativo celular tras la exposición a microesferas plásticas.

En peces marinos de interés comercial, como *Dicentrarchus labrax*, se ha evidenciado que la ingestión crónica de PE y PS en la dieta produce daños hepáticos y alteraciones inmunológicas, atribuibles al desequilibrio oxidativo generado (Espinosa et al., 2019). Asimismo, Pittura et al. (2018) observaron en *Sparus aurata* un aumento significativo de enzimas antioxidantes (como la catalasa y superóxido dismutasa) al ser expuestos a polietileno microgranulado, lo que confirma una respuesta de defensa fisiológica frente al estrés oxidativo inducido.

Finalmente, Rochman et al. (2013) demostraron que incluso pequeñas concentraciones de polietileno contaminado con compuestos orgánicos persistentes (COPs) pueden generar disfunción hepática y bioacumulación en *Oryzias latipes*, lo que evidencia una interacción sinérgica entre la toxicidad física del microplástico y la química de los contaminantes adsorbidos.

1.2.3 Peces

1.2.3.1 *Orestias* sp.

El género *Orestias* corresponde a un grupo de peces endémicos de los sistemas acuáticos altoandinos de Perú, Bolivia y Chile, distribuidos principalmente en lagos, ríos y salares del Altiplano andino (Parenti 1984, p. 110), se caracteriza por presentar una alta diversidad y un marcado endemismo, asociado al aislamiento geográfico de las cuencas hidrográficas. Actualmente incluye 46 especies validas (Fricke et al., 2023), de los cuales 38 especies se encuentran distribuidas en Perú (Ortega et al., 2012), así también se reporta en la laguna de Pomacanchi, en Cusco, Perú (Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente [IMA], 2002) (ver Figura 2). Diversos estudios taxonómicos y filogenéticos han agrupado a las especies del género en complejos como *cuvieri*, *mulleri*, *gilsoni*, *lutea* y *agassii*, siendo este último con una distribución mas amplia extendiéndose desde Ancash en Perú hasta Antofagasta en Chile (Sarmiento, 1991; De La Barra et al., 2020). Según el estudio filogeográfico con marcadores mitocondriales realizado por Araya (2024), evidenció que las poblaciones del Cusco no corresponderían realmente a *Orestias agassii*, proponiéndose al menos tres especies candidatas para esta región. La primera formada por las localidades de Pocchin y Pomacanchi; la segunda formada por la localidad Oropesa y la tercera formada por las localidades Qoricocha, Lago Huaypo, Piuray, Tambo Real y Canal Canallas.

De acuerdo con Lauzane (1991), citado en Loayza (2009), el género *Orestias* presenta una serie de características morfológicas distintivas: ausencia de aletas ventrales, escamación irregular y reducida, especialmente en las regiones dorsal, frontal y postopercular; línea lateral siempre visible y marcado dimorfismo sexual (las hembras presentan menor número y desarrollo de espinas y ganchos en las escamas ctenoides y los radios). Además, poseen una sola gónada con una división

central (un solo ovario en hembras y un testículo en machos). Su cabeza es de forma triangular, con boca terminal, ligeramente superior y protráctil, dotada de dientes cortos y cónicos. Tienen dos aletas pectorales que se inician al final del opérculo, una aleta dorsal en posición posterior, una anal y una caudal, ubicándose las aletas dorsal y anal a la misma altura.

Los peces del género *Orestias* habitan una gran diversidad de ambientes, desde sistemas lóticos (corrientes) hasta lénticos (aguas estancadas), incluyendo entornos extremos. Estos hábitats presentan vegetación macrófita y pueden variar desde aguas con baja ionización hasta condiciones de alta salinidad, así como temperaturas que oscilan entre aguas termales y aguas que se congelan durante la noche o madrugada (Flores, 2013, p. 14).

El Centro de Investigación y Desarrollo Acuícola Boliviano (CIDAB, 2002) reporta que las especies *Orestias luteus* y *Orestias agassii* habitan, durante su etapa de alevines, zonas someras del litoral con abundante vegetación acuática. A medida que crecen, migran hacia zonas más profundas. Considerada como bentopelágica; no migratoria (Fishbase, 2025). Asimismo, se ha determinado que el rango óptimo de temperatura para su crecimiento se encuentra entre los 15 °C y 20 °C (Ohashi, 1992, citado en CIDAB, 2002).

En cuanto a su dieta, las especies del género *Orestias* presentan hábitos alimenticios omnívoros, con variaciones según la especie. Estudios de contenido estomacal han revelado una predominancia de zooplancton y pequeños crustáceos, así como la presencia de insectos de los órdenes *Díptera* y *Odonata*, moluscos y algas (CIDAB, 2002; Flores, 2013).

La ubicación taxonómica de *Orestias* sp. ha sido descrita por Valenciennes (1833) y Tchernavin (1944), según información recopilada por la Autoridad Binacional del Lago Titicaca

y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (ALT & PNUD, 2002, p. 37).es la siguiente:

Phyllum: Chordata

Sub phyllun: Vertebrata

Super clase: Picis

Clase: Osteichthyes

Sub clase: Actinopterygii

Súper orden: Teleostei

Orden: Ciprinodontiformes

Familia: Ciprinodontidae

Sub familia: Orestiinae

Género: Orestias

Figura 2

Pez Orestias sp. capturado de la laguna de Pomacanchi



1.2.3.2 *Odontesthes bonariensis*

Conocido comúnmente como “pejerrey argentino”, “cauque”, “matungo” o “flecha plateada”, el pez *Odontesthes bonariensis* es originario del Río de la Plata, en Argentina (Vila & Soto, 1984). En el caso del Perú, *Odontesthes bonariensis* fue introducido por la Dirección Regional de Pesquería del Cusco en el año 1981 en la laguna de Pomacanchi (IMA, 2002, p. 27) (ver Figura 3).

Esta especie prefiere hábitats lénticos y se desarrolla en un rango térmico que va desde los 7–9 °C como mínimo hasta los 23–27 °C como máximo. Puede alcanzar hasta 75 cm de longitud total (Vila & Soto, 1984).

Presenta una boca con premaxilares protráctiles, capaces de extenderse formando una estructura similar a un embudo, lo cual facilita la ingestión de partículas en suspensión. *Odontesthes bonariensis* es una especie de agua dulce con hábitos pelágicos, que se distribuye principalmente en la columna de agua de lagos y ríos (FishBase, 2025) y ocupa el tercer nivel trófico dentro de la cadena alimentaria (Mancini et al., 2009).

En cuanto a su dieta, el *O. bonariensis* es un pez planctívoro, alimentándose mayormente de cladóceros (60 %), copépodos (30–35 %) y algas (5–10 %). Sin embargo, se considera una especie eurífaga debido a su capacidad para consumir una gran variedad de alimentos. Además del plancton, puede ingerir moluscos (gasterópodos), crustáceos, insectos, detritos orgánicos e inorgánicos del fondo, e incluso pequeños peces, mostrando comportamiento piscívoro. También se ha registrado canibalismo en individuos que superan los 250 mm de longitud estándar (Ringuelet & Escalante, 1980; Mancini et al., 2009). Igualmente señala Zavala-Camin (1996), citado en Mancini et al. (2009, p. 69):

“La naturaleza del alimento ingerido por los peces depende principalmente de la morfología y del comportamiento alimentario de la especie y, en segundo lugar, de la composición y cantidad de alimento disponible”.

La ubicación taxonómica de pejerrey *Odontesthes bonariensis* según Cuvier y Valenciennes, (1835) citado por Amaru, (2018) es de la siguiente forma:

Reino	Animalia
Phylum:	Chordata
Sub phylum:	Vertebrata
Super clase:	Osteichthyes
Clase:	Actinopterygii
Sub clase:	Neopterygii
Infra clase:	Teleostei
Súper orden:	Acanthopterygii
Orden:	Atheriniformes
Familia:	Atherinopsidae
Sub familia:	Atherinopsinae
Género:	Odontesthes
Especie:	<i>Odontesthes bonariensis</i>
Nombre común:	“Pejerrey argentino”

Figura 3

Pez Odontesthes bonariensis capturado de la laguna de Pomacanchi



1.3 Marco Legal

En el marco normativo peruano, el artículo 2 de la Constitución Política del Perú reconoce como derecho fundamental de toda persona el gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida, constituyendo la base jurídica para la protección del ambiente. En concordancia, la Ley N.º 28611, Ley General del Ambiente, en su artículo 2, establece que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado, así como el deber de contribuir a su protección, conservación y mejoramiento, reforzando el compromiso tanto del Estado como de la sociedad en la preservación del entorno natural. Entre sus objetivos se incluye la conservación de la diversidad biológica y el uso sostenible de los recursos naturales.

Asimismo, el Decreto Legislativo N.º 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, regula el manejo adecuado de los residuos sólidos con el fin de prevenir riesgos sanitarios y ambientales, promoviendo la minimización en la generación, la valorización y la disposición final ambientalmente segura, bajo un enfoque de responsabilidad compartida entre los diferentes actores involucrados. Posteriormente, el Decreto Legislativo N.º 1501, que modifica el Decreto Legislativo N.º 1278, fortalece este marco normativo al optimizar la gestión de residuos, impulsar la economía circular y reforzar los mecanismos de control y fiscalización.

Principalmente, la Ley N.º 30884, Ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables, prohíbe la fabricación, importación, distribución y uso de productos plásticos de un solo uso que no puedan ser reciclados o cuya degradación genere MPs o sustancias peligrosas. Su objetivo principal es reducir el impacto adverso de los residuos plásticos en la salud humana y en los ecosistemas acuáticos, especialmente en la basura marina, fluvial y lacustre. Esta

ley constituye un marco legal específico que busca limitar una de las fuentes directas de MPs en el ambiente acuático.

En conjunto, estas leyes son fundamentales para contextualizar la problemática de la ingesta de MPs en peces, dado que abordan de forma directa o indirecta las fuentes, manejo y regulación de los residuos plásticos.

CAPÍTULO II: ÁREA DE ESTUDIO

2.1 Ubicación Política

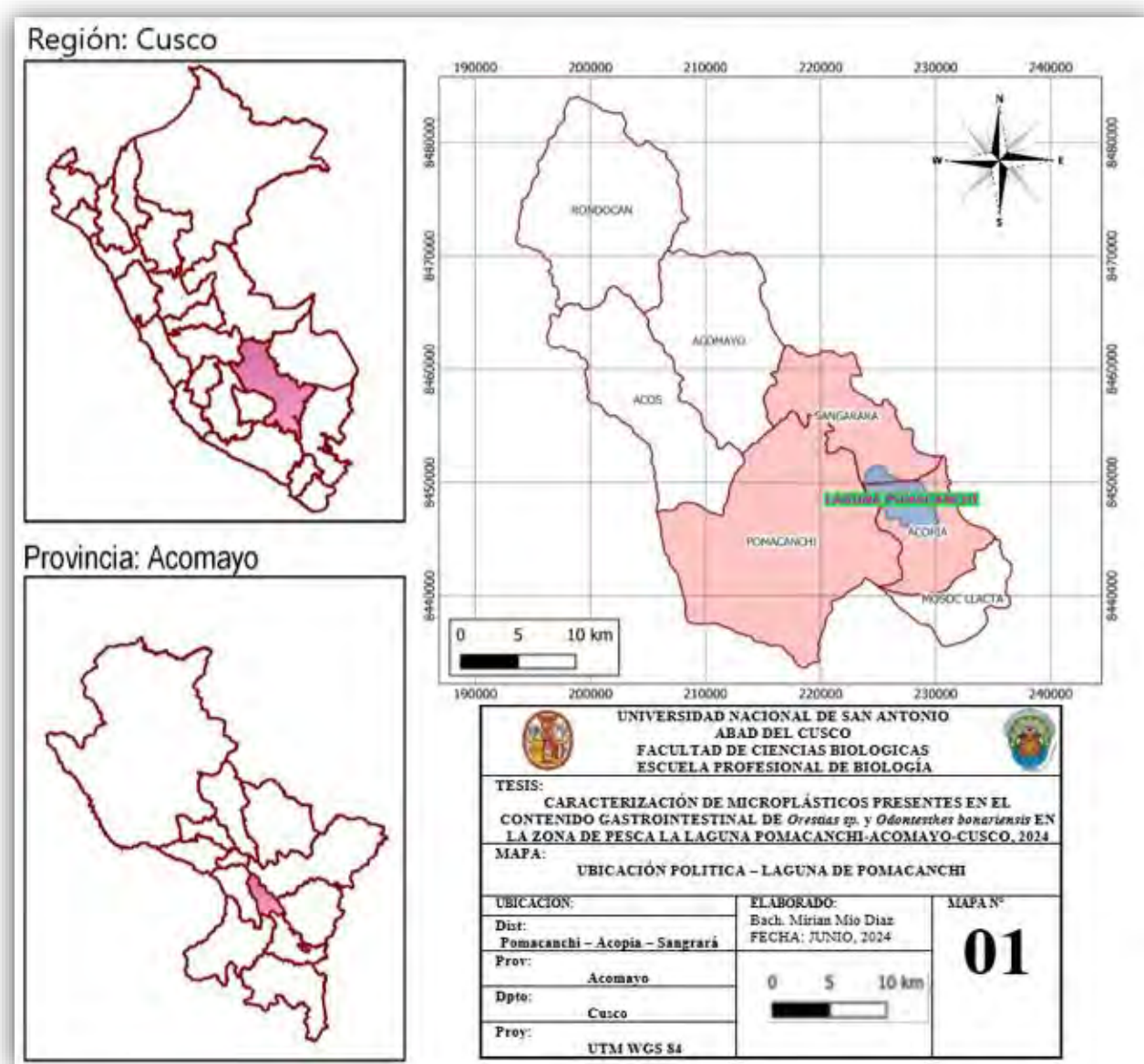
Región : Cusco

Provincia : Acomayo

Distrito : Pomacanchi, Sangrará y Acopia

Figura 4

Ubicación política de la laguna de Pomacanchi



2.2 Ubicación Geográfica

La laguna de Pomacanchi se ubica geográficamente a 3680 metros de altitud y coordenadas UTM (GWS-84)19L 224334 E, 8449067 N. y sus límites son:

Por el Norte : Centro poblado de Marcaconga del distrito de Sangarará

Por el Este : Distrito de Checacupe

Por el Oeste : Centro poblado del distrito de Pomacanchi

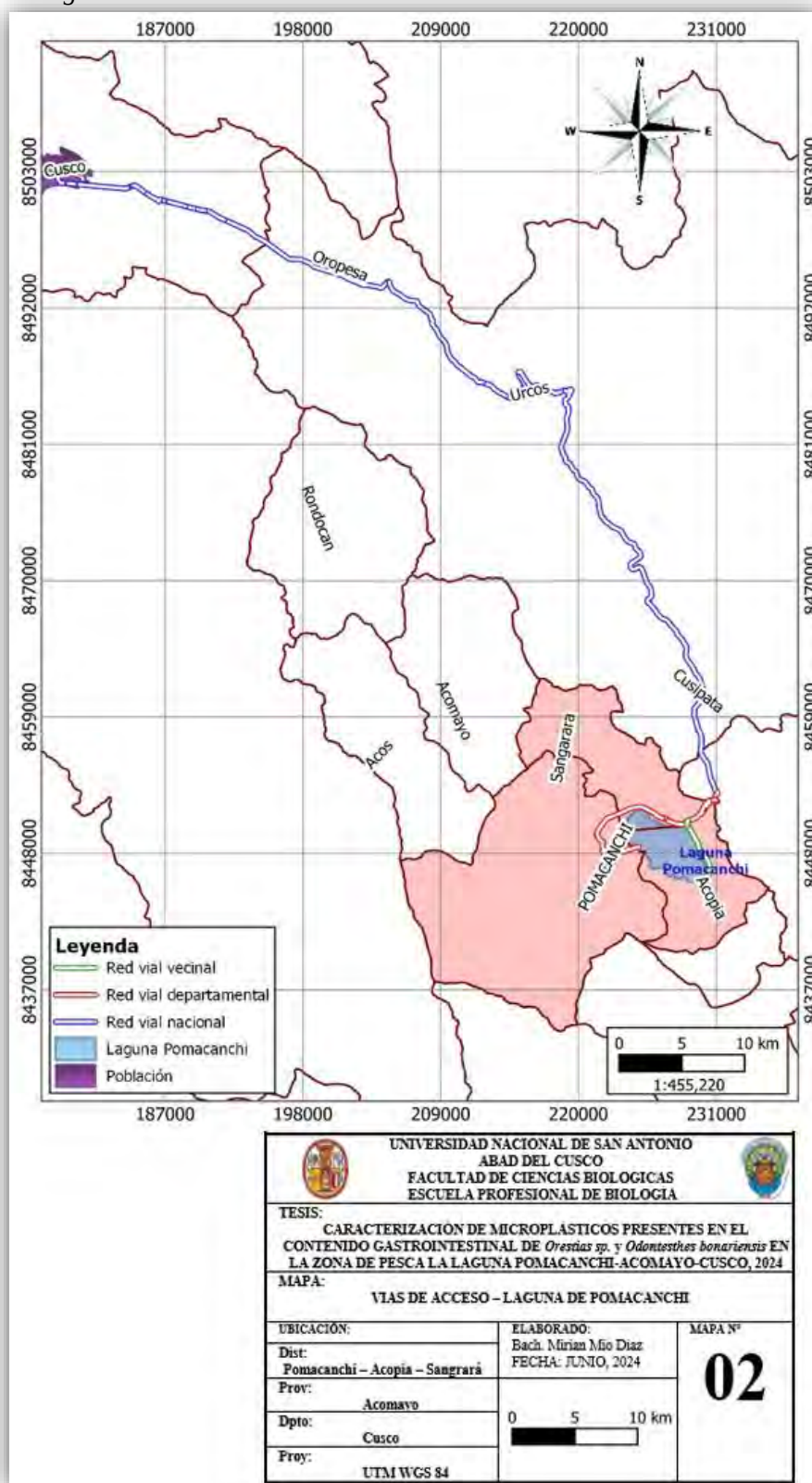
Por el Sur : Laguna de Acopía

2.3 Accesibilidad

Para acceder a la laguna de Pomacanchi, se parte desde la ciudad del Cusco tomando la vía nacional principal con destino a la provincia de Sicuani. A lo largo de esta ruta se recorre un aproximado de 90 km hasta antes de llegar a la localidad de Checacupe. Desde este punto, se toma un desvío hacia el suroeste por el puente Chuquicahuana, continuando por una vía departamental durante 15 km.

El recorrido continúa hacia la provincia de Acomayo, atravesando la comunidad de Chahuay, donde se encuentra un nuevo desvío que conduce al centro poblado del distrito de Pomacanchi. Desde allí, se accede a la laguna de Pomacanchi, bordeando su perímetro por un camino parcialmente afirmado y carrozable.

El tiempo estimado total de viaje es de aproximadamente cuatro horas. La ruta completa puede observarse en el mapa correspondiente (ver Figura 5).

Figura 5*Vías de acceso a la laguna de Pomacanchi*

2.4 Hidrología

Morfológicamente la laguna de Pomacanchi se caracteriza por encontrarse dentro de la depresión andina con un área de forma ovoide, “espejo lagunar de 2126 hectáreas y un perímetro de 29.9 km” (Vitorino–Villegas & Ochoa, 2021, p. 1), una capacidad de 12.00 hm³ (MINAM, 2020). Asimismo, presenta una Profundidad máxima de 110 m y profundidad media de 35 m (Envirolab Perú S.A.C, 2010, p. 30). Este ecosistema lenticó forma parte de la cuenca Vilcanota – Urubamba (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2020) y juega un papel importante ejerciendo un efecto termorregulador dentro de la subcuenca de Pomacanchi moderando el clima severo del piso quechua alto.

La laguna cuenta con cinco afluentes y son:

- Río Pomacanchi, que desemboca en la laguna por el sector denominado Conchacalla.
- Pequeños riachuelos como los de Challa y Cullupata que se forman en época de lluvias, provenientes del distrito de Sangarará.
- Río Tupahuire, que proviene del distrito de Yanampampa.
- Entrada de agua que proviene de la Laguna de Acopia.
- Entrada de agua que proviene de Chillchicaya

En la temporada de lluvias la laguna se descarga hacia el río Cebadapata que es un afluente del Río Vilcanota, con descargas de caudales que varían entre 4.00 a 10.00 m³ /seg. En la temporada de estío la descarga se reduce considerablemente hasta un mínimo de 25 L/seg (0.5 m³ /seg en el mes de diciembre-2009). (Envirolab Perú S.A.C, 2010, p. 30)

2.5 Biogeografía Ecológica

La laguna de Pomacanchi según Aragón & Chuspe (2018) se clasifica como ecosistema de agua dulce de alta montaña. Este ecosistema presenta un clima semiárido semihúmedo templado lluvioso.

Destaca una biodiversidad en fauna acuática con insectos del orden Coleoptera, Lepidoptera, Hemiptera y Odonata (Ñaupá & Laurel, 2022), zooplancton (Subphylum Arthropoda crustacea, Arthropoda chelicerata), macroinvertebrados bentónicos (Phylum Mollusca y Arthropoda) (Envirolab Perú S.A.C., 2010, pp. 36-40) que desempeñan un papel crucial en la cadena trófica del ecosistema lacustre, sirviendo como alimento para diversas especies de aves y peces. Asimismo, se aprecian 53 especies de aves, siendo *Fulica ardesiaca* y *Oxyura jamaicensis* las especies más abundantes, también se reportan aves migratorias: *Chaetura pelágica*, *Tringa melanoleuca*, *Actitis macularia* y *Tringa flavipes* (Vitorino–Villegas & Ochoa, 2021) y peces *Odontesthes bonariensis* y *Orestias sp.* (IMA, 2022).

Presenta hidrofitos como fitoplancton, perifiton (división Bacillariophyta, Chlorophyta y Pyrrophyta) en el cuerpo de agua, macrófita emergente *Scirpus californicus* (totora), macrófitas sumergidas como *Myriophyllum aquaticum* y el género *Ranunculos* en el anillo circunlacustre de menor profundidad (zonas Este, Norte y Sur-Este) (Envirolab Perú S.A.C., 2010, pp. 36-40).

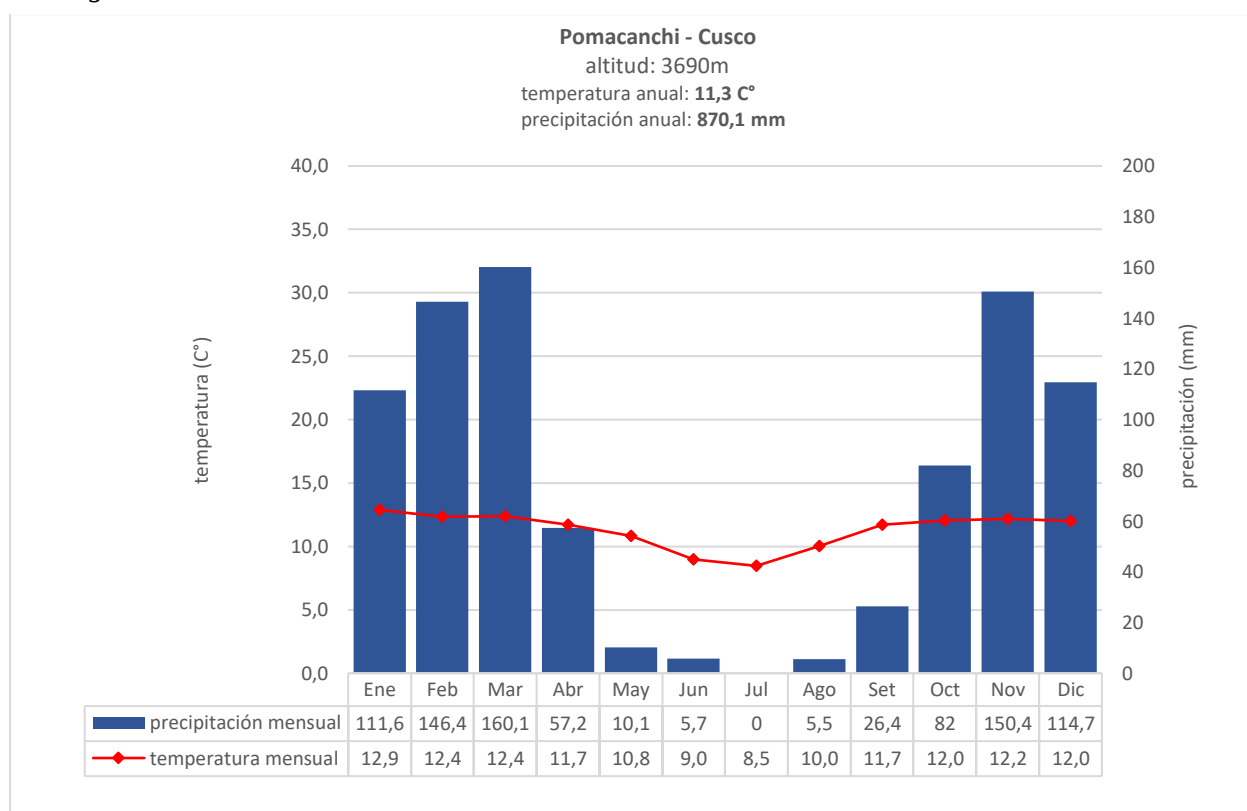
En el ámbito socioambiental, la laguna se localiza en la provincia de Acomayo con una población total de 22 940 habitantes y los distritos que rodean directamente a la laguna corresponden a Acopia con 2650 habitantes, Pomacanchi con 7206 habitantes y Sangará con 3276 habitantes (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2018). El crecimiento poblacional y el desarrollo de actividades domésticas, agrícolas, pecuarias, pesqueras y turísticas

en estos sectores constituyen factores antrópicos que incrementan la generación de residuos sólidos y aguas residuales, favoreciendo el ingreso de materiales plásticos al ecosistema lacustre.

La disposición inadecuada de residuos plásticos de un solo uso, especialmente envases, bolsas y botellas, constituye una fuente importante de contaminación. Estos materiales son transportados hacia la laguna por escorrentía superficial y afluentes especialmente en la temporada de lluvia, acumulándose en el agua y sedimentos. En la laguna de Pomacanchi se observa una temporada de lluvias claramente definida entre los meses de noviembre y marzo, alcanzando picos de precipitación en febrero (146,4 mm) y marzo (160,1 mm) como se muestra en la Figura 6.

Figura 6

Climograma de Pomacanchi 2024



Nota. En base al registro de datos de temperatura y precipitación del año 2024 obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI] Datos Hidrometeorológicos en Cusco - Estación Pomacanchi. <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=cusco&p=estaciones>

En contraste, los meses de mayo - agosto presentan una época seca pronunciada, con valores mínimos en junio (5,7 mm) y julio (0 mm) (SENAMHI s/f). Durante la temporada seca, se caracteriza por cielos despejados e intensificación de vientos andinos, condiciones que favorecen la dispersión atmosférica de partículas ligeras como fibras textiles, fragmentos plásticos y polvo contaminado. Estos vientos pueden actuar como un vector secundario de entrada de MPs hacia la laguna, incrementando la exposición de los organismos acuáticos (Allen et al., 2019).

Adicionalmente, la temperatura media anual de la zona es de 11,3 °C, con una oscilación moderada entre 8,5 °C en julio y 12,9 °C en enero (SENAMHI, s/f). Este rango térmico relativamente estable favorece, aunque de manera lenta, la degradación de los plásticos expuestos en el ambiente, principalmente a través de procesos de foto-oxidación y termoxidación. Dichos mecanismos promueven la pérdida de propiedades físico-químicas del material, facilitando su fragmentación en partículas más pequeñas, que con el tiempo pueden transformarse en MPs.

Otro factor relevante es el vertimiento de aguas residuales domésticas sin tratamiento adecuado. Estas aguas pueden contener microfibras sintéticas provenientes del lavado de prendas textiles, además de partículas derivadas de productos de higiene y materiales plásticos degradados. La ausencia o deficiencia de sistemas de gestión de residuos y tratamiento de aguas residuales favorece la dispersión de MPs dentro de la laguna.

Desde el enfoque biogeográfico ecológico, la presencia de MPs altera las interacciones entre los componentes bióticos y abióticos del ecosistema. Las partículas pueden ser ingeridas por especies ícticas como *Orestias sp* y *Odontesthes bonariensis*, afectando procesos fisiológicos, alimentación y distribución de organismos acuáticos. Además, los MPs pueden actuar como vectores de contaminantes químicos y microorganismos, modificando la calidad ambiental de la laguna y generando presión ecológica sobre la biodiversidad local.

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

3.1.1 *Biológicos*

- ✓ *Odontesthes bonariensis* (Pejerrey)
- ✓ *Orestias sp.* (Carachi)

3.1.2 *De Campo*

- ✓ Bolsas con cierre resellable
- ✓ GPS
- ✓ Marcadores o rotuladores
- ✓ Nevera o cooler
- ✓ Libreta de campo

3.1.3 *Equipos e insumos*

Equipos

- ✓ Microscopio infrarrojo Perkin Elmer FT-IR Microscope Spotlight 200i
- ✓ Microscopio trinocular Biologico VELAB PRIME VE-T300
- ✓ Destilador de agua GLF 11265706J
- ✓ Estufa MEMMERT B21300333
- ✓ Refrigeradora THERMO SCIENTIFICREVCO 117786801110214
- ✓ Balanza analítica OHAUS PIONEER
- ✓ Equipo de filtración ENDO GLASSWARE

Insumos

- ✓ Microdisc Membrane Filter MCE 0.45µm 47mm

- ✓ KOH 10%
- ✓ Solución salina hipersaturada
- ✓ Papel aluminio
- ✓ Agua destilada
- ✓ Kit de disección
- ✓ Probeta 50ml
- ✓ Frasco Boeco Germany de 250 ml
- ✓ Porta objetos
- ✓ Placas Petri de vidrio

Materiales de bioseguridad

- ✓ Bata de algodón
- ✓ Guantes de latex
- ✓ Barbijo de algodón
- ✓ Cofia de algodón

3.2 Metodología

3.2.1 Tipo de investigación

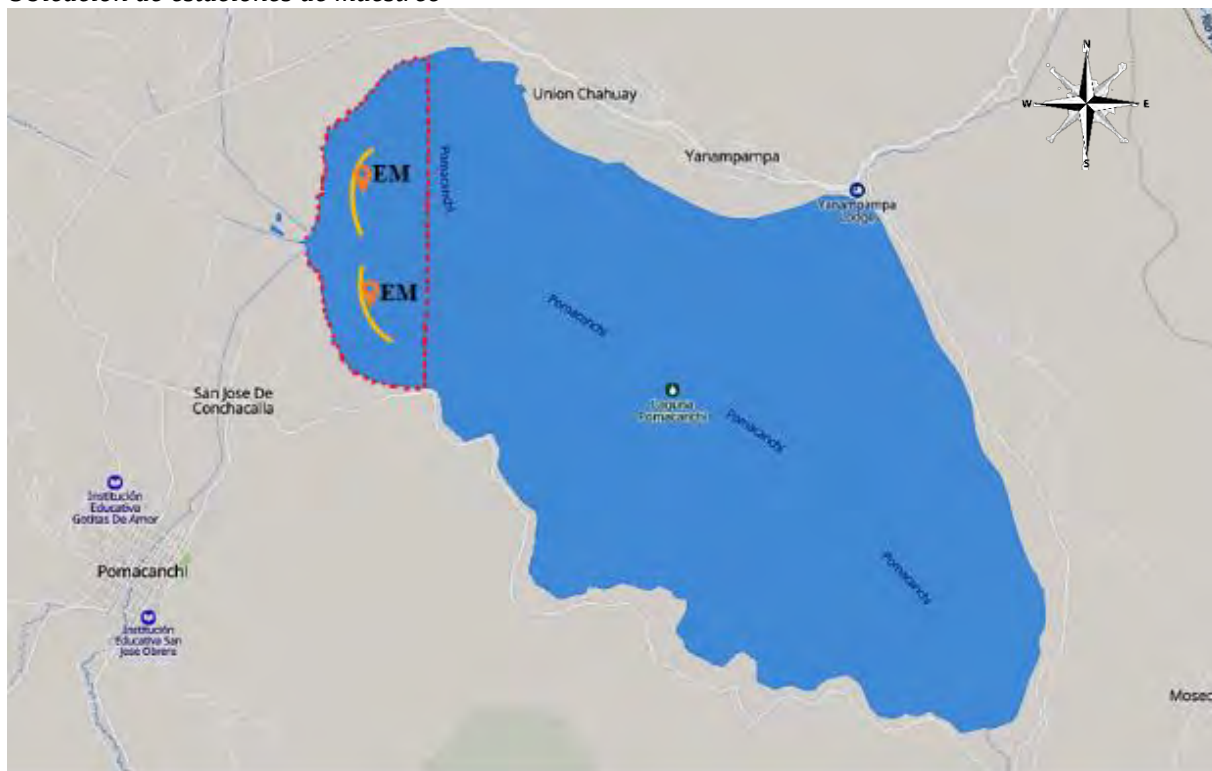
El presente trabajo fue realizado con un diseño no experimental de tipo descriptivo enfoque cuantitativo. Además, fue transversal, por haberse recopilado datos en un único momento en el tiempo.

3.2.2 Determinación de zona de muestreo

La zona de muestreo se determinó tomando en cuenta la zona de pesca activa, que consideró un área aproximada de 271 hectáreas. donde hay mayor probabilidad de capturar individuos de ambas especies por presentar menor profundidad, y ser una zona de alimentación y desove de los peces. Además, la proximidad a la desembocadura del río Pomacanchi se considera un factor relevante en el presente estudio, ya que incrementa la probabilidad de detección de MPs en los organismos analizados. Este afluente atraviesa el poblado del mismo nombre y áreas agrícolas adyacentes, donde se observa una notable acumulación de residuos plásticos en las riberas, tales como botellas PET, bolsas plásticas de un solo uso, sacos de carga y envases de detergentes. También es utilizado para el lavado de prendas de vestir, actividad que puede favorecer el desprendimiento de fibras sintéticas debido a la acción mecánica del lavado. Asimismo, la utilización de redes de pesca sintéticas, algunas de las cuales permanecen olvidadas en el agua incluso durante el periodo de veda, junto con el uso de botellas plásticas como boyas, constituyen fuentes adicionales de ingreso de MPs al ecosistema acuático.

Se definieron dos estaciones de muestreo (EM) georreferenciados que corresponden a transectos de 120 metros de longitud cada uno.

- **EM 1:** 19L 224384E – 8450288N
- **EM 2:** 19L 224415E – 8449154N

Figura 7*Ubicación de estaciones de muestreo*

Nota. mapa por medio de Google Maps 2024, zona de pesca activa área aprox. 271 hectáreas

3.2.3 Obtención de Muestras de Peces

Las muestras se obtuvieron de las redes de pesca instaladas por pescadores locales, quienes utilizan redes de enmalle de 60 m de longitud por 2 m de profundidad, acopladas 2 redes continuas, con un tiempo de inmersión de 13 horas (16:00–05:00), durante el mes de junio del 2024.

Se analizaron un total de 40 individuos, correspondientes a 20 *Odontesthes bonariensis* y 20 *Orestias sp.* siguiendo un muestreo no probabilístico a criterio del investigador (Sampieri, Collado & Lucio, 2014); se consideró a cada pez como unidad muestral. El número de muestras utilizando en la presente investigación se encuentra dentro del rango reportado por estudios similares.

La decisión de trabajar con $n = 20$ individuos por especie responden a la necesidad de generar datos descriptivos y comparativos para los tres objetivos del estudio (cantidad, caracterización en cuanto a la forma, color, tamaño y tipo de polímero) permitiendo caracterizar la presencia y naturaleza de MPs en los organismos muestreados y cumplir los objetivos del estudio. Este estudio no generará resultados que generalicen información a toda la laguna (Etikan et al., 2016).

La cantidad de muestras (peces) se obtuvo en proporción a la captura total de pesca en cada estación de muestreo (EM)

Tabla 9

Muestra recolectada de peces

Jornada	Estaciones de muestreo (EM)	Captura total por pesca	Captura de <i>O. bonariensis</i>	muestra recolectada de <i>O. bonariensis</i>		Captura de <i>Orestias sp.</i>	muestra recolectada de <i>Orestias sp.</i>	
				unidades	%		unidades	%
1	EM 1	59	32	10	31,25	17	10	58,82
2	EM 2	50	36	10	27,77	14	10	71,43
total				20			20	

3.2.4 *Determinación de la cantidad de microplásticos presentes en el contenido gastrointestinal de Orestias sp. y Odontesthes bonariensis*

La cuantificación de MPs en el contenido gastrointestinal de los peces se realizó siguiendo los protocolos propuestos por Merga et al. (2020) y Li et al. (2018), adaptados a las condiciones del laboratorio comenzando con una digestión, separación por flotación, filtración, identificación y cuantificación de MPs (ver Anexo 5).

3.2.4.1 Digestión del contenido gastrointestinal

Es fundamental llevar a cabo una digestión previa de la materia orgánica presente en el contenido gastrointestinal del pez, ya que esta podría ser confundida con MPs durante su observación al microscopio. Para este propósito se diseccionó al pez exponiendo los órganos, se empezó a extraer el tracto gastrointestinal haciendo un corte en el extremo superior del estómago y otro corte en el extremo del ano. Se registró la medida de la masa del contenido gastrointestinal.

Para la degradación de la materia orgánica presente en el contenido gastrointestinal de los peces, se realizó una digestión utilizando una solución de hidróxido de potasio (KOH) al 10% (Toledo & Ángeles, 2019). Las digestiones alcalinas actúan mediante la hidrólisis de enlaces químicos y desnaturalizando proteínas de la matriz orgánica (Lusher et al., 2016). Se empleó una proporción volumétrica de 3:1 entre reactivo y muestra (Merga et al., 2020 y Li et al., 2018). Las digestiones se llevaron a cabo en frascos de vidrio con capacidad volumétrica de 250 ml, manteniéndose a una temperatura de 70°C durante 24 horas en el laboratorio 315 de Ecología.

3.2.4.2 Separación por flotación

El objetivo es separar MPs mediante la diferencia de densidades entre los plásticos (menos densos) y otros materiales orgánicos o inorgánicos (más densos). A las muestras digeridas se añadió 50 ml de solución salina hipersaturada, manteniéndola durante 24 horas a temperatura ambiente Merga et al. (2020) y Li et al. (2018).

3.2.4.3 Filtración

La filtración a vacío del sobrenadante de cada frasco se realizó utilizando una membrana con porosidad de 0.45 micras (Merga et al., 2020 y Li et al., 2018).

3.2.4.4 Identificación y cuantificación de microplásticos

La cuantificación de MPs en las muestras se realizó mediante un método de barrido sistemático bajo microscopio trinocular biológico VELAB PRIME VE-T300, con base en las recomendaciones metodológicas descritas por Li et al. (2018) y Merga et al. (2020). Este procedimiento tiene como finalidad garantizar un conteo preciso y evitar la omisión o duplicación de partículas en las láminas de observación.

Cada filtro fue colocado sobre la platina del microscopio y examinado visualmente mediante un barrido en transectos horizontales y verticales, cubriendo la totalidad de la superficie mediante un patrón en “zigzag” o en cuadrícula. El análisis se realizó a aumentos de 40X, 100X y 400X, dependiendo del tamaño de las partículas presentes.

La identificación de los MPs se realizó siguiendo los criterios propuestos por Norén (2007) que establece criterios visuales estandarizados que eviten la confusión con estructuras biológicas. Estos criterios son los siguientes:

- ✓ No se ven estructuras celulares u orgánicas en la partícula / fibra de plástico
- ✓ Si la partícula es una fibra, debe ser igualmente gruesa, no estrecharse hacia los extremos y tener una curvatura tridimensional (no fibras completamente rectas, lo que indica un origen biológico)
- ✓ Partículas claras y de colores homogéneos (azul, rojo, negro y amarillo)
- ✓ Si no es obvio que la partícula / fibra está coloreada, es decir, si es transparente o blanquecina, se examinará con especial cuidado en un microscopio de gran aumento para excluir un origen orgánico.

3.2.4.5 Determinación de la ocurrencia de microplásticos.

De acuerdo con Mazariegos-Ortíz et al. (2021) se indica la siguiente ecuación para determinar la ocurrencia de microplásticos en peces

$$FO(\%) = \frac{PcMPs}{N} \times 100$$

Donde:

FO (%): es el factor de ocurrencia

PcMPs: peces con microplásticos

N : número de peces examinados

3.2.4.6 Pruebas estadísticas

Se aplicaron análisis estadísticos descriptivos mediante medidas de tendencia central y dispersión. Se comparó la cantidad de MPs encontrados entre ambas especies mediante la prueba T de Student para dos muestras independientes. Previamente a la aplicación de la prueba, se verificaron los supuestos de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Dado que en ambas especies los valores de p fueron $>0,05$ (0,23 y 0,19), se procedió a aplicar la prueba T de Student para dos muestras independientes. El análisis se llevó a cabo considerando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Para el procesamiento de los datos se emplearon los programas IBM SPSS Statistics (versión 25) y Microsoft Excel 2010.

3.2.5 Caracterización morfológica de microplásticos presentes en el contenido gastrointestinal de *Orestias sp.* y *Odontesthes bonariensis*.

3.2.5.1 Microscopia óptica

Los MPs encontrados se caracterizaron en el Microscopio trinocular Biologico VELAB PRIME VE-T300 en el laboratorio 315 de ecología. Según su tamaño en cortos ($1\mu - \leq 1mm$) y

grandes ($1- \leq 5\text{mm}$), según el color en: azul, negro, morado, amarillo, rojo, rosado, celeste, verde, blanco y transparente, finalmente según la forma en: fragmento, fibra, esferas y film como señala Lusher et al. (2017) y Pazos (2021).

3.2.6 Identificación del tipo de plástico que conforma los microplásticos presentes en el contenido gastrointestinal de *Orestias sp.* y *Odontesthes bonariensis*

Algunos MPs identificados fueron aislados sobre portaobjetos utilizando cinta adhesiva de doble cara para el posterior análisis de composición química.

3.2.6.1 Microscopia infrarroja

Para la confirmación de la composición polimérica de las partículas identificadas como posibles MPs, se analizó en el microscopio infrarrojo PerkinElmer Spotlight 200i de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa - UNSA, como describe Li et al. (2018), siguiendo los lineamientos de la norma ASTM E1252-98 (2021) “Standard Practice for General Techniques for Obtaining Infrared Spectra for Qualitative Analysis”, con un rango de número de onda desde 650 cm^{-1} hasta 4000 cm^{-1} (informe de análisis realizado en la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa). Este equipo permite analizar partículas de tamaño micrométrico a través de la obtención de espectros infrarrojos que funcionan como una huella molecular del material.

La identificación de MPs se complementó con la comparación espectral automatizada proporcionada por el software Spectrum™ del sistema PerkinElmer Spotlight 200i. Para ello, cada espectro obtenido de las partículas sospechosas fue comparado con una biblioteca de referencia que contiene espectros de materiales compuestos por polímeros comunes, como polietileno (PE), polipropileno (PP), tereftalato de polietileno (PET), entre otros.

El sistema genera un score de similitud (match quality score), el cual cuantifica el grado de coincidencia entre el espectro de la muestra y el espectro de referencia, expresado como un valor entre 0 y 1. Los valores más cercanos a 1 se interpretan como una coincidencia excelente, lo cual permite confirmar con alta certeza la identidad del polímero (ASTM international, 2021).

La selección de submuestra se realizó bajo un criterio de representatividad morfológica, priorizando fibras por ser la forma más abundante en ambas especies— y complementando con un fragmento para contrastar la variabilidad. Además, se escogieron partículas con tamaños compatibles con la resolución del equipo ($\geq 20 \mu\text{m}$), lo que garantizó la obtención de espectros confiables. Esta decisión respondió a limitaciones técnicas y logísticas, dado que el análisis por microscopia infrarroja implica un mayor tiempo de procesamiento, disponibilidad restringida de equipo especializado y costos elevados, lo que imposibilitó aplicar la técnica a la totalidad de partículas recuperadas

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Determinación de la cantidad de microplásticos presentes en el contenido gastrointestinal de *Orestias sp.* y *Odontesthes bonariensis*

Se identificaron un total de 387 unidades de MPs en 39 peces de los 40 ejemplares evaluados.

- Para *Orestias sp.* se encontraron un total de 152 unidades de MPs en 19 de los 20 peces analizados.
- Para *Odontesthes bonariensis*, se encontraron 235 unidades de MPs en los 20 peces analizados.

Tabla 10

Ocurrencia de MPs en el contenido gastrointestinal de peces

	Especies		Total
	<i>O. bonariensis</i>	<i>Orestias sp.</i>	
PsMPs	0	1	1
PcMPs	20	19	39
N	20	20	40
FO%	100.0%	95.0%	97.5%

Nota. PsMPs: peces sin, MPs; PcMPs: peces con MPs, N: cantidad de peces examinados, FO: frecuencia de ocurrencia

La tabla 10 muestra que casi todos los peces analizados contenían MPs, con una ligera diferencia en la frecuencia entre especies. Esto indica una elevada exposición ambiental a este contaminante.

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

11). Estos resultados sugieren que *O. bonariensis* estaría más expuesto o es más propenso a la interacción de MPs en el ambiente analizado.

Tabla 11

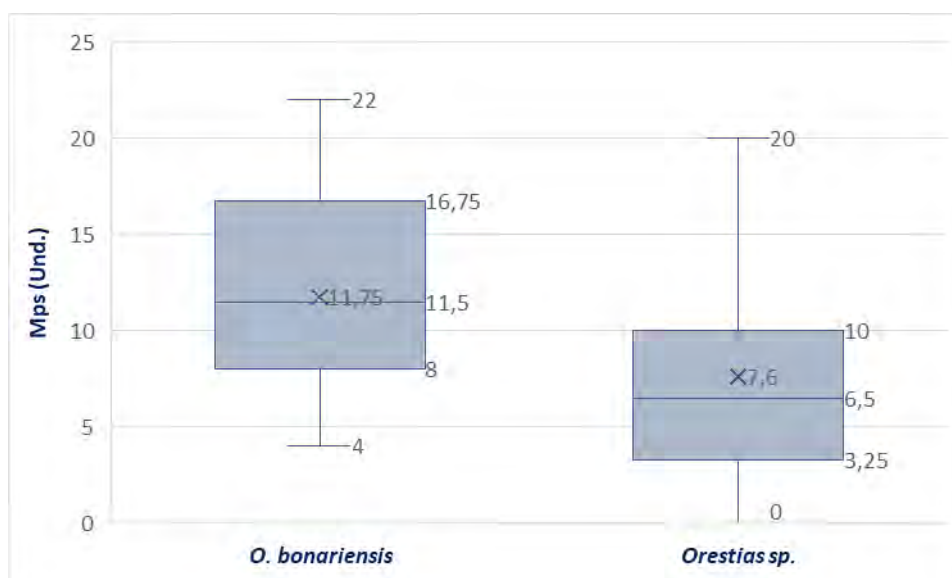
Estadístico descriptivo de MPs /pez

Especies	N	Mínimo (Und.)	Máximo (Und.)	Media	Desv. estándar	Shapiro-Wilk	Test de Levene	T Student muestras independientes
<i>O. bonariensis</i>	20	4,00	22,00	11,75	5,379	0,19	0,659	0,018
<i>Orestias sp.</i>	20	0,00	20,00	7,60	5,256	0,23		

En el análisis de la abundancia de MPs en el contenido gastrointestinal de las especies evaluadas (Figura 8), se evidenció una mayor concentración en *O. bonariensis* respecto a *Orestias sp.* La media en *O. bonariensis* fue de 11,75 MPs, con un rango intercuartílico de 8 a 16,75 unidades de MPs, mientras que en *Orestias sp.* la media fue de 7,6 MPs y con un rango intercuartílico de 3,25 a 10 MPs.

Figura 8

Cuantificación de MPs / pez



La dispersión de los datos mostró un rango de 4 a 22 MPs en *O. bonariensis* y de 0 a 20 MPs en *Orestias sp.*, observándose individuos sin presencia de MPs únicamente en esta última especie.

En conjunto, los resultados reflejan que *O. bonariensis* presentó una menor variabilidad en cuanto a unidades de MPs por pez, con un promedio de 11.75, mientras que *Orestias sp.* mostró una mayor variabilidad por incluir individuos libres de MPs y otros con cargas elevadas, con un promedio de 7,6 MPs/pez.

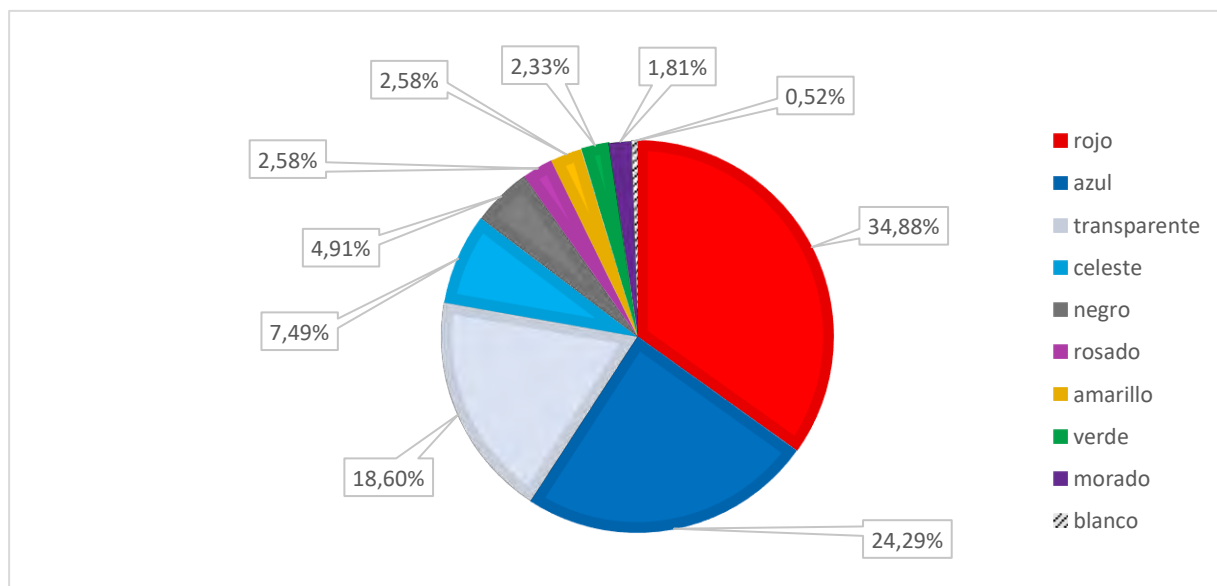
Estos resultados coinciden con la prueba T de Student, que mostró una diferencia estadísticamente significativa entre ambas especies ($p = 0.018$), confirmando que *O. bonariensis* presenta una carga de MPs significativamente mayor en comparación a *Orestias sp.*

4.1.2 Caracterización morfológica de microplásticos presentes en el contenido gastrointestinal de *Orestias sp.* y *Odontesthes bonariensis*.

Los MPs encontrados por pez se clasificaron en base a sus características morfológicas: color, forma y tamaño. Ver ANEXO 12 y 13.

Figura 9

Caracterización de MPs en función al color

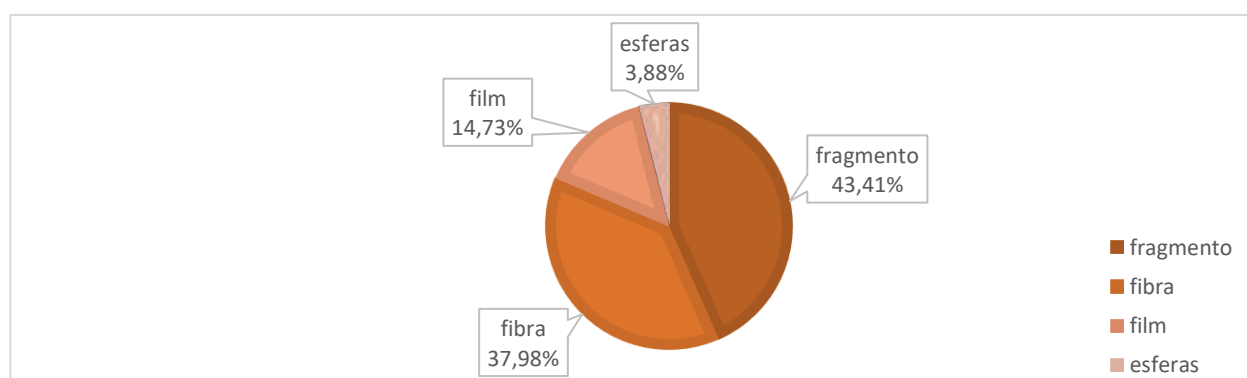


Se encontraron en total MPs de diez colores: negro, azul, rojo, amarillo, verde, rosado, celeste, morado, blanco y transparente de las cuales predominaron el color rojo (34,88%), azul (24,29%) y transparente (18,60%).

De igual manera se encontraron cuatro formas de MPs: fragmentos, fibras, film y esferas donde se observó en mayor cantidad las dos primeras formas con 43,41% y 37,98% respectivamente y en menor proporción film y esferas con 14,73% y 3,88% respectivamente.

Figura 10

Caracterización de MPs en función a la forma



Finalmente, en cuanto al tamaño que más se encontraron fueron los MPs cortos en un 91,73% y MPs grandes con 8,27%

Figura 11

Caracterización de MPs en función al tamaño

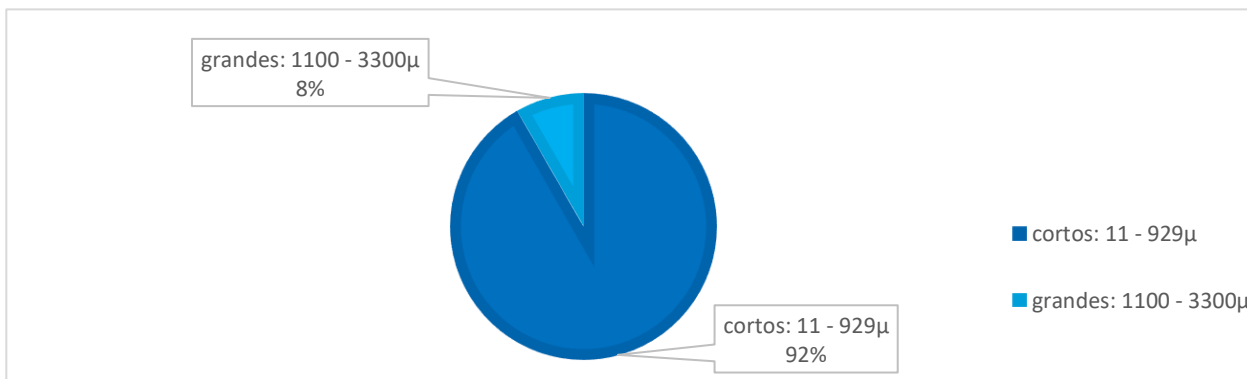
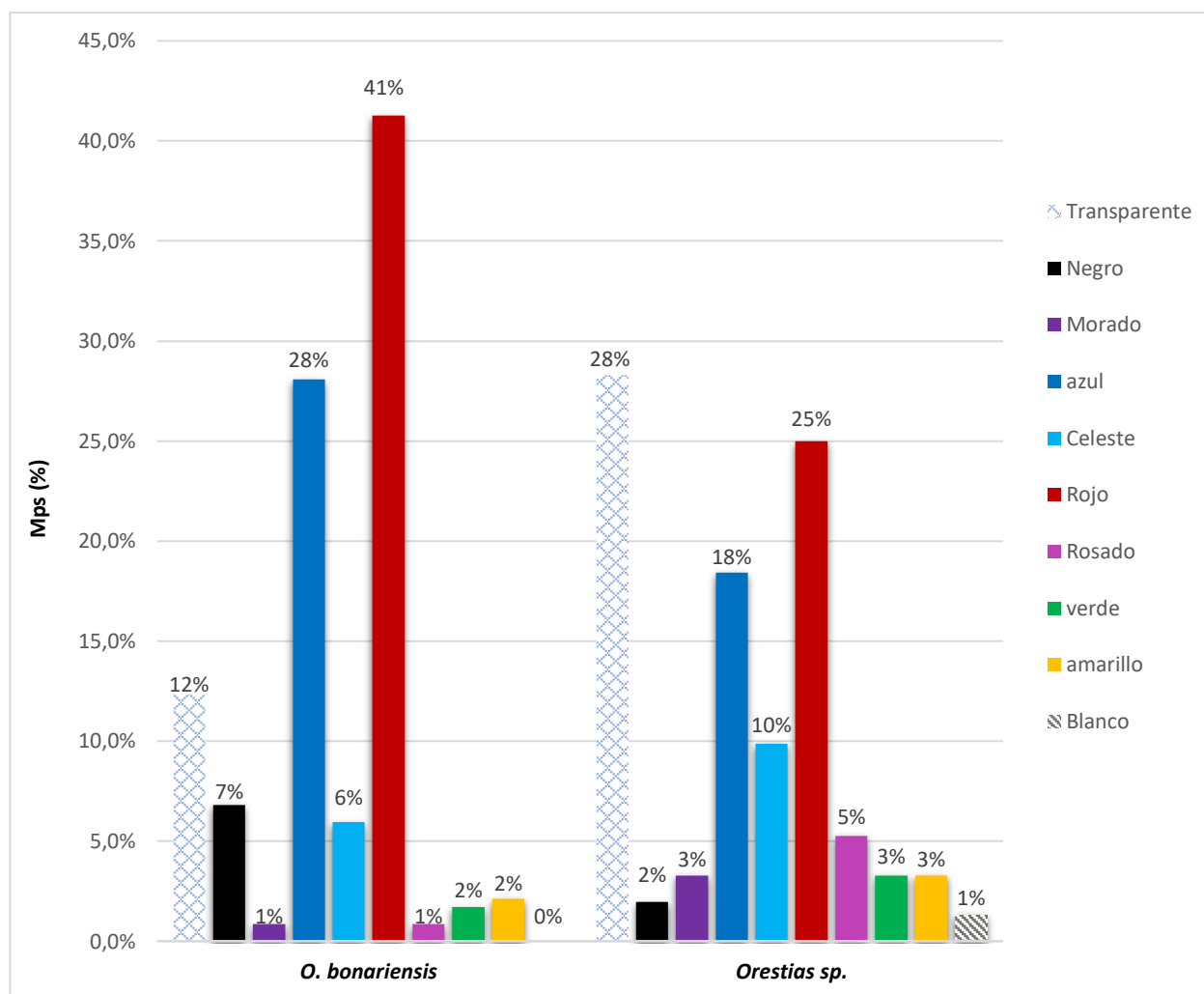


Tabla 12

Caracterización de MPs en términos de color, forma y tamaño

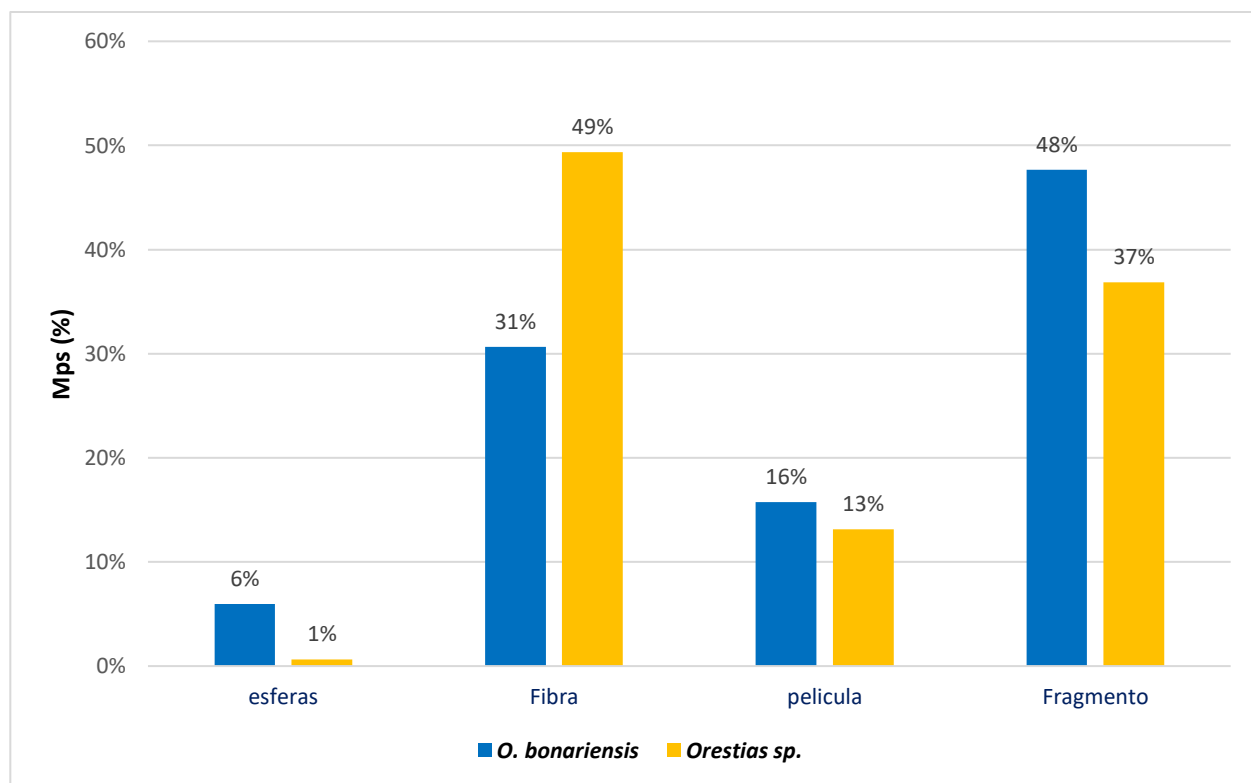
	N° individuos	N° MPs	Color											forma				tamaño	
			Transparente	Negro	Morado	azul	Celeste	Rojo	Rosado	verde	amarillo	Blanco						Corto	Grande
													esferas	Fibra	película	Fragmento		11-929 µm	1100-3300 µm
<i>O. bonariensis</i>	20	235	29	16	2	66	14	97	2	4	5	0	14	72	37	112		223	12
	media		1,45	0,8	0,1	3,3	0,7	4,85	0,1	0,2	0,25	0	0,7	3,6	1,85	5,6		11,15	0,6
	%		12,34	6,81	0,85	28,09	5,96	41,28	0,85	1,70	2,13	0,00	5,96	30,64	15,74	47,66		94,89	5,11
<i>Orestias sp.</i>	20	152	43	3	5	28	15	38	8	5	5	2	1	75	20	56		132	20
	media		2,15	0,15	0,25	1,4	0,75	1,9	0,4	0,25	0,25	0,1	0,05	3,75	1	2,8		6,6	1
	%		28,29	1,97	3,29	18,42	9,87	25,00	5,26	3,29	3,29	1,32	0,66	49,34	13,16	36,84		86,84	13,16
total	40	387	72	19	7	94	29	135	10	9	10	2	15	147	57	168		355	32
	media		1,8	0,475	0,175	2,35	0,725	3,375	0,25	0,225	0,25	0,05	0,375	3,675	1,425	4,2		8,875	0,8
	%		18,60	4,91	1,81	24,29	7,49	34,88	2,58	2,33	2,58	0,52	3,88	37,98	14,73	43,41		91,73	8,27

Figura 12*Color de MPs encontrados según la especie*

En cuanto a la distribución de colores de los MPs (Figura 12), los resultados indican que, si bien ambas especies comparten una tendencia a ingerir MPs de colores azules y rojos, *O. bonariensis* presentó una marcada predominancia del rojo, mientras que en *Orestias sp.* la presencia de transparente fue más representativa, asimismo, se encontró partículas blancas en esta especie y no encontrándose en *O. bonariensis*, lo cual sugiere posibles diferencias en la exposición o en los hábitos alimenticios de cada especie.

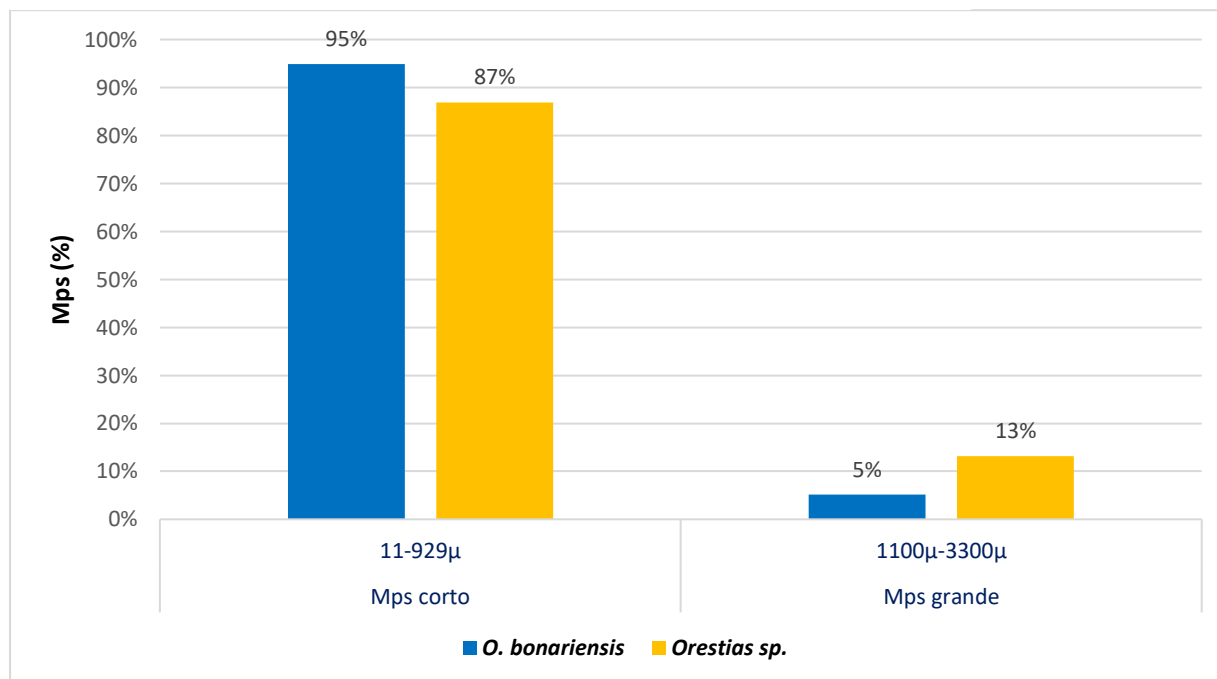
Figura 13

Forma de MPs encontrados según la especie



La forma de MPs encontrados en el contenido gastrointestinal de *O. bonariensis* fueron fragmentos (47,66%), fibras (30,64%), película (15,74%) y esferas (5,96%) a comparación de *Orestias sp.* donde predominaron la forma de fibra (49,34%) seguida de fragmentos (36,84%), película (13,16%) y 0,66% de esferas como se muestra en la figura 13.

En cuanto al tamaño, se encontraron en mayor cantidad MPs cortos para ambas especies con un 94,89% para *O. bonariensis* y 86,84% para *Orestias sp.* Entre los MPs grandes se puede apreciar que en *Orestias sp.* se encontró en mayor porcentaje MPs (13,16%) a comparación de *O. bonariensis* (5,11%), (ver figura 14).

Figura 14*Tamaño de MPs encontrados según la especie***Tabla 13***Rango de microplásticos encontrados*

especie	Formas de Mps	Mps Cortos (1-1000μm)		Mps Grandes (1001-5000μm)	
		Rango encontrado		Rango encontrado	
		mínimo	máximo	mínimo	máximo
<i>O. bonariensis</i>	Fibra	95 μm	900 μm	1236 μm	3300 μm
	Fragmento	13 μm	148 μm	—	—
	Film	50 μm	450 μm	—	—
	Esfera	11 μm	70 μm	—	—
<i>Orestias sp.</i>	Fibra	95 μm	929 μm	1100 μm	3250 μm
	Fragmento	11 μm	100 μm	—	—
	Film	50 μm	675 μm	—	—
	Esfera	14 μm	14 μm	—	—

Nota. —: no se registraron microplásticos dentro de ese rango de tamaño en los individuos analizados.

En *O. bonariensis*, las fibras presentaron el mayor rango de tamaño de MPs, registrándose MPs cortos entre 95 y 900 μm y MPs grandes entre 1236 y 3300 μm . Los fragmentos se encontraron únicamente dentro de la categoría de MPs cortos, con tamaños comprendidos entre 13 y 148 μm . Asimismo, los films presentaron un rango entre 50 y 450 μm y las esferas entre 11 y 70 μm , sin registro de MPs grandes para estas formas. En *Orestias sp.*, las fibras también presentaron el mayor rango de tamaño, con MPs cortos entre 95 y 929 μm y MPs grandes entre 1100 y 3250 μm . Los fragmentos registraron tamaños entre 11 y 100 μm , mientras que los films oscilaron entre 50 y 675 μm , correspondiendo en ambos casos únicamente a MPs cortos. Respecto a las esferas, se registró un tamaño de 14 μm , sin evidencia de MPs grandes para esta forma (ver tabla 13).

4.1.3 Identificación del tipo de plástico que conforma los microplásticos presentes en el contenido gastrointestinal de *Orestias sp.* y *Odontesthes bonariensis*

Se analizaron ocho muestras de MPs mediante Microscopia infrarrojo obteniéndose espectros (informe de análisis por microscopia infrarrojo – UNSA, ver ANEXO 14 y 15). Se realizó una comparación entre muestras analizadas y diversos materiales de referencia (ver tabla 14 y 15). Con el fin de identificar similitudes compositivas. La comparación se basó en un índice de similitud o “match score”.

Tabla 14

*Análisis por microscopia infrarroja para *Orestias sp.**

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

Fb: 11 y Fb: 15 – MIRAFL, OLEFIN FIBER, Score 0,699 y 0,722 respectivamente: Las principales bandas observadas se localizaron alrededor de 2950, 2916 y 2848 cm^{-1} , asociadas a los estiramientos C–H de los grupos metileno y metilo; así como en 1455 y 1375 cm^{-1} , correspondientes a las deformaciones de los grupos CH_3 . Estos picos son característicos del polipropileno (PP), aunque presentan cierta superposición con el polietileno (PE) debido a la similitud estructural entre ambos polímeros.

La coincidencia con el espectro de MIRAFL, junto con la presencia de dichas bandas características, permiten inferir que la muestra corresponde principalmente a un microplástico del tipo polipropileno (PP). Este resultado es consistente con la identificación de fibras sintéticas derivadas de materiales textiles o geotextiles, ampliamente utilizados en actividades antropogénicas.

Fb: 12 – HORIZON BLUE (69% algodón, 19% olefina, 12% poliéster), Score 0,576: Coincidencia baja. Sugiere una fibra textil con componentes naturales y sintéticos, aunque la identificación es poco confiable.

Fb: 13 – LENKA (15% acrílico (poliacrilonitrilo PAN), 64% algodón, 21% lino), Score 0,691: Coincidencia moderada, próxima al umbral de aceptación. Sugiere fibras textiles mezcladas, con predominancia de algodón y presencia de acrílico (poliacrilonitrilo en forma de hilos – químicamente plástico termoplástico).

En conjunto en *Orestias sp.* se detectaron principalmente fibras sintéticas (polipropileno) y textiles mezclados con componentes naturales y plásticos. Sin embargo, algunos scores (0,576; 0,691) indican coincidencias débiles que deben interpretarse con cautela.

Tabla 15*Análisis por microscopía infrarroja para *Odontesthes bonariensis**

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

Fb: 6 – POLY (ethylene terephthalate), Score 0,743: Identificación confiable. Se confirma la presencia de PET, un polímero sintético de uso común en envases y fibras.

Fb: 9 – JUTE (fibra natural celulósica), Score 0,698: Coincidencia al límite del umbral. Sugiere presencia de fibras naturales (yute), aunque con menor confiabilidad. Estas fibras pueden provenir de materiales naturales o de textiles mezclados, y en ocasiones son tratadas con tintes o aditivos sintéticos, lo que complica su degradación.

Fb: 11 – EVITA (21% acrílico (poliacrilonitrilo PAN), 79% algodón), Score 0,729: Coincidencia aceptable. Fibra textil mixta con un componente sintético (acrílico – químicamente conocido poliacrilonitrilo PAN) y predominancia natural (algodón).

Fr: 1 – LENKA (15% acrílico (poliacrilonitrilo PAN), 64% algodón, 21% lino), Score 0,826: Coincidencia muy buena (>0,8). Confirma un textil mixto con presencia de fibras sintéticas (acrílico - químicamente conocido poliacrilonitrilo PAN) y naturales (algodón, lino).

En conjunto en *O. bonariensis* se identificaron tanto fibras sintéticas (PET, acrílico) como naturales (algodón, lino, yute). Los scores obtenidos (0,729 – 0,826) muestran coincidencias más

confiables que en *Orestias sp.*, sugiriendo una mayor certeza en la identificación de los materiales ingeridos.

4.2 Discusión

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

Otros trabajos han reportado valores más bajos de presencia de MPs por individuo, como los de Adeogun et al. (2020) (1–6 MPs/individuo), Huang et al. (2020) ($2,83 \pm 1,84$ MPs/individuo), Rasta et al. (2021) ($2,26 \pm 2,93$ elementos/individuo en especies omnívoras y $1,10 \pm 1,10$ en carnívoras) y Chota-Macuyama & Chong (2020) ($0,34 \pm 1,19$ MPs/individuo). Estas diferencias podrían atribuirse a variaciones espaciales y temporales en la disponibilidad de MPs en el ambiente, así como a factores asociados al hábitat, comportamiento trófico y estrategias alimentarias de cada especie.

Las diferencias observadas entre especies podrían estar relacionadas con la ecología de las especies y sus hábitos alimenticios. *O. bonariensis*, de comportamiento predominantemente pelágico, estaría más expuesto a la presencia de partículas flotantes o suspendidas en la columna de agua favoreciendo una ingestión incidental de MPs. Asimismo, ciertos colores de MPs pueden asemejarse a presas naturales o partículas alimenticias, atrayendo visualmente a especies

planctívoras o piscívoras como *O. bonariensis*, lo que explicaría su mayor ingestión de MPs de forma intencional. Además, su comportamiento piscívoro e incluso caníbal sugiere una posible transferencia trófica de MPs a través de sus presas.

En contraste, *Orestias sp.*, de hábitos bentopelagicos, tendría una menor exposición a estas partículas al alimentarse cerca del fondo. Además, este género perteneciente al grupo de los ciprínidos, dependen en mayor medida de estímulos quimiosensoriales para identificar alimentos comestibles y no comestibles, debido a su limitada percepción visual en fondos turbios o poco iluminados (Roch et al., 2020), lo que podría favorecer una mejor discriminación de partículas sintéticas, reduciendo así la ingestión intencional de MPs.

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

En cuanto a la morfología de los MPs, se identificaron cuatro formas: fibras, láminas o películas, fragmentos y esferas. En *O. bonariensis*, predominaron los fragmentos (47,66%) y fibras (30,64%), mientras que en *Orestias sp.*, las fibras fueron más comunes (49,34%), seguidas por los fragmentos (36,84%). Estos resultados coinciden con la literatura previa, donde las fibras y fragmentos son comúnmente reportadas como la forma más frecuente de MPs en peces (Paredes et al., 2019; Chota-Macuyama & Chong, 2020; Huang et al., 2020; Valencia 2021; Rasta et al., 2021, & Villacorta et al., 2024).

Respecto al tamaño de las partículas, se observó que ambas especies ingerían principalmente MPs cortos del rango de 11–929µm, con una mayor proporción en *O. bonariensis* (94,89%) que *Orestias sp.* (86,84%). Otros estudios también reportan MPs de menor tamaño en mayor cantidad (Valencia 2021, Melgarejo-Velásquez & Reyes-Avalos, 2024). lo cual reviste importancia ecológica, ya que se ha demostrado que partículas menores a 5 µm pueden penetrar células y acumularse en tejidos, con posibles efectos crónicos (Hesler et al., 2019). De manera complementaria, Pazos (2021) señala que, en un análisis comparativo entre plancton y MPs, se identificó que una fracción de estos últimos coincidía en frecuencia de tamaño con los organismos planctónicos más comunes (aproximadamente 500 µm), lo que sugiere una posible confusión trófica favoreciendo ingestión intencional de MPs. En el presente estudio también se encontró MPs grandes en el rango de 1100-3300µm, los ejemplares de *Orestias sp.* contenían una mayor proporción de estos (13,16%) en comparación con *O. bonariensis* (5,11%), lo que podría estar relacionado con diferencias en dieta y estrategias alimenticias.

El análisis por microscopía infrarroja reveló la presencia de fibras sintéticas y semisintéticas tanto en *Orestias sp.* como en *O. bonariensis*. En *Orestias sp.*, los materiales identificados correspondieron principalmente al polipropileno, así como fibras textiles mixtas compuestas de algodón, lino, olefina, poliéster y acrílico. No obstante, algunos de los valores de similitud fueron bajos ($\leq 0,69$), lo que indica que la identificación de ciertos componentes debe considerarse con cautela.

En particular, las muestras Fb: 11 y Fb: 15 de *Orestias sp.* presentaron un índice de similitud de 0,699 y 0,722 respecto al material de referencia MIRAFI®, FIBRA DE OLEFINA. Estos valores, aunque no son extremadamente altos, superan el umbral de confianza mínima aceptado en estudios de identificación de polímeros ($>0,65-0,70$), lo que sugiere una correspondencia a

fibras sintéticas de polipropileno utilizadas en geotextiles. El uso de fibras de olefina, como el polipropileno, en productos de ingeniería civil; por ejemplo, en sistemas de estabilización de suelos, control de erosión o construcción de carreteras indica que estas partículas podrían haberse originado por la fragmentación de materiales técnicos. Dichos fragmentos pueden ingresar al ecosistema acuático arrastrados por lluvias o escorrentía superficial, lo que resalta a los geotextiles y otros materiales de infraestructura como una fuente emergente de MPs en ambientes altoandinos. Esto subraya la importancia de no limitar la evaluación de la contaminación a residuos domésticos visibles, sino también considerar materiales técnicos asociados a la actividad agrícola, vial y de construcción, cuya degradación contribuye silenciosamente a la contaminación por MPs. Otros estudios también han reportado la presencia de polipropileno como uno de los polímeros predominantes, entre ellos se destacan los trabajos de Huang et al., (2020); Rasta et al., (2021), Villacorta et al., (2024).

En las muestras Fb: 12 y Fb: 13, el análisis evidenció la presencia de fibras textiles mixtas, compuestas por una combinación de materiales naturales (algodón, lino) y polímeros sintéticos como poliéster, acrílico y olefina. La coexistencia de materiales naturales y sintéticos en una misma fibra sugiere un origen textil antropogénico, probablemente proveniente de prendas o tejidos compuestos. Este tipo de fibras híbridas puede comportarse ambientalmente como un MPs, debido a que sus componentes sintéticos no se degradan fácilmente y pueden liberarse de las mezclas textiles durante el lavado o desgaste, ingresando al ecosistema acuático.

En *O. bonariensis* se identificaron polímeros sintéticos como tereftalato de polietileno (PET), junto con fibra natural y textiles mixtos (algodón, lino y acrílico). En este caso, los valores de similitud fueron más elevados ($\geq 0,73$), lo que otorga mayor confiabilidad a la identificación. La presencia de PET es particularmente relevante, ya que se asocia a botellas, envases y fibras textiles

liberadas durante el lavado de ropa (Henry et al., 2019). La presencia de fibras semisintéticas en el contenido gastrointestinal sugiere que la principal vía de exposición está vinculada a la contaminación textil, fenómeno ampliamente reportado en sistemas acuáticos continentales, como el acrílico (poliacrilonitrilo PAN) polímero que pertenece al grupo de las fibras sintéticas termoplásticas y se caracteriza por su hidrofobicidad, baja densidad y similitud con la lana natural, como ser suaves al tacto, cálidas y brillantes. También han demostrado una mínima absorción de agua, una buena tolerancia a la exposición a la luz ultravioleta (UV) y una elongación a la rotura y resistencia a la tracción promedio en comparación con las fibras de poliéster, razón por la cual es ampliamente utilizado en la fabricación de prendas de vestir, alfombras, mantas, toldos, materiales industriales, artículos para el hogar, hilo para tejer a mano y peluches. (Scott, 2017; Rosa et al., 2024)

El análisis de la Fb 9 color rojo de *O. bonariensis* se obtuvo una similitud de 0,698 con materiales de referencia de origen natural, JUTE, correspondiente a fibra celulósica vegetal. Si bien este tipo de material no se considera un MPs, pueden provenir de materiales naturales o de textiles mezclados. Cabe resaltar que estas fibras persistieron tras el tratamiento de digestión con KOH, lo cual evidencia una alta resistencia química del material frente al proceso de digestión alcalina empleado para eliminar la materia orgánica. Esta resistencia podría deberse a la aplicación con tintes o recubrimientos sintéticos durante el procesamiento textil, los cuales pueden conferir mayor estabilidad a las fibras vegetales, lo que prolonga su persistencia en el ambiente.

La diferencia entre especies podría estar relacionada con el comportamiento trófico y el hábito alimenticio. *O. bonariensis*, de mayor tamaño y con hábitos más generalistas, presentó fibras con mayor confiabilidad de identificación, incluyendo polímeros de uso industrial como PET, mientras que *Orestias sp.* mostró más coincidencias con fibras textiles semisintéticas y valores más bajos

de similitud. Esto podría indicar diferencias en los patrones de ingestión de partículas, en la selectividad del alimento o en la disponibilidad de MPs en los microhábitats ocupados por cada especie.

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

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

CONCLUSIONES

1. Se identificaron un total de 387 unidades de MPs en 39 de los 40 ejemplares analizados. En *Orestias* sp., se registraron 152 unidades de MPs en 19 de los 20 individuos examinados. En *O. bonariensis*, se encontraron 235 unidades de MPs distribuidos entre los 20 ejemplares analizados. Se evidenció una diferencia significativa en la cantidad de MPs encontrados entre ambas especies, siendo mayor en *O. bonariensis* ($11,75 \pm 5,379$ und. MPs/individuo) que en *Orestias* sp. ($7,60 \pm 5,256$ Und. MPs/individuo). La mayor abundancia de MPs registrada en *O. bonariensis* podría estar asociada a su comportamiento pelágico.
2. Los MPs presentes comprendieron mayoritariamente el rango de tamaño pequeño (11–929µm), siendo esta fracción la más abundante en ambas especies. En cuanto a la forma, predominaron fibras y fragmentos. Respecto al color, ambas especies comparten una tendencia a ingerir MPs de colores azules y rojos, *O. bonariensis* presentó una marcada predominancia del rojo, mientras que en *Orestias* sp. la presencia de transparente fue más representativa.
3. Los resultados del análisis por microscopía infrarroja mostraron una correspondencia significativa entre las fibras detectadas y materiales sintéticos como, polipropileno y tereftalato de etileno, además de semisintéticos.
4. Como conclusión general el 97,5 % de los ejemplares analizados presentaron MPs en el contenido gastrointestinal con predominio de partículas pequeñas y de origen sintético.

RECOMENDACIONES

- **Monitoreo continuo:** Dado que la laguna de Pomacanchi forma parte de un circuito turístico y constituye un hábitat importante para diversas especies de aves locales y migratorias, se recomienda establecer programas de monitoreo regular de MPs tanto en la laguna como en sus afluentes. Este seguimiento permitirá identificar las fuentes de contaminación, evaluar los niveles de MPs a lo largo del tiempo y establecer medidas de prevención y mitigación con base científica.
- **Educación ambiental:** Se recomienda implementar campañas de sensibilización dirigidas a las comunidades locales, con el fin de informar sobre el impacto negativo del plástico en los ecosistemas acuáticos y la fauna que los habita. Es fundamental promover prácticas responsables, como evitar la disposición inadecuada de residuos plásticos en el ambiente y reducir el uso de prendas sintéticas, las cuales constituyen una de las principales fuentes de MPs en cuerpos de agua como la laguna estudiada. Fomentar una cultura de responsabilidad ambiental debe ser un eje transversal en las estrategias de conservación, ya que el cuidado del medio ambiente es una responsabilidad colectiva.
- **Alternativas sostenibles:** Fomentar el uso de materiales biodegradables o reutilizables en lugar de plásticos de un solo uso, especialmente en actividades de pesca artesanal (boyas, redes).
- **Investigaciones futuras:** Ampliar estudios en sedimento, agua, otras especies acuáticas (plancton, bentos), análisis estacionales, y evaluación de efectos fisiológicos y toxicológicos a largo plazo por acumulación de MPs en tejidos. Estos elementos deben ser considerados en futuros estudios, especialmente por su posible relación con la abundancia e ingestión de MPs en peces, según su hábitat y tipo de alimentación con el fin de obtener una comprensión más integral del alcance y las rutas de contaminación en el ecosistema acuático

- **Fortalecimiento técnico:** Se recomienda la adquisición de microscopio con espectroscopía FTIR acoplada, un instrumento esencial para la identificación y caracterización precisa de MPs a escala microscópica. Su uso es fundamental en estudios ambientales, ya que permite diferenciar tipos de polímeros presentes en muestras de agua, sedimento o tejido biológico. La incorporación de este microscopio fortalecerá significativamente las capacidades analíticas en el ámbito de la investigación ambiental y toxicológica, además de facilitar la formación especializada de estudiantes y profesionales.

BIBLIOGRAFÍAS

- Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2020). *Informe de diagnóstico de la cuenca Vilcanota-Urubamba*. Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Interregional Vilcanota Urubamba. https://crhc.ana.gob.pe/urubamba/sites/default/files/pgrhc/INF03-Diagnostico%20VilcanotaUrubamba_Completo_red.pdf
- Alomar, C., Sureda, A., Capó, X., Guijarro, B., Tejada, S., & Deudero, S. (2017). Microplastic ingestion by *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758 fish and its potential for causing oxidative stress. *Environmental Research*, 159, 135–142. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.07.043>
- Aragón, J. I., & Chuspe, M. E. (2018). *Ecología geográfica del Cusco* (1.^a ed.). María Elena Chuspe Zans (Ed.). Jr. Quillabamba N° 327, Ciudad de Quillabamba - Cusco. ISBN 978-612-00-3502-3. https://www.researchgate.net/publication/327172888_Ecologia_Geografica_del_Cusco
- ASTM International. (2021). *ASTM E1252-98(2021), Standard Practice for General Techniques for Obtaining Infrared Spectra for Qualitative Analysis*. ASTM International. <https://www.astm.org/e1252-98r21.html>
- Adeogun, A. O., Ibor, O. R., Khan, E. A., Chukwuka, A. V., Omogbemi, E. D., & Arukwe, A. (2020). Detección y aparición de microplásticos en el estómago de especies de peces comerciales de un lago municipal de suministro de agua en el suroeste de Nigeria. *Environ Sci Pollut Res* 27, 31035–31045 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09031-5>
- Amaru, G. R. (2018). Alimentación, crecimiento y supervivencia de *Odontesthes bonariensis* “pejerrey” hasta la etapa de alevines en condiciones de laboratorio. (*tesis para optar el grado académico magíster scientiae en acuicultura*). Universidad Nacional del Altiplano, Puno - Perú. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/12313/Glicerio_Reyes_Amaru_Chambilla.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Andrade, M. C., Winemiller, K. O., Barbosa, P. S., Fortunati, A., Chelazzi, D., & Cincinelli, A., Giarrizzo, T. (2019). First account of plastic pollution impacting freshwater fishes in the Amazon: Ingestion of plastic debris by piranhas and other serrasalmids with diverse feeding habits [Primer relato de la contaminación plástica que afecta a los peces de agua dulce en la Amazonía: Ingestión de desechos plásticos por pirañas y otros Serrasalmids con diversos hábitos de alimentación]. *Environmental Pollution*, 244, 766-773. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.088>
- Autoridad Binacional del Lago Titicaca - ALT. & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2002). Evaluación del potencial de promoción de pesca de especies introducidas. *Conservación de la biodiversidad en la cuenca del lago Titicaca*

- Desaguadero – Poopo – Salar de Coipasa*. proyecto PER/G32/98, Puno - Perú. Obtenido de http://www.alt-perubolivia.org/Web_Bio/PROYECTO/Docum_peru/21.25.pdf
- Browne, M. A., Galloway, T., & Thompson, R. (2007). Microplastic—An Emerging Contaminant? *Integrated Environmental Assessment and Management*, 3(4), 559–566. DOI: 10.1002/ieam.5630030412
- Castañeta, G., Gutiérrez, A. F., Nacaratte, F., & Manzano, C. A. (2020). Microplásticos: un contaminante que crece en todas las esferas ambientales, sus características y posibles riesgos para la salud pública por exposición. *Boliviana de Química*, 37(3), 160-175. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=426365043004>
- Centro de Investigación y Desarrollo Acuícola Boliviano -CIDAB. (2002). Manual Area cria y manejo de especies ícticas nativas. *Proyecto BOL/ 98/G31*. Centro de Información y Documentación Agrícola de Bolivia, La Paz – Bolivia. Obtenido de http://www.alt-perubolivia.org/Web_Bio/PROYECTO/Docum_bolivia/21.24%20manual1.pdf
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review (Los microplásticos como contaminantes en el medio marino: una revisión). *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2588-2597. doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>
- Cornish, M. L. (1997). *El ABC de los plásticos*. Mexico: Universidad Iberoamericana.
- 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. DOI: <https://doi.org/10.24841/fa.v29i2.521>
- Decreto Legislativo N° 1278 – Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. (2016). *Decreto Legislativo N° 1278 – Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Congreso de la República del Perú. Recuperado de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Decreto-Legislativo-N%C2%B0-1278.pdf>
- De La Barra E., Maldonado M., Irma Vila., Ibanez C., Jegu M., Carvajal-Vallejos F.M. 2020. Resumen del conocimiento sobre la biología y taxonomía del género *Orestias* Valenciennes 1839 (Actinopterygii, Cyprinodontiformes). *Hidrobiología Neotropical y Conservación Acuática* 1 (2): 185-224
- Diario oficial el peruano. (2018, 19 de diciembre). *Reglamento de la ley N° 30884 ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables*. Diario Oficial El Peruano. Obtenido de <https://diariooficial.elperuano.pe/pdf/0045/ley-regula-plastico-un-solo-uso.pdf>
- EnviroLab Perú S.A.C. (2010). *Evaluación de recursos hídricos en las regiones de pasco, Ayacucho, Cusco, Puno y Ucayali*. Perú: Dirección General de Acuicultura. Obtenido de

- <http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU4/informe-final-lagunas.pdf>
- Ernhofer, B., Spittler, A., Ferk, F., Mišík, M., Zylka, M. M., Glatt, L., Boettiger, K., Solta, A., Kirchhofer, D., Timelthaler, G., Megyesfalvi, Z., Kopatz, V., Kovar, H., Knasmueller, S., Aigner, C., Kenner, L., Döme, B., & Schelch, K. (2025). Small Particles, Big Problems: Polystyrene nanoparticles induce DNA damage, oxidative stress, migration, and mitogenic pathways predominantly in non-malignant lung cells. *Journal of Hazardous Materials*, 495, 139129. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2025.139129>
- Espinosa, C., Esteban, M. Á. & Cuesta A. (2019). Dietary administration of PVC and PE microplastics produces histological damage, oxidative stress and immunoregulation in European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Fish & Shellfish Immunology*, 95, 574–583. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.10.072>
- Etikan, I., Musa, S. A., & Alkassim, R. S. (2016). Comparison of Convenience Sampling and Purposive Sampling. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, 5(1), 1–4. <https://doi.org/10.11648/j.ajtas.20160501.11>
- Flores, A. A. (2013). Ecomorfología y ecología alimentaria del género *Orestias* (pisces cyprinodontiformes) en la puna xerofítica de la provincia de sud lípez, Potosí Bolivia. (*tesis para optar al título de licenciatura en biología*). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz - Bolivia. Obtenido de https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers18-05/010066594.pdf
- Fishbase, 2025. *Orestias cuvieri* Valenciennes, 1846. <https://fishbase.se/summary/SpeciesSummary.php?ID=10459&AT=orestias>
- Fishbase, 2025. *Odontesthes bonariensis* (Valenciennes , 1835) Pejerrey argentino. <https://fishbase.se/summary/SpeciesSummary.php?ID=4678&AT=pejerrey>
- Fricke, R., & Shmeyer, W. N., & Van Der Lan, R. (2023, March 20). Eschmeyer's Catalog Of Fishes: Genera, Species, References.
- Fundación Aquae. (2021). *Clasificación de los plásticos y su reciclaje*. <https://www.fundacionaquae.org/wiki/tipos-de-plasticos/>
- Góngora, J. P. (2014). La industria del plástico en México y el mundo. *Comercio exterior*, 6-9.
- Hesler M, Aengenheister L, Ellinger B, Drexel R, Straskraba S, Jost C, et al (2019) *Multi-endpoint toxicological assessment of polystyrene nano- and microparticles in different biological models in vitro*. *Toxicology in Vitro* 61 (1):1-15. <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2019.104610>.
- Henry, T. B., Laitala, K., & Klepp, I. G. (2019). Microfibres from apparel and home textiles: Prospects for including microplastics in environmental sustainability policies. *Science of The Total Environment*, 653, 483–494. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.166>

- Huang, J., Koongolla, J., Li, H., Lin, L., Pan, Y., Liu, S., He, W., Maharana, D., & Xu, X. (2020). Microplastic accumulation in fish from Zhanjiang mangrove wetland. South China. *Science of The Total Environment*, 708. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134839>
- International Pollutants Elimination Network – IPEN. (2024). *Preguntas frecuentes sobre plásticos y sustancias químicas*. Suecia. https://ipen.org/sites/default/files/documents/ipen_plastic_faqs_esp_full.pdf
- Instituto de manejo de Agua y Medio Ambiente - IMA (2002). *Gestión de ecosistemas lacustres de alta montaña el caso de la sub cuenca Pomacanchi*. Obtenido de https://www.ima.org.pe/publicaciones/experiencias/PUB_pomacanchi.pdf
- Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2018). *Cusco: Resultados definitivos de los Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas* (Tomo V).
- IES Bellavista, (s/f). Los plasticos. Tecnología 3º ESO, 5-17. <https://blogsaverroes.juntadeandalucia.es/iesbellavista/files/2019/09/5-LOS-PL%C3%81STICOS-Apuntes.pdf>
- Jovanović, B. (2017). Ingestion of microplastics by fish and its potential consequences from a physical perspective. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 13(3), 510–515. <https://doi.org/10.1002/ieam.1913>
- Ley N° 28611 – Ley General del Ambiente. (2005). *Ley General del Ambiente, Ley N° 28611*. Congreso de la República del Perú. Recuperado de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28611.pdf>
- Leslie, H. A., van Velzen, M. J. M., Brandsma, S. H., Vethaak, A. D., Garcia-Vallejo, J. J. y Lamoree, M. H. (2022). *Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood*. *Environment International*, 163, 107199. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107199>
- Li, H. X., Ma, L. S., Lin, L., Ni, Z. X., Xu, X. R., Shi, H. H., Yan, Y., Zheng, G. M., Rittschof, D. (2018). Microplastics in oysters *Saccostrea cucullata* along the Pearl River Estuary, China. *Environmental Pollution*, 236 (619-625) ISSN 0269-7491. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.083>.
- Loayza, A. (2009). Comparación de la incubación de ovas de punku (*Orestias luteus*) en condiciones de laboratorio e in situ. (*tesis de grado*). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz - Bolivia. <https://xdocs.net/preview/tesis-de-grado-umsa-5dec0512c981e>
- Loayza, E., Trigoso, 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>

- Lu, Y., Zhang, Y., Deng, Y., Jiang, W., Zhao, Y., Geng, J., ... 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., Hollman, P., & Mendoza-Hill, J. (2017). *Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety*. Roma, Italy: FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. doi:ISBN 978-92-5-109882-0
- Lusher, A., Welden, N., Sobral P., & Cole, M. (2016). Sampling, isolating and identifying microplastics ingested by fish and invertebrates. *Analytical methods* 9, 1346–1360. DOI: 10.1039/c6ay02415g
- Mancini, M., Nicola, I., Salinas, V., & Bucco C. (2009). Biología del *pejerrey* *Odontesthes bonariensis* (Pisces, Atherinopsidae) de la laguna Los Charos (Córdoba, Argentina). *Revista Peruana de Biología*. 15(2), 065- 071. Recuperado en 05 de septiembre de 2022, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332008000200011&lng=es&tlng=es.
- Mazariegos-Ortíz, C H., Xajil-Sabán, M., Blanda, E., & Delvalle-Borrero, D. (2021). Ocurrencia de Microplásticos en el tracto digestivo de peces de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, Guatemala. *Ecosistemas*, 30(2), 2188. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2188>
- Mather, R. R., Rana, S., & Wardman, R. H. (2023). *Chapter 5: Synthetic fibres*. In *The chemistry of textile fibres* (pp. 165–255). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/BK9781837670505-00165>
- Meira, G., & Gugliotta, L. (2022). Polímeros: Introducción a su caracterización y a la ingeniería de la polimerización (1° ed., vol 1). Ediciones unl. https://www.fiq.unl.edu.ar/institucional/wp-content/uploads/sites/3/2021/08/Meira-y-Gugliotta_Digital-solo-cap.-1.pdf
- Melgarejo-Velásquez, G & Reyes-Avalos, W. (2024). Abundancia de microplásticos del agua, sedimento, y en peces y camarones de la cuenca baja del río Lacramarca (Ancash, Perú). *Caldasia* 46(3):616–628. <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/cal>
- Merga, L., Redondo-Hasselerharm, P., Van den Brink, P. & Koelmans, A. (2020). Distribucion de microplásticos y pequeñas partículas macroplásticos en cuatro especies de peces y sedimentos en un lago africano. *Science of the Total Environment*, 741, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140527>
- Ministerio del Ambiente - MINAM. (2020). *Diagnóstico de servicios ecosistémicos en la cuenca del Alto Urubamba para la implementación de un Mecanismo de Retribución por Servicios Ecosistémicos*. Ministerio del Ambiente. Obtenido de

- <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/diagnostico-servicios-ecosistemas-cuenca-alto-urubamba>
- Ministerio del Ambiente - MINAM. (2024). *Problemática*. Ministerio del ambiente. Obtenido de <https://www.gob.pe/58443-problematika>
- Mio-Díaz, M., & Álvarez, M. E. (2023). Frecuencia de ocurrencia de microplásticos en contenido gastrointestinal de *Orestias sp.* y *Odontesthes bonariensis* de la laguna Pomacanchi-Acomayo-Cusco. *Q'EUÑA*, 14(2). <https://doi.org/10.51343/rq.v14i2.1293>
- Munno, K., Helm, P., Rochman, Ch., George, T., & Jackson, D. (2021). Contaminación por microplásticos en peces de los Grandes Lagos. *Conservation Biology*, 36. <https://doi.org/10.1111/cobi.13794>
- Municipalidad Distrital de Pomacanchi. (2015). Estudio de caracterización de residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios del distrito de Pomacanchi, Acomayo – Cusco. Municipalidad Distrital de Pomacanchi. <https://es.scribd.com/document/432436633/ECRS-POMACANCHI>
- Municipalidad Distrital de Pomacanchi. (2025). *Resolución de Gerencia Municipal N.º 069-2025-MDP que aprueba el replanteo de planos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del proyecto de mejoramiento de los servicios de agua potable y alcantarillado en la localidad de Pomacanchi, distrito de Pomacanchi – Acomayo – Cusco (CUI N.º 2292730)*. Gobierno del Perú. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/8068976/6770620-resolucion-de-gerencia-municipal-n-069-2025-mdp.PDF?v=1747323053>
- Nihart, A. J., Garcia, M. A., El Hayek, E., Liu, R., Olewine, M., Kingston, J. D., Castillo, E. F., Gullapalli, R. R., Howard, T., Bleske, B., Scott, J., González-Estrella, J., Gross, J. M., Spilde, M., Adolphi, N. L., Gallego, D. F., Jarrell, H. S., Dvorscak, G., Zuluaga-Ruiz, M. E., West, A. B., & Campen, M. J. (2025, abril). *Bioaccumulation of microplastics in decedent human brains*. *Nature Medicine*, 31(4), 1114–1119. <https://doi.org/10.1038/s41591-024-03453-1>
- Norén, F. (2007). Small plastic particles in Coastal Swedish waters. 1-11. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/284312290>
- Ñaupá, M., & Laurel, A. (2022). Composición y estructura de la comunidad de insectos acuáticos de la laguna de Pomacanchi, Cusco, Perú. *Tesis para optar el título profesional del Biólogo, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco*. Recuperado de <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/6570>
- Organismo Nacional de Sanidad Pesquera - SANIPES. (2020). Procedimiento técnico sanitario para el muestreo y envío al laboratorio de recursos hidrobiológicos para el diagnóstico de enfermedades. Perú. Obtenido de

https://www.sanipes.gob.pe/documentos_sanipes/procedimiento/2020/88bac091bf8aa5b4f545feb768ca420d.pdf

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. (2017). *Los microplásticos en los sectores de pesca y acuicultura*. Obtenido de <https://fronteirasxxi.pt/wp-content/uploads/2019/08/LOS-MICROPL%C3%81STICOS-EN-LOS-SECTORES-DE-PESCA-Y-ACUICULTURA.pdf>
- Ortega, H., Hidalgo, M., Trevejo, G., Correa, E., Cortijo, A. M., Meza, V., & Espino, J. (2012). *Lista anotada de los peces de aguas continentales del Perú: Estado actual del conocimiento, distribución, usos y aspectos de conservación*. Ministerio del Ambiente, Dirección General de Diversidad Biológica – Museo de Historia Natural, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. ISBN 978-612-46053-2-1. https://museohn.unmsm.edu.pe/docs/pub_ictio/Ortega_et_al.2012Lista_Peces_Aguas_Co nt.Peru.pdf
- Paredes, J., Sanchez, A., Ordoñez, K., & Palo, M. (2019). Caracterización de Microplásticos en los Recursos Hidrobiológicos del Lago Titicaca. (*trabajo de investigación*). Universidad Católica de Santa María, Arequipa. Obtenido de http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/9479/INFORMACION_P% c3%93STER_18.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Parenti, L. (1984). A taxonomic revision of the andean killifish genus *Orestias* (Cyprinodontiformes, Cyprinodontidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History (PDF)*, 178, 107-214. Obtenido de https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/15615/vz_Parenti_Orestias_1984.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pazos, R. S. (2021). *Estudio de microplásticos en la columna de agua, sedimento intermareal y biota residente en la costa del estuario del Río de la Plata (Franja Costera Sur)*. (tesis para optar por el título de Doctora en Ciencias Naturales). Universidad Nacional de la Plata, Argentina. Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/116621/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pittura, L., Avio, C. G., Giuliani, M. E., dErrico, G., Keiter, S. H., Cormier, B., Gorbi, S. & Regoli, F. (2018). Microplásticos como vehículos de HAP ambientales para organismos marinos: peligros químicos y físicos combinados para los mejillones mediterráneos, *Mytilus galloprovincialis*. *Front. Mar Sci.* 5:103. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00103>
- Pumachapi, A., & Canazas, E. (2012). *Escenarios de contaminación causados por botaderos de residuos sólidos en la cuenca de Pomacanchi, Acomayo – Cusco (tesis para optar título profesional de biólogo)*. Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12918/1103>

- Plastics Europe (2022). Plásticos situación en 2022. <https://plasticseurope.org/es/wp-content/uploads/sites/4/2023/02/PLASTICOS-SITUACION-2022-esp.pdf>
- Rasta, M., Sattari, M., Taleshi, M. S., & Imanpour, J. (2021). Microplásticos en diferentes tejidos de algunas especies de peces de importancia comercial del humedal Anzali en el suroeste del Mar Caspio, norte de Irán. *Marine Pollution Bulletin*. 169, ISSN 0025-326X, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112479>
- Ringuelet, A., & Escalante, H. (1980). Alimentación del pejerrey (*Basilichthys bonariensis* bonariensis, Atherinidae) en laguna Chascomus (Buenos Aires, Argentina). *Relaciones ecológicas de complementación y eficiencia trófica del plancton*. *Limnobiología* 1, 447-460. Obtenido de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/67243>
- Riveros, G. C. (2024). *Microplásticos en peces nativos del género Orestias spp del lago Titicaca que son destinados al consumo humano – Perú* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional UNAP. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/21904>
- Roch, S., Fritodricoh, C. & Brinker, A. (2020). Uptake routes of microplastics in fishes: practical and theoretical approaches to test existing theories [Rutas de absorción de microplásticos en peces: enfoques prácticos y teóricos para probar las teorías existentes]. *Sci Rep* 10, 3896. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60630-1>
- Rochman, C.M., Browne, M.A., Halpern, B.S., Hentschel, B.T., Hoh, E., Karapanagioti, H.K., Rios-Mendoza, L.M., Takada, H., Teh, S., & Thompson, R.C. (2013). Classify plastic waste as hazardous. *Nature* 494, 169-171. <https://doi.org/10.1038/494169a>
- Rochman, C., Hoh, E., Kurobe, T. *et al.* La ingestión de plástico transfiere sustancias químicas peligrosas a los peces e induce estrés hepático. *Sci Rep* 3, 3263 (2013). <https://doi.org/10.1038/srep03263>
- Rochman, C. M., Brookson, C., Bikker, J., Djuric, N., Earn, A., Bucci, K., Athey, S., Huntington, A., McIlwraith, H., Munno, K., De Frond, H., Kolomijeca, A., Erdle, L., Grbic, J., Bayoumi, M., Borrelle, S. B., Wu, T., Santoro, S., Werbowski, L. M., Zhu, X., Rachel, K., Giles, Bonnie, M., Hamilton, Thaysen, C., Kaura, A., Klasios, N., Ead, L., Kim, J., Sherlock, C., Ho, A., & Hung, C. (2019). Repensar los microplásticos como un conjunto diverso de contaminantes, *Toxicología y química ambiental*, 4(38), 703–711, <https://doi.org/10.1002/etc.4371>
- Rojas, R.R.; Arango-Mora, C.; Nolorbe-Payahua, C.; Medina, M.; Vasquez, M.; Flores, J.; Murayari, F.; Vásquez, C.; Almeida, V.; Ramos, W.; Rios Isern, E.; Marapara Del Aguila, J.; Castro, J.C.; Del Águila, J.; Diaz Jarama, F.; Vasconcelos-Souza, M. (2023). Microplastic occurrence in fish species from the Iquitos region in Peru, western Amazonia. *Acta Amazonica* 53: 65-72. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392202201212>

- Rosa, R. P., Rosace, G., & Trovato, V. (2024). Recent Advancements in Acrylic Fabric Applications: A Comprehensive Review and Future Trends. *Polymers*, 16(15), 2111. <https://doi.org/10.3390/polym16152111>
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2022). Metodología de la investigación (7.^a ed.). McGraw-Hill Education. <http://187.191.86.244/rceis/registro/Metodolog%C3%ADa%20de%20la%20Investigaci%C3%B3n%20SAMPIERI.pdf>
- Sanches, L. J. (2018). Evaluación de la presencia de microplásticos en peces comerciales, agua y sedimento del estuario de Tecolutla, Veracruz. (tesis para optar al título Maestra en Ciencias). Universidad Autónoma Metropolitana. México. Obtenido de <http://tesiuami.izt.uam.mx/uam/aspuam/presentatesis.php?recno=22454&docs=UAMI22454.pdf>
- Scott, S. (2017). Textile fibres: Overview notes. Woolwise. Recuperado de <https://www.woolwise.com/wp-content/uploads/2017/05/02.2-Textile-Fibres-Overview-Notes.pdf>
- Sarria, R. A., & Gallo, J. A. (2016). La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Microplásticos. (*investigación- Ingeniería Química*). Universidad del Cauca, Colombia. <https://jci.uniautonomia.edu.co/2016/2016-3.pdf>
- Sarmiento J. 1991. Peces. En: E. Forno & M. Baudoin (eds.), Historia Natural de un valle de los Andes: La Paz. pp 469-479. Universidad Mayor de San Andres, Instituto de Ecología, La Paz, Bolivia.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI. (s.f). *Datos Hidrometeorológicos en Cusco*. Recuperado el 22 de febrero del 2022, de <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=cusco&p=estaciones>
- Silva-Cavalcanti, J. S., Silva, J. D. B., De Francia, E.J., Barbosa de Araújo, M. C., & Gusmao, F. (2017). Microplastics ingestion by a common tropical freshwater fishing Resource [Ingestión de microplásticos por un recurso pesquero tropical común de agua Dulce]. *Environmental Pollution*, 221, 218-226. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.11.068>
- Toledo, M., & Angeles M. (2019). Revisión bibliográfica de los métodos de análisis de micro(nano)plásticos en el medio ambiente y en la biota marina. (*trabajo de fin de máster*). Universidad Nacional de Educación a Distancia, España. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14468/21427>
- TenCate Geosynthetics. (2021). *Mirafi® geosynthetics for civil construction applications*. Retrieved from <https://www.tencategeo.us>
- Valencia, M. (2021). Evaluación de la presencia de microplásticos en el lago de Chapala (tesis para optar grado de maestro en ciencias en producción agrícola sustentable). Instituto

- politecnico nacional, Mexico. Obtenido de https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/30462/TESIS%20FINAL_MIRIAM%20VALENCIA%20RAMIREZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Van Cauwenberghe, L. D. (2015). Microplastics in sediments: A review of techniques, occurrence and effects. *Marine Environmental Research*, 111, 5-17. doi: <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.06.007>
- Vargas, R. B. (1997). *Enciclopedia del plástico*. Mexico: Impi.
- Vila, I., & Soto, D. (1984). *Odontesthes bonariensis "pejerrey argentino", una especie para cultivo extensivo*. Obtenido de FAO: <https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/aquaculture/a0844t/docrep/008/AD772S/AD772S17.htm#ch16>
- Villacorta Calle, M. A., Urquiaga Casahuaman, J. R., Sagastegui Ruiz, V. E. & Barba Encarnación, R. A. (2024). Presencia de microplásticos en lorna (*Sciaena deliciosa*) y pejerrey (*Odontesthes regia*), del muelle artesanal de Chorrillos, Lima-Perú. *Bol Inst Mar Perú*, 39(2), e427. <https://doi.org/10.53554/boletin.v39i2.427>
- Vitorino–Villegas, J., & Ochoa, J. A. (2021). Diversidad de aves en las lagunas andinas de Pomacanchi, Acopía y Asnaccocha, Provincia de Acomayo, Cusco. *CANTUA*, 17(1), 1-9. Obtenido de <http://revistas.unsaac.edu.pe/index.php/cantu/article/view/754/960>
- 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>
- Xiaowei Yin, Jiajun Wu, Yunzhao Liu, Xin Chen, Chang Xie, Yangyang Liang, Jing Li, Zhongguan Jiang, (2022). Accumulation of microplastics in fish guts and gills from a large natural lake: Selective or non-selective?. *Environmental Pollution*, 309, 119785, ISSN 0269-7491, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119785>.
- Zettler, E. R., Mincer, T. J., & Amaral-Zettler, L. A. (2013). Life in the “Plastisphere”: Microbial communities on plastic marine debris. *Environmental Science & Technology*, 47(13), 7137–7146. <https://doi.org/10.1021/es401288x>

ANEXOS

Anexo 1: Área de estudio



Foto 1: Vista panorámica de la Laguna Pomacanchi



Foto 2: Actividad económica (ganadería y agricultura) y viviendas cercanas a la laguna



Foto 3: Diversidad de aves



Foto 4: Macrofito emergente:
Scirpus californicus (***tatora***)



Foto 5: Macrofito sumergida:
Myriophyllum acuaticum

Anexo 2: *Observación de desechos plásticos en recorrido del río Pomacanchi*



Foto 1: Desechos de bolsas plásticas de un solo uso



Foto 2: Desechos de bolsas de detergente



Foto 3: Desechos de platos descartables de plástico



Foto 4: Desechos plásticos a orillas del río Pomacanchi



Foto 5: Desechos de botellas PET



Foto 6: Desechos de bolsas de un solo uso dentro del río Pomacanchi

Anexo 3: Observación de desechos plásticos en la laguna Pomacanchi



Foto 1: Desechos de botellas PET sobre los totorales



Foto 2: Llantas y bolsas de un solo uso en orillas de la laguna



Foto 3: Desechos de botellas PET flotando



Foto 4: Desprendimiento de redes sintéticas



Foto 5: Desechos de bolsas de detergente en la laguna



Foto 6: Desechos de bolsas de detergente ingresando a la laguna

Anexo 4: Obtención de muestras de peces



Foto 1 y 2: Obtención de muestras de peces de las estaciones de muestreo 1 y 2



Foto 3 y 4: Muestras de pejerrey: *Odontesthes bonariensis*



Foto 5: Muestras de carachi: *Orestias sp.*



Foto 6: Recorrido por la zona de muestreo

Anexo 5: Procesamiento del contenido gastrointestinal



Medición de masa del contenido gastrointestinal



Digestión alcalina del contenido gastrointestinal con KOH 10%



Separación de MPs por flotación en solución salina hipersaturada



Determinación del tipo de plástico



Aislamiento de MPs

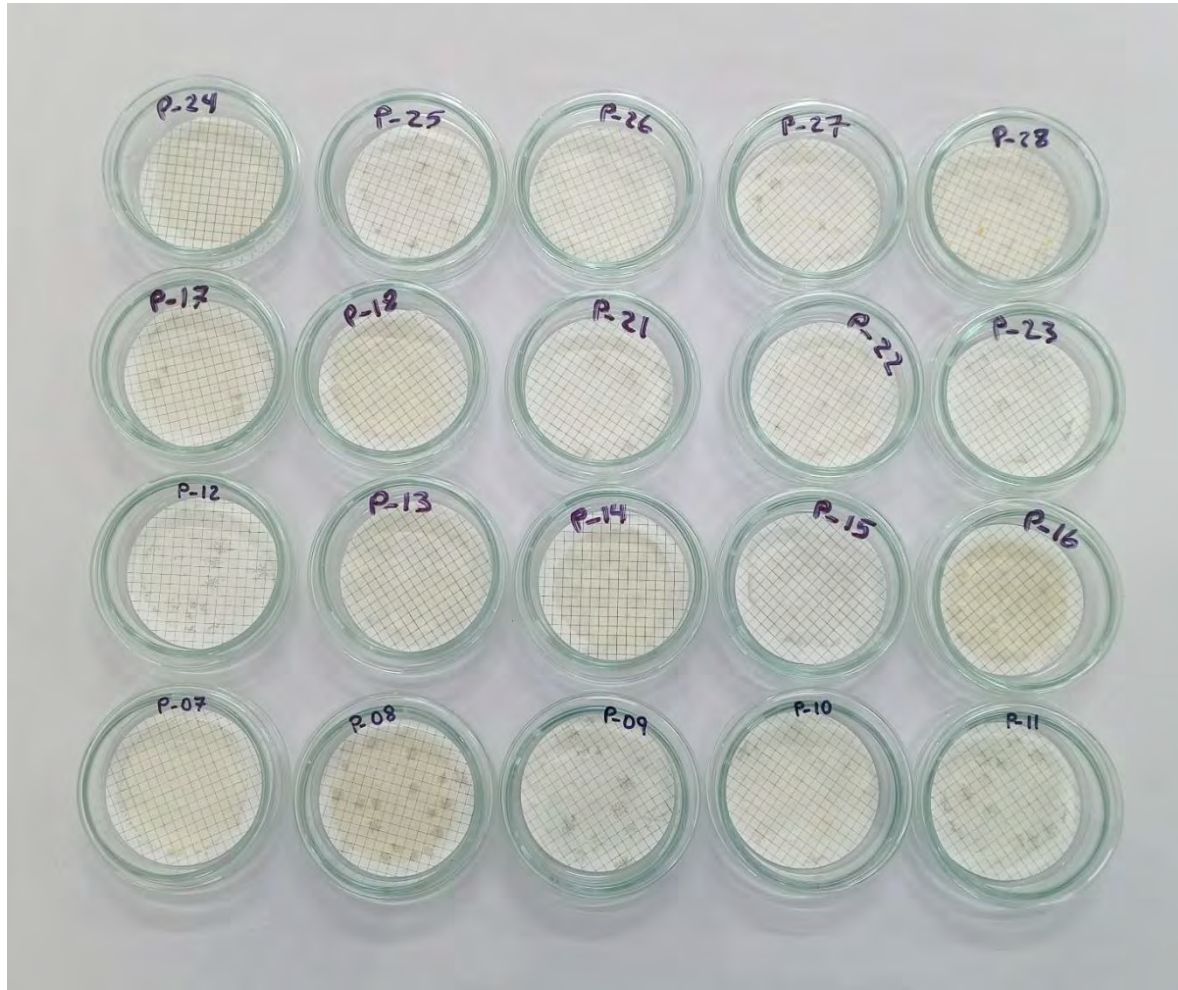


Caracterización de MPs

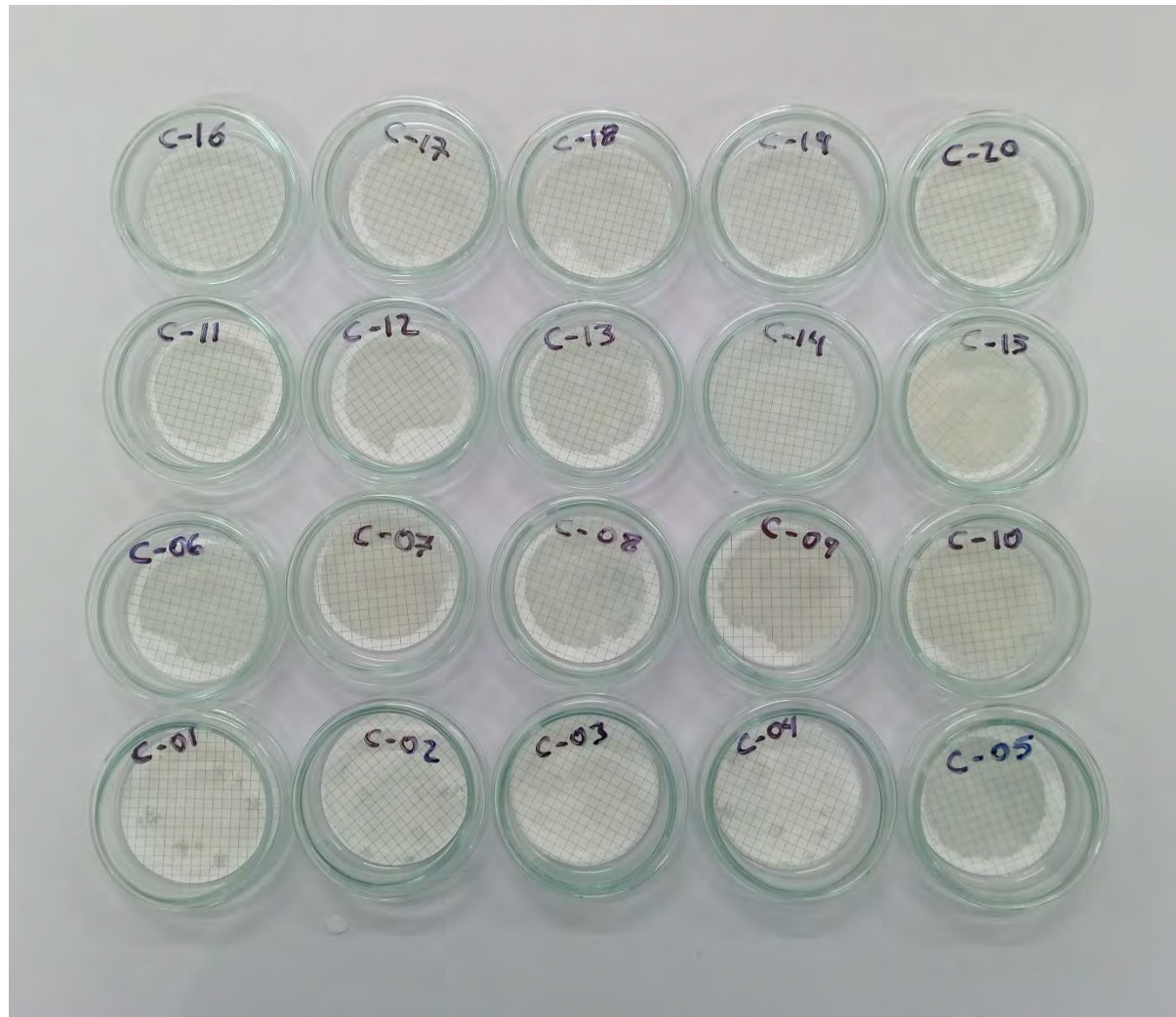


Filtración a vacío

Anexo 6: *Muestras filtradas de contenido gastrointestinal de Odontesthes bonariensis*



Anexo 7: Muestras filtradas de contenido gastrointestinal de *Orestias* sp.



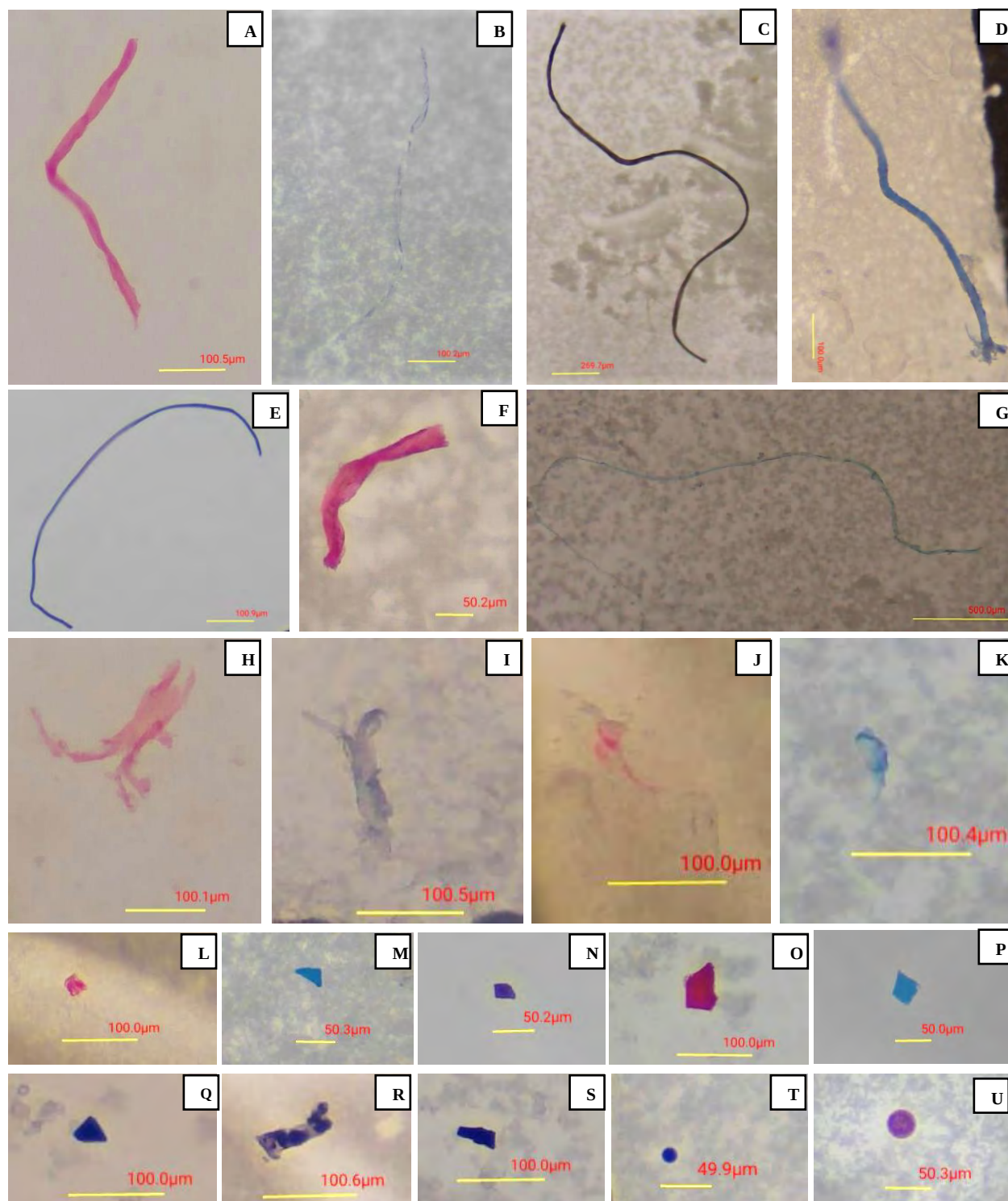
*Anexo 8: Morfometría de *Odontesthes bonariensis**

O. <i>bonariensis</i>	Sexo	masa del pez (gr)	masa cont. Gastrointestinal (gr)	long total (cm)	Altura (cm)	Mps (unidad)
P-01	macho	108,02	1,33	26,7	4	17
P-02	macho	152,38	2,91	28,5	4,5	5
P-03	macho	85,47	1,09	25,2	3,7	4
P-04	hembra	93,38	2,25	27,5	3,2	12
P-05	hembra	129,77	2,47	28,3	4,2	4
P-06	macho	53,22	0,46	20	3,8	11
P-07	macho	80,73	0,94	24,6	3,5	12
P-08	macho	49,97	0,64	19,5	3,2	18
P-09	hembra	85,78	0,31	24,3	3,7	8
P-10	macho	71,21	1,68	23,3	3,3	6
P-11	hembra	136	2,52	27	4,4	8
P-12	hembra	84,87	1,54	26,7	3,2	9
P-13	macho	95,28	0,39	26,4	3,5	9
P-14	macho	92,22	1,56	27,2	3,7	22
P-15	macho	58,3	1,3	25	3,5	19
P-16	hembra	91,37	0,51	25,5	3,8	9
P-17	hembra	83,13	0,95	25,2	3,8	18
P-18	hembra	88,15	1,81	24,8	3,8	16
P-19	hembra	132,56	2,34	28,2	4,7	16
P-20	macho	111,46	1,83	25,5	4	12

Anexo 9: Morfometría de Orestias sp.

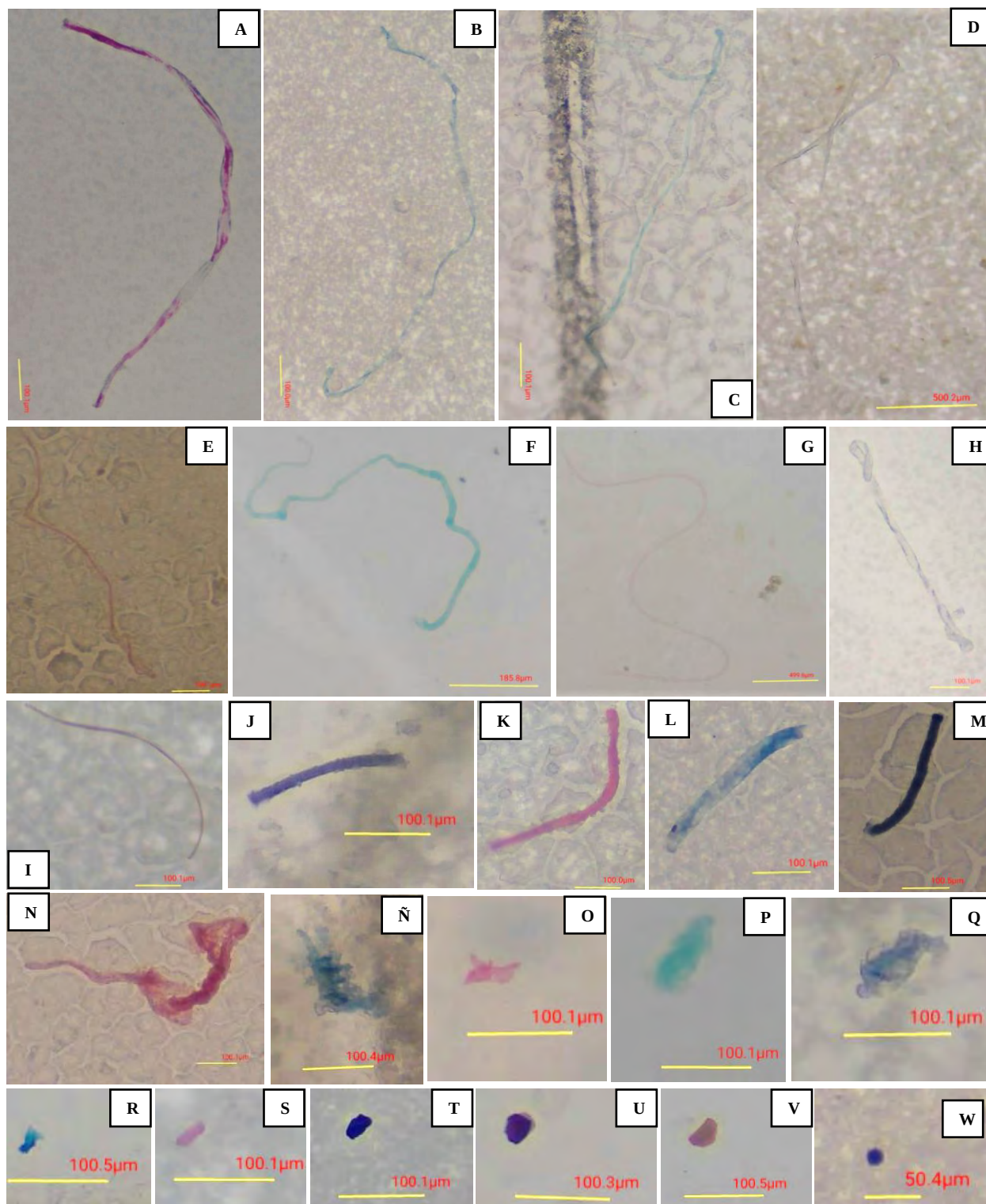
Orestias	Sexo	masa del pez (gr)	masa cont. Gastrointestinal (gr)	long total (cm)	Altura (cm)	Mps (unidad)
C-01	hembra	29,91	0,766	12,9	3,2	4
C-02	hembra	23,8	0,74	11	3,2	3
C-03	hembra	25,11	1,41	11,2	3,1	3
C-04	hembra	22,11	0,55	10,9	3	7
C-05	hembra	25,15	0,26	11,4	3	6
C-06	hembra	23,74	0,94	11,2	3,1	15
C-07	hembra	25,03	0,8	12	3	3
C-08	hembra	22,64	0,14	11	3,1	8
C-09	hembra	22,11	0,7	11,1	3,2	2
C-10	hembra	27,99	0,58	12,8	3	0
C-11	hembra	26,46	1,72	11	3	4
C-12	macho	13,95	0,07	10	2,8	10
C-13	hembra	14,22	0,07	9,8	2,6	6
C-14	hembra	20,37	1,14	10,6	3	6
C-15	hembra	29,5	0,81	12,5	3,3	8
C-16	hembra	24,52	0,52	11,6	2,9	13
C-17	hembra	22,89	0,44	11,5	2,9	20
C-18	hembra	23,01	0,91	10,7	3	10
C-19	hembra	27,36	0,86	11,2	3,2	7
C-20	macho	25,08	0,22	11,7	3	17

Anexo 10: Morfotipo de microplásticos encontrados en *Odontesthes bonariensis*



Nota. fibras (A, B, C, D, E, F, G), film o película (H, I, J, K), fragmento (L, M, N, O, P, Q, R, S) y esferas (T, U) observadas a 40X, 100X y 400X de aumento.

Anexo 11: Morfotipo de microplásticos encontrados en *Orestias* sp.



Nota. fibras (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M), film (N, Ñ, O, P, Q) fragmentos (R, S, T, U, V) y esferas (W) observadas a 40X, 100X y 400X de aumento.

**Anexo 12: Caracterización de microplásticos encontrados en
*Odontesthes bonariensis***

	N° Mps	COLOR									FORMA				TAMAÑO	
		transparente	negro	azul	rosado	celeste	morado	rojo	verde	amarillo	esfera	fibra	película	fragmento	1 - 1000µ	1001 -5000µ
P-01	17	1	0	7	0	0	0	9	0	0	2	1	4	10	17	0
P-02	5	2	1	0	0	0	0	2	0	0	3	0	0	2	5	0
P-03	4	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	3	3	1
P-04	12	1	2	3	0	0	0	5	1	0	0	1	2	9	12	0
P-05	4	0	0	1	0	0	0	2	1	0	0	1	1	2	3	1
P-06	11	2	0	4	0	2	0	2	1	0	0	6	2	3	10	1
P-07	12	0	1	3	0	1	0	6	1	0	0	2	3	7	12	0
P-08	18	3	1	3	0	2	0	7	0	2	0	10	3	5	16	2
P-09	8	1	1	2	0	1	0	3	0	0	0	3	3	2	8	0
P-10	6	0	2	1	0	1	0	2	0	0	0	3	3	0	6	0
P-11	8	0	1	1	0	0	0	6	0	0	0	2	3	3	8	0
P-12	9	2	0	5	0	0	0	1	0	1	0	6	2	1	7	2
P-13	9	2	0	2	0	0	0	5	0	0	1	2	0	6	9	0
P-14	22	8	1	4	0	2	0	7	0	0	0	14	2	6	20	2
P-15	19	1	1	7	0	0	0	10	0	0	2	4	2	11	19	0
P-16	9	0	2	4	0	1	0	2	0	0	2	1	2	4	9	0
P-17	18	2	1	6	0	1	0	8	0	0	1	5	2	10	17	1
P-18	16	1	0	4	0	1	2	8	0	0	0	3	1	12	16	0
P-19	16	2	1	2	0	1	0	9	0	1	3	2	2	9	16	0
P-20	12	0	1	5	2	1	0	2	0	1	0	5	0	7	10	2

Anexo 13: Caracterización de microplásticos encontrados en *Orestias*

sp.

	N° Mps	COLOR										FORMA				TAMAÑO	
		transparente	blanco	gris - negro	azul marino	celeste	rosado	rojo	verde	morado	amarillo	Esferas	fibra	película	fragmento	1 -1000µ	1000 - 5000µ
C-01	4	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	4	0	0	1	3
C-02	3	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	1	2
C-03	3	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1
C-04	7	3	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	3	3	1	6	1
C-05	6	1	0	0	0	1	1	3	0	0	0	0	4	2	0	6	0
C-06	15	8	0	0	2	0	0	4	0	1	0	0	9	2	4	10	5
C-07	3	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	2	0	2	1
C-08	8	1	0	0	3	1	0	3	0	0	0	0	3	1	4	7	1
C-09	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
C-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-11	4	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	3	0	1	3	1
C-12	10	4	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	5	2	3	8	2
C-13	6	1	0	2	0	0	1	0	0	0	2	0	4	1	1	4	2
C-14	6	1	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	2	1	3	6	0
C-15	8	1	1	0	3	0	0	3	0	0	0	1	3	0	4	7	1
C-16	13	3	0	0	0	2	2	4	2	0	0	0	5	2	6	12	1
C-17	20	1	0	1	6	4	0	4	0	3	1	0	6	1	13	18	2
C-18	10	4	1	0	2	0	0	2	1	0	0	0	7	0	3	9	1
C-19	7	3	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	5	1	1	6	1
C-20	17	4	0	0	1	2	0	7	0	1	2	0	5	1	11	15	2

Anexo 14: *Informe de análisis por microscopia infrarroja para
Orestias sp.*



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS CON EQUIPOS ESPECTROSCÓPICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE ESTRUCTURAS QUÍMICAS

INFORME DE ENSAYO ANÁLISIS POR MICROSCOPIA INFRARROJA

Para: Bach. Mrian Mio Diaz

Aprobado por: Dra. Adriana Edith Larrea Valdivia

Analista: Lic. Dayam Mitchell Mamani Chuctaya

Informe de ensayo No: 289-25			
VERSIÓN	RECEPCIÓN DE MUESTRA	EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	EMISIÓN DE INFORME
1	18-Dic-2024	06-Ene-2025	11-Feb-2025
Descargo de Responsabilidad: Los resultados de los ensayos pertenecen solo a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con Normas del Producto o como certificado del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización del LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS CON EQUIPOS ESPECTROSCÓPICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE ESTRUCTURAS QUÍMICAS (EC-0005-2017-UNSA). Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.			

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	3
2. Identificación del cliente	3
3. Método utilizado	3
4. Condiciones de análisis	3
5. Observaciones	4
6. Imágenes.....	4
7. Búsqueda en base de datos.....	6
8. Espectros.....	7

1. INTRODUCCIÓN

A solicitud de la investigadora Miriam Mio Diaz, se ha realizado el análisis por microscopía infrarroja, de cuatro muestras:

- Orestias Fb: 11
- Orestias Fb: 12
- Orestias Fb: 13
- Orestias Fb: 15

Las muestras se recibieron en cantidad apropiada para el análisis a realizar. La lectura de la muestra fue directamente analizada con el microscopio infrarrojo.

2. IDENTIFICACIÓN DEL INVESTIGADOR

Nombre	Miriam Mio Diaz	
Contacto	Teléfono	913687308
	Correo electrónico	

3. MÉTODO UTILIZADO

Para la realización del análisis se siguió los lineamientos de la norma ASTM E1252-98 (2021) "Standard Practice for General Techniques for Obtaining Infrared Spectra for Qualitative Analysis", con un rango de número de onda desde 650 cm^{-1} hasta 4000 cm^{-1} .

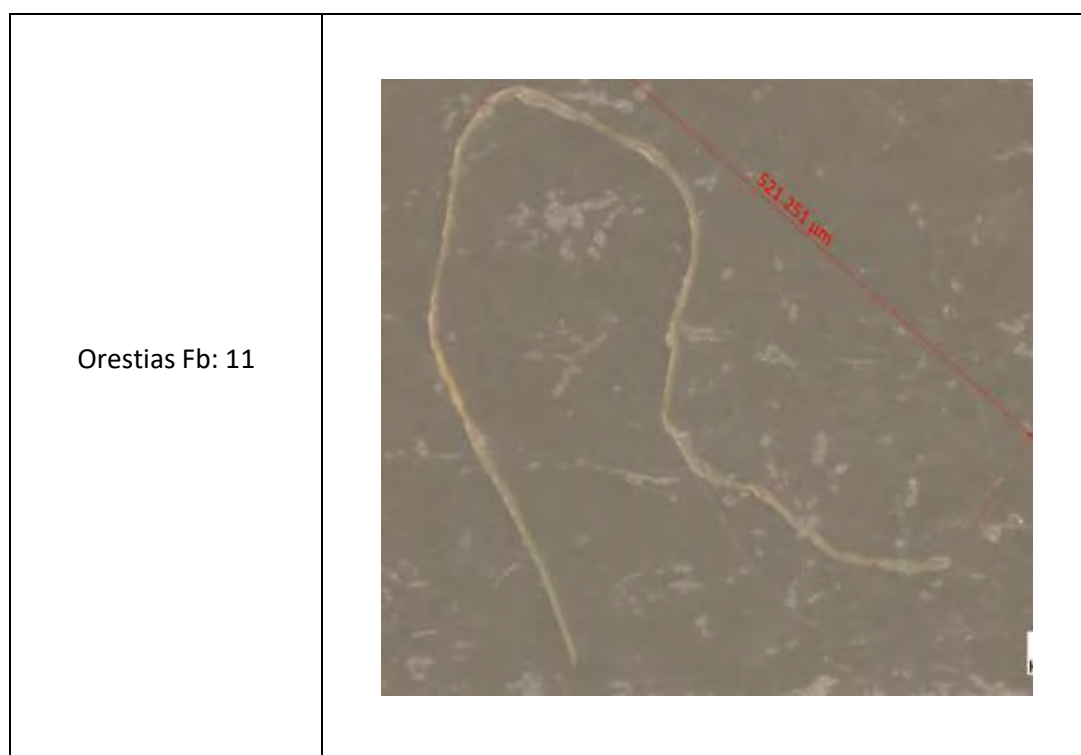
4. CONDICIONES DEL ANÁLISIS POR MICROSCOPÍA INFRARROJA

Equipo	Microscopio infrarrojo, Marca Perkin Elmer, modelo Spotlight 200i
Rango de barrido	4000 cm^{-1} - 650 cm^{-1}
Tipo de accesorio	uATR
Cristal UATR	Diamante/ZnSe

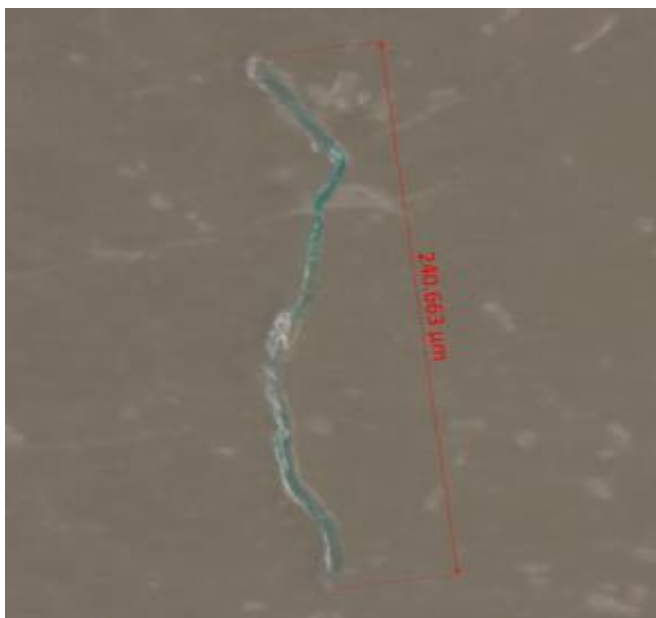
5. OBSERVACIONES

- ✓ Los resultados corresponden a la muestra proporcionada por el investigador, las cuales han sido entregadas en las instalaciones del laboratorio.
- ✓ Este documento va acompañado con la data del equipo, que consta del archivo .SP y archivo .CSV, que pueden ser manejados en Origin o Microsoft Excel, respectivamente.

6. IMÁGENES



Orestias Fb: 12



Orestias Fb: 13



Orestias Fb: 15

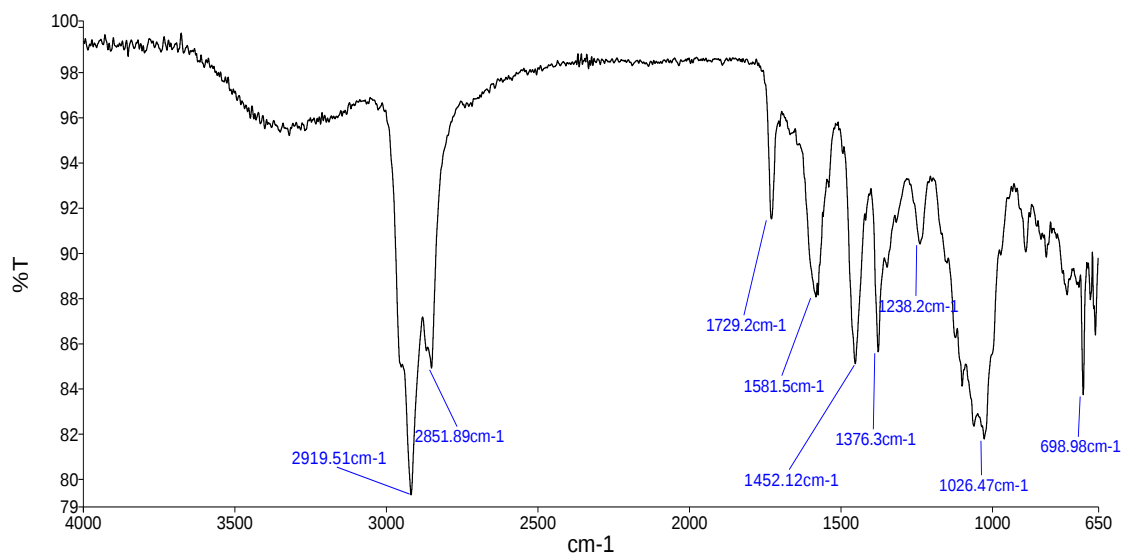


7. BÚSQUEDA EN BASE DE DATOS

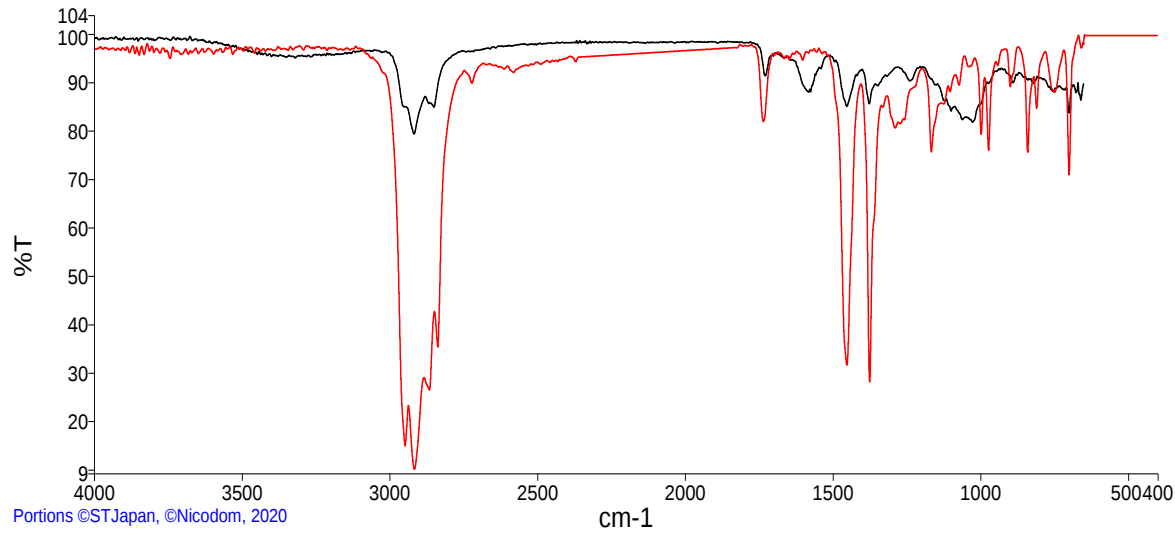
Muestra	Match	Score
Orestias Fb: 11	MIRAFI, OLEFIN FIBER	0.699
Orestias Fb: 12	HORIZON BLUE (cotton 69%, olefin 19%, polyester 12%)	0.576
Orestias Fb: 13	LENKA (acrylic 15%, cotton 64%, flax 21%)	0.691
Orestias Fb: 15	MIRAFI, OLEFIN FIBER	0.722

8. ESPECTROS

9.1. Orestias Fb: 11



Nombre: Orestias Fb 11
Descripción: Sample at -27914.00 μm (X), -3292.00 μm (Y), -711.00 μm (Z)

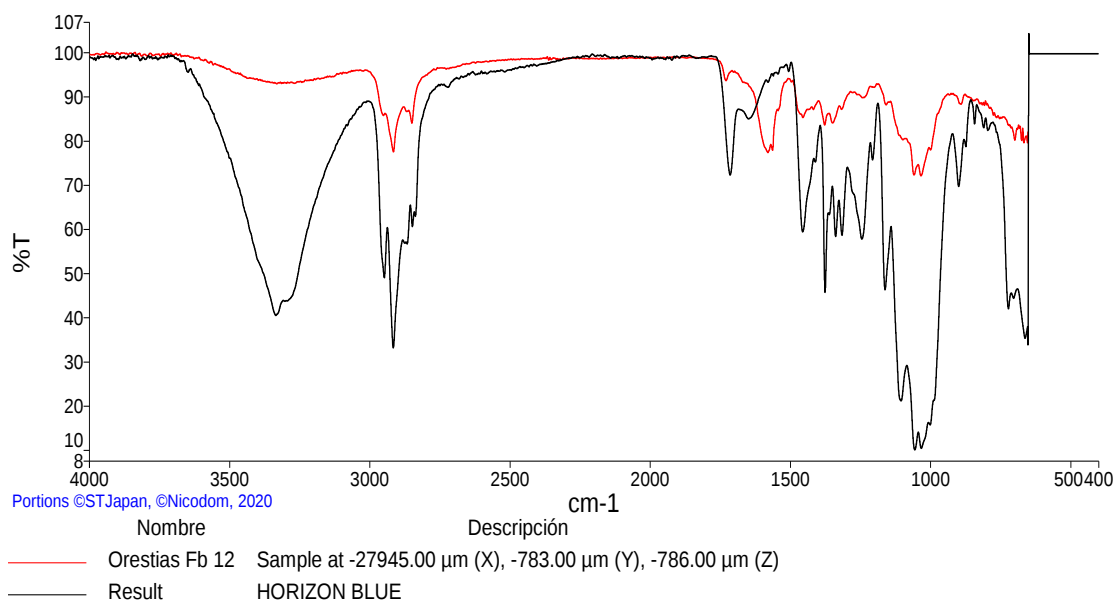
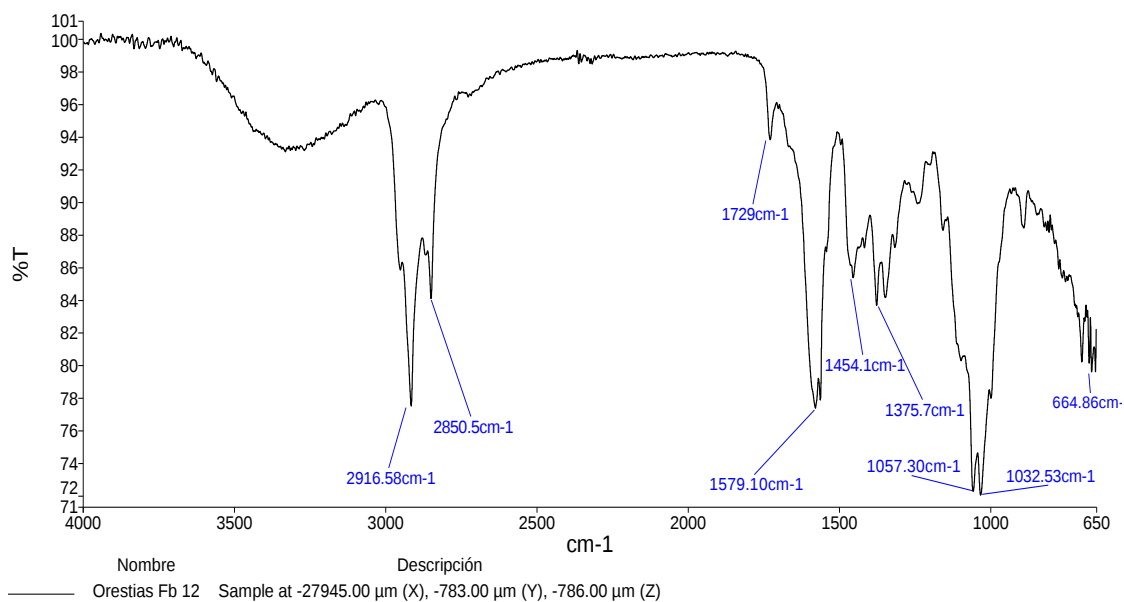


Portions ©STJapan, ©Nicodom, 2020

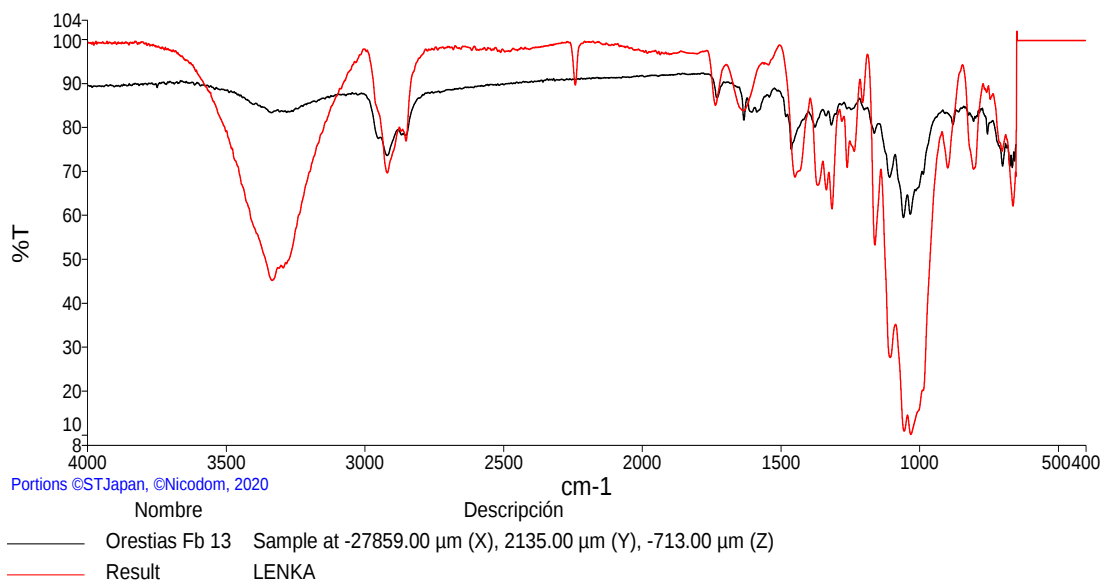
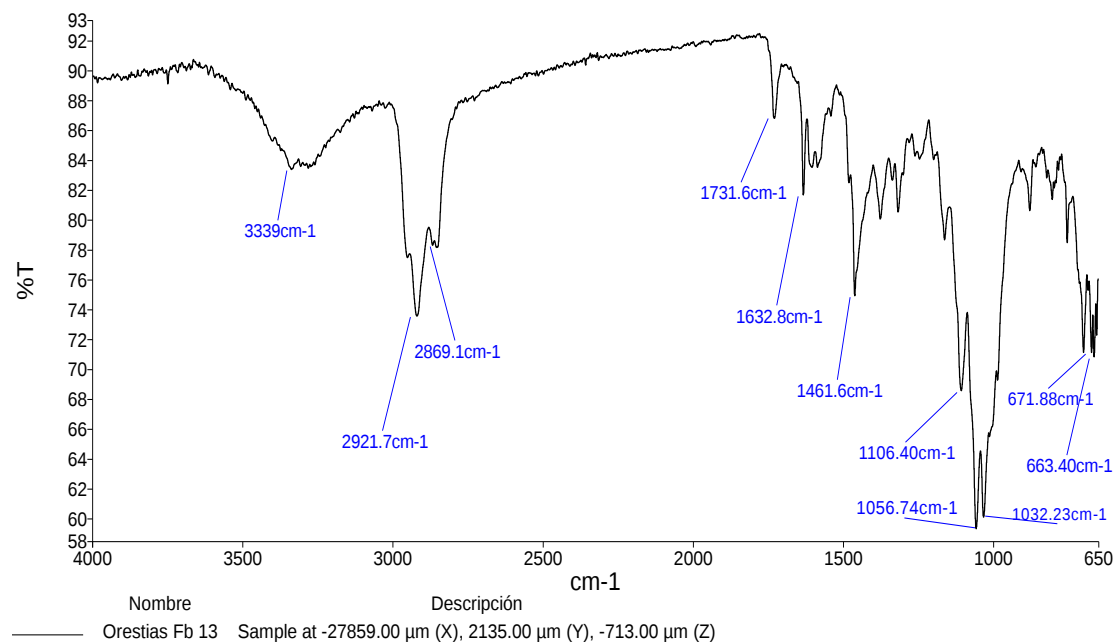
Nombre: Orestias Fb 11
Descripción: Sample at -27914.00 μm (X), -3292.00 μm (Y), -711.00 μm (Z)

Result: MIRAFI, OLEFIN FIBER

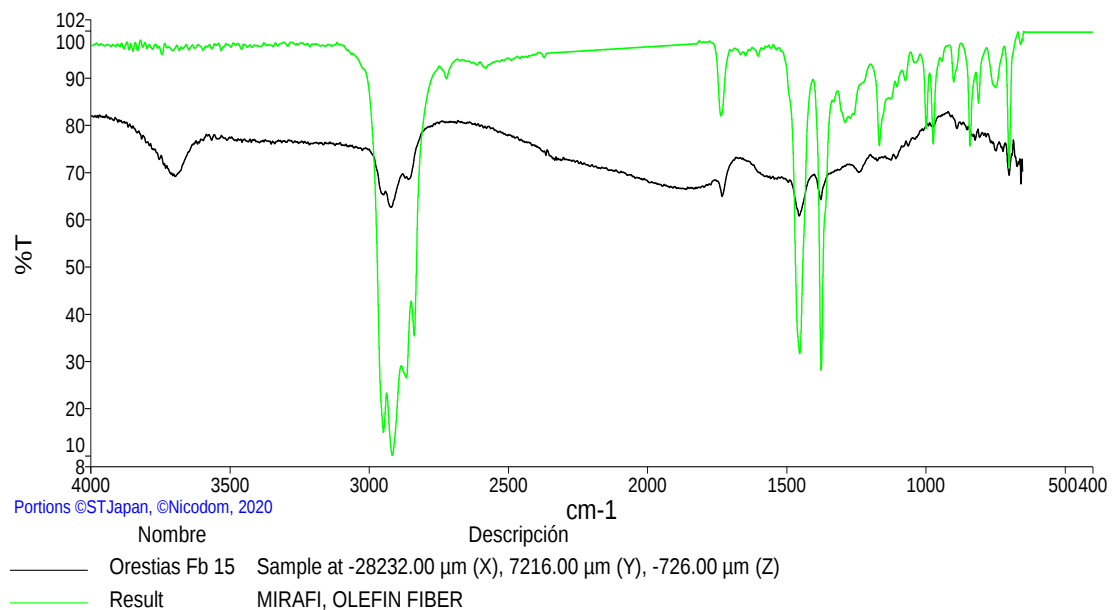
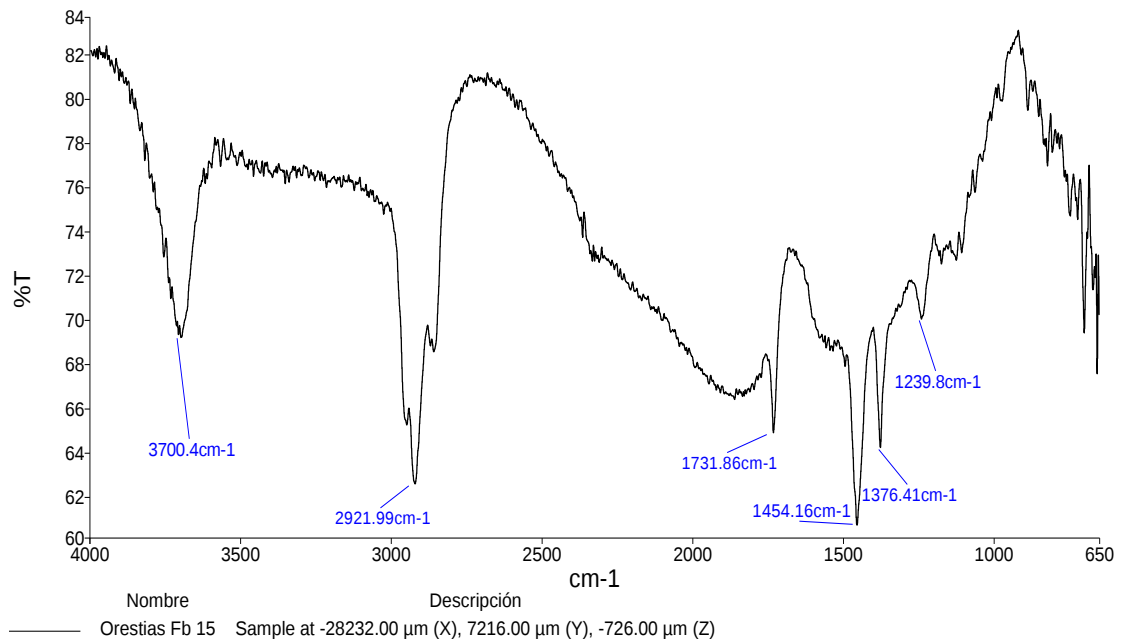
9.2. Orestias Fb: 12



9.2. Orestias Fb: 13



9.2. Orestias Fb: 15




 Lic. Quím. Adriana Larrea Valdivia
 C.Q.P.479

Anexo 15: *Informe de análisis por microscopia infrarroja para
Odontesthes bonariensis*



LABORATORIO DE MEDIO AMBIENTE, INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS

INFORME DE ENSAYO ANÁLISIS POR MICROSCOPIA INFRARROJA

Para: Bach. Mirian Mio Díaz

Aprobado por: Dra. Adriana Edith Larrea Valdivia

Analista: Lic. Dayam Mitchell Mamani Chuctaya

Informe de ensayo No: 336-25			
VERSIÓN	RECEPCIÓN DE MUESTRA	EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	EMISIÓN DE INFORME
1	07-Agos-2025	08-Agos-2025	11-Agos-2025
Descargo de Responsabilidad: Los resultados de los ensayos pertenecen solo a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con Normas del Producto o como certificado del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización del LABORATORIO DE MEDIO AMBIENTE, INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.			

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	3
2. Identificación de la investigadora	3
3. Método utilizado	3
4. Condiciones de análisis	3
5. Observaciones	4
6. Imágenes.....	4
7. Búsqueda en base de datos.....	6
8. Espectros.....	7

1. INTRODUCCIÓN

A solicitud de la investigadora Mirian Mio Diaz, se ha realizado el análisis por microscopía infrarroja, de las siguientes muestras:

- Odontesthes bonariensis: Fb 6
- Odontesthes bonariensis: Fb 9
- Odontesthes bonariensis: Fb 11
- Odontesthes bonariensis: Fr 1

La lectura de la muestra fue directamente analizada con el accesorio uATR.

2. IDENTIFICACIÓN DE LA INVESTIGADORA

Nombre	Mirian Mio Diaz	
Contacto	Teléfono	913687308
	Correo electrónico	

3. MÉTODO UTILIZADO

Para la realización del análisis se siguió los lineamientos de la norma ASTM E1252-98 (2021) "Standard Practice for General Techniques for Obtaining Infrared Spectra for Qualitative Analysis", con un rango de número de onda desde 650 cm^{-1} hasta 4000 cm^{-1} .

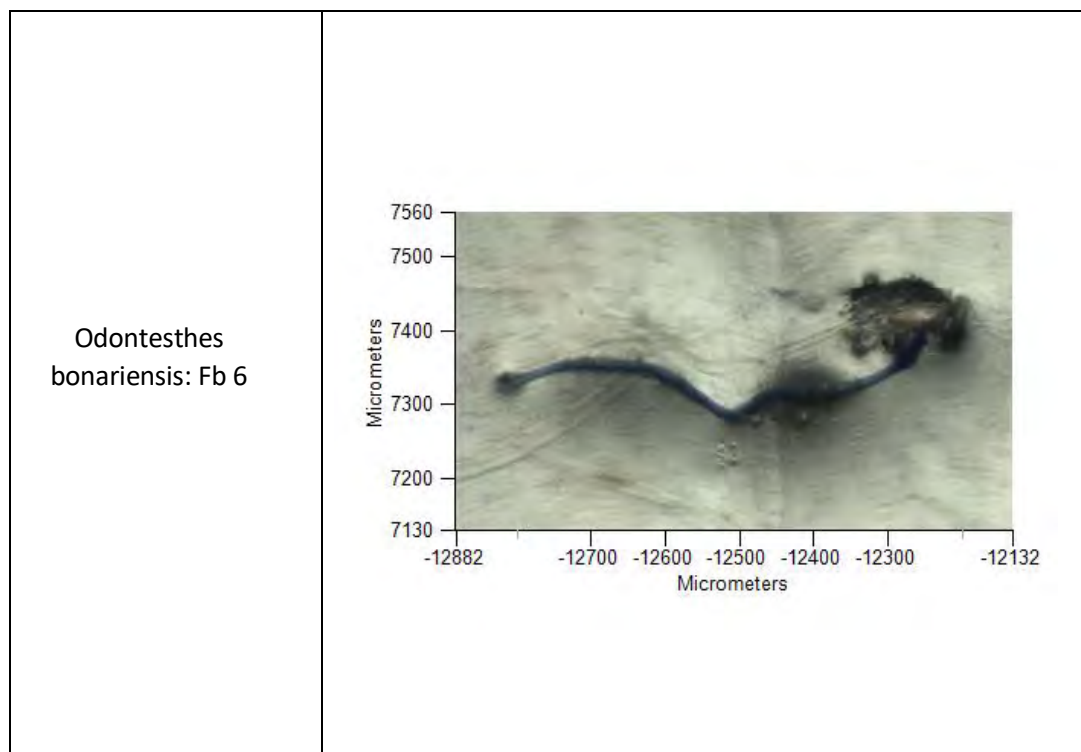
4. CONDICIONES DEL ANÁLISIS POR MICROSCOPIA INFRARROJA

Equipo	Microscopio infrarrojo, Marca Perkin Elmer, modelo Spotlight 200i
Rango de barrido	4000 cm^{-1} - 650 cm^{-1}
Tipo de accesorio	uATR
Cristal UATR	Diamante/ZnSe

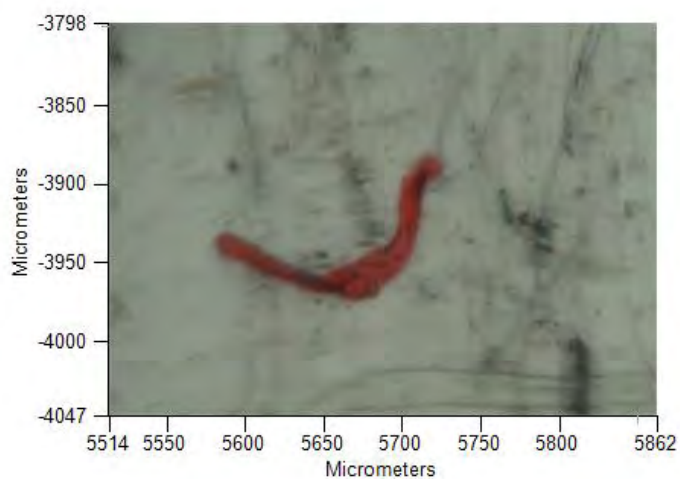
5. OBSERVACIONES

- ✓ Los resultados corresponden a las muestras proporcionadas por la investigadora, las cuales han sido entregadas en las instalaciones del laboratorio.
- ✓ Este documento va acompañado con la data del equipo, que consta del archivo .SP y archivo .CSV, que pueden ser manejados en Origin o Microsoft Excel, respectivamente.

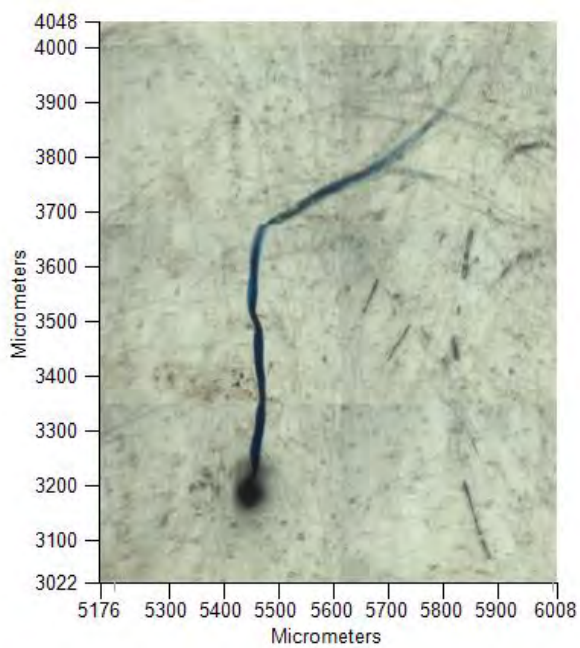
6. IMÁGENES

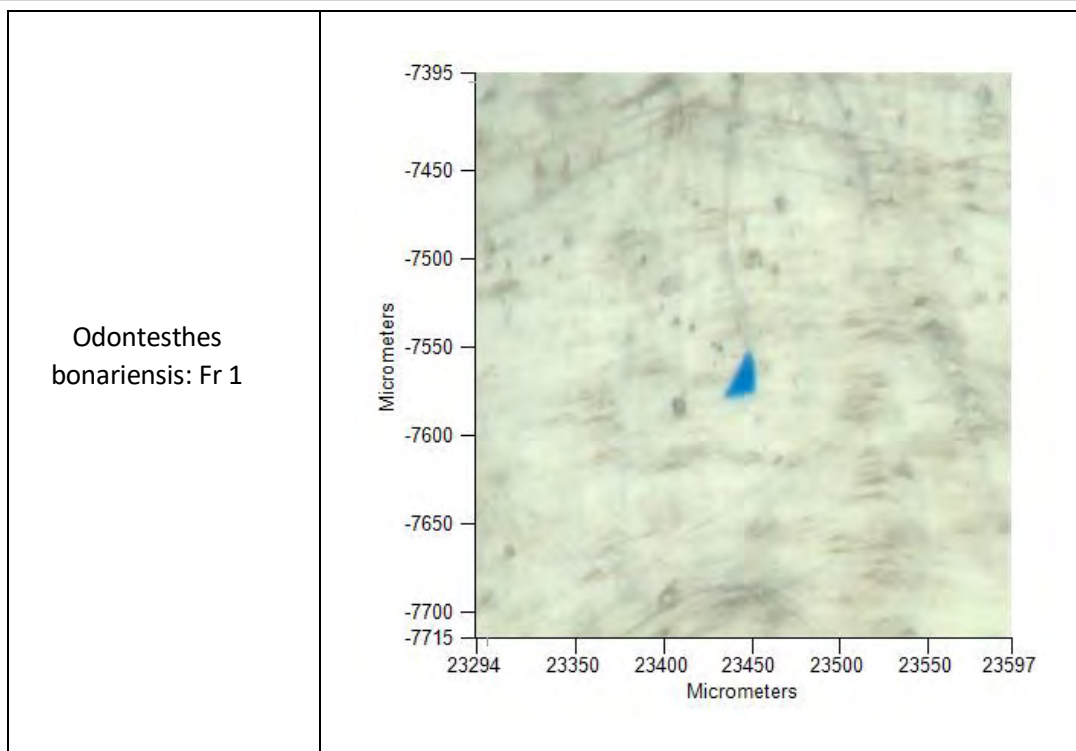


Odontesthes
 bonariensis: Fb 9



Odontesthes
 bonariensis: Fb 11



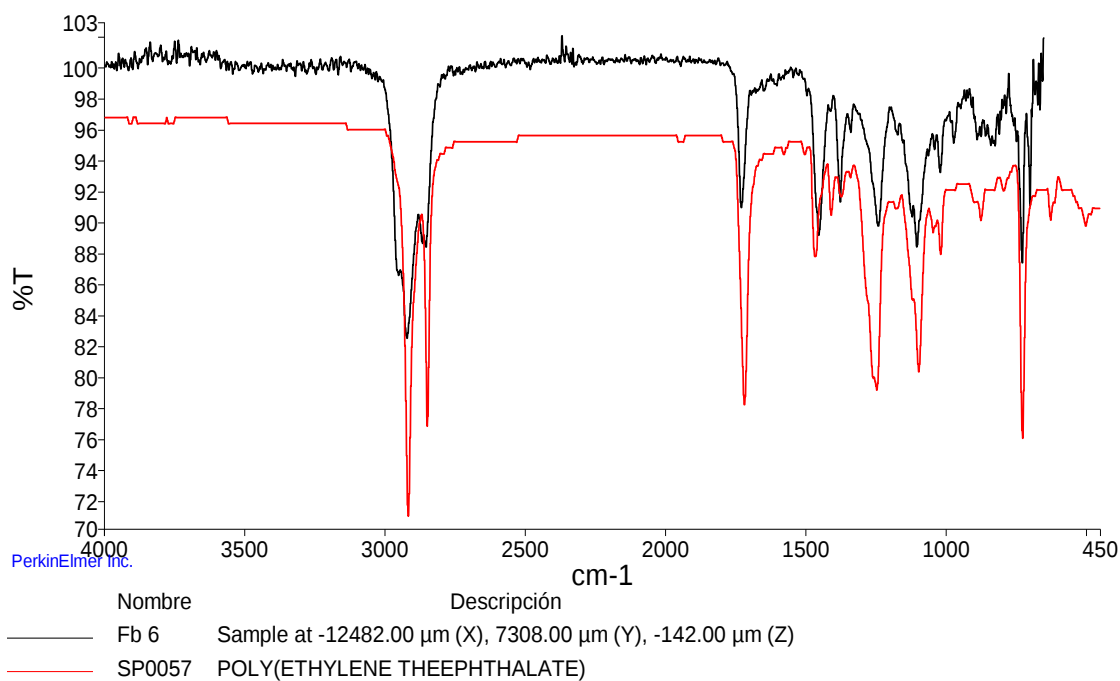
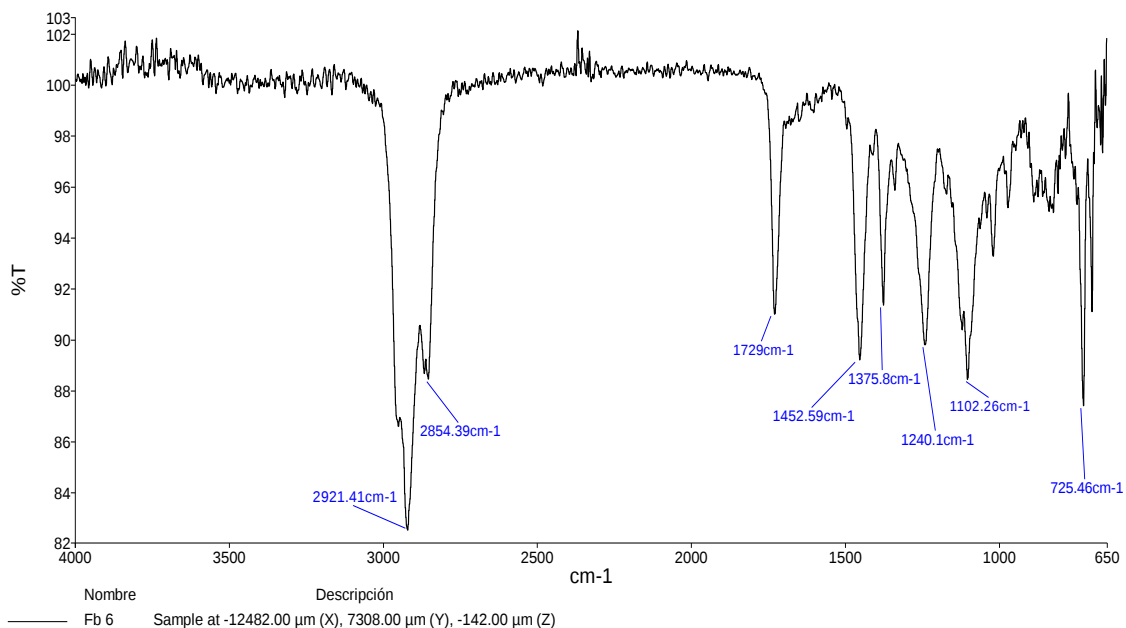


7. BÚSQUEDA EN BASE DE DATOS

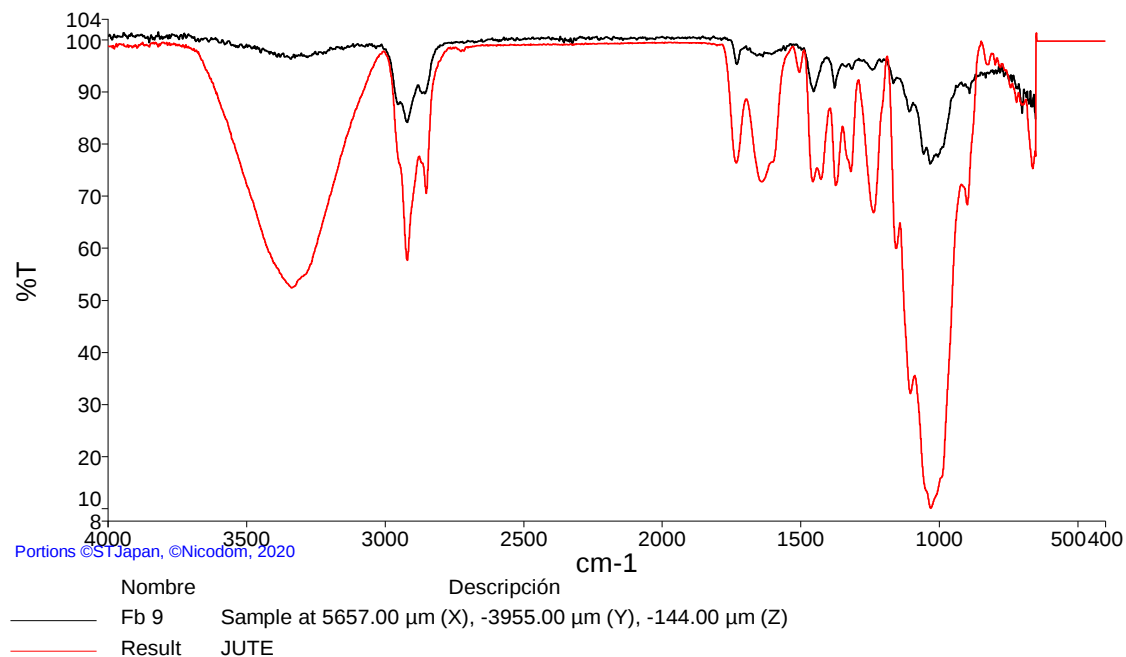
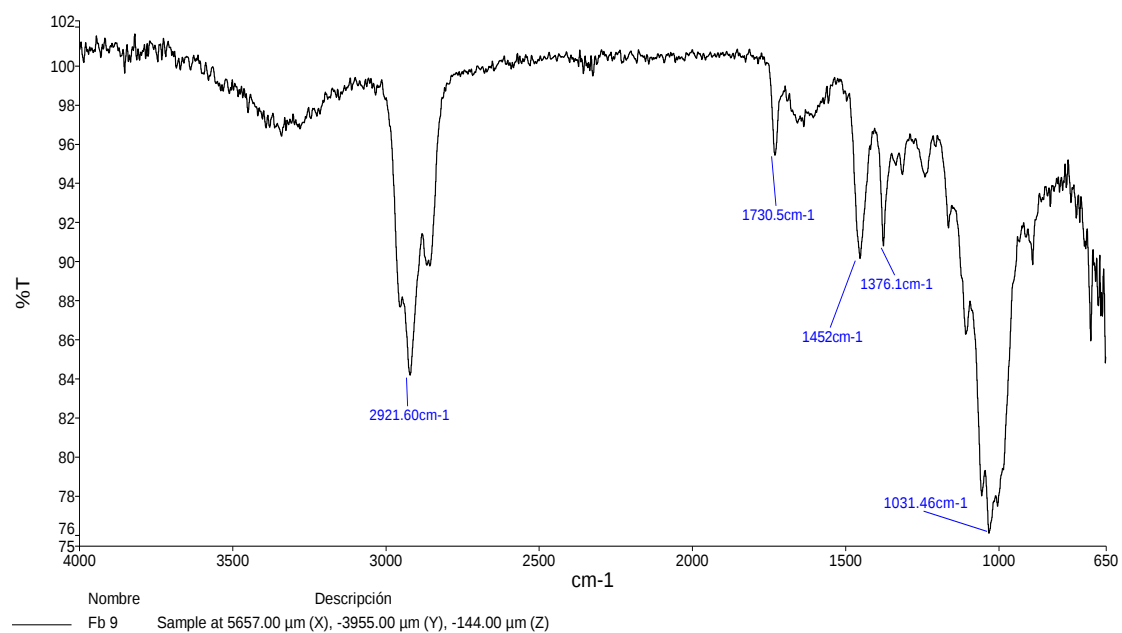
Muestra	Match	Score
Odontesthes bonariensis: Fb 6	POLY(ETHYLENE THEEPHTHALATE)	0.743
Odontesthes bonariensis: Fb 9	JUTE	0.698
Odontesthes bonariensis: Fb 11	EVITA (acrylic 21%, cotton 79%)	0.729
Odontesthes bonariensis: Fr 1	LENKA (acrylic 15%, cotton 64%, flax 21%)	0.826

8. ESPECTROS

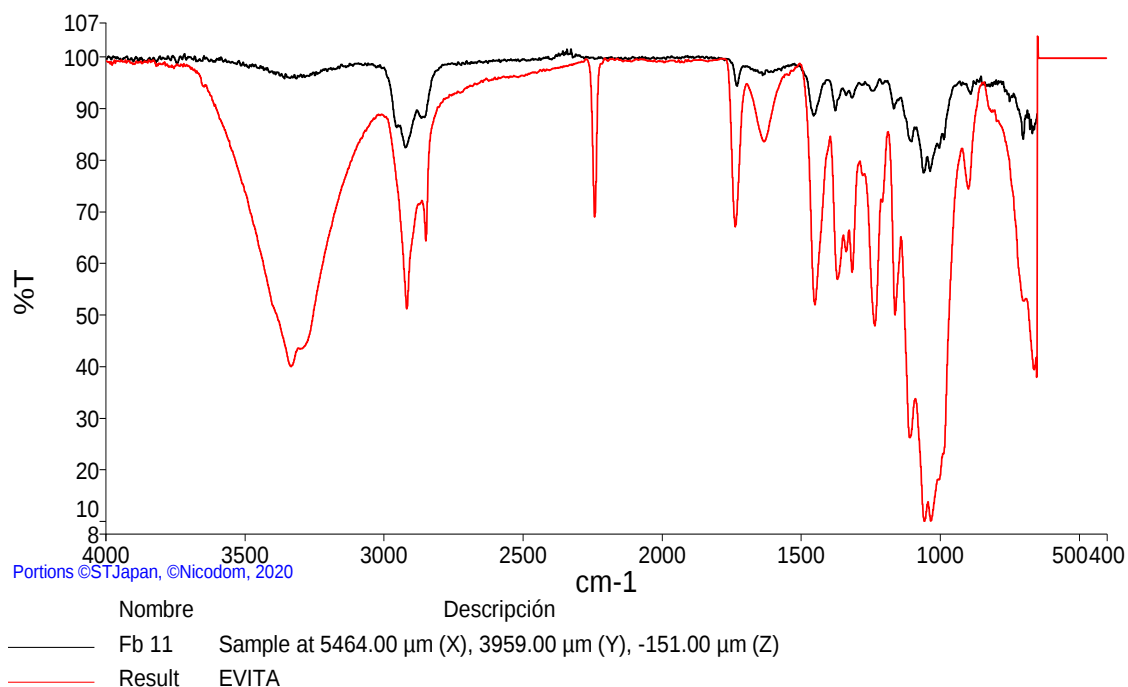
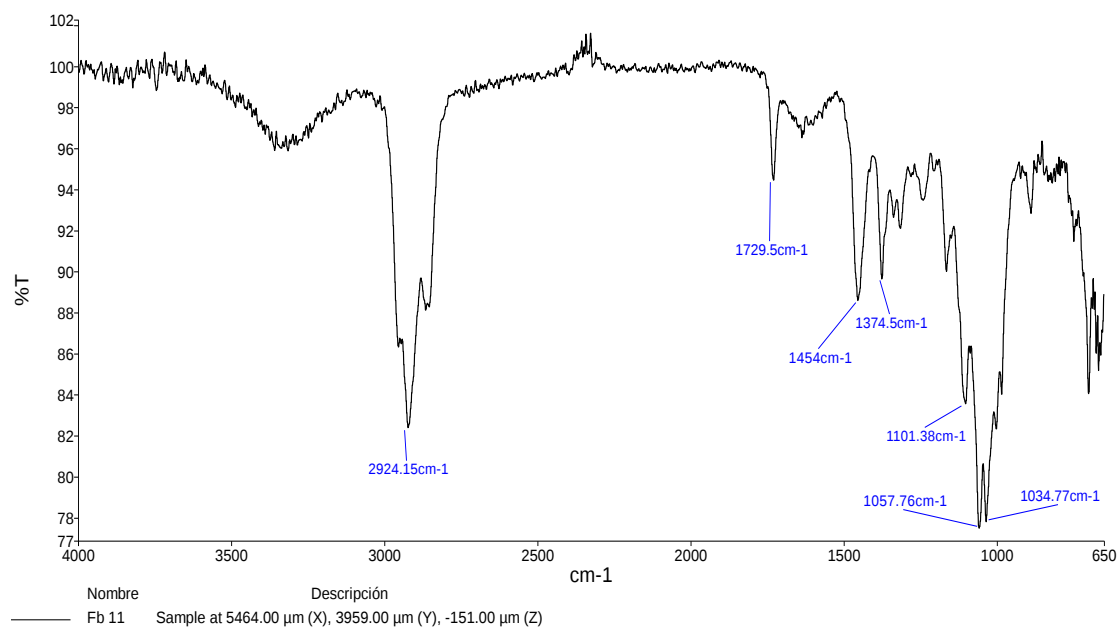
8.1. Odontesthes bonariensis: Fb 6



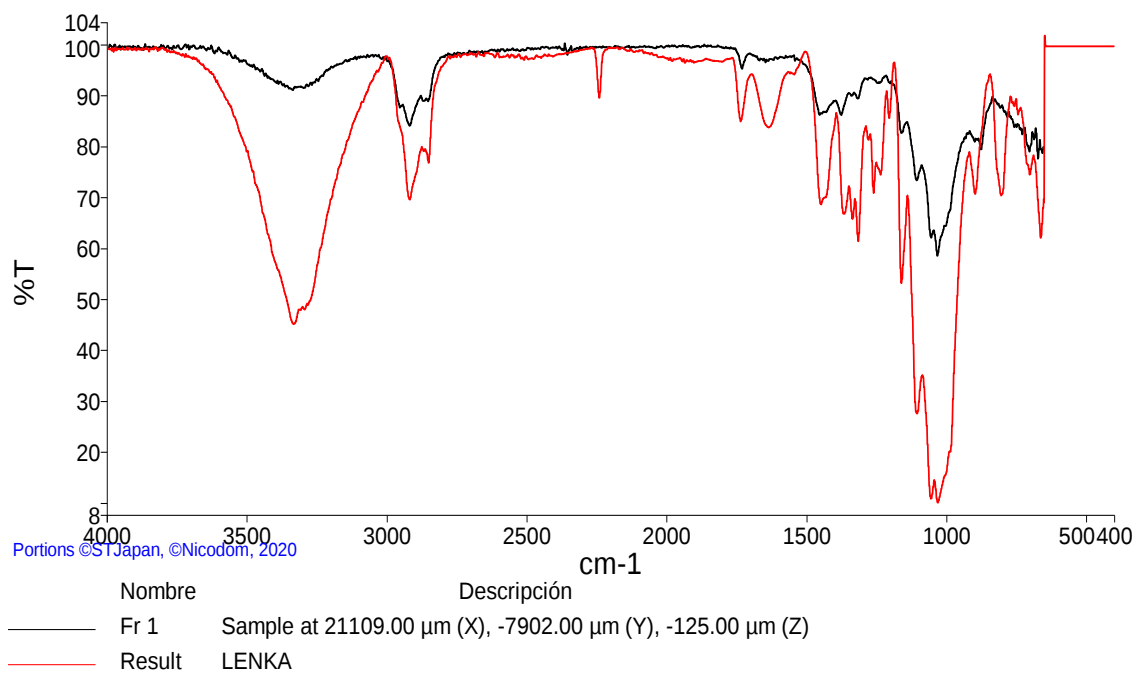
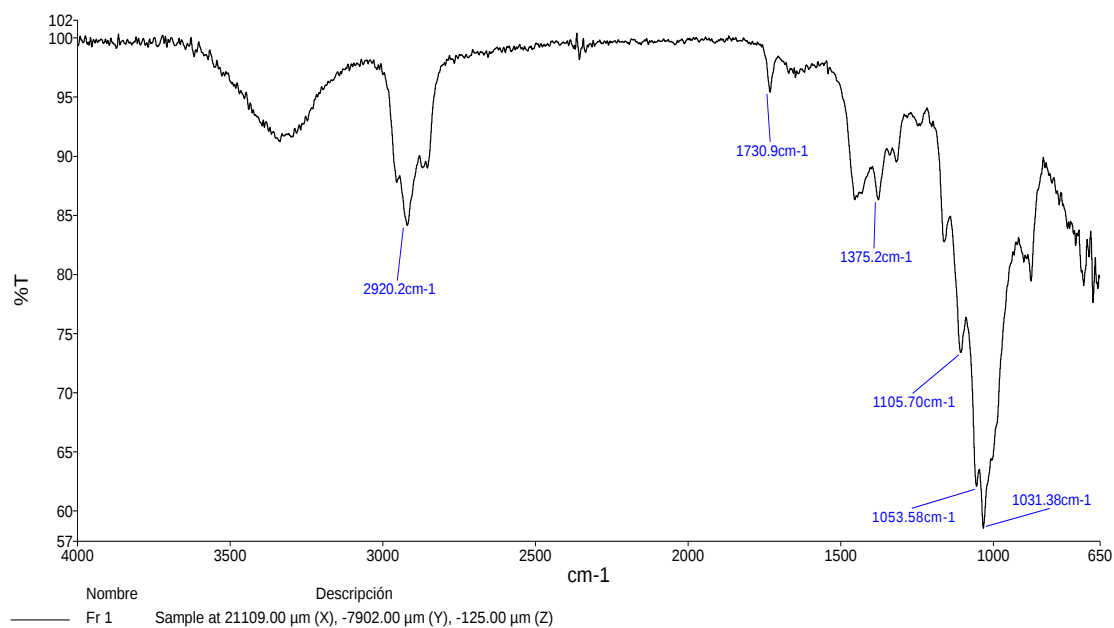
8.2. Odontesthes bonariensis: Fb 9



8.3. Odontesthes bonariensis: Fb 11



8.4. Odontesthes bonariensis: Fr 1



Adriana Lamea
Lic. Quím. Adriana Lamea Valdivia
C.Q.P.479