



**UNS**  
ESCUELA DE  
**POSGRADO**

---

**Microplásticos del agua y sedimento en relación con su  
acumulación en peces y crustáceos de la cuenca baja  
del río Lacramarca (Ancash, Perú)**

---

**Tesis para optar el grado de Maestro  
en Ciencias en Gestión Ambiental**

**Autor**

**Br. Gladis Yulisa Melgarejo Velásquez**

**Asesor**

**Dr. Walter Eduardo Reyes Avalos**

**Nuevo Chimbote - Perú**

**2022**



## CONFORMIDAD DEL ASESOR

Yo, Walter Eduardo Reyes Avalos, mediante el presente certifico mi asesoramiento de la Tesis de Maestría titulada: **“MICROPLÁSTICOS DEL AGUA Y SEDIMENTO EN RELACIÓN CON SU ACUMULACIÓN EN PECES Y CRUSTÁCEOS DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO LACRAMARCA (ANCASH, PERÚ)”** elaborada por la Bachiller Gladis Yulisa Melgarejo Velásquez, para obtener el Grado Académico de Maestro en Ciencias en Gestión Ambiental en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, abril de 2022.

**Dr. Walter Eduardo Reyes Avalos**  
ASESOR



**UNS**  
ESCUELA DE  
**POSGRADO**

## CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

**MICROPLÁSTICOS DEL AGUA Y SEDIMENTO EN RELACIÓN CON SU  
ACUMULACIÓN EN PECES Y CRUSTÁCEOS DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO  
LACRAMARCA (ANCASH, PERÚ)**

**Tesis para optar el Grado de Maestro en Ciencias en Gestión Ambiental**

**Revisado y aprobado por el Jurado Evaluador**

**Dr. Carlos Alberto Azañero Díaz**  
Presidente

**Ms. Mirian Noemí Velásquez Guarniz**  
Secretaria

**Dr. Walter Eduardo Reyes Avalos**  
Vocal

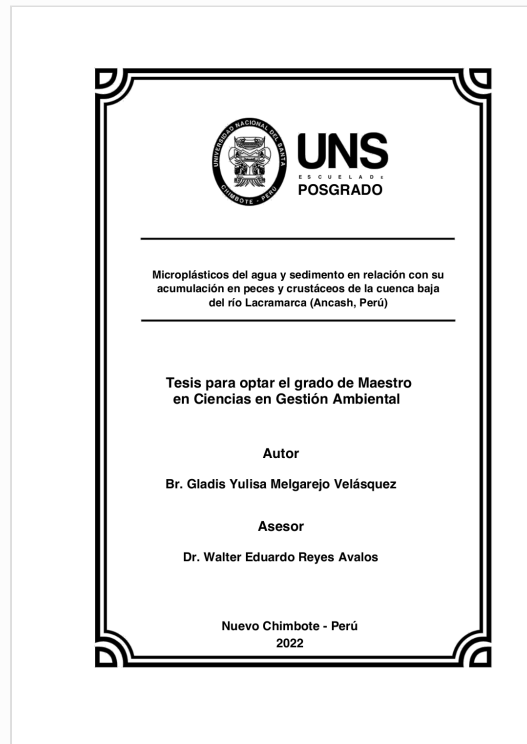


## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Gladis Yulisa Melgarejo Velásquez  
Título del ejercicio: Redacción de manuscritos  
Título de la entrega: Microplásticos del agua y sedimento en relación con su acu...  
Nombre del archivo: Tesis\_maestria\_gladis\_melgarejo\_-\_Final.docx  
Tamaño del archivo: 3.4M  
Total páginas: 52  
Total de palabras: 13,810  
Total de caracteres: 74,821  
Fecha de entrega: 05-abr.-2022 04:33p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entre... 1802779943



## DEDICATORIA

*Dedico esta tesis a Dios, quien es mi pilar y fortaleza día a día.*

*A mi padre Eugenio, que siempre me motivó a seguir superándome y que ahora desde el cielo me mira con felicidad.*

*A mi madre Isabel, quien me alienta siempre para ser mejor cada día.*

*A mis hermanos, por su incondicional apoyo todo el tiempo en cada proyecto que emprendo: Edith, Fredy, Yuri, Elizabeth, Mechy, Renán y Carlos.*

*A mi hija Zaira quien es mi motor y motivo siempre.*

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional del Santa por darme la oportunidad de estudiar y ser una gran profesional.

A mi Asesor de tesis Dr. Walter Reyes Avalos, por su tiempo y apoyo, por sus consejos, opiniones y disposición para la realización de este informe; por ser crítico y motivarme siempre a crecer como profesional.

A Maribel Astete Reyna y Oscar Chauca Quintana, por el apoyo y facilidades que me brindaron en el laboratorio para la ejecución de mi tesis.

A Cristian Venegas Pérez, Tito Tapia Torres, Alejandro Zavaleta Matos, David Torres Luis y Erick Ricapa Sánchez, por apoyarme en la recolección de muestras en campo.

A todas aquellas personas que con sus palabras me motivaron siempre a seguir adelante.

## ÍNDICE

	Pág.
Hoja de conformidad del asesor	i
Hoja de aprobación del Jurado Evaluador	ii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Índice	vi
Lista de tablas	vii
Lista de figuras	viii
Resumen	ix
Abstract	x
Introducción	1
<b>CAPÍTULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>3</b>
1.1. Planteamiento y fundamentación del problema de investigación	3
1.2. Antecedentes de la investigación	4
1.3. Formulación del problema de investigación	5
1.4 Delimitación del estudio	5
1.5. Justificación e importancia de la investigación	5
1.6. Objetivos de la investigación: General y específicos	6
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b>	<b>7</b>
2.1. Fundamentos teóricos de la investigación	7
2.2. Marco conceptual	8
<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO</b>	<b>9</b>
3.1. Hipótesis central de la investigación	9
3.2. Variables e indicadores de la investigación	9
3.3. Métodos de la investigación	9
3.4. Diseño o esquema de la investigación	9
3.5. Población y muestra	9
3.6. Actividades del proceso investigativo	10
3.7. Técnicas e instrumentos de la investigación	10
3.8. Procedimiento para la recolección de datos	12
3.9. Técnicas de procesamiento y análisis de los datos	14
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>15</b>
4.1. Resultados	15
4.2. Discusión	25
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>29</b>
5.1. Conclusiones	29
5.2. Recomendaciones	29
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>30</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>39</b>

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Especies de peces del río Lacramarca (Ancash, Perú).	19
Tabla 2. Especies de camarones del río Lacramarca (Ancash, Perú).	21
Tabla 3. Calidad del agua en la cuenca baja del río Lacramarca (Ancash, Perú)	24



## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Río Lacramarca en Ancash, Perú: a) Cuenca baja donde se indican las estaciones de muestreo. b). Estación 1, en el sector Tangay Bajo, Hito 26. c). Estación 2, entre los Puentes Pardo y Meiggs. d). Estación 3, en la desembocadura del río.	10
Figura 2. Colección de muestras: a) río Lacramarca, b) muestra de agua, c) acondicionamiento en cooler con hielo picado, d) muestra de sedimento.	11
Figura 3. a) Muestreo en la ribera del río Lacramarca. b) Recolección de camarón, c) Recolección de peces.	12
Figura 4. a) Filtrado de agua en papel filtro Whatman N° 40. b) Placa Petri conteniendo papel filtro con los microplásticos.	12
Figura 5. Acondicionamiento de muestras de sedimento en vasos de precipitación.	13
Figura 6. Medición de temperatura a), y salinidad b) del agua del río Lacramarca.	14
Figura 7. Formas y colores de microplásticos de la cuenca baja del agua del río Lacramarca (Ancash, Perú). Fragmentos: a) negro, b) transparente y azul, c, d) rojo y naranja. Filamentos: e) azul, f) rojo, g) negro, h) transparente. Microesferas: i) negro y transparente, j) azul, k) rojo.	15
Figura 8. Abundancia de microplásticos (MPs/m <sup>3</sup> ) del agua según estación (E) de muestreo en el río Lacramarca (Ancash, Perú).	16
Figura 9. Composición (%) de microplásticos según categoría de tamaño (µm) de partícula en el agua de cada estación (E) de muestreo del río Lacramarca (Ancash, Perú).	16
Figura 10. Composición (%) por color de microplásticos en agua de cada estación (E) de muestreo en el río Lacramarca (Ancash, Perú). Fr: fragmentos. Fi: filamentos. Mi: microesferas.	17
Figura 11. Abundancia de microplásticos (MPs/kg) en el sedimento de cada estación (E) de muestreo en el río Lacramarca (Ancash, Perú).	17
Figura 12. Composición (%) de microplásticos según categoría de tamaño (µm) de partícula en el sedimento de cada estación (E) de muestreo del río Lacramarca (Ancash, Perú).	18
Figura 13. Composición (%) por color de microplásticos en el sedimento de cada estación (E) de muestreo en el río Lacramarca (Ancash, Perú). Fr: fragmentos. Fi: filamentos. Mi: microesferas.	18
Figura 14. Abundancia de microplásticos (MPs/organismo) en estómagos y branquias de peces de las tres estaciones (E) de muestreo del río Lacramarca (Ancash, Perú).	19
Figura 15. Composición (%) por tamaño (µm) de microplásticos en estómagos y branquias de peces de las tres estaciones (E) de muestreo del río Lacramarca (Ancash, Perú). Fr: fragmentos. Fi: filamentos. Mi: microesferas.	20
Figura 16. Composición (%) por color de microplásticos en estómagos y branquias de peces de las tres estaciones (E) de muestreo del río Lacramarca (Ancash, Perú). Fr: fragmentos. Fi: filamentos. Mi: microesferas.	21
Figura 17. Abundancia de microplásticos (MPs/organismo) en estómagos y branquias de crustáceos de las tres estaciones (E) de muestreo del río Lacramarca (Ancash, Perú).	22
Figura 18. Composición por tamaño (µm) de microplásticos en estómagos y branquias de crustáceos de las tres estaciones (E) de muestreo del río Lacramarca (Ancash, Perú). Fr: fragmentos. Fi: filamentos. Mi: microesferas.	22
Figura 19. Composición (%) por color de microplásticos en estómagos y branquias de crustáceos de las tres estaciones (E) de muestreo del río Lacramarca. Fr: fragmentos (Ancash, Perú). Fi: filamentos. Mi: microesferas.	23
Figura 20. Relación entre la abundancia de MPs en el estómago de los peces con a) los MPs del agua y b) sedimento, del río Lacramarca.	23
Figura 21. Relación entre la abundancia de MPs en el estómago del camarón con a) los MPs del agua y b) sedimento, del río Lacramarca.	24

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar la relación entre los microplásticos del agua y sedimento con la acumulación en peces y crustáceos de la cuenca baja del río Lacramarca (Ancash, Perú). La muestra estuvo constituida por agua, sedimento, peces y crustáceos extraídos de tres estaciones de muestreo del río Lacramarca. La selección de las estaciones de muestreo del río Lacramarca se hizo en base a la influencia de la actividad agrícola y antrópica, y comprendió una extensión de 5300 m de cauce del río. Las formas de microplásticos fueron los fragmentos, filamentos y microesferas, los colores de cada forma fueron el azul, naranja, rojo, negro y el transparente, tanto en el agua, sedimento y en los peces como *Poecilia reticulata*, *Brycon atrocaudatus*, *Bryconamericanus peruanus* y *Mugil cephalus*, y en camarones *Cryphiops caementarius* y *Macrobrachium inca*. Los microplásticos del agua y del sedimento fueron de 93 556 MPs/m<sup>3</sup> y de 725 MPs/kg, de los cuales los fragmentos representan el 87.5 % y 92.9 %, respectivamente. Los fragmentos pequeños (10-20 µm) y medianos (21-200 µm) así como las microesferas pequeñas (10-20 µm) de diversos colores estuvieron en mayor proporción. En peces, los fragmentos abundaron más en el estómago y branquias de (15 a 40 MPs/org.). En camarones los fragmentos fueron los más abundantes (0.7 a 50 MPs/org.). Los filamentos y microesferas fueron los de menor proporción en el agua, sedimento y en los peces y camarones. No se encontraron microplásticos en el hepatopáncreas de los camarones. La abundancia de microplásticos en el estómago y branquias de peces y camarones tuvo una relación alta y positiva ( $r = 0.90$ ) con los microplásticos del sedimento; en cambio, fue negativa la relación de los microplásticos del agua con la acumulación en los animales. En la investigación se demuestra por primera vez la presencia de microplásticos (Fragmentos, filamentos y microesferas) en el agua y sedimento, así como en peces y camarones, de la cuenca baja del río Lacramarca.

**Palabras clave:** contaminación, desechos plásticos, partículas antropogénicas, plásticos fluviales

## ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the relationship between microplastics in water and sediment and their accumulation in fish and crustaceans in the lower Lacramarca River basin (Ancash, Peru). The sample consisted of water, sediment, fish and crustaceans extracted from three sampling stations of the Lacramarca River. The selection of the sampling stations of the Lacramarca River was based on the influence of agricultural and anthropogenic activity, and included an extension of 5300 m of riverbed. The forms of microplastics were fragments, filaments and microspheres, the colors of each form were blue, orange, red, black and transparent, both in water, sediment and in fish such as *Poecilia reticulata*, *Brycon atrocaudatus*, *Bryconamericanus peruanus* and *Mugil cephalus*, and in prawn *Cryphiops caementarius* and *Macrobrachium inca*. Microplastics in water and sediment were 93 556 MPs/m<sup>3</sup> and 725 MPs/kg, of which fragments represent 87.5 % and 92.9 %, respectively. Small (10-20 µm) and medium (21-200 µm) fragments as well as small (10-20 µm) microspheres of various colors were in higher proportion. In fish, fragments were most abundant in the stomach and gills (15 to 40 MPs/org.). In prawn, fragments were the most abundant (0.7 to 50 MPs/org.). Filaments and microspheres were the least abundant in water, sediment and in fish and prawn. No microplastics were found in the hepatopancreas of prawn. The abundance of microplastics in the stomach and gills of fish and prawn had a high and positive relationship ( $r = 0.90$ ) with microplastics in the sediment; in contrast, the relationship of microplastics in the water with accumulation in the animals was negative. The research demonstrates for the first time the presence of microplastics (fragments, filaments and microspheres) in water and sediment, as well as in fish and shrimp, in the lower basin of the Lacramarca River.

**Key words:** pollution, plastic debris, anthropogenic particles, river plastics

## INTRODUCCIÓN

Es un hecho que el mayor porcentaje de la contaminación por microplásticos (MPs) comienza en las zonas interiores y luego se transporta a través de ríos y lagos a los sistemas marinos (Ivleva et al., 2017). Los flujos de plásticos fluviales de los distintos continentes son muy variables. Asia aporta con 92,800 millones de toneladas (mt)/año que representa el 69 % del total mundial, en América del Sur se produce 17,300 mt/año que representa el 13 %, América del Norte y Central liberan 9,600 mt/año que aporta con el 7.1 %, Europa con 7,360 mt/año representa el 5.5 %, África produce 6,730 mt/año que contribuye con el 5 % y Oceanía con 628 mt/año que representa el 0.5 % (Mai et al., 2020).

En América Latina y el Caribe se generan anualmente 231 mt de residuos sólidos, de los cuales más del 90 % no se gestionan adecuadamente (Kaza et al., 2018). En el Perú, se cuenta con el Decreto Legislativo N° 1501, “Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos” pero aun así existen problemas ambientales producto de una inadecuada disposición final de dichos residuos, que afecta la biodiversidad, la salud humana y las actividades productivas y recreativas. Los Gobiernos Locales llevan a cabo actividades de reciclaje, orientados a concientizar a los ciudadanos sobre la segregación de residuos sólidos y su disposición final. Sin embargo, la acumulación de residuos plásticos ha contaminado durante muchos años diversos ambientes acuáticos naturales como los océanos, playas, ríos, lagunas y lagos (McCormick et al., 2016; Purca & Henostroza, 2017; Iannacone et al., 2019).

Una de las mayores fuentes de residuos plásticos en los océanos son los vertederos municipales en las regiones costeras (Elias, 2018). Es necesario incrementar las tasas de reciclaje doméstico e industrial, para mejorar la calidad del desecho, principalmente los plásticos, mediante instalaciones y tecnologías que cumplan con estándares y regulaciones de eliminación y reciclaje de residuos sólidos (Xu et al., 2020), lo que ayudaría a disminuir las emisiones de desechos plásticos a los océanos, ríos y ecosistemas terrestres.

La producción de plásticos ha crecido extraordinariamente y los representativos son el polietileno (PE) de alta, baja y lineal densidad (36 %), el polipropileno (PP) (21 %), el polivinilcloruro (PVC) (12 %), tereftalato de polietileno (PET) y resinas poliuretanos (PUR) y poliestireno (PS) (<10 % cada uno). Además, el poliéster, constituido básicamente de PET, representa el 70 % de toda la producción de fibra de poliéster, poliamida y acrílico (PP&A) (Geyer et al., 2017).

Los residuos plásticos se fragmentan, por efecto de diversos mecanismos (físicos, químicos y biológicos) en piezas cada vez más pequeñas denominadas microplásticos

(MPs) (Andrady, 2015), los que son una amenaza para la biota. Dichos MPs causan diversos trastornos en los organismos que los ingieren, al obstruir el tracto digestivo, lacerar sus tejidos, además, hay sensación de llenura y por ende dejan de alimentarse, lo que causa debilitamiento considerable (Li et al., 2018).

Asimismo, los MPs contienen sustancias químicas como plastificantes, antioxidantes, colorantes, entre otros, los que a su vez contienen en su composición plomo, zinc, cobre, plaguicidas y contaminantes orgánicos persistentes que son tóxicos y bioacumulables que ocasionan mutagénesis, carcinogénesis y disrupción endocrina en los organismos que los ingieren (da Costa et al., 2016; Li et al., 2018). Además, los MPs pueden ser transferidos a través de la cadena trófica desde las microalgas hasta organismos de importancia para el consumo humano.

La presencia de MPs en los organismos acuáticos han sido reportados en peces como *Odontesthes regia*, *Cheilodactylus variegatus*, *Anisotremus scapularis* (De-la-Torre et al., 2019), en los moluscos como *Choromytilus chorus* y *Aulacomya atra* (Valencia-Velasco et al., 2020) y como en crustáceos *Cangron cangron* (Devriese et al., 2015), *Palaemonetes pugio* (Gray & Weinstein, 2017), en *Homarus americanus* I (Potocka et al., 2019), *Carcinus maenas* (Watts et al., 2015), entre otros.

## CAPÍTULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Planteamiento y fundamentación del problema de investigación

Los MPs primarios se derivan de los cosméticos o de las partículas de plástico y resina de materias primas industriales; en cambio, los MPs secundarios proceden de plásticos de mayor tamaño que al exponerse a la intemperie se convierten en MPs y son la principal fuente de MPs en el medio ambiente (Yang et al., 2021).

Los MPs son considerados de entre 5 mm y 1  $\mu\text{m}$  de diámetro, si es  $> 5$  cm son macroplásticos y los de  $< 1$   $\mu\text{m}$  nanoplasticos (Watt et al., 2021). Los microplásticos duros están compuestos de polímeros de PE, seguido por el PP y EPS (Purca & Henostroza, 2017). La reducción del tamaño de los MPs son debido a la radiación solar ultravioleta, que es un proceso muy lento que puede demorar décadas o siglos que depende del tipo de polímero (Andrady, 2015). Además, el color de los MPs que es variable va desde transparente, cristalino, blanco, crema blanca clara, rojo, naranja, azul, opaco, negro, gris, marrón, verde, rosa, bronceado y amarillo, lo que es utilizado para identificar su procedencia química (Rodríguez-Seijo & Pereira, 2017). Por la forma los MPs se clasifican en fragmentos, fibras/filamentos, rosario/microesferas, espumas y pellets, aunque la nomenclatura varía entre los grupos de investigación (Lusher et al., 2017).

Las partículas plásticas en lagos y ríos se originan de los tributarios, de las actividades sobre el agua, el turismo, el vertido inadecuado de residuos plásticos de origen terrestre en desuso o abandonados, el agua de lluvia, las inundaciones, entre otros (Bellasi et al., 2020). La presencia de microplásticos afecta al medio ambiente en todos los continentes, genera contaminación de hábitats terrestres, cuencas oceánicas y de agua dulce (Geyer et al., 2017; Rodolfo, 2017) que al ingresar en las redes tróficas deterioran físicamente la fauna (Germanov et al., 2018). Estas partículas al ser ingeridas por los animales ocasionan daños en el tracto digestivo, alteran la saciedad, destruyen tejidos, entre otros, lo que vuelve vulnerables a predadores y a sufrir enfermedades (Cole et al., 2013; Koelmans et al., 2019; Li et al., 2018). Esto es debido a que las sustancias químicas que se desprenden de los microplásticos son bioacumulables y tóxicos como, metales pesados, plaguicidas y contaminantes orgánicos persistentes (Andrady, 2011; Germanov et al., 2018), los que a su vez causan disrupción endocrina, carcinogénesis y mutagénesis en los organismos que los consumen (da Costa et al., 2016; Li et al., 2018).

La versatilidad de usos de los plásticos ha hecho que su producción se incremente sustancialmente en los últimos años (Geyer et al., 2017), cuya acumulación de millones de toneladas métricas de residuos plásticos ocasionan contaminación permanente de

diversos ecosistemas acuáticos y terrestres de nuestro planeta. La presencia y los efectos de los MPs en entornos acuáticos es una cuestión emergente con impacto mundial y su estudio está mucho más avanzado en el ámbito marino y recién se ha empezado a valorar en aguas continentales y destinadas al consumo humano (Bollaín & Agulló, 2019).

## **1.2. Antecedentes de la investigación**

Los MPs actúan como vectores para la transferencia de contaminantes químicos del agua a los organismos y se transfieren a los niveles tróficos donde se bioacumula y causa problemas (Amelia et al., 2021). Existen MPs primarios, que son pequeños e incluso microscópicos en forma de pellets y micro perlas usados como materia prima para la elaboración industrial de plásticos (Cole et al., 2013; Lee et al., 2013) y como componentes de diversos productos de belleza y limpieza (Turner et al., 2019). Los MPs secundarios son derivados de la degradación y/o fragmentación de residuos plásticos grandes por procesos químicos, físicos y biológicos (Zhao et al., 2015). Sus fuentes son tejidos de poliéster, bolsas plásticas, boyas, flotadores, envases plásticos, entre otros (Bayo et al., 2020).

En los sistemas de agua dulce los MPs tienen una distribución vertical a lo largo de la columna de agua, con un gradiente de distribución descendente, incluso en las zonas bentónicas (Bellasi et al., 2020). En los sedimentos, la distribución de los MPs es desigual debido a la acción de los vientos y las corrientes (Orata et al., 2019). Las principales fuentes de contaminación por MPs en ríos y lagos proceden de otros cuerpos de agua, de la materia prima industrial y de los residuos de otros productos, que se acumulan y se fragmentan en partículas menores a 5 mm (McCormick et al., 2016). Estos MPs son fácilmente retenidos e integrados en la matriz sedimentaria, incluso en los sedimentos más gruesos, en comparación con los macroplásticos (Vermeiren et al., 2021). La acumulación de los residuos plásticos en los sedimentos destruyen hábitats de organismos bentónicos; considerados como componentes principales de la cadena alimenticia (Bellasi et al., 2020). Por ello, es evidente que los sedimentos están más contaminados que las aguas superficiales (Thompson, 2015).

La ingestión de MPs por los organismos acuáticos depende de la abundancia y del tamaño de las partículas, de la presencia de presas naturales y de los rasgos fisiológicos y de comportamiento del organismo (Bellasi et al., 2020). En muchos peces, moluscos y crustáceos se han reportado la acumulación de ciertos elementos químicos, de sustancias tóxicas, los derivados del petróleo, los plaguicidas, MPs, entre otros, encontrándose concentraciones muy altas de estos contaminantes (Duflos et al., 2017). La presencia de estos contaminantes en el interior de los organismos amenaza no solo su propia salud sino

también la salud de sus depredadores incluido el hombre, ya sea directa o indirectamente a través de la cadena alimenticia (Santillán et al., 2020).

El estómago e intestino de peces como *O. regia* y *C. variegatus*, *A. scapularis* contienen alta concentración de fibras de MPs azules (De-la-Torre et al., 2019). Además, en los moluscos bivalvos *C. chorus* y *A. atra* se hallaron fibras rojas y azules en mayor abundancia (Valencia-Velasco et al., 2020).

El crustáceo *C. cangron* ingiere plásticos como monofilamentos pequeños (Devriese et al., 2015). En cambio, el camarón *P. pugio* ingiere MPs de todas las formas y tamaños (Gray & Weinstein, 2017). En el caso de la langosta *H. americanus* por ser carroñera ingiere partículas de goma que los confunde como su comida natural (Potocka et al., 2019). *Carcinus maenas* ingieren alimentos con microfibras que reduce el consumo de alimento y la energía disponible para el crecimiento (Watts et al., 2015).

Los MPs provocan efectos negativos en los organismos de los sistemas acuáticos de agua dulce, por cuanto su consumo alteran el crecimiento, la reproducción o la supervivencia (Foley et al., 2018). Además, la interacción de los MPs con los compuestos tóxicos afectan a diversos organismos como almejas, gusanos, cangrejos, insectos, renacuajos, peces (Rios & Balcer, 2020), plancton, plantas acuáticas, aves acuáticas y otros depredadores superiores, los que interfieren con la transferencia trófica a lo largo de la cadena alimentaria (Huang et al., 2021).

### **1.3. Formulación del problema de investigación**

¿Qué relación existe entre los microplásticos del agua y sedimento con la acumulación en peces y crustáceos de la cuenca baja del río Lacramarca (Ancash, Perú)?

### **1.4. Delimitación del estudio**

El presente estudio se realizó en la cuenca baja del río Lacramarca (Ancash, Perú) que comprende desde la desembocadura hasta la zona de Tangay Bajo (Hito 26), cuya distancia es de ~5.3 km. En esta zona se seleccionaron tres estaciones de muestreo en donde se colectaron agua, sedimento, peces y crustáceos.

### **1.5. Justificación e importancia de la investigación**

En el Perú se ha evaluado la presencia de MPs básicamente en playas del ambiente marino, como en las playas arenosas Vesique en Ancash, Albúfera de Medio Mundo, Costa Azul-Ventanilla, El Chaco (Purca & Henostroza, 2017), así como en Yuyos, Sombrillas, Agua Dulce, Pescadores en Lima (De-la-Torre et al., 2020) y Venecia en Lima (José Iannacone et al., 2019). Sin embargo, poco se sabe de los impactos que provocan los MPs en los ríos, pues solo se han investigado en la cuenca baja del río Jequetepeque en



Lambayeque (Manrique, 2019) y en el río Rímac (Huanaco, 2019), Lurín y Chillón en Lima (Martínez & Quispe, 2021), los que circundan centros poblados y actividad agrícola e industrial, en diferentes magnitudes.

Los ríos de la costa peruana son afectados por la actividad antropogénica y se conoce que los factores más importantes que influyen en la concentración de MPs en el agua son la densidad de población humana en la zona y la proximidad al centro urbano (Bellasi et al., 2020). El río Lacramarca no es ajeno a la contaminación, dado que se evidencia desechos producto de actividades domésticas, agrícolas e industriales, en zonas aledañas. Además, porque la subcuenca Bajo Lacramarca de forma trapezoidal irregular abarca 194.64 km<sup>2</sup> que representa el 23 % del total de la cuenca y no presenta un caudal constante durante el año, pero la principal fuente de agua proviene del río Santa (ANA, 2009), lo cual contribuye no solo con elementos contaminantes, sino también con especies de la fauna acuática, como peces (Ortega et al., 2007) y camarones (Dávila et al., 2013; Díaz et al., 2020). La investigación se justifica porque analiza la contaminación por MPs que por su tamaño pequeño constituye un riesgo ecológico para los organismos acuáticos, dado a que se transfiere por la cadena trófica y causa daño a la biota que la consume. Además, porque no se ha investigado la presencia de MPs en el ecosistema del río Lacramarca y su influencia en la biodiversidad, principalmente en peces y crustáceos.

## **1.6. Objetivos de la investigación**

### **Objetivo General**

Evaluar la relación entre los MPs del agua y sedimento con la acumulación en peces y crustáceos de la cuenca baja del río Lacramarca (Ancash, Perú).

### **Objetivos Específicos**

- Caracterizar y cuantificar los MPs del agua y sedimento del río Lacramarca.
- Cuantificar los MPs en el tracto digestivo y branquias de peces y crustáceos del río Lacramarca.
- Relacionar los MPs del agua y del sedimento con la acumulación en el tracto digestivo de peces del río Lacramarca.
- Relacionar los MPs del agua y del sedimento con la acumulación en el tracto digestivo de crustáceos del río Lacramarca.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Fundamentos teóricos de la investigación**

La abundancia de MPs varía considerablemente en el espacio y en el tiempo, cuyas partículas contaminan los hábitats marinos de todo el mundo, donde son ingeridos por una amplia gama de organismos y, en el caso de algunas especies, una proporción importante de la población contiene fragmentos de plástico (Thompson, 2015). La mayoría de los MPs procedentes de la tierra se vierten directamente en las masas de agua en forma de efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales o de vertidos industriales, los cuales son depositados en los sedimentos, y las partículas en suspensión continúan fluyendo en la superficie, siendo probablemente ingeridas por la vida marina (Vivekanand et al., 2021).

La creciente urbanización y la densidad de población humana (o la distancia al centro de la ciudad) dentro de una cuenca pueden promover la abundancia de MPs en las aguas receptoras proximales; además, los cambios en los factores ambientales y antropogénicos, como el clima o el clima regional, la densidad de población, las prácticas comunitarias y las políticas locales, la producción, recolección y tratamiento de aguas residuales, alteran significativamente los volúmenes y las cargas de MPs (Chen et al., 2020).

Las partículas de MPs se encuentran ahora en la columna de agua y en los sedimentos de lagos y ríos de todo el mundo; cuyas concentraciones son más elevadas cerca de las zonas urbanas; además, los organismos los ingieren MP aunque es generalmente bastante baja debido a la capacidad de los organismos para depurarlos (Rios & Balcer, 2020). Sin embargo, los MPs pueden provocar la extinción de algunas especies y el desequilibrio general del planeta (Vivekanand et al., 2021).

La degradación de los plásticos depende de su peso molecular medio para debilitar el material y de esta manera, se vuelven tan frágiles que se deshacen en fragmentos de polvo que a menudo no son visibles a simple vista, pueden sufrir una mayor degradación, generalmente por microbios y de esta manera se incorpora a la biomasa marina (Andrady, 2011). En este sentido, los MPs están presentes como contaminantes en las aguas superficiales de todo el mundo, pero su concentración y distribución en la columna de agua, superficie del agua y en sedimentos, dependen de diferentes variantes como la posición geográfica, el viento y las corrientes (Bellasi et al., 2020).

## **2.2. Marco conceptual**

Los MPs son pequeñas partículas menores a 5 mm con tamaño mínimo no definido y en algunos casos hasta nano micras (Cole et al., 2013; Sun et al., 2022), los encontramos como fragmentos, fibras, microesferas, entre otras formas (Adams et al., 2021; Bayo et al., 2020) y son de naturaleza polimérica y sintética (Geyer et al., 2017).

La bioacumulación, es la acumulación de algunos productos o sustancias en el interior de los organismos, muchos de ellos con capacidad de permanecer en los tejidos (Germanov et al., 2018).

El sedimento está constituido por toda materia orgánica e inorgánica particulada que se acumula libremente, producto de una segregación a partir de una solución o por algunos organismos, precipitación química de una solución o al ser transportada por el viento, agua o hielo (Vermeiren et al., 2021). Estos, constituyen una fuente importante de nutrientes, los cuales se intercambian con el medio que lo rodea, asimismo, los sedimentos son portadores de diversos contaminantes desde microorganismos hasta metales pesados (Carson et al., 2011).

La fauna lo constituyen las especies que integran vertebrados e invertebrados, terrestres y acuáticos; domesticadas, nativas o exóticas que viven libres en un territorio (Hernández-Silva et al., 2018). Es considerado un recurso natural renovable básico, como el agua, el suelo, la vegetación y el aire; a partir del cual el hombre obtiene beneficios (Hernández-Silva et al., 2018).

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Hipótesis central de la investigación**

Existe relación alta entre los microplásticos del agua y sedimento con la acumulación en el tracto digestivo y branquias de peces y crustáceos, de la cuenca baja del río Lacramarca (Ancash, Perú).

#### **3.2. Variables e indicadores de la investigación**

Variable 1: Microplásticos del agua y sedimento.

Indicadores: Forma: Fragmentos, filamentos y microesferas.  
Color  
Tamaño: < 5 mm  
Abundancia en agua (MPs/m<sup>3</sup>)  
Abundancia en sedimento (MPs/kg)

Variable 2: Acumulación en el tracto digestivo y branquias de peces y crustáceos.

Indicadores: Forma: Fragmentos, filamentos y microesferas.  
Color  
Tamaño: < 5 mm  
Abundancia (MPs/org.)

#### **3.3. Métodos de la investigación**

Se empleará el método de investigación no experimental.

#### **3.4. Diseño o esquema de la investigación**

En la investigación se empleó el diseño descriptivo correlacional, el cual consistió primero en describir y cuantificar el tipo y color de MPs de agua y sedimento, para luego relacionarlos con la acumulación en peces y crustáceos.

#### **3.5. Población y muestra**

La población de estudio, lo constituyó el agua, el sedimento, los peces y los crustáceos de la cuenca baja del río Lacramarca, ubicado en la costa norte del Perú, en la vertiente del Pacífico (08°45'06" - 09°06'04" S y 78°11'37" - 78°34'09" W). La muestra estuvo constituida por agua, sedimento, peces y crustáceos extraídos de tres estaciones de muestreo ubicados en la cuenca baja del río Lacramarca.

### 3.6. Actividades del proceso investigativo

Para la delimitación de las estaciones de muestreo se hizo un recorrido por la cuenca baja del río Lacramarca. Las muestras de agua, sedimento, peces y camarones fueron colectadas entre octubre y noviembre de 2021 y llevadas al Laboratorio de Acuicultura Ornamental de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional del Santa para su procesamiento. En las etapas de muestreo y procesamiento de muestras se evitó la contaminación cruzada y las derivadas del propio lugar y del investigador en laboratorio, según lo recomendado para peces e invertebrados acuáticos (Lusher et al., 2017).

### 3.7. Técnicas e instrumentos de la investigación

**Estaciones de muestreo:** La selección de las estaciones de muestreo del río Lacramarca (Fig. 1a) se hizo en base a la influencia de la actividad antrópica. Estación 1 (E1): Sector Tangay bajo (Hito 26), con vertimiento de agua de regadíos procedente de la actividad agrícola y escasos asentamientos humanos en el margen derecho del río (Fig. 1b). Estación 2 (E2): Entre el Puente Pardo (Hito 13) y el Puente Meiggs (Hito 12) de la Panamericana Norte, el cual está rodeada por los humedales de Villa María, pero a continuación hay asentamientos humanos en el margen izquierdo del río, con diversas fuentes de contaminación producto del vertimiento de aguas residuales domésticas y arrojó de residuos sólidos a la cuenca del río (Fig. 1c). Estación 3 (E3): Desembocadura del río, presenta acumulación de basura y arena, además, vertimiento de aguas residuales industriales y presencia de agua de mar (Fig. 1d). La distancia desde la E1 a la E2 es de ~2800 m y de la E2 a la E3 de ~2500 m. El ancho del río de cada estación de muestreo fue de aproximadamente de 10, 20 y 12 m, respectivamente, y la profundidad varió entre 30 a 50 cm.



**Figura 1.** Río Lacramarca en Ancash, Perú: a) Cuenca baja donde se indican las estaciones de muestreo. b). Estación 1, en el sector Tangay Bajo, Hito 26. c). Estación 2, entre los Puentes Pardo y Meiggs. d). Estación 3, en la desembocadura del río.

En cada estación de muestreo, se colectaron tres muestras de agua y tres de sedimento. Se empleó el protocolo para la colección de las muestras descrito previamente (Barrows et al., 2017; Masura et al., 2015; Dehaut et al., 2016; Cole et al., 2013; Lusher et al., 2017), a las cuales se realizaron modificaciones.

**Agua:** Las muestras de agua fueron colectadas en frascos herméticos de vidrio (1 L), previamente rotulados. El frasco cerrado se introdujo a una profundidad aproximada de 10 cm, se abrió la tapa y luego se cerró. Los frascos con las muestras fueron acondicionados en un cooler con hielo picado (Fig. 2a, b, c) para su transporte al laboratorio.

**Sedimento:** Las muestras de sedimento fueron colectadas de la playa del río, donde el agua alcanza a subir en época de creciente. Para ello, se utilizó un cuadrante de fierro de 50 x 50 cm y una espátula para extraer sedimento (~1 kg) de la capa superficial (~3 cm) y almacenarlas en bolsas ziploc previamente rotuladas (Fig. 2d). Las bolsas con las muestras de sedimento fueron colocadas en un cooler con hielo picado y transportadas al laboratorio.



**Figura 2.** Colección de muestras: a) río Lacramarca, b) muestra de agua, c) acondicionamiento en cooler con hielo picado, d) muestra de sedimento.

**Peces y crustáceos:** Los peces y crustáceos fueron capturados en las riberas del río, preferentemente donde había vegetación y se utilizó una red tipo cerco (1 cm de abertura de malla). Los organismos fueron enjuagados e inmediatamente colocados en bolsas ziploc, previamente rotuladas y colocadas en un cooler con hielo picado, para dar muerte por shock térmico y evitar la evacuación gástrica (Fig. 3). En laboratorio, los peces fueron reconocidos con claves taxonómicas y correspondieron a *Poecilia reticulata*, *Brycon atrocaudatus* (Jiménez et al., 2015), *Bryconamericus peruanus* (Román-Valencia et al., 2008) y *Mugil cephalus* (Chirichigno, 1998); y los camarones como *Cryphiops caementarius* y *Macrobrachium inca* (Méndez, 1981).

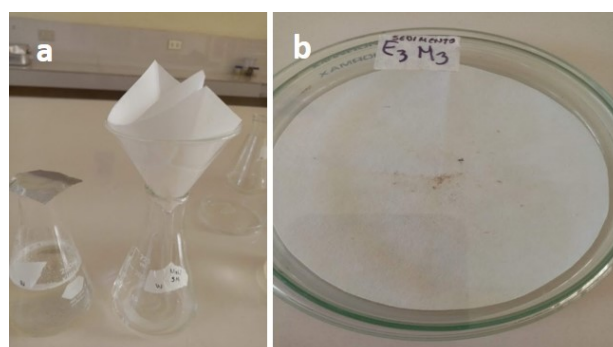


**Figura 3.** a) Muestreo en la ribera del río Lacramarca. b) Recolección de camarón, c) Recolección de peces.

### 3.8. Procedimiento para la recolección de datos

**Clasificación de microplásticos:** Los MPs fueron clasificados por el tamaño, forma y color. Por el tamaño los MPs se consideraron en cuatro categorías (pequeños: 10-20  $\mu\text{m}$ ; medianos: 21-200  $\mu\text{m}$ ; grandes: 201-1000  $\mu\text{m}$  y muy grandes: 1001-2500  $\mu\text{m}$ ), los que fueron medidos con ocular micrométrico bajo microscopio. Por la forma de los MPs se clasificaron en fragmentos, filamentos y microesferas (Lusher et al., 2017) y la identificación visual fue con microscopio de luz convencional.

**Microplásticos en agua:** Las muestras de agua fueron filtradas con tamiz de malla de acero ASTM N° 4 (4.75 mm) y después con papel Whatman N° 40 (Fig. 4). Las partículas retenidas se trasladaron a un vaso de precipitación de vidrio (250 mL) con 200 mL de solución hipersalina (NaCl 5M) y se dejó reposar por 1 h. El sobrenadante fue filtrado en papel Whatman N° 40, secado a temperatura ambiente y las partículas fueron pesadas en balanza analítica OHAUS ( $\pm 0.10$  mg), después colocadas en placa Petri (Fig. 4b) para observar al microscopio su forma, color y determinar la cantidad. La solución hipersalina de NaCl 5M, se preparó con 300 g de sal común disueltos en 1 L de agua potable, luego se filtró con papel Whatman N° 40 para evitar contaminación por microplásticos presentes en la sal y en el agua. La abundancia de MPs del agua fue expresada como  $\text{MPs}/\text{m}^3$ .



**Figura 4.** a) Filtrado de agua en papel filtro Whatman N° 40. b) Placa Petri conteniendo papel filtro con los microplásticos.

**Microplásticos en sedimento:** Las muestras de sedimento húmedo fueron colocadas en vasos de precipitación (200 mL) cubiertas con papel aluminio, secadas en estufa (60 °C por 24 h) (Fig. 5), luego pesadas y tamizadas con tamiz de malla de acero ASTM N° 4 (4.75 mm). Algunas muestras fueron trituradas en mortero de porcelana. Para procesar cada muestra, el tamiz fue previamente lavado y secado para evitar contaminación. Las muestras tamizadas fueron almacenadas en vasos de precipitación rotulados y cubiertas con papel aluminio.



**Figura 5.** Acondicionamiento de muestras de sedimento en vasos de precipitación.

Luego, de cada muestra se extrajo 400 g de sedimento seco, se separó en cuatro porciones de 100 g, cada una fue colocada en un vaso de precipitación (500 mL) y se agregó 300 mL de solución hipersalina (NaCl 5M), se agitó vigorosamente con una varilla de vidrio para homogenizar la muestra y se dejó en reposo por 2 h. Este proceso de la muestra se repitió y se dejó en reposo por 18 h. Los vasos con las muestras fueron tapados con papel aluminio para evitar contaminación.

El material flotante y aquellos pegados en las paredes del vaso fueron trasladados a otro vaso de precipitación. Posteriormente, fueron filtradas en papel Whatman N° 40 y para culminar se agregó agua destilada para enjuagar el papel filtro y eliminar residuos de sales. Las partículas filtradas fueron colocadas en vaso de precipitación (125 mL), donde se agregó 50 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 30 % y se dejó reposar en baño maría (60 °C por 4 h) o hasta verificar la degradación completa de los restos de materia orgánica. Luego, se dejó enfriar y se agregó 50 mL de NaCl 5M y se dejó en reposo por 12 h. Finalmente se filtró el sobrenadante en papel filtro Whatman N° 40 y se roció agua destilada para eliminar restos de peróxido y sales.

El papel de filtro con los microplásticos obtenidos fue secado a temperatura ambiente, pesado en balanza analítica OHAUS ( $\pm 0.10$  mg) y colocado en placa Petri para observar con el microscopio óptico la forma, color y determinar la cantidad. En el caso de muestras de sedimento cuya composición fue más arcillosa se volvió a repetir el procedimiento del filtrado con NaCl 5M por 2 a 3 veces para extraer el sobrenadante por completo. La abundancia de MPs del sedimento fue expresada como MPs/kg de sedimento seco.



**Microplásticos en peces y crustáceos:** El peso de los peces y crustáceos fue determinado en balanza digital ADAM ( $\pm 0.10$  g). El tamaño de los peces fue medido con ictiómetro de aluminio ( $\pm 0.10$  cm) y el de los crustáceos con vernier digital ( $\pm 0.01$  mm) con los animales posicionados ventralmente. Luego, se realizó la disección de los peces para extraer branquias, estómago e intestino, y de los crustáceos se extrajo branquias, estómago y hepatopáncreas. En ambos casos cada muestra fue colocada en placa Petri y se procedió a pesar. Luego, cada órgano fue colocado en un matraz de vidrio (250 mL) con 200 mL de solución de KOH al 30 % y se mantuvo en baño maría a 60 °C hasta que se degradó totalmente el tejido orgánico (Duflos et al., 2017). Después de enfriar las muestras se agregó NaCl 5M a una proporción 2:1 (NaCl:muestra), se agitó y se dejó en reposo por 24 h. El sobrenadante fue filtrado en papel Whatman N° 40 y los microplásticos retenidos se colocaron en una placa Petri, se secó a temperatura ambiente, se pesó en balanza analítica OHAUS ( $\pm 0.10$  mg) y la forma, color y cantidad de microplásticos fue observado bajo microscopio. En todo momento se cubrieron las muestras con papel aluminio y las superficies se limpiaron con papel toalla. Asimismo, se usó guardapolvo de color blanco de algodón y los materiales usados fueron de metal o vidrio. La abundancia de MPs en los peces y crustáceos fue expresada como MPs/organismo (MPs/pez o MPs/camarón).

**Parámetros físico químicos del agua:** La temperatura del agua fue medida con termómetro digital ( $\pm 0.01$  °C), el pH con pH metro digital Pocket ( $\pm 0.01$  unidades) y la salinidad con Salinómetro digital ATAGO ( $\pm 0.01$  ‰) (Fig. 6).



**Figura 6.** Medición de temperatura a), y salinidad b) del agua del río Lacramarca.

### **3.9. Técnicas de procesamiento y análisis de los datos.**

Los datos fueron sometidos a las pruebas de homogeneidad de varianza y de normalidad de Shapiro-Wilk. Las diferencias entre las medias fueron determinadas mediante análisis de varianza de una vía y con la prueba post hoc (Duncan). Además, la relación entre los microplásticos del agua con el sedimento y de estos con la acumulación en los organismos acuáticos fue analizado mediante correlación de Pearson. En todos los casos la significancia fue  $\alpha = 0.05$ . Los datos fueron procesados con el programa SPSS versión 25 para Windows.

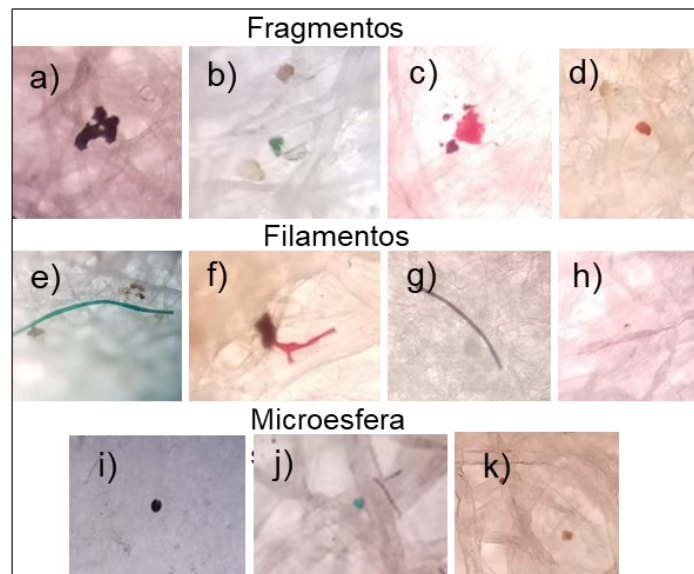
## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADOS

##### 4.1.1. FORMAS Y COLORES DE MICROPLÁSTICOS

Las formas de MPs fueron los fragmentos, filamentos y microesferas, los colores de cada forma de MPs fueron el azul, naranja, rojo, negro y el transparente, tanto en el agua, sedimento y en peces (*P. reticulata*, *B. atrocaudatus*, *B. peruanus* y *M. cephalus*) y camarones (*C. caementarius* y *M. inca*), que habitan la cuenca baja del río Lacramarca (Fig. 7). La mayoría de los fragmentos tuvieron bordes irregulares y en el caso de los filamentos los lados irregulares no fue frecuente.

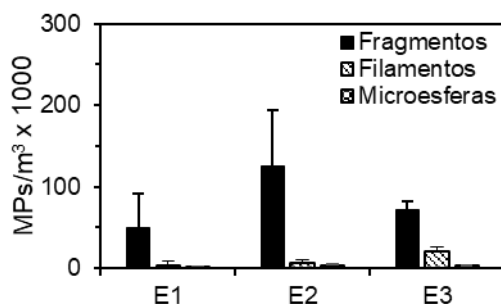


**Figura 7.** Formas y colores de microplásticos del agua de la cuenca baja del río Lacramarca (Ancash, Perú). Fragmentos: a) negro, b) transparente y azul, c, d) rojo y naranja. Filamentos: e) azul, f) rojo, g) negro, h) transparente. Microesferas: i) negro y transparente, j) azul, k) rojo.

##### 4.1.2. MICROPLÁSTICOS EN AGUA

###### Abundancia de MPs en agua

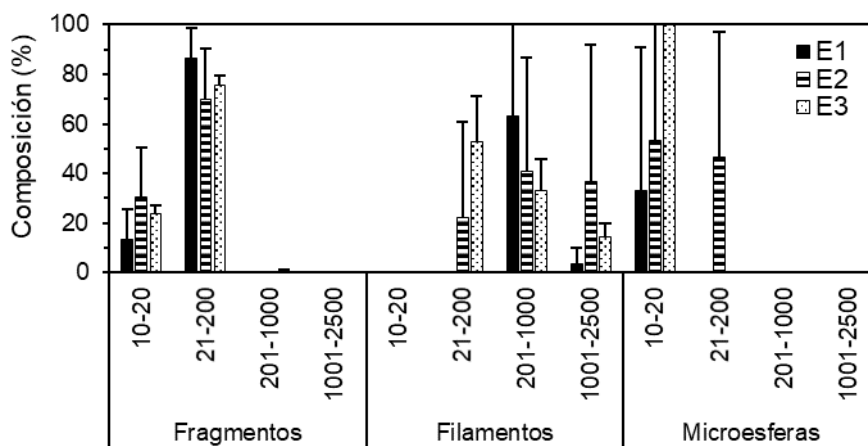
La abundancia de MPs del agua del río Lacramarca fue en promedio de 93 556 MPs/m<sup>3</sup>, de los cuales los fragmentos representan el 87.5 %, los filamentos el 10.3 % y las microesferas el 2.2 %. Los fragmentos fueron abundantes ( $P < 0.05$ ) en la E2 (125 000 MPs/m<sup>3</sup>), seguido por la E3 (71 666 MPs/m<sup>3</sup>) y E1 (49 000 MPs/m<sup>3</sup>). Los filamentos variaron entre 3 000 y 20 000 MPs/m<sup>3</sup> y las microesferas entre 300 y 3 000 MPs/m<sup>3</sup> (Fig. 8).



**Figura 8.** Abundancia de microplásticos (MPs/m<sup>3</sup>) del agua según estación (E) de muestreo en el río Lacramarca (Ancash, Perú).

### Tamaño de MPs en agua

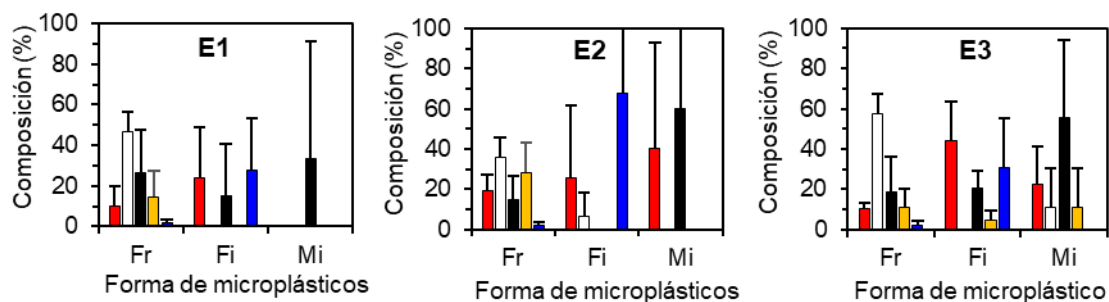
Los fragmentos pequeños (10-20 µm) y medianos (21-200 µm) así como las microesferas pequeñas (10-20 µm) estuvieron en mayor proporción de las estaciones de muestreo. De igual manera sucedió pero con los filamentos grandes (201-1000 µm) y muy grandes (1001-2500 µm), excepto los medianos que solo estuvieron en la E2 y E3 (Fig. 9).



**Figura 9.** Composición (%) de microplásticos según categoría de tamaño (µm) de partícula en el agua de cada estación (E) de muestreo del río Lacramarca (Ancash, Perú).

### Color de MPs en agua

Los fragmentos transparentes del agua fueron los de mayor proporción en las estaciones, seguido por los negros, rojos y amarillos. En cambio, la mayoría de filamentos fueron azules y rojos, seguidos de los negros. Las microesferas fueron negras en la E1, negras y rojas en la E2 y de diversidad de colores en la E3 (Fig. 10).

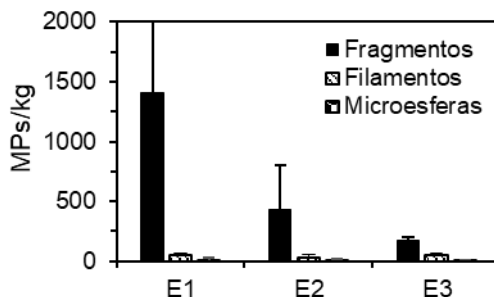


**Figura 10.** Composición (%) por color de microplásticos en agua de cada estación (E) de muestreo en el río Lacramarca (Ancash, Perú). Fr: fragmentos. Fi: filamentos. Mi: microesferas.

#### 4.1.3. MICROPLÁSTICOS EN SEDIMENTO

##### Abundancia de MPs en sedimento

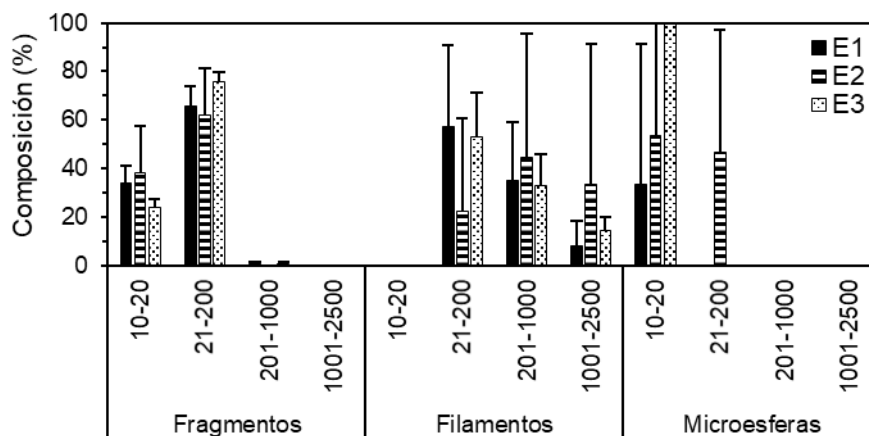
Los MPs del sedimento de las zonas de muestreo en el río Lacramarca fue en promedio de 725 MPs/kg, de los cuales los fragmentos representan el 92.9 %, los filamentos el 5.7 % y las microesferas el 1.4 %. Los fragmentos del sedimento fueron los que abundaron ( $P < 0.05$ ) en la E1 (1 404 MPs/kg), seguido por los de la E2 (437 MPs/kg) y la E3 (179 MPs/kg); en cambio fueron bastante menores los filamentos (26-49 MPs/kg) y las microesferas (7 a 13 MPs/kg) en las estaciones de muestreo (Fig. 11). El sedimento de la E1 fue franco arcillosa, de la E2 franco arcillo arenosa y de la E3 arenosa media.



**Figura 11.** Abundancia de microplásticos (MPs/kg) en el sedimento de cada estación (E) de muestreo en el río Lacramarca (Ancash, Perú).

##### Tamaño de MPs en sedimento

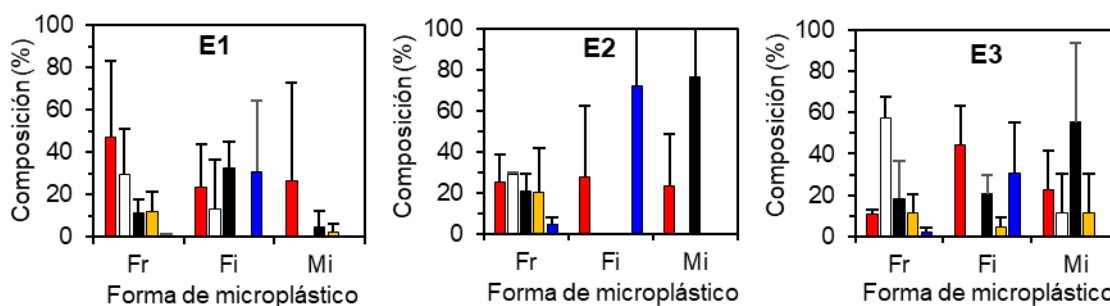
Los fragmentos medianos (21-200  $\mu\text{m}$ ) estuvieron en similar proporción en el sedimento de las estaciones de muestreo, pero fue mayor que los pequeños (10-20  $\mu\text{m}$ ). El tamaño de los filamentos fue variable en las estaciones de muestreo y hubieron desde 21 a 2500  $\mu\text{m}$ , pero mayor presencia de filamentos medianos (21-200  $\mu\text{m}$ ) se obtuvieron en la E1 y E3, y de filamentos grande y muy grandes en la E2. Las microesferas pequeñas (10-20  $\mu\text{m}$ ) se observaron en las estaciones de muestreo y en mayor proporción en la E3, en cambio las microesferas medianas (21-200  $\mu\text{m}$ ) solo hubo en la E2 (Fig. 12).



**Figura 12.** Composición (%) de microplásticos según categoría de tamaño ( $\mu\text{m}$ ) de partícula en el sedimento de cada estación (E) de muestreo del río Lacramarca (Ancash, Perú).

### Color de MPs en sedimento

Los fragmentos rojos y los transparentes estuvieron en mayor proporción en la estación E1, seguido por los amarillos y negros, pero en la E2 fueron similares en proporción; en cambio, en la E3 los fragmentos transparentes fueron los de mayor proporción. Los filamentos de la E1 fueron los negros, azules, rojos y transparentes; en cambio en la E2 solo hubo filamentos azules y rojo, y en la E3 hubo mayor proporción de filamentos rojos, azules, negros y amarillos. Las microesferas rojas y negras estuvieron en mayor proporción en las estaciones de muestreo, pero no hubo azules (Fig. 13).



**Figura 13.** Composición (%) por color de microplásticos en el sedimento de cada estación (E) de muestreo en el río Lacramarca (Ancash, Perú). Fr: fragmentos. Fi: filamentos. Mi: microesferas.

#### 4.1.4. MICROPLÁSTICOS EN PECES

##### Especies de peces

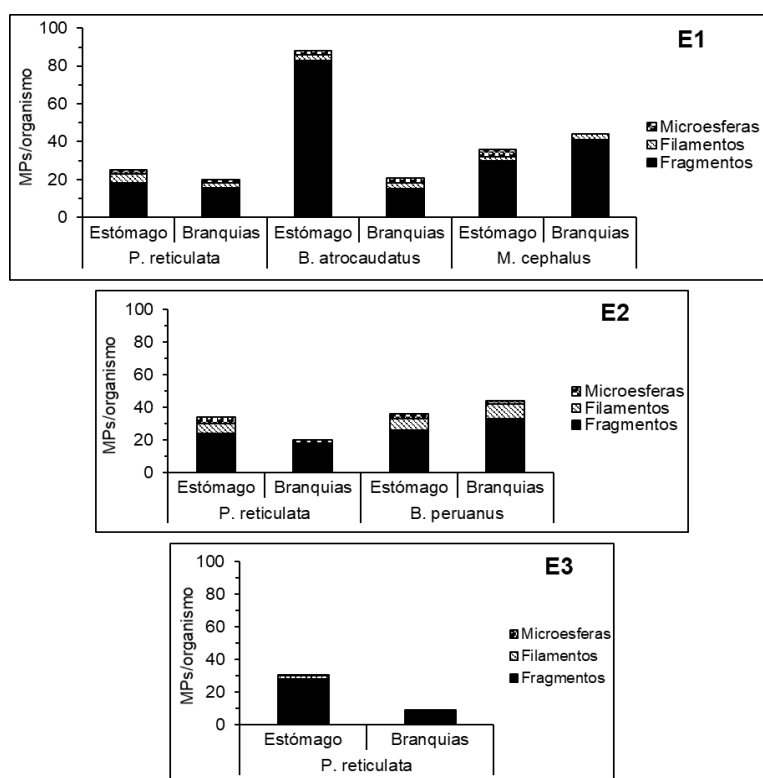
En las zonas de muestreo del río Lacramarca se colectaron cuatro especies de peces, pero el número de ejemplares fue bajo (Tabla 1).

**Tabla 1.** Especies de peces del río Lacramarca (Ancash, Perú).

Especies	n	Longitud total (mm)	Peso total (g)
<i>P. reticulata</i>	5	32.16 ± 5.27	0.50 ± 0.21
<i>B. atrocaudatus</i>	1	45.90 ± 0.25	1.30 ± 0.23
<i>B. peruanus</i>	1	39.58 ± 0.00	0.69 ± 0.00
<i>M. cephalus</i>	5	238.75 ± 95.82	269.09 ± 170.88

##### Abundancia de MPs en peces

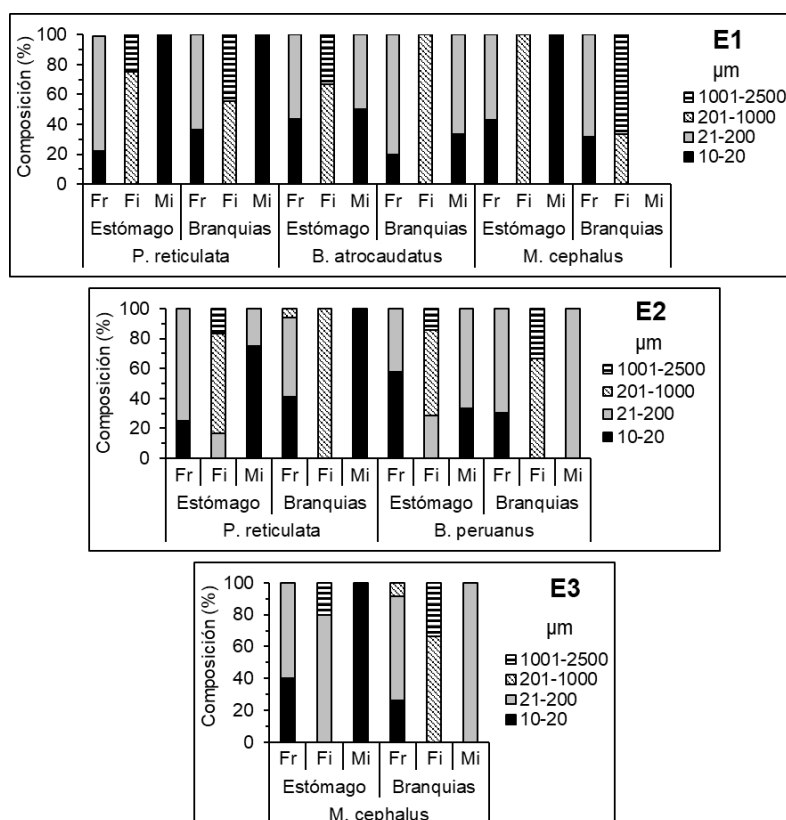
Los fragmentos en el estómago y branquias de los peces de todas las estaciones de muestreo abundaron sobre las otras formas de MPs y variaron entre 15 a 40 MPs/org, excepto que hubo alta abundancia en el estómago de *B. atrocaudatus* (83 MPs/org.) de la E1 y baja (7 MPs/org.) en branquias de *P. reticulata* de la E3. En *P. reticulata* y en *B. atrocaudatus* hubo mayor abundancia de fragmentos en el estómago y menor en branquias. En cambio, en *B. peruanus* y en *M. cephalus*, la mayor abundancia de fragmentos se obtuvo en branquias y la menor en el estómago. Los filamentos variaron entre 1 a 7 MPs/org y las microesferas entre 0.3 a 4 MPs/org (Fig. 14).



**Figura 14.** Abundancia de microplásticos (MPs/organismo) en estómagos y branquias de peces de las tres estaciones (E) de muestreo del río Lacramarca (Ancash, Perú).

## Tamaño de MPs en peces

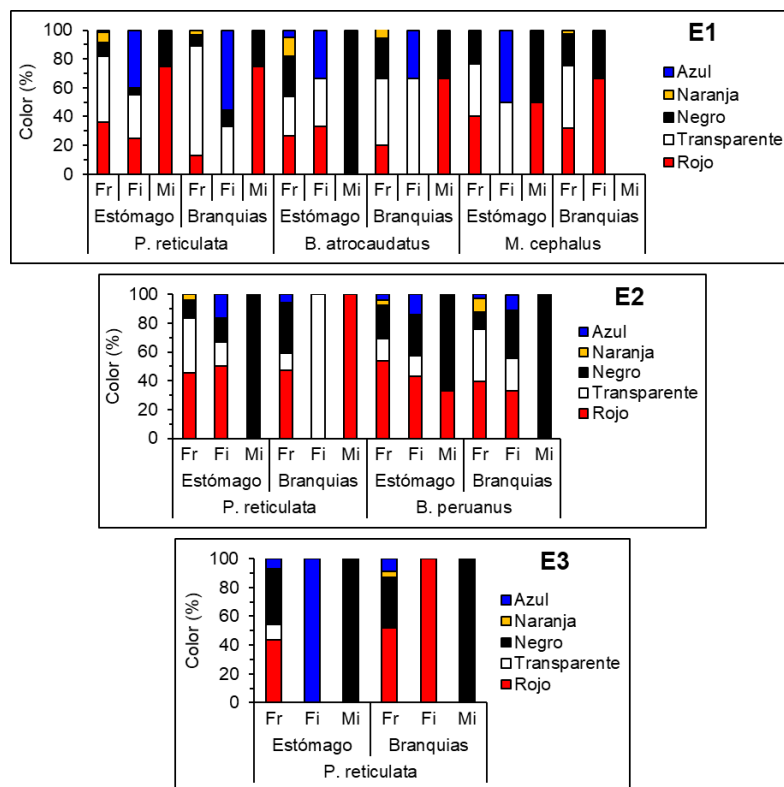
En el estómago y branquias de los peces de todas las estaciones de muestreo, los fragmentos y las microesferas pequeñas (10-20  $\mu\text{m}$ ) y medianas (21-200  $\mu\text{m}$ ) estuvieron en mayor proporción. En cambio, los filamentos grandes (201-1000  $\mu\text{m}$ ) y muy grandes (1001-2500  $\mu\text{m}$ ) estuvieron presentes en los peces de la E1, y en los de la E2 y E3 aparecen filamentos medianos (21-200  $\mu\text{m}$ ) (Fig. 15).



**Figura 15.** Composición (%) por tamaño ( $\mu\text{m}$ ) de microplásticos en estómagos y branquias de peces de las tres estaciones (E) de muestreo del río Lacramarca (Ancash, Perú). Fr: fragmentos. Fi: filamentos. Mi: microesferas.

## Color de MPs en peces

En el estómago y branquias de *P. reticulata*, *B. atrocaudatus* y *M. cephalus* de la E-1, predominaron los fragmentos y microesferas rojo, transparente y negro; en cambio en los filamentos además hubo el azul. En la E-2 predominaron los MPs rojo, negro y transparente, en *P. reticulata* y *B. atrocaudatus*. En la E-3, todos los filamentos y microesferas del estómago de *P. reticulata* fueron azules y negros, y los de las branquias rojo y negro, en cambio, los fragmentos fueron rojo, negros y azul (Fig. 16).



**Figura 16.** Composición (%) por color de microplásticos en estómagos y branquias de peces de las tres estaciones (E) de muestreo del río Lacramarca (Ancash, Perú). Fr: fragmentos. Fi: filamentos. Mi: microesferas.

#### 4.1.5. MICROPLÁSTICOS EN CRUSTÁCEOS

##### Especies de camarones

En las zonas de muestreo del río Lacramarca se colectaron dos especies de camarones y el número de ejemplares fue bajo (Tabla 2).

**Tabla 2.** Especies de camarones del río Lacramarca (Ancash, Perú).

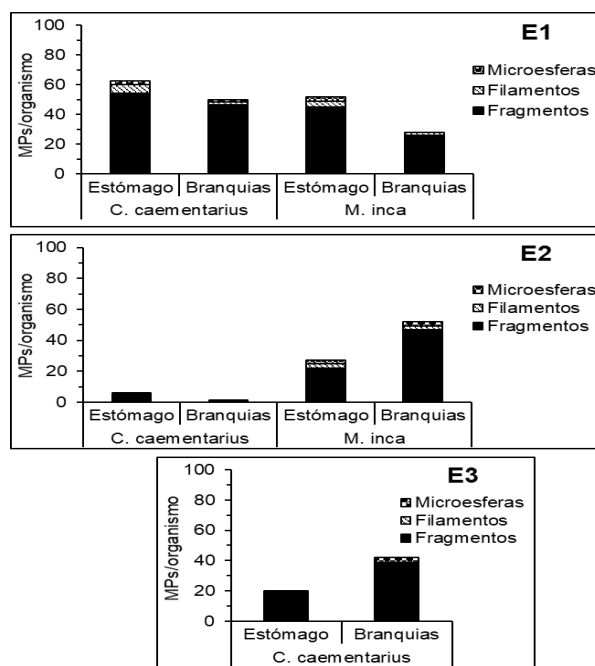
Crustáceos	n	Longitud total (mm)	Peso total (g)
<i>C. caementarius</i>	13	63.14 ± 20.74	6.43 ± 6.20
<i>M. inca</i>	2	62.28 ± 24.83	5.30 ± 6.30

##### Abundancia de MPs en camarones

Los fragmentos en el estómago y branquias de los camarones abundaron sobre las otras formas de MPs. En *C. caementarius* mayor abundancia de fragmentos (~50 MPs/org) se obtuvo en la E1 y menor (~2 MPs/org) en la E2. En cambio, la abundancia de fragmentos en *M. inca* fue variable (~30 MPs/org) en la E1 y E2. En *C. caementarius* hubo mayor abundancia de MPs en el estómago y menor en las branquias, en aquellos de las E1 y E2; en cambio, lo contrario sucedió en aquellos de la E3. En *M. inca* mayor abundancia de MPs hubo en el estómago y la menor fue en las branquias de los ejemplares de la E1, en cambio, todo lo contrario se observó en los ejemplares de la E2. No se obtuvieron



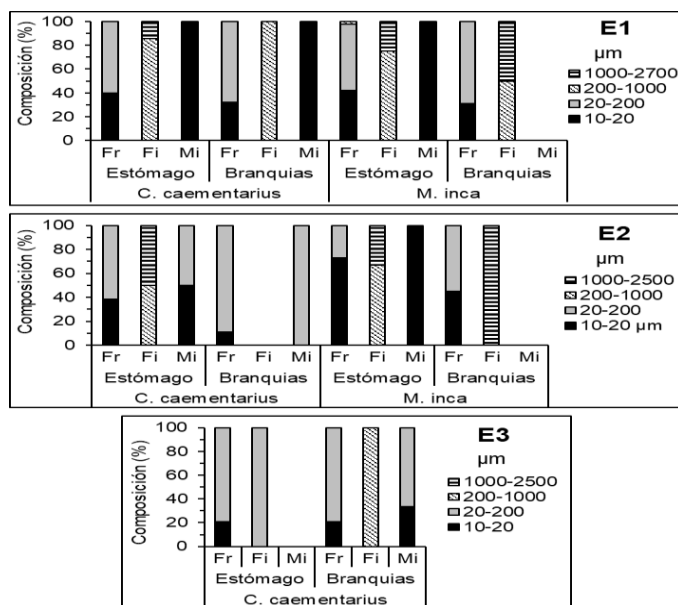
camarones *M. inca* en la E3. Los filamentos variaron entre 0 a 6 MPs/org. y las microesferas entre 0 a 3 MPs/org. (Fig. 17). No hubo MPs en el hepatopáncreas de ningún camarón.



**Figura 17.** Abundancia de microplásticos (MPs/organismo) en estómagos y branquias de crustáceos de las tres estaciones (E) de muestreo del río Lacramarca (Ancash, Perú).

### Tamaño de MPs en camarones

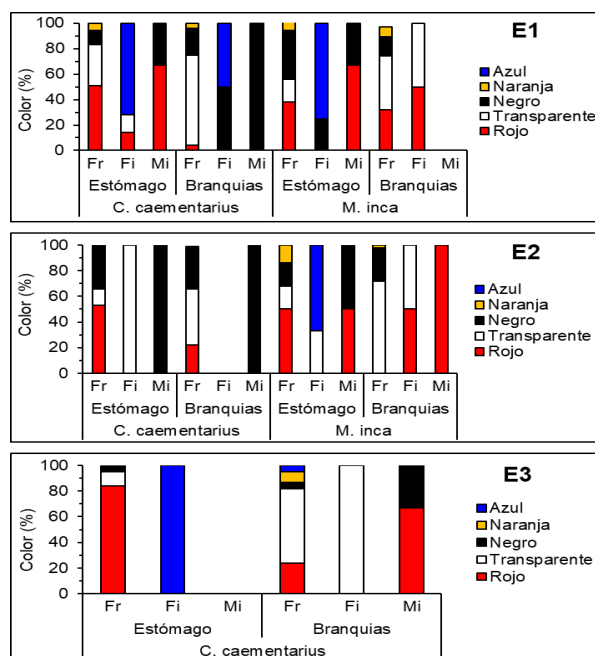
En el estómago y branquias de los camarones de todas las estaciones de muestreo, los fragmentos y las microesferas pequeñas (10-20  $\mu\text{m}$ ) y medianas (21-200  $\mu\text{m}$ ) estuvieron en mayor proporción; en cambio, los filamentos grandes (201-1000  $\mu\text{m}$ ) y muy grandes (1001-2500  $\mu\text{m}$ ) estuvieron presentes en todos camarones (Fig. 18).



**Figura 18.** Composición por tamaño ( $\mu\text{m}$ ) de microplásticos en estómagos y branquias de crustáceos de las tres estaciones (E) de muestreo del río Lacramarca (Ancash, Perú). Fr: fragmentos. Fi: filamentos. Mi: microesferas.

## Color de MPs en camarones

Los fragmentos rojos, negros y los transparentes estuvieron en mayor proporción en el estómago y branquias de todos los camarones. Los filamentos azules y los transparentes predominaron en el estómago de los camarones de las E2 y E3; en cambio, los rojos, azules, negros y los transparentes en las branquias estuvieron presentes en la E1. Las microesferas rojas y negras predominaron en el estómago y branquias de los camarones (Fig. 19).

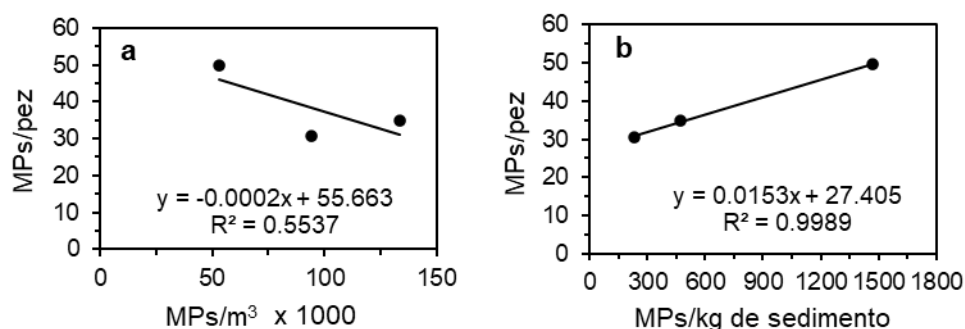


**Figura 19.** Composición (%) por color de microplásticos en estómagos y branquias de crustáceos de las tres estaciones (E) de muestreo del río Lacramarca. Fr: fragmentos (Ancash, Perú). Fi: filamentos. Mi: microesferas.

## 4.1.6. RELACIÓN DE MICROPLÁSTICOS Y ORGANISMOS

### Relación de microplásticos vs peces

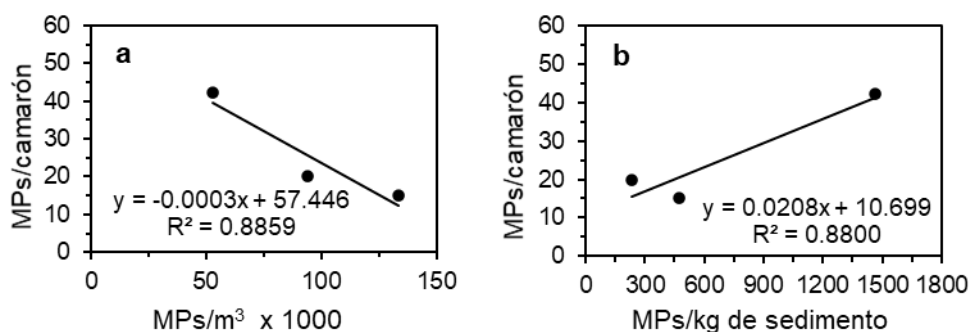
La abundancia de MPs en el estómago de los peces tuvo una fuerte correlación negativa ( $R = -0.7441$ ;  $P < 0.05$ ) con los MPs del agua (Fig. 20a); en cambio, la correlación fue altamente positiva ( $r = 0.9994$ ;  $P < 0.05$ ) con el sedimento (Fig. 20b).



**Figura 20.** Relación entre la abundancia de MPs en el estómago de los peces con a) los MPs del agua y b) sedimento, del río Lacramarca.

## Relación de microplásticos vs camarones

La abundancia de MPs en el estómago de los camarones tuvo una correlación altamente negativa ( $r = -0.9412$ ;  $P < 0.05$ ) con los MPs del agua (Fig. 21a); en cambio, la correlación fue altamente positiva ( $r = 0.9381$ ;  $P < 0.05$ ) con el sedimento (Fig. 21b).



**Figura 21.** Relación entre la abundancia de MPs en el estómago del camarón con a) los MPs del agua y b) sedimento, del río Lacramarca.

### 4.1.6. CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO LACRAMARCA

Los parámetros de la calidad del agua del río Lacramarca fue similar entre estaciones de muestreo (Tabla 3).

**Tabla 3.** Calidad del agua en la cuenca baja del río Lacramarca (Ancash, Perú)

Estación de muestreo	Temperatura (°C)	pH	Salinidad (‰)
E1	21.6 ± 0.1	6.7 ± 0.1	1.0 ± 0.0
E2	24.9 ± 0.1	7.2 ± 0.1	1.0 ± 0.0
E3	24.6 ± 0.1	7.2 ± 0.1	1.3 ± 0.1

## 4.2. DISCUSIÓN

En la presente investigación se demuestra por primera vez la presencia de tres formas de MPs (Fragmentos, filamentos y microesferas) en el agua y sedimento, así como en peces (*P. reticulata*, *B. atrocaudatus*, *B. peruanus* y *M. cephalus*) y camarones (*C. caementarius* y *M. inca*), de la cuenca baja del río Lacramarca. Los fragmentos fueron los que abundaron en el ambiente y en los organismos, lo que podría estar vinculado a alguna fuente de contaminación provenientes de las zonas adyacentes y de la cuenca alta de la cuenca hidrográfica, como ha sido sugerido en este tipo de MPs en arena de playa adyacente a una ciudad costera (Bayo et al., 2020). De esta manera, los fragmentos como principales MPs estarían generando impactos negativos no solo en el ecosistema del río Lacramarca sino en la bahía El Ferrol que por ser un ambiente semicerrado se estaría acumulando MPs, y con ello agudizar más el impacto generado por los desechos antrópicos (Tresierra et al., 2007).

La abundancia de fragmentos en el agua (87.5 %), sedimento (92.9 %) y organismos acuáticos (15 a 50 MPs/org.) evaluado en el río Lacramarca, indica que estos como MPs secundarios, provienen de la exposición de plásticos a la interperie donde se fragmentan por diversas causas (Yang et al., 2021) y el alto nivel de erosión de los bordes de los fragmentos principalmente, indica que estos no son recientes (Fernández-Ojeda et al., 2021). Sin embargo, dado los escasos asentamiento humanos en las zonas adyacentes por donde discurre el río Lacramarca, es más probable que el origen de este tipo de MPs provengan del agua del río Santa que se utiliza para irrigar los campos de cultivo en la subcuenta Bajo Lacramarca (ANA, 2009), pero no se conoce si el agua de este río contiene microplásticos o es el agua de escorrentía que arrastra MPs de los campos de cultivo que finalmente llegan al río Lacramarca. Se ha demostrado que las principales fuentes de contaminación por MPs en los ríos es por influencia de otros cuerpos de agua que reciben contaminantes antrópicos (McCormick et al., 2016), además, se conoce que la composición del uso del suelo del territorio que compone la cuenca hidrográfica afecta a la concentración de MPs en los ríos (Bellasi et al., 2020). Es necesario evaluar los MPs de la cuenca alta del río Lacramarca y también del río Santa.

La presencia de MPs en los sedimentos de agua dulce y la abundancia en los sedimentos fluviales varían significativamente desde casi ninguno hasta varias decenas de miles de elementos por kilogramo (Yang et al., 2021). En la cuenca baja del río Lacramarca hay influencia de terrenos agrícolas ubicados en la cuenca alta y media, pero en la zona de muestreo hay escasos asentamientos humanos (E1 y E2) e industrias pesqueras (E3). Además, la naturaleza franco arcillosa en la E1 y E2, así como arenosa media en el E3 son causa de la alta abundancia de MPs en el sedimento (725 MPs/kg), principalmente de

fragmentos pequeños (10-20  $\mu\text{m}$ ) y medianos (21-200  $\mu\text{m}$ ) que son retenidos, pero por los diferentes fenómenos que ocurre en el curso de un río pueden modificar la concentración de MPs por situaciones de mezcla en diferentes zonas (Bellasi et al., 2020), aun cuando la profundidad de la columna de agua del río Lacramarca fue mínima (30 a 50 cm) en la época de muestreo. Esto explica la mayor concentración de MPs en el sedimento y también en el agua. En el sedimento de la desembocadura del río Jequetepeque se ha reportado 160 MPs/kg de los cuales alta proporción (78 %) son fragmentos (Manrique, 2019). En la cuenca baja del río Rimac la abundancia de es de 97 a 2 982 MPs/estación de muestreo (Huanaco, 2019).

Las microesferas pequeñas (10-20  $\mu\text{m}$ ) y los filamentos medianos a muy grandes (21 a 2500  $\mu\text{m}$ ), fueron los que abundaron en el agua y en el sedimento, pero en muy baja proporción en todas las estaciones de muestreo en comparación con los fragmentos, debido probablemente a la baja densidad de estos tipos de MPs (filamentos y microesferas) que son arrastradas con facilidad por la corriente del agua, y que al no permitir sedimentar llegan al mar con mayor facilidad. Las microesferas proceden de los productos cosméticos y de cuidado personal y de abrasivos industriales, de agentes de limpieza, revestimientos y pinturas, y de resinas para fabricación de plásticos (Hale et al., 2020). En cambio, los filamentos provienen de diferentes tipos de tejidos como de rayón, algodón, poliéster que se liberan durante el lavado (Zambrano et al., 2019) y son los MPs más comunes en los sedimentos de agua dulce (Yang et al., 2021). De acuerdo con estas investigaciones, la baja y casi nula proporción de filamentos y microesferas en el agua y sedimento del río Lacramarca ya es indicador de que no hay fuerte contaminación antrópica en las zonas adyacentes.

Sin embargo, la abundancia de fragmentos y la escases de filamentos y microesferas en el agua y sedimento del río Lacramarca, se reflejó en el estómago y branquias de los peces y camarones que lo habitan. Hay que tener en cuenta que los sedimentos retienen MPs que con el tiempo alteran su composición química y liberan sustancias tóxicas, pues se conoce que la abundancia de MPs en el sedimento afectan a los organismos bentónicos y a la cadena alimenticia (Bellasi et al., 2020). Es necesario evaluar el nivel de toxicidad de los diferentes tipos de MPs del agua y del sedimento del río Lacramarca, para conocer su grado de impacto negativo en la biota.

Las peces colectados del río Lacramarca, también se encuentran en el río Santa (Ortega et al., 2007) y como el agua de este último río se utiliza para complementar la irrigación de los campos agrícolas de la subcuenca Bajo Lacramarca (ANA, 2009), es bastante probable que por ello se mantengan las poblaciones de peces. En el caso de *M. cephalus* que es una especie cosmopolita de los ríos, lagunas y de los estuarios de las

costas del Pacífico (Chirichigno & Cornejo, 2001) fue poco frecuente en la zona. En cambio, los camarones *M. inca* (Dávila et al., 2013) y *C. caementarius* (Díaz et al., 2020) que habitan el río Lacramarca, son especies anfídromas que migra para reproducción y crecimiento. Sin embargo, el número de ejemplares colectados de peces y camarones en la zona de muestreo fue mínimo probablemente por su baja densidad poblacional. No hay reportes que estimen el tamaño de las poblaciones de peces y camarones en el río Lacramarca, y es la primera vez que se reportan la presencia de MPs en estas especies de peces y camarones del este río.

La ingestión de MPs por los organismos acuáticos depende de su abundancia, del tamaño de las partículas que flotan o se encuentran en el sedimento y del comportamiento de las especies (Bellasi et al., 2020). En la presente investigación, la mayor abundancia de fragmentos pequeños (10 a 20  $\mu\text{m}$ ) y medianos (21 a 200  $\mu\text{m}$ ) en el ambiente ocasionó alta acumulación en el estómago y en las branquias de los peces y camarones; y lo contrario sucedió con la menor abundancia de microesferas y de filamentos pequeños (10 a 20  $\mu\text{m}$ ) y medianos (21 a 200  $\mu\text{m}$ ). Estos resultados sugieren que los peces y camarones no discriminan una partícula de alimento con los MPs, probablemente por el tamaño de estos o por la ingestión accidental, aunque es probable que los MPs causen algún efecto cuando se acumulan en el estómago y principalmente en las branquias. En *C. cangron* las fibras lo ingiere por accidente y evitan las microesferas (Devriese et al., 2015). En *P. pugio*, la exposición aguda a diferentes tamaños y formas de MPs provocó mortalidad, y las fibras (< 50  $\mu\text{m}$ ) ingeridas fueron más tóxicas y las más difíciles de egestar completamente (Gray & Weinstein, 2017). En *P. pugio*, las microesferas influyen en el tiempo de residencia en el intestino y dan lugar a la disminución del consumo de alimentos debido a una falsa saciedad, lo que conduce a una reducción de la aptitud física (Gray & Weinstein, 2017). En el estómago de *M. cephalus* se han reportado solamente MPs de 0.80 mm con baja ocurrencia (0.03 %) (Fernández-Ojeda et al., 2021). En *Cheilodactylus variegatus* y *Anisotremus scapularis*, hay mayor abundancia de fibras (95 % a 75 %) y escasas de fragmentos 5% a 25 %), debido a la transferencia trófica por ser carnívoras que se alimentan de moluscos y crustáceos que son bentónico (De-La-Torre et al., 2019).

Además, la presencia de MPs en el ambiente acuático y la confusión de los peces y camarones al momento de capturar o ingerir sus presas podría ocasionar efectos crónicos que es necesario evaluar. En *C. maenas*, los microfilamentos consumidos con el alimento alteran el tránsito intestinal y ocasionan reducción del consumo de alimento y de la energía para crecimiento (Watts et al., 2015). En *P. pugio*, los MPs de menor tamaño prolongan la retención intestinal más que los de mayor tamaño y esto suponen un riesgo toxicológico potencial (Gray & Weinstein, 2017). En los peces, los MPs se acumulan en el tracto

gastrointestinal y son capaces de translocarse a otros órganos e inducir diversos problemas de salud (Wang et al., 2020). Los estadios postlarvales y juveniles de peces y crustáceos serían los más afectados, por la presencia de microesferas y fragmentos pequeños (10-20  $\mu\text{m}$ ) del agua y sedimento del río Lacramarca. La mayor abundancia de fragmentos en el ambiente podría afectar las paredes del tracto digestivo y el epitelio de las branquias de los peces y camarones durante el proceso digestivo y de respiración, respectivamente, como ha sido sugerido en peces marinos (Yin et al., 2018).

El concepto de la ingesta preferente de MPs, basada en los colores del plástico y en el parecido al alimento/presa, es controvertido, pero podría ser la razón de una mayor captación (Devriese et al., 2015). En la presente investigación, los MPs mostraron la mayor diversidad de colores en el agua y sedimento de todas las estaciones de muestreo, principalmente en la E-3, aunque fue mayor los fragmentos transparentes, los filamentos azules y rojos; en cambio, las microesferas fueron negras en todas las estaciones de muestreo. Además, la ingestión de MPs de colores fue similar en los peces y camarones del río Lacramarca, es decir que tampoco hubo discriminación, lo que sugiere que los MPs son ingeridos accidentalmente o confundidos por el color de las presas. En *Gambusia holbrooki* las fibras azules y los fragmentos marrones fueron más frecuentes, pero es difícil afirmar si realmente existen preferencias por algún color o simplemente se debe a que son los colores de MPs más abundantes de cada tipo, en las zonas en que los peces han comido (Rodríguez-Sierra et al., 2020). En *M. cephalus*, se han reportado baja ocurrencia de MPs verde (Fernández-Ojeda et al., 2021). En *Sciaena deliciosa* y *M. cephalus* los MPs azules y negros fueron los más abundantes en el tracto digestivo y en branquias (José lannacone et al., 2021). En *C. variegatus* y en *A. scapularis* son abundantes los MPs azul y rojo (De-La-Torre et al., 2019).

Sin embargo, hubo relación alta y positiva entre la abundancia de los MPs del sedimento con los acumulados en los organismos, y fue negativa la relación de la abundancia de los MPs del agua con la acumulación en los animales. Estos resultados se explican por los hábitos alimentarios de los peces y camarones que consumen alimentos preferentemente del sustrato probablemente por la escasa profundidad de la columna de agua del río Lacramarca (30 a 50 cm). Así, *P. reticulata*, *B. atrocaudatus* y *B. peruanus* son omnívoros (Jiménez et al., 2015), y *M. cephalus* es herbívoro cuyos ítems alimentarios son fitoplancton, zooplancton y detritus (Veneros et al., 2020). *C. caementarius* es omnívoro y se alimenta de diversidad de ítems alimentarios especialmente de restos de vegetales y de larvas e insectos, así como los restos de camarón (Viacava et al., 1978). *M. cephalus* y *Ethmicium maculatum* son planctívoras y omnívoras, cuyas presas son del tamaño del plancton, y por ello consumen más filamentos (Fernández-Ojeda et al., 2021).

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

En la cuenca baja del río Lacramarca se observó fragmentos, filamentos y microesferas en el agua y sedimento, así como en el estómago y branquias de peces (*P. reticulata*, *B. atrocaudatus*, *B. peruanus* y *M. cephalus*) y camarones (*C. caementarius* y *M. inca*).

Los MPs del agua y del sedimento de la cuenca baja del río Lacramarca fue en promedio de 93 556 MPs/m<sup>3</sup> y de 725 MPs/kg, de los cuales los fragmentos representan el 87.5 % y 92.9 %, respectivamente. Los fragmentos pequeños (10-20 µm) y medianos (21-200 µm) así como las microesferas pequeñas (10-20 µm) de diversos colores estuvieron en mayor proporción.

Los fragmentos fueron abundantes en el estómago y branquias de los peces (15 a 40 MPs/org.) en relación con los filamentos (1 a 7 MPs/org.) y microesferas (0.3 a 4 MPs/org.). De igual manera sucedió en camarones cuyos fragmentos fueron abundantes (0.7 a 50 MPs/org.), en relación con los filamentos (0 a 6 MPs/org.) y microesferas (0 a 3 MPs/org.). No se encontraron MPs en el hepatopáncreas de los camarones.

La abundancia de MPs en el estómago y branquias de peces y camarones del río Lacramarca tuvo una relación alta y positiva ( $r = 0.9994$  y  $0.9381$ , respectivamente) con los MPs del sedimento; en cambio, fue negativa ( $r = -0.7441$  y  $-0.9412$ , respectivamente) la relación de los MPs del agua con la acumulación en los animales.

#### 5.2. Recomendaciones

Es recomendable continuar con la evaluación de los microplásticos del río Lacramarca, pero en diferentes estaciones del año, para determinar el comportamiento de la abundancia de los microplásticos.

Es recomendable determinar la composición química de los diferentes formas y colores de los MPs para relacionarlos con el grado de toxicidad y su influencia en el agua, sedimento y en los organismos acuáticos.

Es recomendable evaluar la abundancia de los MPs de la cuenca alta del río Lacramarca y también en las cuencas media del río Santa antes de derivarse a irrigar los campos de cultivo adyacentes al río Lacramarca.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, J. K., Dean, B. Y., Athey, S. N., Jantunen, L. M., Bernstein, S., Stern, G., Diamond, M. L., & Finkelstein, S. A. (2021). Anthropogenic particles (including microfibers and microplastics) in marine sediments of the Canadian Arctic. *Science of The Total Environment*, 784, 147155.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147155>
- Amelia, T. S. M., Khalik, W. M. A. W. M., Ong, M. C., Shao, Y. T., Pan, H.-J., & Bhubalan, K. (2021). Marine microplastics as vectors of major ocean pollutants and its hazards to the marine ecosystem and humans. *Progress in Earth and Planetary Science*, 8(1), 12. <https://doi.org/10.1186/s40645-020-00405-4>
- ANA. (2009). *Evaluación de los recursos hídricos en las cuencas de los ríos Santa, Lacramarca y Nepeña*. Autoridad Nacional del Agua. Volumen I. Memoria. Ministerio de Agricultura.  
[https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/3953/ANA0002535\\_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/3953/ANA0002535_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596–1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
- Andrady, A. L. (2015). Plastics and environmental sustainability. In *Plastics and Environmental Sustainability*. Wiley & Sonc. New Jersey.  
<https://doi.org/10.1002/9781119009405>
- Barrows, A. P. W., Neumann, C. A., Berger, M. L., & Shaw, S. D. (2017). Grab vs. neuston tow net: a microplastic sampling performance comparison and possible advances in the field. *Analytical Methods*, 9(9), 1446–1453.  
<https://doi.org/10.1039/C6AY02387H>
- Bayo, J., Rojo, D., Olmos, S., & LÓpez, M. (2020). Microplastic pollution on the strandline of urban and natural city beaches: The role of local activities. *International Journal of Environmental Impacts: Management, Mitigation and Recovery*, 3(2), 155–167.  
<https://doi.org/10.2495/ei-v3-n2-155-167>
- Bellasi, A., Binda, G., Pozzi, A., Galafassi, S., Volta, P., & Bettinetti, R. (2020). Microplastic contamination in freshwater environments: A review, focusing on interactions with sediments and benthic organisms. *Environments*, 7(4), 30.  
<https://doi.org/10.3390/environments7040030>
- Bollaín, C., & Agulló, D. V. (2019). Presencia de microplásticos en aguas y su potencial impacto en la salud pública. *Revista Española de Salud Pública*, 93, e201908064.

- [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1135-57272019000100012](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272019000100012)
- Carson, H. S., Colbert, S. L., Kaylor, M. J., & McDermid, K. J. (2011). Small plastic debris changes water movement and heat transfer through beach sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1708–1713. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.032>
- Chen, H., Jia, Q., Zhao, X., Li, L., Nie, Y., Liu, H., & Ye, J. (2020). The occurrence of microplastics in water bodies in urban agglomerations: Impacts of drainage system overflow in wet weather, catchment land-uses, and environmental management practices. *Water Research*, 183, 116073. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116073>
- Chirichigno, N. (1998). Clave para identificar los peces marinos del Perú. In *Publicación Especial del Instituto del Mar del Perú*. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/3327>
- Chirichigno, N., & Cornejo, R. M. (2001). Catálogo comentado de los peces marinos del Perú. *Publicación Especial Del Instituto Del Mar Del Perú*. <https://toaz.info/doc-viewer>
- Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J., & Galloway, T. S. (2013). Microplastic ingestion by zooplankton. *Environmental Science and Technology*, 47(12), 6646–6655. <https://doi.org/10.1021/es400663f>
- da Costa, J. P., Santos, P. S. M., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. (2016). (Nano)plastics in the environment – Sources, fates and effects. *Science of The Total Environment*, 566–567, 15–26. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.041>
- Dávila, E., Medina, J., & Reyes, W. (2013). Crecimiento y supervivencia de postlarvas de *Macrobrachium inca* (Holthuis, 1950) (Crustacea, Palaemonidae) alimentadas con ensilado biológico. *Intropica*, 8(1), 79–86.
- De-la-Torre, G., Dioses-Salinas, D. C., Castro, J. M., Antay, R., Yupanqui, N., Espinoza-Morriberón, D., & Saldaña-Serrano, M. (2020). Abundance and distribution of microplastics on sandy beaches of Lima, Peru. *Marine Pollution Bulletin*, 151, 110877. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110877>
- De-la-Torre, G. E., Dioses-Salinas, D. C., Pérez-Baca, B. L., & Santillán, L. (2019). Microplastic abundance in three commercial fish from the coast of Lima, Peru. *Brazilian Journal of Natural Sciences*, 2(3), 171. <https://doi.org/10.31415/bjns.v2i3.67>
- De-La-Torre, G. E., Dioses-Salinas, D. C., Pérez-Baca, B. L., & Santillán, L. (2019). Microplastic abundance in three comercial fish from the coast of Lima, Peru. *Brazilian Journal of Natural Sciences*, 2(3), 171–177. <https://doi.org/10.31415/bjns.v2i2.67>

- Dehaut, A., Cassone, A. L., Frère, L., Hermabessiere, L., Himber, C., Rinnert, E., Rivière, G., Lambert, C., Soudant, P., Huvet, A., Duflos, G., & Paul-Pont, I. (2016). Microplastics in seafood: Benchmark protocol for their extraction and characterization. *Environmental Pollution*, 215, 223–233. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.05.018>
- Devriese, L. I., van der Meulen, M. D., Maes, T., Bekaert, K., Paul-Pont, I., Frère, L., Robbens, J., & Vethaak, A. D. (2015). Microplastic contamination in brown shrimp (*Crangon crangon*, Linnaeus 1758) from coastal waters of the Southern North Sea and Channel area. *Marine Pollution Bulletin*, 98(1–2), 179–187. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.06.051>
- Díaz, R., Díaz, L., & Reyes-Avalos, W. (2020). Crecimiento y supervivencia de postlarvas del camarón de río *Cryphiops caementarius* alimentadas con dietas suplementadas con paprika. *Rebiol*, 40(2), 149–159. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.03>
- Duflos, G., Dehaut, A., Cassone, A.-L., Frère, L., Hermabessiere, L., Himber, C., Rinnert, E., Rivière, G., Lambert, C., Soudant, P., Huvet, A., & Paul-Pont, I. (2017). Microplastics in seafood: Identifying a protocol for their extraction and characterization. In *Fate and Impact of Microplastics in Marine Ecosystems* (Vol. 215, Issue August, p. 74). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812271-6.00072-7>
- Elias, S. A. (2018). Plastics in the ocean. In A. Dominick, A. DellaSala, & M. I. Goldstein (Eds.), *The Encyclopedia of the Anthropocene* (Vol. 1, pp. 133–149). Oxford: Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809665-9.10514-2>
- Fernandez-Ojeda, C., Muniz, M. C., Cardoso, R. P., dos Anjos, R. M., Huaranga, E., Nakazaki, C., Henostroza, A., & Garces-Ordonez, O. (2021). Plastic debris and natural food in two commercially important fish species from the coast of Peru. *Marine Pollution Bulletin*, 173(September). <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113039>
- Foley, C. J., Feiner, Z. S., Malinich, T. D., & Hook, T. O. (2018). A meta-analysis of the effects of exposure to microplastics on fish and aquatic invertebrates. *Science of the Total Environment*, 631–632, 550–559. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.046>
- Germanov, E. S., Marshall, A. D., Bejder, L., Fossi, M. C., & Loneragan, N. R. (2018). Microplastics: No small problem for filter-feeding megafauna. *Trends in Ecology & Evolution*, 33(4), 227–232. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2018.01.005>

- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782.  
<https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Gray, A. D., & Weinstein, J. E. (2017). Size-and shape-dependent effects of microplastic particles on adult daggerblade grass shrimp (*Palaemonetes pugio*). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 36(11), 3074–3080. <https://doi.org/10.1002/etc.3881>
- Haave, M., Klunderud, T., & Goksøyr, A. (2017). Source to sink: Microplastics ingested by benthic fauna from discharge points to deep basins in an urban model fjord. In *Fate and Impact of Microplastics in Marine Ecosystems* (p. 70). Elsevier.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812271-6.00067-3>
- Hale, R. C., Seeley, M. E., La Guardia, M. J., Mai, L., & Zeng, E. Y. (2020). A global perspective on microplastics. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125, e2018JC014719. <https://doi.org/10.1029/2018JC014719>
- Hernández-Silva, D. A., Pulido, M. T., Zuria, I., Gallina Tessaro, S. A., & Sánchez-Rojas, G. (2018). El manejo como herramienta para la conservación y aprovechamiento de la fauna silvestre: acceso a la sustentabilidad en México. *Acta Universitaria*, 28(4), 31–41. <https://doi.org/10.15174/au.2018.2171>
- Huanaco, R. (2019). Diagnóstico de la presencia de microplásticos en sedimentos laterales en la cuenca baja del río Rímac. *Pontificia Universidad Católica Del Perú*, 1–99. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/19416>
- Huang, W., Song, B., Liang, J., Niu, Q., Zeng, G., Shen, M., Deng, J., Luo, Y., Wen, X., & Zhang, Y. (2021). Microplastics and associated contaminants in the aquatic environment: A review on their ecotoxicological effects, trophic transfer, and potential impacts to human health. In *Journal of Hazardous Materials* (Vol. 405). Elsevier.  
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124187>
- Iannacone, José, Huyhua, A., Alvaríño, L., Valencia, F., Principe, F., Minaya, D., Ortega, J., Argota, G., & Castañeda, L. (2019). Microplásticos en la zona de marea alta y supralitoral de una playa arenosa del del litoral costero del Perú. *The Biologist*, 17(2), 335–346.
- Iannacone, José, Principe, F., Minaya, D., Panduro, G., Carhuapoma, M., & Alvaríño, L. (2021). Microplastics in marine fishes of economic importance in Lima, Peru. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 32(2).  
<https://doi.org/10.15381/rivep.v32i2.20038>
- Ileva, N. P., Wiesheu, A. C., & Niessner, R. (2017). Microplastic in aquatic ecosystems.

*Angewandte Chemie International Edition*, 56(7), 1720–1739.

<https://doi.org/10.1002/anie.201606957>

- Jiménez, P., Aguirre, W., Laaz, E., Navarrete, R., Nugra, F., Rebolledo, E., Zárata, E., Torres, A., & Valdiviezo, J. (2015). *Guía de peces para aguas continentales en la vertiente occidental del Ecuador*.  
[https://www.researchgate.net/publication/278027849\\_Guia\\_de\\_peces\\_para\\_aguas\\_c  
ontinentales\\_en\\_la\\_vertiente\\_occidental\\_del\\_Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/278027849_Guia_de_peces_para_aguas_continentales_en_la_vertiente_occidental_del_Ecuador)
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Woerden, F. Van. (2018). *What a waste 2.0. A global snapshot of solid waste management to 2050*. International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank.  
<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2174>
- Koelmans, A. A., Mohamed Nor, N. H., Hermsen, E., Kooi, M., Mintenig, S. M., & De France, J. (2019). Microplastics in freshwaters and drinking water: Critical review and assessment of data quality. *Water Research*, 155, 410–422.  
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.02.054>
- Lee, J., Hong, S., Song, Y. K., Hong, S. H., Jang, Y. C., Jang, M., Heo, N. W., Han, G. M., Lee, M. J., Kang, D., & Shim, W. J. (2013). Relationships among the abundances of plastic debris in different size classes on beaches in South Korea. *Marine Pollution Bulletin*, 77(1–2), 349–354. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.08.013>
- Li, J., Liu, H., & Paul Chen, J. (2018). Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection. *Water Research*, 137, 362–374. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.12.056>
- Lusher, A. L., Welden, N. A., Sobral, P., & Cole, M. (2017). Sampling, isolating and identifying microplastics ingested by fish and invertebrates. *Analytical Methods*, 9(9), 1346–1360. <https://doi.org/10.1039/c6ay02415g>
- Mai, L., Sun, X.-F., Xia, L.-L., Bao, L.-J., Liu, L.-Y., & Zeng, E. Y. (2020). Global riverine plastic outflows. *Environmental Science & Technology*, 54, 10049–10056.  
<https://doi.org/https://dx.doi.org/10.1021/acs.est.0c02273>
- Manrique, R. E. (2019). Microplásticos en sedimentos fluviales de la cuenca baja y desembocadura del río Jequetepeque, Perú. In *Pontificia Universidad Católica del Perú*. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/15030>
- Martínez, Jhordanna L., & Quispe, M. J. (2021). *Caracterización de microplásticos en sedimentos fluviales de la cuenca baja y desembocadura del río Lurín y Chillón, 2021*.

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/73970/Martinez\\_RJL-Quispe\\_VMJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/73970/Martinez_RJL-Quispe_VMJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Masura, J., Baker, J., Foster, G., & Arthur, C. (2015). Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment. *NOAA Marine Debris Program National, July*, 1–39.

McCormick, A. R., Hoellein, T. J., London, M. G., Hittie, J., Scott, J. W., & Kelly, J. J. (2016). Microplastic in surface waters of urban rivers: concentration, sources, and associated bacterial assemblages. *Ecosphere*, 7(11).  
<https://doi.org/10.1002/ecs2.1556>

Méndez, M. (1981). Claves de identificación y distribución de los langostinos y camarones (Crustacea: Decapoda) del mar y ríos de la costa del Perú. *Boletín Instituto Del Mar Del Perú*, 5, 1–170.  
<https://revistas.imarpe.gob.pe/index.php/boletin/article/view/234/225>

Decreto Legislativo N° 1501, Lima Diario Oficial El Peruano 5 (2020).

Orata, J. C., da Costa, J. P., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. (2019). Methods for sampling and detection of microplastics in water and sediment: A critical review. *Trends in Analytical Chemistry*, 110, 150–159.  
<https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.10.029>

Ortega, H., Guerra, H., & Ramírez, R. (2007). The introduction of nonnative fishes into freshwater systems of Peru. In T. M. Bert (Ed.), *Ecological and Genetic Implications of Aquaculture Activities* (pp. 247–278). [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6148-6\\_14](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6148-6_14)

Potocka, M., Bayer, R. C., & Potocki, M. (2019). Plastic pollution affects American lobsters, *Homarus americanus*. *Marine Pollution Bulletin*, 138(December), 545–548.  
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.12.017>

Purca, S., & Henostroza, A. (2017). Presencia de microplásticos en cuatro playas arenosas de Perú. *Revista Peruana de Biología*, 24(1), 101–106.  
<https://doi.org/10.15381/rpb.v24i1.12724>

Rios, L. M., & Balcer, M. (2020). Microplastics in freshwater environments. In *Encyclopedia of the World's Biomes*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-409548-9.12394-2>

Rodolfo, E. (2017). Mar del plástico: una revisión de los problemas del plástico en el mar. *Rev. Invest. Desarr.Pesq.*, 25(January 2015), 83–99.

- Rodríguez-Seijo, A., & Pereira, R. (2017). Morphological and physical characterization of microplastics. In *Comprehensive Analytical Chemistry* (Vol. 75, pp. 49–66).  
<https://doi.org/10.1016/bs.coac.2016.10.007>
- Rodríguez-Sierra, C. M., Antón-Pardo, M., Quintana, X. . D., & Armengol, X. (2020). Ingesta de microplásticos por el pez exótico *Gambusia holbrooki* en dos lagunas costeras mediterráneas. *Ecosistemas*, 29(3), 2097.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.7818/ECOS.2097>
- Román-Valencia, C., Vanegas-Ríos, J. A., & Ruiz-C., R. I. (2008). Una nueva especie de pez del género *Bryconamericus* (Ostariophysi: Characidae) del río Magdalena, con una clave para las especies de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 56(4), 1749–1763. <https://doi.org/10.15517/rbt.v56i4.5757>
- Santillán, L., Saldaña-Serrano, M., & De-La-Torre, G. E. (2020). First record of microplastics in the endangered marine otter (*Lontra felina*). *Mastozoología Neotropical*, 27(1), 211–215. <https://doi.org/10.31687/saremMN.20.27.1.0.12>
- Sun, Q., Li, J., Wang, C., Chen, A., You, Y., Yang, S., Liu, H., Jiang, G., Wu, Y., & Li, Y. (2022). Research progress on distribution, sources, identification, toxicity, and biodegradation of microplastics in the ocean, freshwater, and soil environment. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 16(1), 1.  
<https://doi.org/10.1007/s11783-021-1429-z>
- Thompson, R. C. (2015). Microplastics in the marine environment: Sources, consequences and solutions. In M. Bergmann, L. Gutow, & M. Klages (Eds.), *Marine Anthropogenic Litter* (pp. 185–200). Springer International Publishing.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3>
- Tresierra, Á., García, V., Huerto, M., Berrú, P., Reyes, D., & Cervantes, C. (2007). Bahía El Ferrol, Chimbote, Perú: Una visión integral de sus recursos vivos y su ambiente. 2001-2005-2005. *Informe Del Instituto Del Mar Del Perú*, 34(1), 25–68.
- Turner, A., Wallerstein, C., & Arnold, R. (2019). Identification, origin and characteristics of bio-bead microplastics from beaches in western Europe. *Science of The Total Environment*, 664, 938–947. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.281>
- Valencia-Velasco, F., Guabloche-Zuñiga, A., Alvarino, L., & Iannacone, J. (2020). Estandarización de un protocolo para evaluar microplásticos en bivalvos marinos en el departamento de Lima, Perú. *The Biologist*, 18(1).  
<https://doi.org/10.24039/rtb2020181478>
- Veneros, B., Icochea, E., Bopp, G., & Flores, L. J. (2020). Dinámica trófica de Mugil

- cephalus, *Paralanchurus peruanus*, *Cynoscion analis* y *Sciaena deliciosa* desembarcados en Puerto Marín, La Libertad, 2015. *Bletin Del Instituto Del Mar Del Perú*, 35(1), 116–126.
- Vermeiren, P., Lercari, D., Muñoz, C. C., Ikejima, K., Celentano, E., Jorge-Romero, G., & Defeo, O. (2021). Sediment grain size determines microplastic exposure landscapes for sandy beach macroinfauna. *Environmental Pollution*, 286, 117308. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117308>
- Viacava, M., Aitken, R., & Llanos, J. (1978). Estudio del camarón en el Perú 1975-1976. *Boletín Instituto Del Mar Del Perú*, 3(5), 162–232. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe:8080/bitstream/handle/123456789/977/BOL3%285%29.pdf?sequence=3>
- Vivekanand, A. C., Mohapatra, S., & Tyagi, V. K. (2021). Microplastics in aquatic environment: Challenges and perspectives. *Chemosphere*, 282, 131151. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131151>
- Wang, W., Ge, J., & Yu, X. (2020). Bioavailability and toxicity of microplastics to fish species: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 189(November), 109913. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109913>
- Watt, E., Picard, M., Maldonado, B., Abdelwahab, M. A., Mielewski, D. F., Drzal, L. T., Misra, M., & Mohanty, A. K. (2021). Ocean plastics: environmental implications and potential routes for mitigation - a perspective. *Royal Society of Chemistry Advances*, 11, 21447–21462. <https://doi.org/https://doi.org/10.1039/D1RA00353D>
- Watts, A. J. R., Urbina, M. A., Corr, S., Lewis, C., & Galloway, T. S. (2015). Ingestion of plastic microfibers by the crab *Carcinus maenas* and its effect on food consumption and energy balance. *Environmental Science and Technology*, 49(24), 14597–14604. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b04026>
- Xu, W., Chen, W.-Q., Jiang, D., Zhang, C., Ma, Z., Ren, Y., & Shi, L. (2020). Evolution of the global polyethylene waste trade system. *Ecosystem Health and Sustainability*, 6(1), 1756925. <https://doi.org/10.1080/20964129.2020.1756925>
- Yang, L., Zhang, Y., Kang, S., Wang, Z., & Wu, C. (2021). Microplastics in freshwater sediment: A review on methods, occurrence, and sources. *Science of the Total Environment*, 754, 141948. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141948>
- Yin, L., Chen, B., Xia, B., Shi, X., & Qu, K. (2018). Polystyrene microplastics alter the behavior, energy reserve and nutritional composition of marine jacobever (*Sebastes schlegelii*). *Journal of Hazardous Materials*, 360, 97–105.

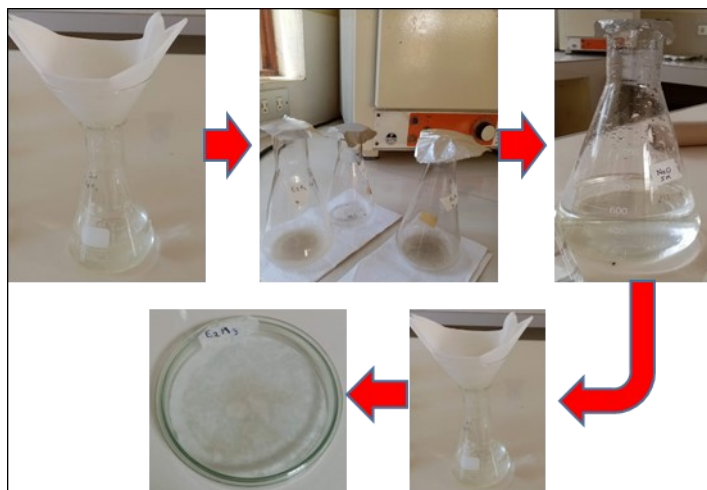


<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.07.110>

- Zambrano, M. C., Pawlak, J. J., Daystar, J., Ankeny, M., Cheng, J. J., & Venditti, R. A. (2019). Microfibers generated from the laundering of cotton, rayon and polyester based fabrics and their aquatic biodegradation. *Marine Pollution Bulletin*, 142(June), 394–407. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.02.062>
- Zhao, S., Zhu, L., & Li, D. (2015). Microplastic in three urban estuaries, China. *Environmental Pollution*, 206, 597–604. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.08.027>

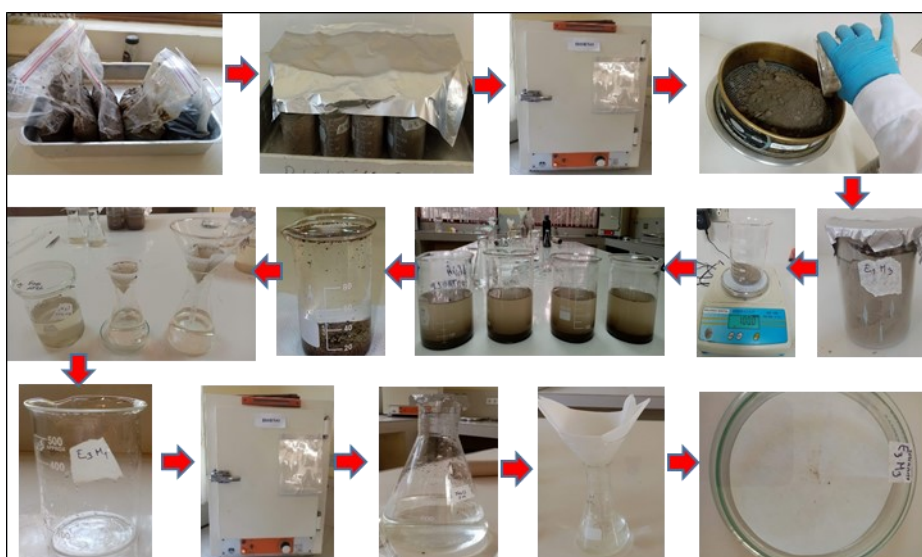
## ANEXO 1

Procesamiento del muestras de agua del río Lacramarca (Ancash, Perú).



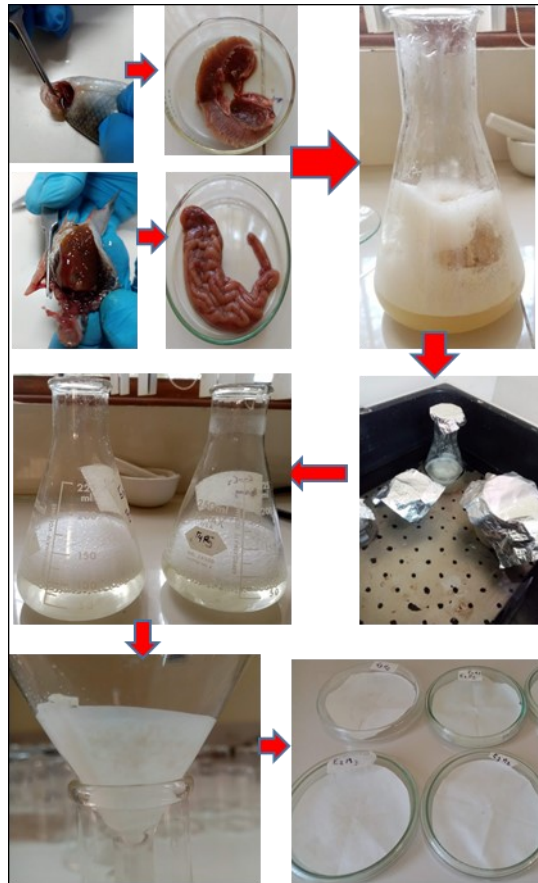
## ANEXO 2

Procesamiento del muestras de sedimento del río Lacramarca (Ancash, Perú).



### ANEXO 3

#### Procesamiento de peces del río Lacramarca (Ancash, Perú).



### ANEXO 4

#### Procesamiento de camarones del río Lacramarca (Ancash, Perú).



## ANEXO 5

### Operacionalización de Variables

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Definición operacional	
			Indicadores	Instrumentos
V1 Microplásticos del agua y sedimento	Son pequeñas partículas de plásticos menores a 5 mm (Cole et al., 2013)	Caracterización de microplásticos del agua y sedimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forma: Fragmentos, filamentos y microesferas</li> <li>• Color</li> <li>• Tamaño (&lt;5 mm)</li> </ul>	Microscopio Micrómetro
		Cuantificación de microplásticos del agua y sedimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abundancia en agua (MPs/m<sup>3</sup>)</li> <li>• Abundancia en sedimento (MPs/kg)</li> </ul>	Microscopio Estereoscopio Balanza (± 0.10 mg)
V2 Acumulación en el tracto digestivo y branquias de peces y crustáceos	Es la acumulación de ciertas sustancias o productos en el interior de los peces y crustáceos.	Caracterización de microplásticos en el tracto digestivo y branquias de peces y crustáceos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forma: Fragmentos, filamentos y microesferas</li> <li>• Color</li> <li>• Tamaño (&lt;5 mm)</li> </ul>	Microscopio Micrómetro
		Cuantificación de microplásticos en el tracto digestivo y branquias de peces y crustáceos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abundancia (MPs/org.)</li> </ul>	Estereoscopio Microscopio Balanza (± 0.10 mg)

# Microplásticos del agua y sedimento en relación con su acumulación en peces y crustáceos de la cuenca baja del río Lacramarca (Ancash, Perú)

## INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorio.uns.edu.pe">repositorio.uns.edu.pe</a> Fuente de Internet	5%
2	<a href="https://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="https://sedici.unlp.edu.ar">sedici.unlp.edu.ar</a> Fuente de Internet	<1%
5	<a href="https://scielosp.org">scielosp.org</a> Fuente de Internet	<1%
6	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Unviersidad de Granada Trabajo del estudiante	<1%
8	<a href="https://archive.org">archive.org</a> Fuente de Internet	<1%

9	<a href="http://www.revistas.unitru.edu.pe">www.revistas.unitru.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="http://dspace.udla.edu.ec">dspace.udla.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://tesis.luz.edu.ve">tesis.luz.edu.ve</a> Fuente de Internet	<1 %
12	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
13	<a href="http://repositorio.unac.edu.pe">repositorio.unac.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://repositorio.upse.edu.ec">repositorio.upse.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
15	José Iannacone, Fabiola Principe, David Minaya, Grober Panduro, Mario Carhuapoma, Lorena Alvariano. "Microplásticos en peces marinos de importancia económica en Lima, Perú", Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 2021 Publicación	<1 %
16	<a href="http://riucv.ucv.es">riucv.ucv.es</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	<1 %

19	<a href="http://mafiadoc.com">mafiadoc.com</a> Fuente de Internet	<1 %
20	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
21	<a href="http://repositorio.unp.edu.pe">repositorio.unp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
22	<a href="http://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
23	Mario Fernando Castro Fernández, Ileana Romea Cárdenas Manosalva, Ramón Fernando Colmenares Quintero, Carlos Enrique Montenegro Marín et al. "Multitemporal Total Coliforms and Escherichia coli Analysis in the Middle Bogotá River Basin, 2007–2019", Sustainability, 2022 Publicación	<1 %
24	Submitted to Universidad de las Islas Baleares Trabajo del estudiante	<1 %
25	<a href="http://repositorio.ug.edu.ec">repositorio.ug.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
26	<a href="http://eco2site.com">eco2site.com</a> Fuente de Internet	<1 %
27	<a href="http://eprints.utm.my">eprints.utm.my</a> Fuente de Internet	<1 %

28

[revistas.imarpe.gob.pe](http://revistas.imarpe.gob.pe)

Fuente de Internet

&lt;1 %

29

[uvadoc.uva.es](http://uvadoc.uva.es)

Fuente de Internet

&lt;1 %

30

[link.springer.com](http://link.springer.com)

Fuente de Internet

&lt;1 %

31

[repositorio.upeu.edu.pe](http://repositorio.upeu.edu.pe)

Fuente de Internet

&lt;1 %

32

[www.ccc-chile.org](http://www.ccc-chile.org)

Fuente de Internet

&lt;1 %

33

[www.depeco.econo.unlp.edu.ar](http://www.depeco.econo.unlp.edu.ar)

Fuente de Internet

&lt;1 %

34

[www.slideshare.net](http://www.slideshare.net)

Fuente de Internet

&lt;1 %

35

A Rajan, B Shanthi, M Kalyani. "Effect of season, sex and reproduction on zinc concentration in the soft tissues of Meretrix casta (Chemnitz) (Mollusca: Bivalvia) collected from Vellar Estuary, Porto Novo, India", Ciencias Marinas, 2021

Publicación

&lt;1 %

36

[cdn.www.gob.pe](http://cdn.www.gob.pe)

Fuente de Internet

&lt;1 %

37

[digitum.um.es](http://digitum.um.es)

Fuente de Internet

&lt;1 %



38	<a href="https://m.repositorio.unj.edu.pe">m.repositorio.unj.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
39	<a href="https://moam.info">moam.info</a> Fuente de Internet	<1 %
40	<a href="https://repositorio.urp.edu.pe">repositorio.urp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
41	<a href="https://repositorioinstitucional.uabc.mx">repositorioinstitucional.uabc.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
42	<a href="https://tel.archives-ouvertes.fr">tel.archives-ouvertes.fr</a> Fuente de Internet	<1 %
43	<a href="https://www.colibri.udelar.edu.uy">www.colibri.udelar.edu.uy</a> Fuente de Internet	<1 %
44	<a href="https://www.eluniverso.com">www.eluniverso.com</a> Fuente de Internet	<1 %
45	<a href="https://zagan.unizar.es">zagan.unizar.es</a> Fuente de Internet	<1 %
46	"Handbook of Microplastics in the Environment", Springer Science and Business Media LLC, 2022 Publicación	<1 %
47	Carlos Mazariegos-Ortíz, Luis García-Arroyave, Carolina Marroquín-Mora, Ana L. Mendizábal. "Contaminación por microplásticos en playas del Pacífico de Guatemala: abundancia y	<1 %

# características", Ciencia, Tecnología y Salud, 2021

Publicación

48

Teresa Jesús. "Impact evaluation of the Vila Viçosa small hydroelectric power plant (Portugal) on the water quality and on the dynamics of the benthic macroinvertebrate communities of the Ardena river", Limnetica, 2004

Publicación

<1 %

49

[ambiental.unam.mx](http://ambiental.unam.mx)

Fuente de Internet

<1 %

50

[biblioimarpe.imarpe.gob.pe](http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe)

Fuente de Internet

<1 %

51

[boletin.invemmar.org.co](http://boletin.invemmar.org.co)

Fuente de Internet

<1 %

52

[coek.info](http://coek.info)

Fuente de Internet

<1 %

53

[cybertesis.unmsm.edu.pe](http://cybertesis.unmsm.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

54

[journals.sagepub.com](http://journals.sagepub.com)

Fuente de Internet

<1 %

55

[nlquery.epa.gov](http://nlquery.epa.gov)

Fuente de Internet

<1 %

56

[repositorio.upch.edu.pe](http://repositorio.upch.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

---

57	<a href="https://tesis.pucp.edu.pe:8080">tesis.pucp.edu.pe:8080</a> Fuente de Internet	<1 %
58	<a href="http://www.aquahoy.com">www.aquahoy.com</a> Fuente de Internet	<1 %
59	<a href="http://www.cienciasmarinas.com.mx">www.cienciasmarinas.com.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
60	<a href="http://www.cientificosdelabasura.cl">www.cientificosdelabasura.cl</a> Fuente de Internet	<1 %
61	<a href="http://www.google.it">www.google.it</a> Fuente de Internet	<1 %
62	<a href="http://www.weforum.org">www.weforum.org</a> Fuente de Internet	<1 %
63	<a href="http://www.dspace.espol.edu.ec">www.dspace.espol.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
64	<a href="http://documentop.com">documentop.com</a> Fuente de Internet	<1 %

---

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo