

NOMBRE DEL TRABAJO

**Microplasticos-Roca-and-Flores-ORIGIN
AL (1)- TERMINADO (1).pdf**

RECUENTO DE PALABRAS

7967 Words

RECUENTO DE CARACTERES

39441 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

27 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

900.8KB

FECHA DE ENTREGA

Sep 13, 2024 12:42 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 13, 2024 12:43 PM GMT-5**● 7% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 7% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**Micro plásticos como agentes de contaminación en los
principales afluentes del río Cumbaza**

Por:

Edwin Junior Flores Ruiz

<https://orcid.org/0000-0002-4434-146X>

Glicerio Jefferson Roca Malpartida

<https://orcid.org/0000-0002-6765-3677>

Asesor:

Mg. Richer Garay Montes

Tarapoto, diciembre 2023

Micro plásticos como agentes de contaminación en los principales afluentes del río Cumbaza

Resumen

El estudio se centró en identificar la presencia de microplásticos (MP) en los principales afluentes del río Cumbaza, distrito de Morales, Región San Martín, Perú. Se definieron 8 puntos de muestreo, recolectando 3 muestras en cada punto durante agosto de 2023, en época seca, con temperaturas entre 18.3°C y 32.5°C y una precipitación mensual de 68 mm. Los sitios de muestreo incluyeron Juan Guerra, La Banda de Shilcayo, Tarapoto, Morales y San Antonio. Se identificaron 2582 MPs: 46.28% filamentos (1195 MPs), 42.84% fragmentos (1106 MPs) y 10.88% microesferas (281 MPs). El análisis de cluster mostró que filamentos y fragmentos comparten perfiles similares, sugiriendo fuentes comunes, mientras que las microesferas provienen de fuentes distintas. El análisis de componentes principales (PCA) indicó que los filamentos están más dispersos, mientras que fragmentos y microesferas a menudo se encuentran juntos, dependiendo del punto de muestreo. La abundancia de MPs fue mayor en filamentos, seguida de fragmentos y microesferas. Los tamaños de los MPs variaron: filamentos entre 1.87 μm y 4934.18 μm , fragmentos entre 1.38 μm y 2104.94 μm , y microesferas entre 0.19 μm y 512.72 μm . El color predominante fue el azul, seguido del rojo, con una distribución consistente en todos los puntos de muestreo. Este estudio revela una considerable presencia de MPs en los afluentes del río Cumbaza, destacando la necesidad de implementar medidas para mitigar la contaminación por microplásticos en la región. La diversidad y abundancia de MPs sugieren múltiples fuentes de contaminación, principalmente antropogénicas, que afectan estos cuerpos de agua dulce.

Palabra clave: Contaminación, ríos, Formas y MPs

Abstract

The study focused on identifying the presence of microplastics (MP) in the main tributaries of the Cumbaza River, Morales district, San Martín Region, Peru. Eight sampling points were defined, with 3 samples collected at each point during August 2023, the dry season, with temperatures between 18.3°C and 32.5°C and a monthly precipitation of 68 mm. Sampling sites included Juan Guerra, La Banda de Shilcayo, Tarapoto, Morales, and San Antonio. 2582 MPs were identified: 46.28% filaments (1195 MPs), 42.84% fragments (1106 MPs), and 10.88% microspheres (281 MPs). Cluster analysis showed that filaments and fragments share similar profiles, suggesting common sources, while microspheres come from different sources. Principal component analysis (PCA) indicated that filaments are more dispersed, while fragments and microspheres are often found together, depending on the sampling point. The abundance of MPs was highest in filaments, followed by fragments and microspheres. The MPs' sizes varied: filaments between 1.87 µm and 4934.18 µm, fragments between 1.38 µm and 2104.94 µm, and microspheres between 0.19 µm and 512.72 µm. The predominant color was blue, followed by red, with a consistent distribution at all sampling points. This study reveals a considerable presence of PMs in the tributaries of the Cumbaza River, highlighting the need to implement measures to mitigate microplastic pollution in the region. The diversity and abundance of MPs suggest multiple sources of pollution, mainly anthropogenic, that affect these freshwater bodies.

Keywords: Pollution, rivers, Forms and MPs

INTRODUCCIÓN

La población mundial y el crecimiento económico inciden en la demanda de recursos naturales, servicios y productos para satisfacer las necesidades básicas y secundarias de la población. Ante esta situación, las industrias buscaron alternativas al uso de recursos naturales como el caucho, la lana o la celulosa. Así, en la década de 1940, el plástico se comercializó como una alternativa para muchas aplicaciones (Chen et al., 2023). Los plásticos desempeñan un papel importante en la producción y en la vida de las personas, pero su indestructibilidad y su lixiviación son problemas medioambientales apremiante (Li, Xiu, and Hao, 2024).

La presencia y abundancia de plásticos en aguas continentales y oceánicas es un problema global, de acuerdo a la organización para el desarrollo económico (OCDE), 2022, solo el 9% de los plásticos se recicla, el 19% se quema como combustible y el 50% se vierte en vertederos y el 22% se escapa de la gestión de residuos y se pierde en el medio ambiente. Los residuos plásticos son principalmente producto de una mala gestión de los residuos sólidos municipales y a menudo se entierran, queman o se vierten en vertederos informales que están cerca de los ríos (Mghili, Keznine, Hasni, and Aksissou, 2023). Los productos plásticos más utilizados son bolsas de plástico, ropa sintética, pinturas, pajitas de plástico, cepillos de dientes, botellas de plástico, neumáticos, cosméticos, vasos de café desechables con tapa y envases de productos (Lee and Jeong, 2023) además, se han convertido en contaminantes persistentes y ubicuos en el océano (Hitchcock and Mitrovic, 2019)

La contaminación plástica ahora se reconoce como una crisis global y estamos trabajando para lograr un acuerdo global para abordarla (Monteiro et al., 2022), pues se ha convertido en un contaminante persistente en las últimas décadas (Long et al., 2022) a diferencia de los plásticos más grandes, los microplásticos (MPs) son casi invisibles y contribuyen significativamente a la contaminación plástica, por lo que es necesario investigar su impacto ambiental (Rahman et al., 2024). Los MP se encontraron en muestras de plancton desde la década de 1960 y aumenta en abundancia con el tiempo. Estos varían de tamaño de 1 μm a 5 mm e incluye plásticos primarios como microesferas o microfibras o plásticos secundarios formados al descomponer plásticos grandes en partículas más pequeñas (Frias & Nash, 2019).

En ningún lugar del mundo podemos prescindir de este material, desde el fondo del mar hasta el monte Everest, desde la Antártida hasta el polo norte (Pazos, 2021) también se encontraron en la sal, agua embotellada y sangre humana (Leslie et al., 2022), liberando sustancias tóxicas y cancerígenas debido a la exposición del medio ambiente afectando la seguridad alimentaria y en última instancia, la salud humana (González-Soto et al., 2022). La exposición prolongada a los microplásticos puede incluso ser motivo de gran preocupación debido a sus posibles efectos acumulativos dependientes de la dosis (Yang, Man, Wong, Owen, and Chow, 2022).

En la investigación realizada en Europa (Scherer et al., 2020) titulada evaluación comparativa de microplásticos en agua y sedimentos de un gran río europeo, los resultados

demonstraron una mayor concentración de microplásticos en los sedimentos, en promedio 600 000 veces mayor a la concentración en el cuerpo de agua del río alemán Elba.

Además, (Islam et al., 2022) realizó una investigación llamada Omnipresencia y Características de los microplásticos en aguas superficiales y sedimentos del río Buriganga, Bangladesh, obtuvieron como resultado que en los sedimentos del río buriganga hubo un 85.5% de polímeros de tipo fragmentario y en las aguas superficiales tuvo un 72.7%, por otro lado, la abundancia de polipropileno (PP) en sedimentos con un 61% y en menor cantidad en el agua superficial con un 46%, también se obtuvo que en las aguas superficiales y las muestras de sedimentos hubo una diferenciación de 5% de polietileno, con 26% en las aguas superficiales y 21% en las muestras de sedimentos.

Así mismo, (Huanaco, 2019a) realizó un monitoreo en el río Rímac que nos menciona que los microplásticos son partículas menores de 5 mm de longitud que se encuentran presente en los ecosistemas marinos y fluviales. Se identificaron 538,9 MPs/m² en noviembre de 2017 y 16 566,7 MPs/m² en agosto de 2018 en los 7 puntos de monitoreo del río Rímac. Los MPs reconocidos pertenecen a poliestireno, polipropileno y polietileno tereftalato.

Además, una investigación realizada por (Rico et al., 2023) en el río Amazonas en este estudio, realizamos una gran campaña de monitoreo para evaluar la presencia y los riesgos de MP en los ecosistemas de agua dulce del Amazonas. Investigamos la contaminación por MP en 40 muestras recolectadas a lo largo de 1500 km en la Amazonía brasileña, incluido el río Amazonas, tres afluentes principales y varios arroyos próximos a las áreas urbanas más importantes. Los MP en el rango de tamaño de 55 a 5000 μm se caracterizaron (tamaño, forma, color) mediante microscopía y se identificaron (composición del polímero) mediante espectroscopia infrarroja, este estudio muestra que los MP son contaminantes ubicuos en los ecosistemas de agua dulce del Amazonas, con concentraciones medidas (55–5000 μm) que oscilan entre 5 y 152 MP/m³ en el río Amazonas y sus principales afluentes, y entre 23 y 74 550 MP/m³ en arroyos urbanos. La concentración peligrosa calculada para el 5% de las especies (HC 5) derivadas de las SSD para todo el rango de MP (1–5000 μm) fue de $1,6 \times 10^7$ MPs/m³ (IC del 95%: $1,2 \times 10^6 - 4,0 \times 10^8$) para dilución de alimentos y $1,8 \times 10^7$ MPs/m³ (IC del 95%: $1,5 \times 10^6 - 4,3 \times 10^8$) para translocación. Las concentraciones de exposición reescaladas (1–5000 μm) en el río Amazonas y sus afluentes variaron entre $6,0 \times 10^3$ y $1,8 \times 10^5$ MPs/m³, y fueron significativamente más bajas que los valores de HC 5 calculados. Las concentraciones reescaladas en arroyos urbanos oscilaron entre $1,7 \times 10^5$ y $5,7 \times 10^8$ MPs/m³ y excedieron ambos valores calculados de HC 5 en el 20% de las ubicaciones.

En el contexto local, los estudios sobre la contaminación por microplásticos en ambientes de agua dulce en la Amazonía son escasos, especialmente en la zona nororiental. El río Cumbaza y sus principales afluentes, situados en la región amazónica del Perú, están siendo significativamente afectados por esta forma de contaminación, amenazando la biodiversidad y la salud de las comunidades humanas que dependen de estos recursos hídricos donde los impactos ecológicos de los micro plásticos en los ríos son múltiples y variados. Los estudios recientes han demostrado que estas partículas pueden ser ingeridas

por organismos acuáticos, causando efectos negativos en su salud y, potencialmente, afectando las cadenas tróficas locales.

Por ello el objetivo de la investigación fue identificar la presencia de microplásticos en las aguas de los afluentes del río Cumbaza del distrito de Morales, provincia de San Martín, departamento de San Martín.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

1 La red hídrica de la cuenca del Cumbaza está constituida por el río Cumbaza, como tributario principal, siendo sus afluentes principales por la margen izquierda el río Shilcayo y las quebradas Ahuashiyacu y Pucayacu y por la margen derecha Shupishiña. El caudal de estos cuerpos de agua es muy variable durante todo el año y dependen de la intensidad de las lluvias.

1 El río Cumbaza tiene su origen al Noroeste de Tarapoto, en las montañas del Cerro Escalera, a más de 1 700 m de altitud. Se origina por la unión de las quebradas Shucshuyacu y Cumbacillo. Tiene un recorrido Noroeste a Sureste, pasa por la ciudad de Tarapoto y desemboca en la margen izquierda del río Mayo.

Sus principales afluentes también se originan en el Cerro Escalera, son importantes las quebradas Yuracillo, Atunquebrada, Añaquihui, Curiyacu, Huacamaillo, Pintuyacu, Canela Ishpa, Cachiyacu, Sedamillo, Ahuashiyacu y Pacayacu por la margen izquierda; así como el río Shilcayo que pasa por la ciudad de Tarapoto. Por la margen derecha son importantes las quebradas Chumchiwi, Incato y Shupishiña que se originan en el cerro Shicafilo.

El río Cumbaza tiene, aproximadamente, 52 km de longitud y 140 m de ancho cerca de la desembocadura; el área de su cuenca es de 57, 120 ha². Este cuerpo de agua es utilizado para diferentes actividades antropogénicas como la agricultura, pesca, ganadería, actividades turísticas, desechos de residuos sólidos y líquidos y para procesos artesanales, de los cuales influye a la contaminación del río de diferentes desechos inorgánicos y especialmente de microplásticos. En cuanto al caudal del río cumbaza este juega un papel importante para el recojo de las muestras y transporte de los microplásticos, el río tiende a tener una variación dependiente a sus condiciones meteorológicas, durante estaciones lluviosas su caudal aumenta y los Mps se diluyen más rápido por lo cual sus concentraciones de los Mps son bajas, en cambio en épocas de sequía el caudal disminuye y la dilución es menor por ende la concentración de Mps es mayor.

Recolección de muestras

En el presente estudio incluyó 8 diferentes puntos (1 - 8) de muestreo del río Cumbaza, se recolectaron 3 muestras en cada punto, de los cuales se recogieron un total de 24 muestras de agua superficial durante el mes de agosto, las muestras a hasta h fueron cosechados durante los días 28 y 29 de agosto del 2023 en épocas de sequía (T máx. 32.5° C, T min.18.3° C; precipitación de 68 mm) (SENAMI, 2023). Los lugares de muestreo se realizaron en las localidades de Juan Guerra, La Banda de Shilcayo, Tarapoto, Morales y concluyendo en el distrito de San Antonio. Las

georreferenciaciones de los puntos de muestreo se presentan en la **Tabla 1** conjunto con la **Figura 1**. Posteriormente se efectuó el muestreo de acuerdo a Melgarejo, (2022) donde se comprendió 1 litro de agua superficial en frascos herméticos de vidrio (1 litro), por lo cual fueron previamente rotulados, los frascos se introdujeron a una profundidad de 10 cm aproximadamente, para subsiguientemente ponerlo en un cooler para su transporte al laboratorio para su análisis. En la investigación las muestras fueron recogidas en un caudal bajo, tanto en la parte alta, media y baja del río Cumbaza, todo ello durante épocas de sequía.

Tabla 1. *Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo*

UE	Rio	Altitud	Coordenadas UTM (WGS 84)18 S	
			ESTE	NORTE
1	Unión del río Cumbaza con el río mayo	191	353178 m	9270203 m
2	Unión de la quebrada Pucayacu con el rio Cumbaza	206	352227 m	9274474 m
3	Unión entre la quebrada Ahuasiyacu y el río Cumbaza-centro poblado las Palmas	221	349974 m	9276819 m
4	Unión Shilcayo (Sector Chontamuyo) con río Cumbaza	229	348562 m	9278144 m
5	Sector Atumpampa cuadra 22 Alfonso Ugarte -Patacusi	255	346809 m	9281869 m
6	Sector Cancún-morales	269	346491 m	9284427 m
7	Bocatoma	299	347011 m	9286191 m
8	San Antonio de Cumbaza	424	343858 m	9291597 m

La tabla representa los puntos de muestreo realizados en el rio Cumbaza.

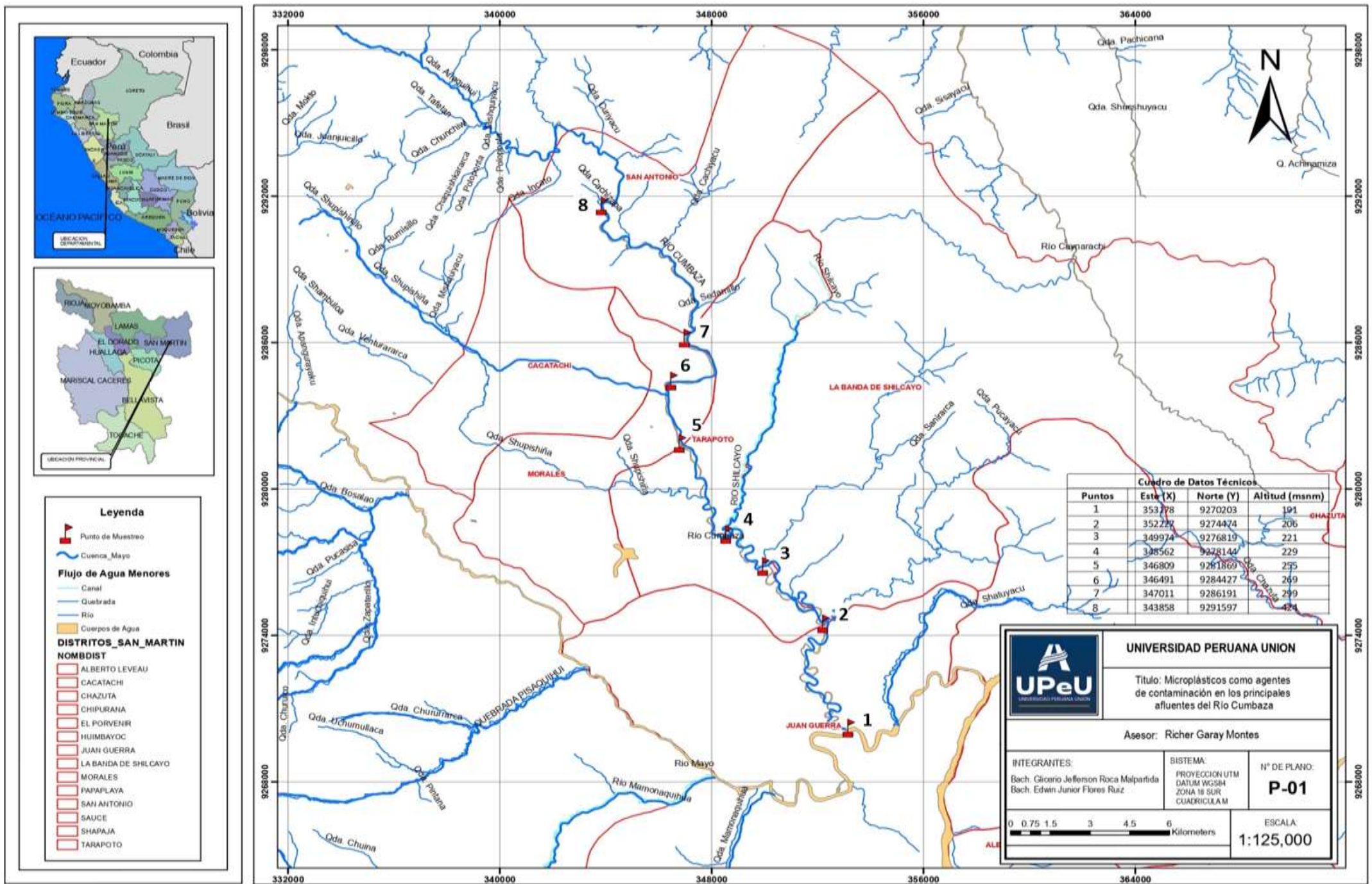


Figura 1. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo en el río Cumbaza de los distritos de Juan Guerra, Banda de Shilcayo, Tarapoto, Morales y San Antonio

Fuente: Elaboración propia

Análisis de microplásticos

Para los análisis de microplásticos se utilizó el procedimiento de Melgarejo, (2022) con sus respectivas modificaciones, de los cuales las muestras de 1 litro de agua se filtraron en un tamiz de malla de acero ASTM N°4 (4.75 mm) y luego mediante papel Whatman N° 40. Las partículas retenidas se transfirieron a vasos de precipitados (250 ml) que contenía 200 ml de solución hipersalina (NaCl 5M) y se dejaron reposar por 24 horas. El sobrenadante se filtró a través de papel Whatman N° 40, donde se colocaron en placas Petri y posterior secado a temperatura ambiente para su respectiva identificación y conteo en un estereoscopio modelo SMZ-168 con un grado de aumento de 5x, para determinar el color, forma, tamaño y cantidad de microplásticos. Para la preparación de la solución hipersalina (NaCl 5M) se disolvió 300 g de sal de mesa en 1 litro de agua potable y luego se filtró a través de papel Whatman N°40 para evitar posibles contaminaciones.

Resultados

Imágenes de microplásticos muestreados en el río Cumbaza

Las distribuciones de los microplásticos están divididas por sus formas que son filamentos (a), fragmentos (b) y microesfera (c), y sus colores azul, celeste, rojo, transparente, negro, anaranjado, amarillo, verde y morado en las muestras de agua de los 8 puntos de monitoreo del río Cumbaza. En la **Figura 2** se puede observar las 3 formas de microplásticos de la investigación, mientras que en la **Figura 3** sólo se visualizan los filamentos de los diferentes colores encontrados, al igual que en los fragmentos de la **Figura 4** y microesferas de la **Figura 5**.

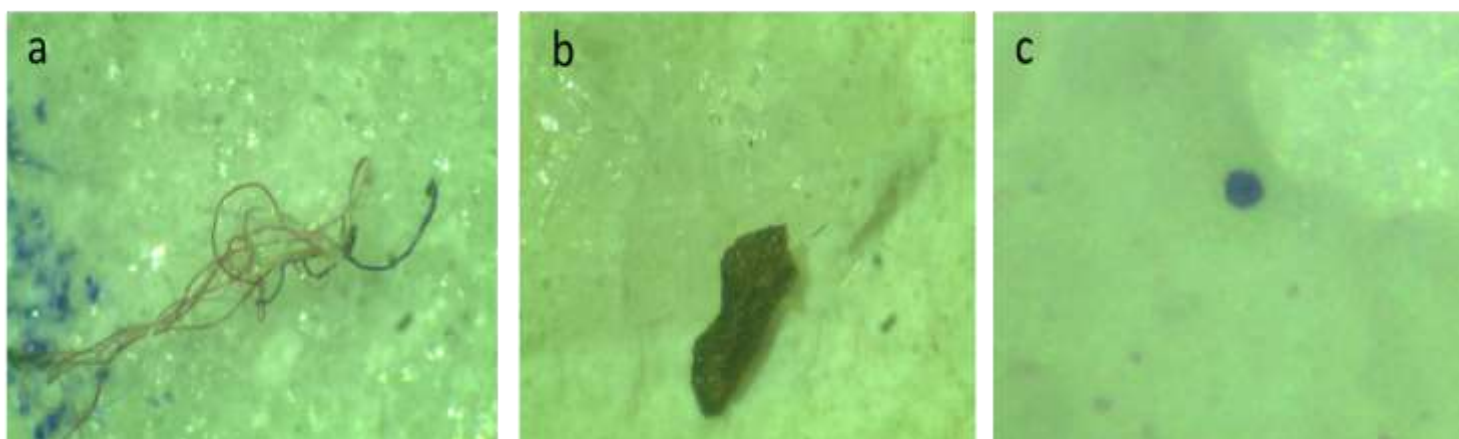


Figura 2. a. Filamentos de microplástico. b. Fragmentos de microplástico. c. Microesfera de microplástico.

Fuente: Elaboración propia.

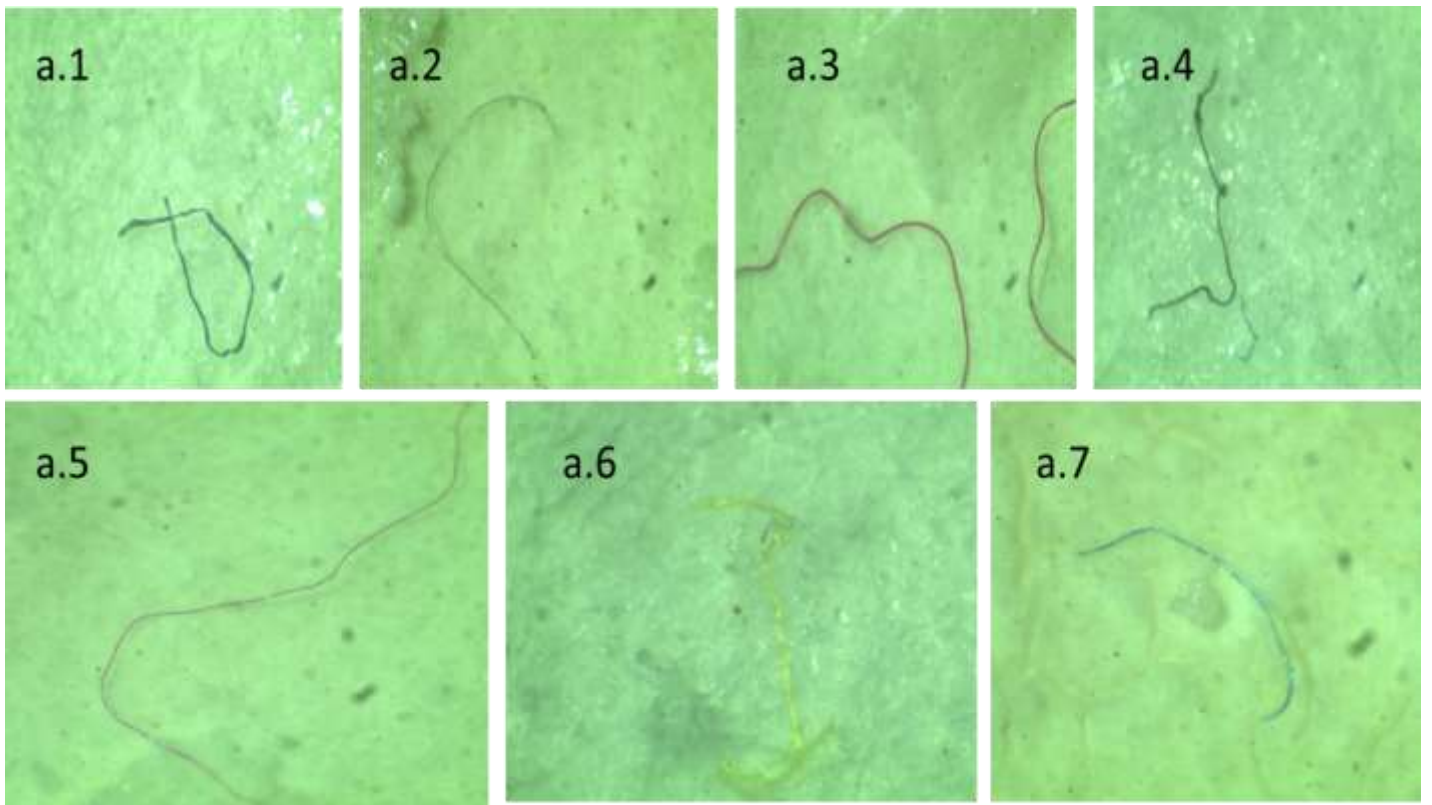


Figura 3. a1. Filamento de color azul a2. Filamento de color transparente. a3. Filamento de color rojo. a4. Filamento de color negro. a5. Filamento de color morado. a6. Filamento de color amarillo. a7. Filamento de color celeste.

Fuente: Elaboración propia.

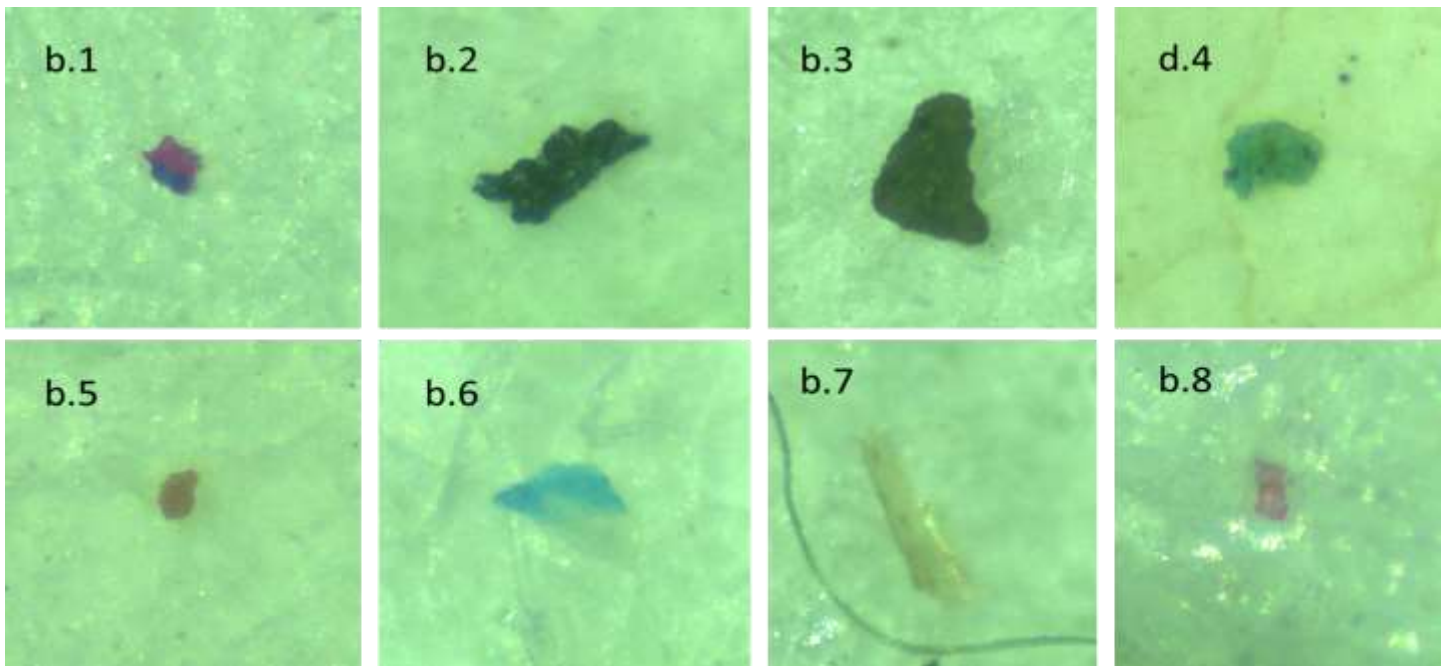


Figura 4. b1. Fragmento de color morado. b2. Fragmento de color azul. b3. Fragmento de color negro. b4. Fragmento de color verde. b5. Fragmento de color anaranjado. b6. Fragmento de color celeste. b7. Fragmento de color transparente. b8. Fragmento de color rojo.

Fuente: Elaboración propia.

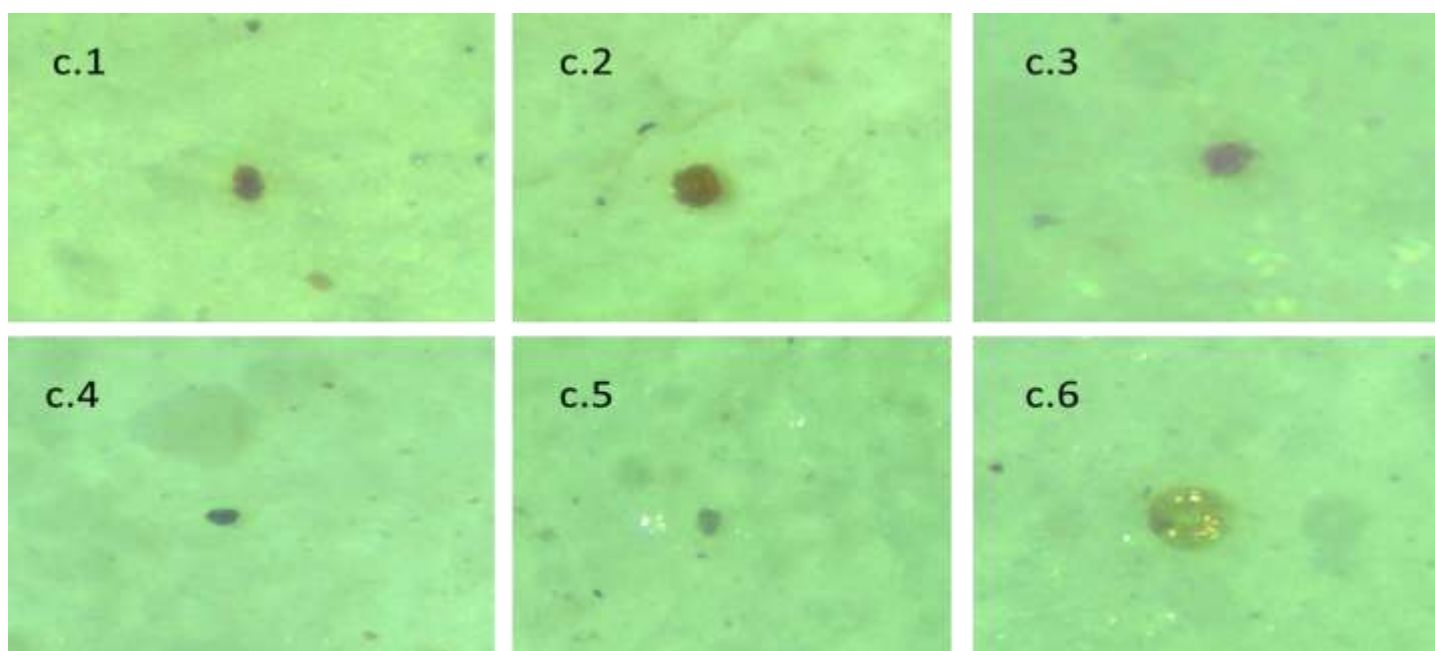
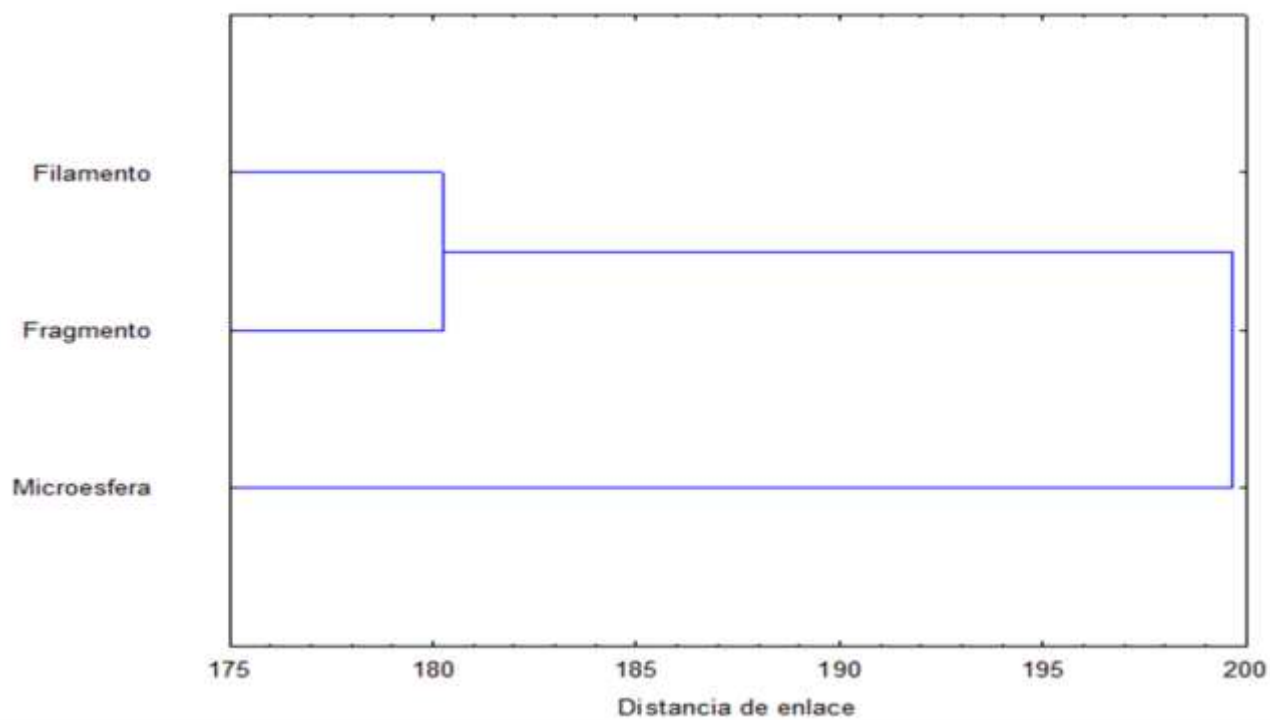


Figura 5. c1. Microesfera de color rojo. c2. Microesfera de color anaranjado. c3. Microesfera de color morado. c4. Microesfera de color azul. c5. Microesfera de color negro. c6. Microesfera de color Transparente.

Fuente: Elaboración propia.

Dendograma - Análisis Cluster de la abundancia de MPs según su forma

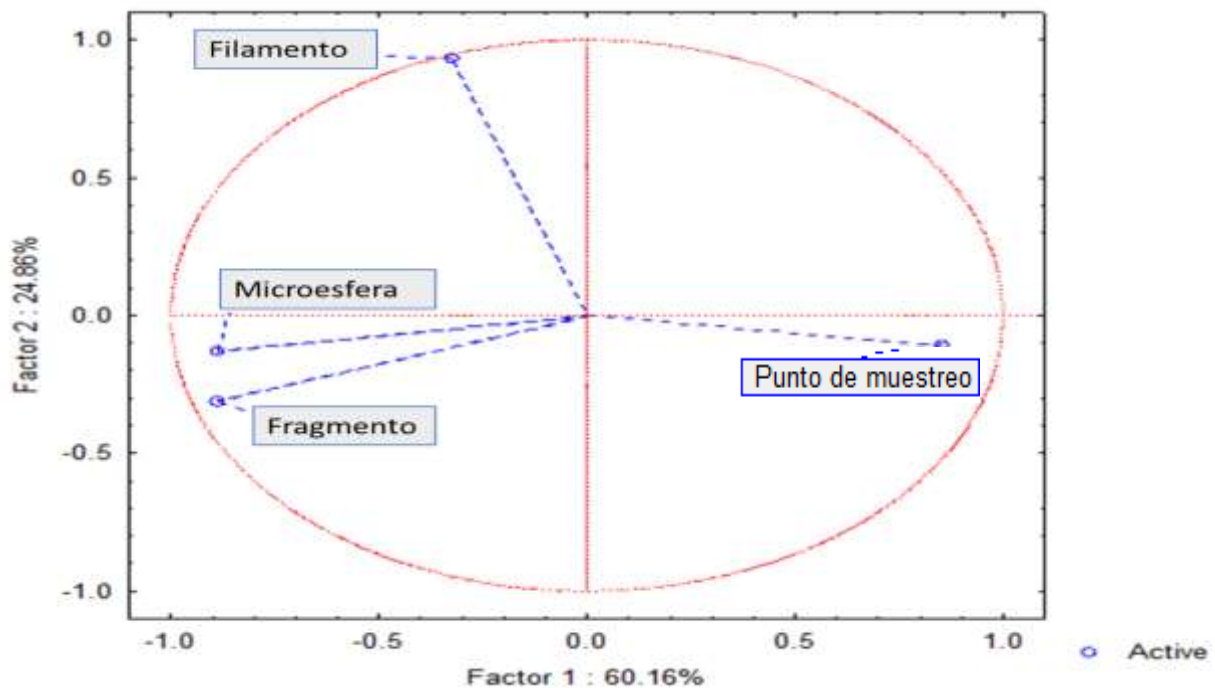


Gráfica1. Dendograma de la abundancia de MPs

Según la **Gráfica 1** en nuestro estudio se puede observar que, en filamentos y fragmentos se agrupan a una distancia de enlace más baja (Aprox. 180), esto indica que estos tipos de MPs tienen perfiles de presencia similar en los puntos de muestreo, esto involucra que los puntos de muestreo que tienen altos niveles de filamentos también tienen altas concentraciones de fragmentos, y viceversa, esto se relaciona a que ambos provienen de fuentes similares o de materiales de plásticos más grandes y se comportan de manera igual en el ambiente acuático. Un autor que ha trabajado extensamente en la caracterización y origen de microplásticos en ambientes acuáticos es Richard C. Thompson. Thompson y sus colegas han realizado investigaciones detalladas sobre las fuentes, distribución y destino de los microplásticos en los ecosistemas marinos y de agua dulce (Thompson, Moore, Saal, and Swan, 2009) discute cómo diferentes tipos de microplásticos, incluidos filamentos y fragmentos, se comportan en el medio ambiente y cómo sus fuentes pueden ser similares. También aborda la forma en que estos microplásticos pueden agruparse y distribuirse en ambientes acuáticos debido a procesos similares de degradación de plásticos más grandes.

Por otro lado, la microesfera se une a filamentos y fragmentos a una distancia de enlace mayor (Aprox. 200), indicando un mayor contraste en sus perfiles de presencia en comparación de filamentos y fragmentos. Debido a que proviene de fuentes diferentes, que no están presentes en las mismas cantidades o ubicaciones que los productos que generan los filamentos y fragmentos, y tienen propiedades físicas que afectan su distribución en el río de manera distinta. Por lo que (Zhang et al., 2017) examina cómo diferentes tipos de microplásticos, como microesferas, filamentos y fragmentos, se distribuyen de manera variada en un entorno acuático debido a sus diferentes propiedades físicas y fuentes de origen.

Análisis de Componentes Principales (PCA) de los MPs, por puntos de muestreo



Gráfica 2. Gráfica de las variables activas estudiadas en las muestras de microplásticos en los 8 puntos de Muestra

En la **Gráfica 2** representa los coeficientes de cada variable de las formas de los micro plásticos en estudio para el primer PC1 versus los coeficientes para el segundo componente PC2, se observa para la variable puntos de muestra asociados a un segundo componente fragmento, microesfera y filamento, mostrando influencias positivas de micro plásticos en los 8 puntos de muestra del río Cumbaza (Unión del río Cumbaza con el río mayo, Unión de la quebrada Pucayacu con el río Cumbaza, Unión entre la quebrada Ahuasiyacu y el río Cumbaza-centro poblado las Palmas, Unión Shilcayo (Sector Chontamuyo) con río Cumbaza, Sector Atumpampa cuadra 22 Alfonso Ugarte -Patacusi, Sector Cancún-morales, Bocatoma, San Antonio de Cumbaza) representando el mayor aporte a la clasificación en el espacio factorial el PC1 (60.16%) y PC2 (24.86%).

Esto nos brinda una agrupación de microplásticos en según sus formas (filamentos, fragmentos y microesferas), se observa que las muestras son diferentes entre sí, que los filamentos están más separados que los fragmentos y microesferas, esto quiere decir que los filamentos están distribuidos de manera diferente en los afluentes. Por otro lado, se puede ver que los fragmentos y microesferas están unidas, quiere decir que en la mayoría de los casos se pueden encontrar juntas, aunque no siempre se pueden encontrar las mismas formas en cada una. Esto tiene que ver por la toma de muestras en los diferentes puntos del Río Cumbaza.

Frecuencia de los MPs

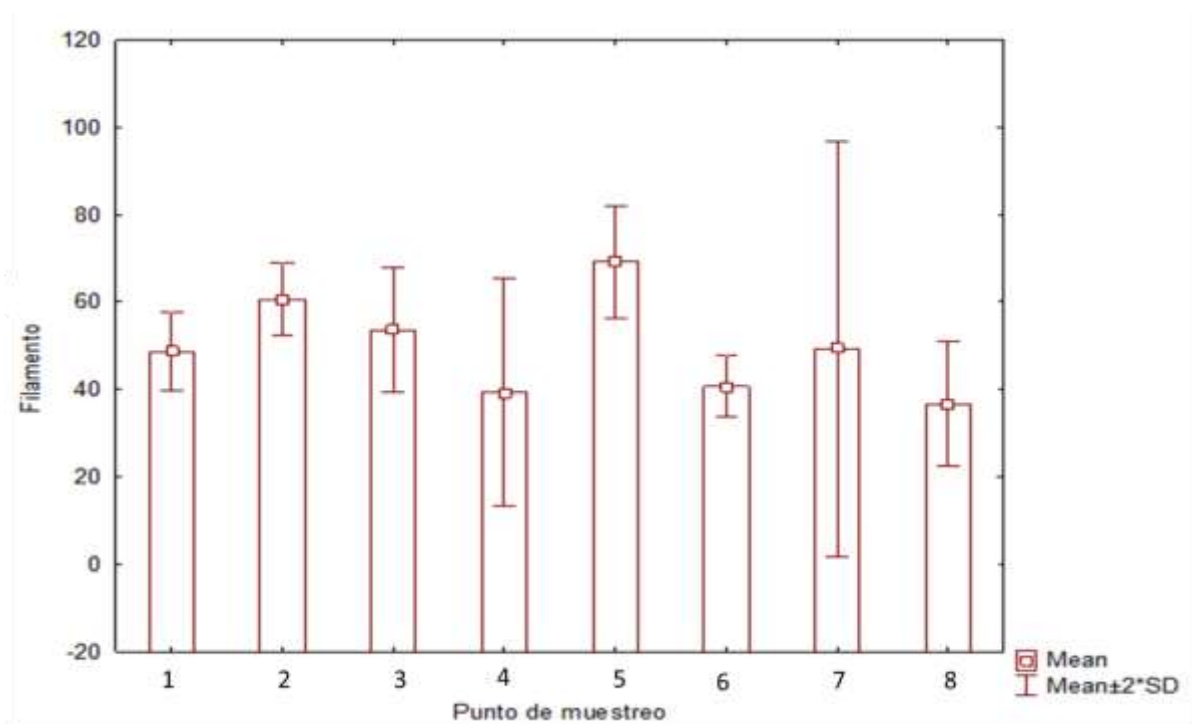


Figura 6. Promedio de cada punto de muestreo de MPs en agua en forma de filamentos.

Fuente: Elaboración propia.

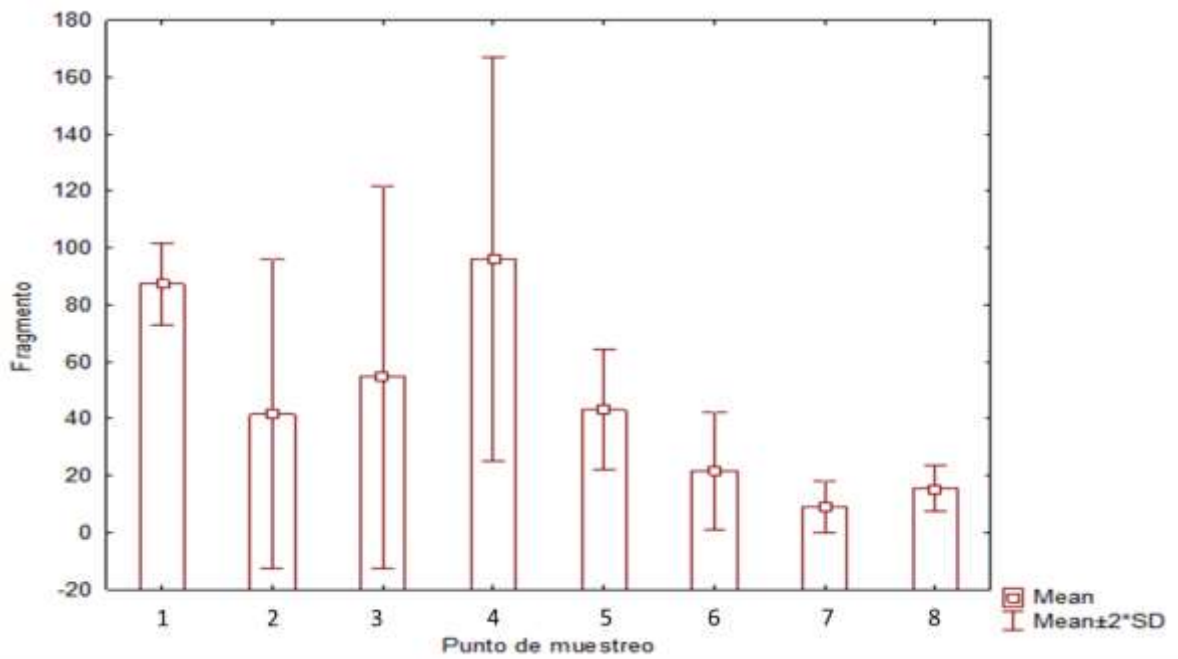


Figura 7. Promedio de cada punto de muestreo de MPs en agua en forma de fragmentos.

Fuente: Elaboración propia

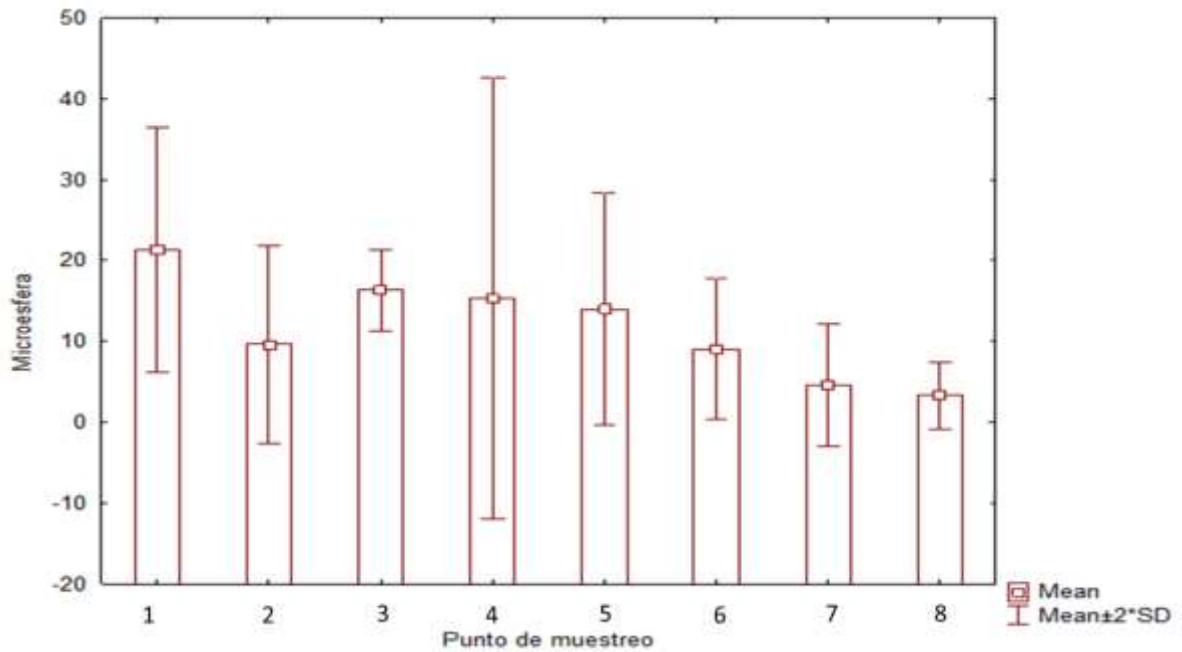


Figura 8. Promedio de los puntos de muestreo de MPs en agua en forma de microesferas.

Fuente: Elaboración propia.

En la **Figura 6**, la abundancia de micro plásticos según la forma de filamentos del presente estudio en relación con los puntos de muestreo que son: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 con su respectiva cantidad de 48 MPs/L, 60 MPs/L, 53 MPs/L, 39 MPs/L, 69 MPs/L, 40 MPs/L, 49 MPs/L y 36 MPs/L respectivamente se puede observar una mayor concentración de MPs en el punto de muestra “5” con 69 MPs/L y una menor cantidad de concentración de MPs en el punto de muestra “8” con 36 MPs/L, estos niveles de concentración varían en capa punto debido a su cercanía a las zonas urbanas. Así mismo en la **Figura 7** la abundancia de micro plásticos según la forma de fragmentos del presente estudio en relación con los puntos de muestreo que son: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 con su respectiva cantidad de 87 MPs/L, 41 MPs/L, 54 MPs/L, 96 MPs/L, 43 MPs/L, 21 MPs/L, 21 MPs/L, 9 MPs/L y 15 MPs/L respectivamente. Se obtuvo una mayor concentración de MPs en el punto de muestra “4” con 96 MPs/L y una menor cantidad de concentración de MPs en el punto de muestra “7” con 9 MPs/L, estos niveles de concentración varían en capa punto debido a su cercanía a las zonas urbanas. Por último, en la **Figura 8** la abundancia de micro plásticos según la forma de microesfera del presente estudio en relación con los puntos de muestreo que son: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 con su respectiva cantidad de 21 MPs/L, 9 MPs/L, 16 MPs/L, 15 MPs/L, 14 MPs/L, 9 MPs/L, 4 MPs/L, 3 MPs/L respectivamente. Se obtuvo una mayor concentración de MPs en el punto de muestra “1” con 21 MPs/L y una menor cantidad de concentración de MPs en el punto de muestra “8” con 3 MPs/L, estos niveles de concentración varían en capa punto debido a su cercanía a las zonas urbanas. Respectivamente la abundancia según las formas que descritas que son fragmento, filamento y microesfera varían mucho en las concentraciones a los factores de las condiciones climáticas para su respectiva descomposición y contaminación presente al cuerpo receptor que sería el agua o la zona de estudios que es el río Cumbaza.

Tabla 2. Promedio y desviación estándar de la abundancia de los microplásticos

Punto de muestreo	Filamento	Fragmento	Microesfera
1	48.67±4.51 ^{ba}	87.33±7.23 ^a	21.33±7.57 ^a
2	60.67±4.16 ^{ba}	41.67±27.21 ^{ba}	9.67± 6.11 ^a
3	53.67± 7.09 ^{ba}	54.67± 33.53 ^{ba}	16.33± 2.52 ^a
4	39.33±13.01 ^{ba}	96.00± 35.55 ^a	15.33 ± 13.65 ^a
5	69.33±6.43 ^a	43.00±10.58 ^{ba}	14.00 ±7.21 ^a
6	40.67±3.51 ^{ba}	21.67±10.26 ^b	9.00±4.36 ^a
7	49.33± 23.80 ^{ba}	9.00±4.58 ^b	4.67±3.79 ^a
8	36.67±7.09 ^b	15.33±4.04 ^b	3.30 ±2.08 ^a

Los valores representan el promedio ± Desv.Est. Las letras (b-a) representan diferencias estadísticamente significativas entre los promedios evaluados para cada estación mediante la prueba de Tukey.

Según la **Tabla 2** el análisis de las 24 muestras extraídas de los 8 puntos de monitoreo del río Cumbaza se observó en el estereoscopio la presencia de microplástico, donde se puede apreciar la variación de los promedios de concentración de micro plástico en muestra de agua en referencia al tipo de tratamiento, es decir tanto para filamento y

fragmento si existe una diferencia significativa ($p < 0.05$). En los filamentos el tratamiento “5” presenta mayor contaminación por la presencia de microplásticos de forma filamento a diferencia del resto de los tratamientos 2, 3, 7, 1, 6, 4 y 8.

Así mismo en los Fragmentos los tratamientos “4” y “1” son los que presentan mayor contaminación por la presencia de microplásticos de forma de fragmentos a diferencia del resto de los tratamientos 3, 5, 2, 6, 8 y 7.

En relación con microesfera también se puede apreciar la variación de los promedios de concentración de microplásticos en muestra de agua en referencia al tipo de tratamiento, es decir no existe diferencia significativa ($p > 0.05$) en los tratamientos de muestra de agua en la “1”, así mismo para las estaciones 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 entre los promedios evaluados para cada estación mediante la prueba de Tukey.

Tamaño de MPs en las muestras de agua

Para la diferenciación de tamaños se trabajó con un Estereoscopio modelo SMZ-168 con un grado de aumento de 5x. Los tamaños se trabajaron en “ μm ”.

Según el tamaño de los MPs relacionados a los filamentos previamente estudiados de la **Tabla 3** se encontraron un total de 1195 MPs en forma de filamentos, con una variación de tamaños, siendo el punto de muestra “5” con 4934.18 μm por ende este punto se considera el tamaño más dominante seguido del punto “1” con 4923.32 μm . Por otro lado, el mismo punto “5” se encontró un valor mínimo de 1.87 μm .

Tabla 3. *Tamaño de los MPs en micras, según su forma de filamentos.*

Punto de Muestreo	Cantidad	x Promedio	Filamento			
			Vmin	Vmax	DS	CV
1	146	894.49	15.11	4923.32	987.60	1.10
2	182	795.16	26.82	3717.38	699.50	0.88
3	161	743.61	24.63	4191.05	700.10	0.94
4	118	813.87	16.99	4635.47	810.40	1.00
5	208	766.28	1.87	4934.18	825.90	1.08
6	122	776.67	17.05	4744.94	762.84	0.98
7	148	721.01	23.53	3782.65	728.94	1.01
8	110	736.15	49.78	4733.25	838.82	1.14

Para el tamaño de los MPs relacionados a los fragmentos de la **Tabla 4** se encontraron un total de 1106 MPs, por lo cual se puede observar que en el punto de muestra “1” el tamaño relacionado al valor máximo es de 2104.94 μm seguido de 126.72 μm en el punto de muestra “6”. Además, el valor mínimo relacionado al tamaño se puede observar en el punto de muestra “3” con 1.38 μm respectivamente a los puntos de muestra.

Tabla 4. *Tamaño de MPs según su forma de fragmentos.*

Punto de Muestreo	Cantidad	x Promedio	Fragmento			
			Vmin	Vmax	DS	CV
1	262	89.39	23.10	2104.94	159.98	1.79
2	125	136.25	136.25	1061.13	150.45	1.10
3	164	97.76	1.38	1104.89	111.76	1.14
4	288	75.40	26.54	853.73	67.31	0.89
5	129	111.28	19.00	772.60	106.90	0.96
6	65	148.84	32.07	1266.72	208.47	1.40
7	27	198.59	37.96	585.46	165.72	0.83
8	46	234.78	38.47	968.36	222.19	0.95

En el caso de los tamaños en forma de microesferas se identificaron un total de 281 MPs. Teniendo en cuenta que en el punto de muestra “7” tiene un valor máximo de 512.72 μm siendo este el tamaño más grande, y un valor mínimo de tamaño en el punto “1” con 0.19 μm . Según **Tabla 5**.

Tabla 5. *Tamaño de MPs según su forma de microesferas.*

Punto de Muestreo	Cantidad	x Promedio	Microesferas			
			Vmin	Vmax	DS	CV
1	64	45.47	0.19	159.44	22.83	0.50
2	29	51.99	27.67	107.82	21.51	0.41
3	49	48.71	21.56	122.88	20.04	0.41
4	46	45.95	27.34	147.37	19.98	0.43
5	42	49.01	27.45	120.50	17.72	0.36
6	27	48.20	27.35	120.73	20.27	0.42
7	14	109.57	7.39	512.72	126.50	1.15
8	10	114.93	42.58	197.36	70.42	0.61

Colores de los MPS según su forma

Colores de los MPS según su forma

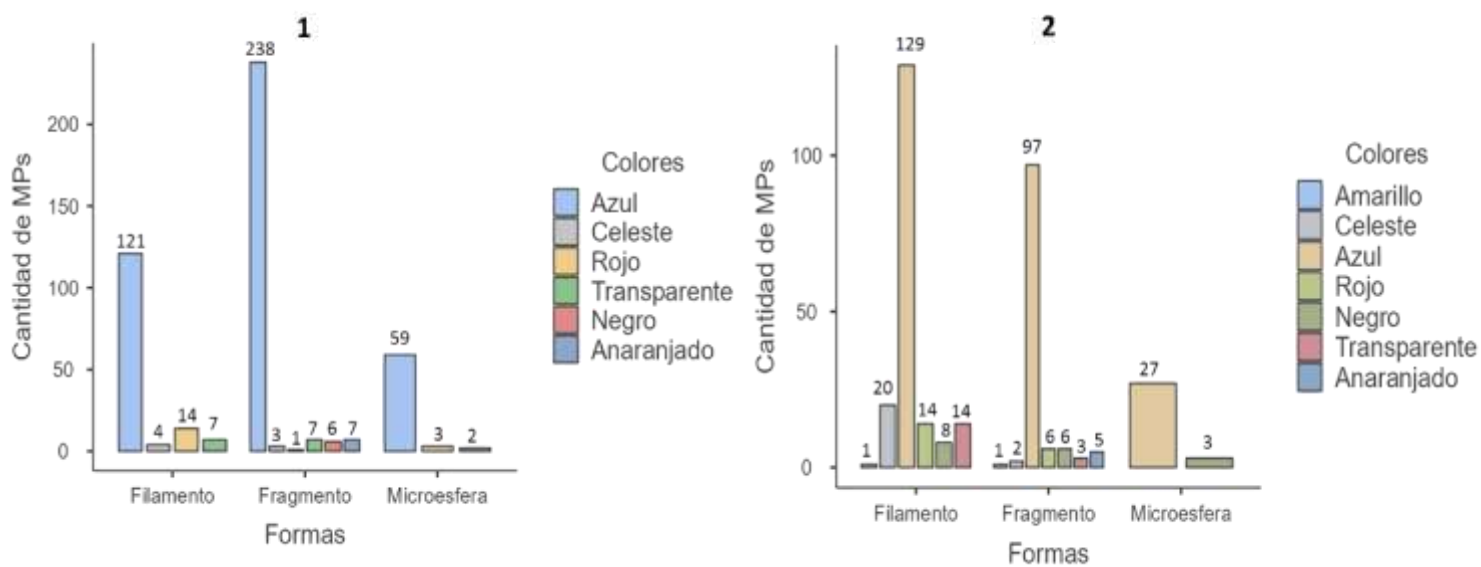


Figura 9. Colores de los MPs en el punto de muestreo "1" y "2"

Fuente: Elaboración propia

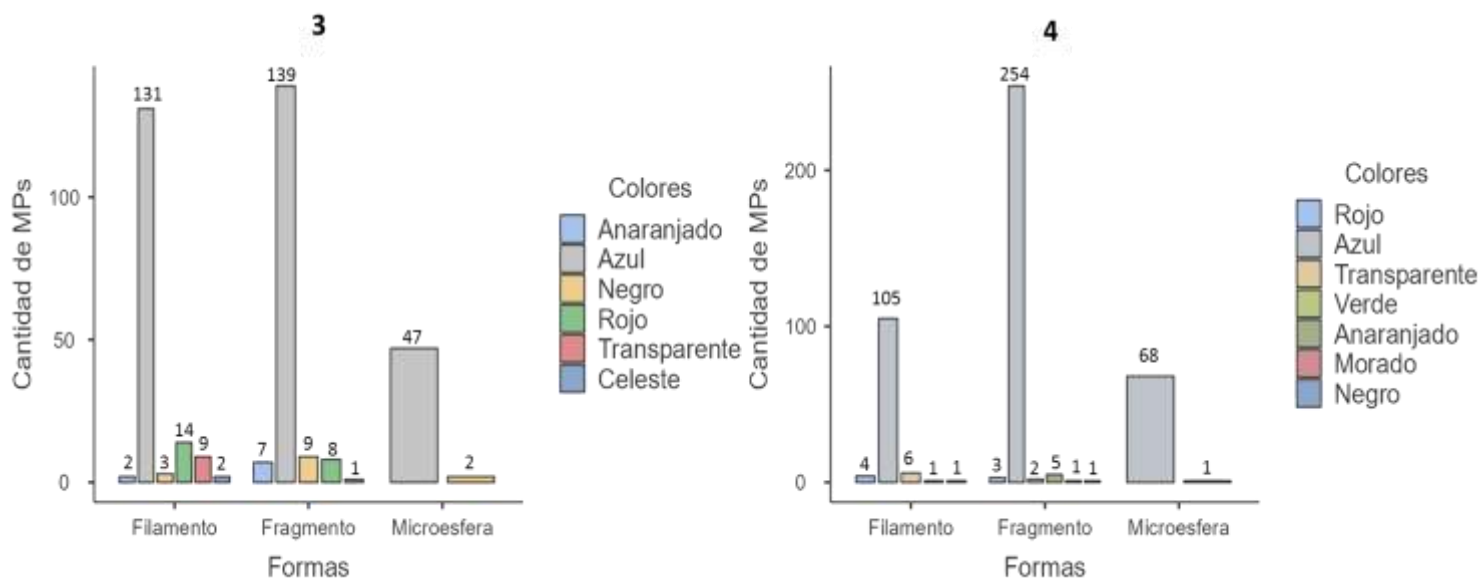


Figura 10. Colores de los MPs en el punto de muestreo "3" y "4".

Fuente: Elaboración Propia

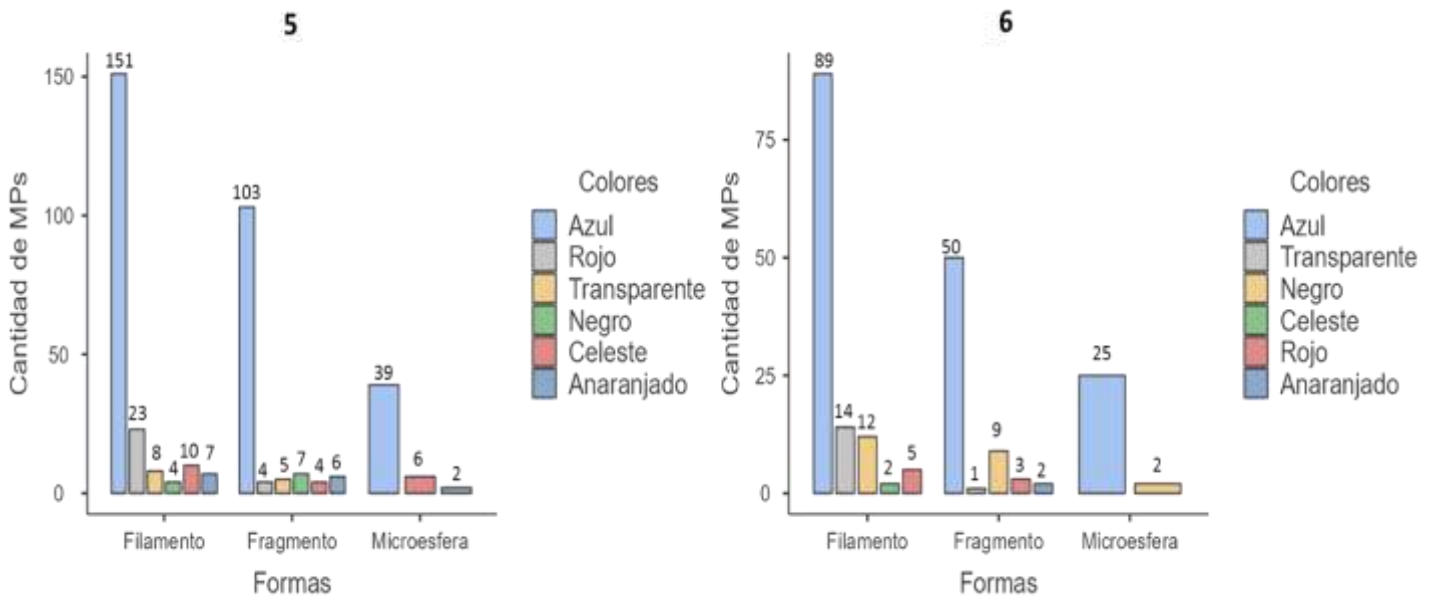


Figura 11. Colores de los MPs en el punto de muestreo "5" y "6".

Fuente: Elaboración Propia

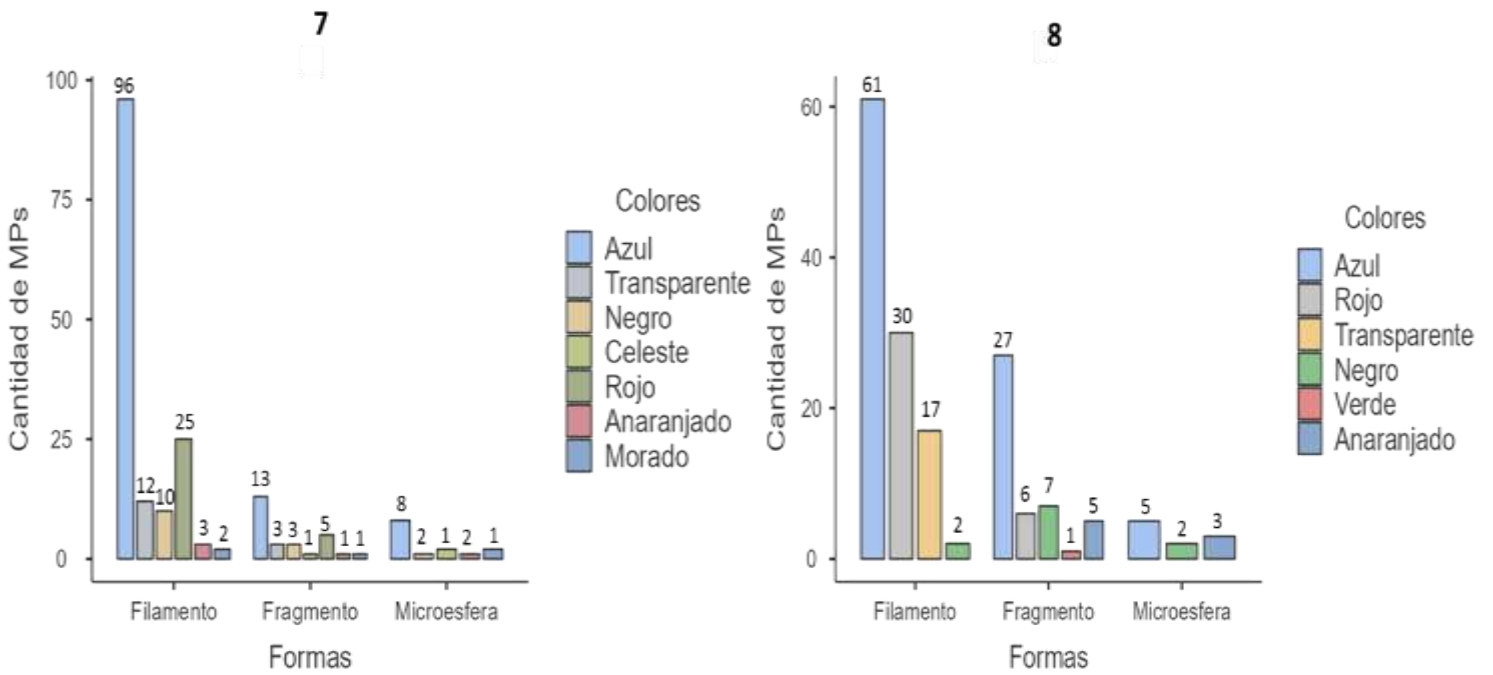


Figura 12. Colores de los MPs en el punto de muestreo "7" Y "8".

Fuente: Elaboración Propia

Según los resultados de la cuantificación de MPs para la visualización de los colores se pudo observar un total de 9 colores, de los cuales fueron el Azul, celeste, rojo, Transparente, Negro, anaranjado, amarillo, verde y morado. En la **Figura 9** el punto “1” el color más predominante fue el azul tanto en filamentos, fragmentos y microesfera seguido del color rojo. En el punto “2” el color más predominante también fue el color azul al igual que en los puntos “3”, “4”, “5”, “6”, “7” y “8”. En el punto de muestreo “5” según la **Figura 11** se encontró en mayor abundancia 151 MPs de color azul en forma de filamentos a comparación de los demás puntos de muestreo según la forma de filamentos, seguido del punto “3” con 131 MPs de color azul. En el caso de fragmentos en el punto “4” hubo 254 MPs de color azul, seguido del punto “3” con 139 MPs. Para microesferas la mayor cantidad de MPs de color azul fue en el punto “4” con 68 MPs presentes de dicho color, seguido de 59 MPs en el punto de muestreo “1”. Los colores menos abundantes fueron en el punto “4” y “8” con el color verde en forma de filamento y fragmento respectivamente, para el caso del color morado se encontró una menor cantidad en el punto “4” en forma de fragmento, y en el punto “7” en forma de filamento, fragmento y microesfera, tal y cómo se puede observar en la **Figura 10 y Figura 12**.

DISCUSIÓN

En la presente investigación se puede demostrar la presencia de tres formas de Micro plásticos (Fragmentos, filamentos y microesferas) de los principales afluentes del río Cumbaza. Los filamentos fueron los que abundaron en el ambiente, ³ lo que podría estar vinculado a alguna fuente de contaminación provenientes de las zonas adyacentes. De esta manera, los filamentos como principales micro plásticos estarían generando impactos negativos no solo al ecosistema del río Cumbaza si no a la población que se beneficia de este recurso y con ello agudizar más el impacto generado por los desechos antrópicos (Deng et al., 2024).

La abundancia de filamentos en el agua se observó en el punto “5” con $69,33 \pm 6,43$ (MPs/L), además con fragmento en el punto “4” con $96,00 \pm 35,55$ (MPs/L) y microesfera en el punto “1” con $21,33 \pm 7,57$ (MPs/L) evaluados en el río Cumbaza, indican que estos micro plásticos provienen de la exposición de plásticos a la interperie donde son fragmentados por diversas causas incluso a la mala gestión de los residuos generados en las personas (L. Yang, Zhang, Kang, Wang, and Wu, 2021). Así mismo en otra investigación (Vidal, Molina, and Duque, 2021) La abundancia de los distintos tipos de MP estudiados fue mayor en 2019 ($521\ 275 \pm 103\ 671,2$ partículas/km²) en comparación de 2015 ($242\ 759,8 \pm 42\ 203,2$ partículas/km²), observándose una acumulación progresiva de estos elementos en la superficie del agua donde se encontraron diferencias en las densidades y tamaños. Además, es evidente que las ciudades urbanas alrededores de los ríos influyen mucho en la contaminación por MP como lo describen en la investigación realizada al Canal Sur de Jiangsu, donde se pudo evidenciar un aumento de MP entre un 26% y un 211% en la diferencia significativa en aguas arriba y aguas abajo (Jin, Fu, Lu, and Wang, 2023). Además en la investigación (Vidal et al., 2021) nos mención que el incremento de la abundancia puede ser resultado de las diferentes características del sitio de estudio y su entorno, y sólo estas características, combinadas

con un manejo ineficiente de los residuos sólidos y una poca o nula cultura ambiental entre sus habitantes, conducen a un aumento en la cantidad de residuos.

Relacionado al tamaño de micro plásticos encontrados, filamentos (4934,18 μm) en el punto de muestra “5”, fragmentos (2104,94 μm) en el punto de muestra “1” y microesferas (512,72 μm) en el punto de muestra “7” se puede ver variación en los tamaños relacionados a la forma debido a los diferentes fenómenos que ocurren en el curso de un río que pueden modificar la concentración de micro plásticos en los diferentes puntos de muestra para realizar los análisis (L. Yang et al., 2021). Este es el caso del agua embotellada. Varios estudios identificaron presencia de partículas plásticas en todas las muestras analizadas. En estos estudios, se consideraron microplásticos aquellas partículas mayores de 5 μm ³⁴ e incluso mayores de 1 μm ³⁵ (Bollaín Pastor and Agulló, 2019). A diferencia de otros contaminantes, los microplásticos no se biodegradan fácilmente y pueden permanecer en el medio ambiente durante cientos de años. Su capacidad para fragmentarse en partículas aún más pequeñas complica su remoción y aumenta su potencial para penetrar en todos los niveles del ecosistema. La acumulación de microplásticos en los sedimentos de los cuerpos de agua puede alterar la estructura del hábitat bentónico y afectar a los organismos que dependen de estos hábitats. (Ali et al., 2024).

El color predominante es el azul en las diversas formas de micro plásticos esto puede conectarse en la cadena alimenticia ya que la población se beneficia de este recurso hídrico como a su vez consumir los peces, así mismo como lo mencionan otras investigaciones influye mucho tanto en la reproducción y las condiciones ambientales para la degradación juntamente con su acumulación en los ríos cercanos a la población debido a que al no contar con un debido abastecimiento optan por medidas más prácticas sin considerar su salud (Okamoto, Nomura, Horie, and Okamura, 2022). Asimismo (Iannacone et al., 2021) en su investigación encontraron datos relevantes con relación a los colores de MP, el más abundante fue el azul, seguido de negro y blanco, fucsia y verde. Además (Peláez et al., 2023) con respecto al color de los microplásticos, el verde correspondió a 13.89 %, rojo 8.33 %, azul 14.44 %, amarillo 3.89 %, blanco 31.11 %, gris 2.22 %, negro 1.12 % y café 2.22 %. El 22.78 % careció de color (transparentes). El resultado encontrado en nuestra investigación juntamente los estudios citados ponen de manifiesto la necesidad urgente de abordar la contaminación por microplásticos a nivel global. Es fundamental mejorar la gestión de residuos y desarrollar políticas eficaces para reducir la liberación de plásticos en el medio ambiente. Además, es crucial aumentar la concienciación pública sobre los riesgos asociados a los microplásticos y fomentar prácticas sostenibles que minimicen su producción y liberación. La protección de los recursos hídricos y la seguridad alimentaria dependen de nuestra capacidad para enfrentar este desafío ambiental de manera efectiva.

CONCLUSIONES

En la microcuenca del Río Cumbaza se observó 3 diferentes formas de MPs de los cuales fueron fragmentos, filamentos y microesferas.

La mayor cantidad de MPs se obtuvo en los filamentos con 1195 Mps (46.28%) seguido de fragmentos con 1106 MPs (42.84%), y microesferas con 281 MPs (10.88%), obteniendo así en su totalidad 2582 MPs.

Los tamaños encontrados en filamentos se obtuvo un valor mínimo de 1.87 μm y un valor máximo de 4934.18 μm , para fragmentos su valor mínimo es de 1.38 con un valor máximo de 2104.94 μm , y para microesfera un valor mínimo de 0.19 μm y un valor máximo de 512.72 μm .

En cuanto al color de los MPs, el color azul es el más predominante en todos los puntos de muestreo (1-8) a comparación de los otros distintos colores encontrados.

REFERENCIAS

Chen, X., Prata Menezes, N., Rusatira, J. C., Cardona, C., Odeku, M., Kioko, D., Castro, J., Ibeawuchi, C., Lincoln, J. S., Ng'wanansabi, D., Yusuph, N., & Rimon, J. G. (2023). Demographic dividend-favorable policy environment in two pre-dividend African nations: review of national policies and prospects for policy amendments in Nigeria and Tanzania. *BMC Public Health*, 23(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-023-15690-z>

Mghili, B., Keznine, M., Hasni, S., & Aksissou, M. (2023). Abundance, composition and sources of benthic marine litter trawled-up in the fishing grounds on the Moroccan Mediterranean coast. *Regional Studies in Marine Science*, 63. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.103002>

Monteiro, R., Andrades, R., Noletto-Filho, E., Pegado, T., Morais, L., Gonçalves, M., Santos, R., Sbrana, A., Franceschini, S., Soares, M. O., Russo, T., & Giarrizzo, T. (2022). GLOVE: The Global Plastic Ingestion Initiative for a cleaner world. *Marine Pollution Bulletin*, 185. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2022.114244>

Long, Z., Pan, Z., Jin, X., Zou, Q., He, J., Li, W., Waters, C. N., Turner, S. D., do Sul, J. A. I., Yu, X., Chen, J., Lin, H., & Ren, J. (2022). Anthropocene microplastic stratigraphy of Xiamen Bay, China: A history of plastic production and waste management. *Water Research*, 226, 119215. <https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2022.119215>

Frias, J. P. G. L., & Nash, R. (2019). Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine Pollution Bulletin*, 138, 145–147. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2018.11.022>

Pazos, R. S. (2021). Estudio de microplásticos en la columna de agua, sedimento intermareal y biota residente en la costa del estuario del Río de la Plata (Franja Costera Sur). <https://doi.org/10.35537/10915/116621>

Leslie, H. A., van Velzen, M. J. M., Brandsma, S. H., Vethaak, A. D., Garcia-Vallejo, J. J., & Lamoree, M. H. (2022). Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environment International*, 163. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2022.107199>

Scherer, C., Weber, A., Stock, F., Vurusic, S., Egerci, H., Kochleus, C., Arendt, N., Foeldi, C., Dierkes, G., Wagner, M., Brennholt, N., & Reifferscheid, G. (2020). Comparative assessment of microplastics in water and sediment of a large European river. *Science of the Total Environment*, 738, 139866. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139866>

Islam, M. S., Islam, Z., & Hasan, M. R. (2022). Pervasiveness and characteristics of microplastics in surface water and sediment of the Buriganga River, Bangladesh. *Chemosphere*, 307(P3), 135945. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135945>

Huanaco, R. (2019a). Diagnóstico de la presencia de microplásticos en sedimentos laterales en la cuenca baja del río rimac.

Melgarejo Velásquez, G. Y. (2022). Microplásticos del agua y sedimento en relación con su acumulación en peces y crustáceos de la cuenca baja del río Lacramarca (Ancash, Perú). *Chimbote: Universidad Nacional de Santa*. <https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/3917/52431.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

González-Soto, N., Campos, L., Navarro, E., Bilbao, E., Guilhermino, L., and Cajaraville, M. P. (2022). Effects of microplastics alone or with sorbed oil compounds from the water accommodated fraction of a North Sea crude oil on marine mussels (*Mytilus galloprovincialis*). *Science of the Total Environment*, 851. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157999>

Hitchcock, J. N., and Mitrovic, S. M. (2019). Microplastic pollution in estuaries across a gradient of human impact *. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.01.069>

Ali, N., Khan, M. H., Ali, M., Sidra, Ahmad, S., Khan, A., ... Kyzas, G. Z. (2024). Insight into microplastics in the aquatic ecosystem: Properties, sources, threats and mitigation strategies. *Science of the Total Environment*, 913(October 2023), 169489. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169489>

Chen, X., Prata Menezes, N., Rusatira, J. C., Cardona, C., Odeku, M., Kioko, D., ... Rimon, J. G. (2023). Demographic dividend-favorable policy environment in two pre-dividend African nations: review of national policies and prospects for policy amendments in Nigeria and Tanzania. *BMC Public Health*, 23(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-023-15690-z>

Deng, Y., Zhu, K., Sun, Y., Xie, L., Jiang, W., Jiang, Y., ... Jia, H. (2024). Aging kinetics and mechanisms of polystyrene microplastic in water under sunlight irradiation: Effects of inorganic cations. *Gondwana Research*, 129, 193–200. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.11.011>

González-Soto, N., Campos, L., Navarro, E., Bilbao, E., Guilhermino, L., and Cajaraville, M. P. (2022). Effects of microplastics alone or with sorbed oil compounds from the water accommodated fraction of a North Sea crude oil on marine mussels (*Mytilus galloprovincialis*). *Science of the Total Environment*, 851. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157999>

Hitchcock, J. N., and Mitrovic, S. M. (2019). Microplastic pollution in estuaries across a gradient of human impact *. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.01.069>

Jin, X., Fu, X., Lu, W., and Wang, H. (2023). The effects of riverside cities on microplastics in river water: A case study on the Southern Jiangsu Canal, China. *Science of the Total Environment*, 858(October 2022), 159783. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159783>

Lee, J., and Jeong, S. (2023). Approach to an answer to “How dangerous microplastics are to the human body”: A systematic review of the quantification of MPs and simultaneously exposed chemicals. *Journal of Hazardous Materials*, 460(June), 132404. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.132404>

Li, K., Xiu, X., and Hao, W. (2024). Chemosphere Microplastics in soils : Production , behavior process , impact on soil organisms , and related toxicity mechanisms. *Chemosphere*, 350(September 2023), 141060. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.141060>

Mghili, B., Keznine, M., Hasni, S., and Aksissou, M. (2023). Abundance, composition and sources of benthic marine litter trawled-up in the fishing grounds on the Moroccan Mediterranean coast. *Regional Studies in Marine Science*, 63. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.103002>

Okamoto, K., Nomura, M., Horie, Y., and Okamura, H. (2022). Color preferences and gastrointestinal-tract retention times of microplastics by freshwater and marine fishes. *Environmental Pollution*, 304(January), 119253. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119253>

Bollaín Pastor, C., and Agulló, D. V. (2019). PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS EN AGUAS Y SU POTENCIAL IMPACTO EN LA SALUD PÚBLICA. *Rev Esp Salud Pública*, 93, 28–29. Retrieved from www.msc.es/resp

Chen, X., Prata Menezes, N., Rusatira, J. C., Cardona, C., Odeku, M., Kioko, D., ... Rimon, J. G. (2023). Demographic dividend-favorable policy environment in two pre-dividend African nations: review of national policies and prospects for policy amendments in Nigeria and Tanzania. *BMC Public Health*, 23(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-023-15690-z>

González-Soto, N., Campos, L., Navarro, E., Bilbao, E., Guilhermino, L., and Cajaraville,

- M. P. (2022). Effects of microplastics alone or with sorbed oil compounds from the water accommodated fraction of a North Sea crude oil on marine mussels (*Mytilus galloprovincialis*). *Science of the Total Environment*, 851. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157999>
- Hitchcock, J. N., and Mitrovic, S. M. (2019). Microplastic pollution in estuaries across a gradient of human impact *. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.01.069>
- Iannacone, J., Principe, F., Minaya, D., Panduro, G., Carhuapoma, M., and Alvarino, 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>
- Lee, J., and Jeong, S. (2023). Approach to an answer to “How dangerous microplastics are to the human body”: A systematic review of the quantification of MPs and simultaneously exposed chemicals. *Journal of Hazardous Materials*, 460(June), 132404. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.132404>
- Li, K., Xiu, X., and Hao, W. (2024). Chemosphere Microplastics in soils : Production , behavior process , impact on soil organisms , and related toxicity mechanisms. *Chemosphere*, 350(September 2023), 141060. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.141060>
- Mghili, B., Keznine, M., Hasni, S., and Aksissou, M. (2023). Abundance, composition and sources of benthic marine litter trawled-up in the fishing grounds on the Moroccan Mediterranean coast. *Regional Studies in Marine Science*, 63. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.103002>
- Peláez, L. A. P., Montes, C. P., Castellanos, L. H., de Jesús Huerta Quero, O., Hernández-Álvarez, C., Estrella, I. A. M., and Rangel, B. S. (2023). Microplastics in beaches within the influence area of the Veracruz Reef System National Park(PNSAV), Mexico. *Hidrobiologica*, 33(2), 231–242. <https://doi.org/10.24275/khdd6042>
- Rahman, A. M. N. A. A., Rusli, A., Abdullah, M. K., Shuib, R. K., Hamid, Z. A. A., Ku Ishak, K. M., ... Shafiq, M. D. (2024). A review of microplastic surface interactions in water and potential capturing methods. *Water Science and Engineering*, (xxx). <https://doi.org/10.1016/j.wse.2023.11.008>
- Thompson, R. C., Moore, C. J., Saal, F. S. V., and Swan, S. H. (2009). Plastics, the environment and human health: Current consensus and future trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2153–2166. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0053>
- Vidal, L., Molina, A., and Duque, G. (2021). Incremento de la contaminación por microplásticos en aguas superficiales de la bahía de Buenaventura, Pacífico colombiano.
- Yang, X., Man, Y. B., Wong, M. H., Owen, R. B., and Chow, K. L. (2022). Environmental health impacts of microplastics exposure on structural organization levels in the human body. *Science of the Total Environment*, 825, 154025. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154025>
- Zhang, W., Zhang, S., Wang, J., Wang, Y., Mu, J., Wang, P., ... Ma, D. (2017). Microplastic pollution in the surface waters of the Bohai Sea, China. *Environmental Pollution*, 231, 541–548. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.058>

Rahman, A. M. N. A. A., Rusli, A., Abdullah, M. K., Shuib, R. K., Hamid, Z. A. A., Ku Ishak, K. M., ... Shafiq, M. D. (2024). A review of microplastic surface

interactions in water and potential capturing methods. *Water Science and Engineering*, (xxx). <https://doi.org/10.1016/j.wse.2023.11.008>

Yang, L., Zhang, Y., Kang, S., Wang, Z., and 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>

Yang, X., Man, Y. B., Wong, M. H., Owen, R. B., and Chow, K. L. (2022). Environmental health impacts of microplastics exposure on structural organization levels in the human body. *Science of the Total Environment*, 825, 154025. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154025>

● 7% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 7% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	doku.pub Internet	3%
2	repositorio.unas.edu.pe Internet	1%
3	repositorio.uns.edu.pe Internet	<1%
4	hdl.handle.net Internet	<1%
5	ncbi.nlm.nih.gov Internet	<1%
6	ana.gob.pe Internet	<1%