

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN  
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y  
AMBIENTAL**



**MORFOMETRÍA DE MICROPLÁSTICOS EN  
SEDIMENTOS: SECTOR DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO  
AMOJÚ, JAÉN**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL**

**AUTOR:**

**Bach. Roxeny Imar Amari Cordova**

**ASESOR:**

**Dr. Segundo Edilberto Vergara Medrano**

Conservación, manejo y aprovechamiento de los recursos naturales.

**JAÉN - PERÚ, NOVIEMBRE, 2024**

NOMBRE DEL TRABAJO

**MORFOMETRÍA DE MICROPLASTICOS EN SEDIMENTOS: SECTOR DE LA CUENCA BAJA DEL RIO AMOJÚ, JAEN**

AUTOR

**Roxeny Imar Amari Cordova**

RECuento DE PALABRAS

**9838 Words**

RECuento DE CARACTERES

**53263 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**65 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**4.6MB**

FECHA DE ENTREGA

**Nov 13, 2024 9:34 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Nov 13, 2024 9:35 AM GMT-5**

● **4% de similitud general**

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

- 2% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

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

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN  
  
**Dr. Alexander Human Mera**  
Coordinador de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería



## ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el 28 de noviembre 2024, siendo las 10:30 horas, se reunieron los integrantes del Jurado Evaluador designados con Resolución N° 1024-2024-UNJ/FI.

Presidente, Dra. Mariela Núñez Figueroa

Secretario, Mg. María Marleni Torres Cruz

Vocal, Mg. Annick Estefany Huaccha Castillo

para evaluar la sustentación del Informe Final de Tesis titulado: "MORFOMETRÍA DE MICROPLÁSTICOS EN SEDIMENTOS: SECTOR DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO AMOJÚ, JAÉN", cuyo autor es Roxeny Imar Amari Cordova, de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, teniendo como asesor al Dr Segundo Edilberto Vergara Medrano;

Después de la sustentación y defensa, el Jurado Evaluador acuerda:

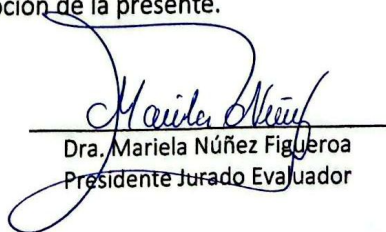
() Aprobar    ( ) Desaprobar    () Unanimidad    ( ) Mayoría


Con la siguiente mención:

Excelente	18, 19, 20	( )
Muy bueno	16, 17	( 16 )
Bueno	14, 15	( )
Regular	13	( )
Desaprobado	12 o menos	( )

Siendo las 11:15 horas, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

  
Mg. María Marleni Torres  
Cruz  
Secretario Jurado Evaluador

  
Dra. Mariela Núñez Figueroa  
Presidente Jurado Evaluador

  
Mg. Annick Estefany Huaccha  
Castillo  
Vocal Jurado Evaluador

# ÍNDICE

	Pág.
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>II</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>III</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	<b>VI</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>VII</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>VIII</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>10</b>
<b>II. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>13</b>
2.1 Materiales, equipos y reactivos .....	13
2.2 Área de estudio .....	13
2.3 Métodos, técnicas, procedimientos e instrumentos de recolección de datos.....	15
<b>III. RESULTADOS</b> .....	<b>21</b>
3.1 Microplásticos detectados en cada estación de muestreo.....	21
3.2 Características morfométricas de los microplásticos presentes .....	23
3.3 Principales fuentes de microplásticos.....	27
<b>IV. DISCUSIÓN</b> .....	<b>29</b>
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>32</b>
5.1 Conclusiones .....	32
5.2 Recomendaciones .....	32
<b>VI. REFERENCIAS</b> .....	<b>34</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>40</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>41</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>42</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1</b> <i>Ubicación georreferenciada y altura (msnm) de las estaciones de muestreo</i> .....	15
<b>Tabla 2</b> <i>Microplásticos presentes por estación de muestreo</i> .....	21
<b>Tabla 3</b> <i>Formas de microplásticos por estación de muestreo</i> .....	23
<b>Tabla 4</b> <i>Clasificación según el tamaño de microplásticos</i> .....	25
<b>Tabla 5</b> <i>Colores de microplásticos presentes en las estaciones de muestreo</i> .....	26
<b>Tabla 6</b> <i>Tabla de recolección de datos en campo</i> .....	56
<b>Tabla 7</b> <i>Peso de muestras después del tamizado</i> .....	57
<b>Tabla 8</b> <i>Forma y cantidad de microplásticos por estación de muestreo</i> .....	58
<b>Tabla 9</b> <i>Cantidad de solución de cloruro de sodio utilizado por estación</i> .....	59
<b>Tabla 10</b> <i>Microplásticos identificados</i> .....	60
<b>Tabla 11</b> <i>Partículas de plástico identificadas</i> .....	65

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1</b> <i>Sector de estudio y estaciones de muestreo de la investigación</i> .....	14
<b>Figura 2</b> <i>Estaciones de muestreo identificadas en el cauce estudiado</i> .....	16
<b>Figura 3</b> <i>Distribución de muestras por cada estación</i> .....	17
<b>Figura 4</b> <i>Porcentajes de formas de microplásticos en las estaciones de muestreo</i> .....	24
<b>Figura 5</b> <i>Porcentaje de microplásticos por rango de tamaño</i> .....	25
<b>Figura 6</b> <i>Cantidad de microplásticos según colores</i> .....	26
<b>Figura 7</b> <i>Incidencia de la PTAR de la EPS Marañón sobre la estación de muestreo 2</i> .....	27
<b>Figura 8</b> <i>Botadero en la margen izquierda del río debido a la inadecuada gestión de residuos sólidos</i> .....	28
<b>Figura 9</b> <i>Flujograma de procesos</i> .....	42
<b>Figura 10</b> <i>Estación de muestreo 1 (E1)</i> .....	43
<b>Figura 11</b> <i>Estación de muestreo 2 (E2)</i> .....	43
<b>Figura 12</b> <i>Estación de muestreo 3 (E3)</i> .....	44
<b>Figura 13</b> <i>Estación de muestreo 4 (E4)</i> .....	44
<b>Figura 14</b> <i>Estación de muestreo 5 (E5)</i> .....	45
<b>Figura 15</b> <i>Estación de muestreo 6 (E6)</i> .....	45
<b>Figura 16</b> <i>Identificación de puntos de muestreo</i> .....	46
<b>Figura 17</b> <i>Colecta de muestras</i> .....	46

<b>Figura 18</b> <i>Táper utilizado para la colecta de muestras</i> .....	47
<b>Figura 19</b> <i>Depósito de muestras en bolsas para su traslado</i> .....	47
<b>Figura 20</b> <i>Traslado de muestras al laboratorio</i> .....	48
<b>Figura 21</b> <i>Separación de muestras por estación de muestreo</i> .....	49
<b>Figura 22</b> <i>Pesado de muestras</i> .....	49
<b>Figura 23</b> <i>Mezclado de muestras</i> .....	50
<b>Figura 24</b> <i>Pesado de muestras totales por estación</i> .....	50
<b>Figura 25</b> <i>Muestras listas para estufa (500 g)</i> .....	51
<b>Figura 26</b> <i>Secado de muestras a 90 °C por 24 horas</i> .....	51
<b>Figura 27</b> <i>Pesado de muestras secas</i> .....	52
<b>Figura 28</b> <i>Tamizado de muestras</i> .....	52
<b>Figura 29</b> <i>Separación de muestras según tamiz</i> .....	53
<b>Figura 30</b> <i>Preparación de solución cloruro de sodio</i> .....	53
<b>Figura 31</b> <i>Separación de muestras por densidad</i> .....	54
<b>Figura 32</b> <i>Filtrado de muestras</i> .....	54
<b>Figura 33</b> <i>Muestras retenidas en el papel filtro</i> .....	54
<b>Figura 34</b> <i>Identificación de microplásticos presentes</i> .....	55

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
<b>Anexo 1.</b> <i>Flujograma de procesos</i> .....	42
<b>Anexo 2.</b> <i>Estaciones de muestreo</i> .....	43
<b>Anexo 3.</b> <i>Delimitación de puntos de muestreo y extracción de muestras</i> .....	46
<b>Anexo 4.</b> <i>Análisis de muestras</i> .....	49
<b>Anexo 5.</b> <i>Identificación de muestras</i> .....	55
<b>Anexo 6.</b> <i>Tablas de obtención de datos</i> .....	56
<b>Anexo 7.</b> <i>Pesos de muestra según tamiz</i> .....	57
<b>Anexo 8.</b> <i>Forma y cantidad de microplásticos por estación de muestreo</i> .....	58
<b>Anexo 9.</b> <i>Cantidad de cloruro de sodio por estación</i> .....	59
<b>Anexo 10.</b> <i>Microplásticos identificados</i> .....	60
<b>Anexo 11.</b> <i>Partículas de microplásticos identificadas</i> .....	65



## **RESUMEN**

Los microplásticos representan un creciente problema cotidiano. Estudios han confirmado que se encuentran en el cuerpo humano y animal, y están asociados con problemas en los riñones, el hígado, la sangre, el sistema nervioso, entre otros. El objetivo de la investigación fue cuantificar y determinar la morfometría de microplásticos en sedimentos en la cuenca baja del río Amojú, Jaén. Para la separación de microplásticos se utilizó solución de cloruro de sodio al 1,2 g/cm<sup>3</sup> para su posterior caracterización morfométrica. Se identificaron 91 partículas de microplásticos en seis estaciones de muestreo, incluyendo fibras, fragmentos y laminares, con tamaños que varían de 0.229 mm a 5 mm y colores como azul, negro, blanco, rojo, beige, verde y morado. Se identificaron dos fuentes de contaminación: puntual y difusa, predominando esta última. Las fuentes puntuales estuvieron relacionadas con la gestión inadecuada de residuos y el mal funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la EPS Marañón. Se concluye que el río Amojú está contaminado por microplásticos, lo cual podría estar afectando la salud de los habitantes que consumen agua de este río, en este sentido, la investigación insta a las autoridades pertinentes a tomar medidas inmediatas ante este problema ambiental.

**Palabras clave: fibras, fragmentos, films, punto crítico, PTAR y colores.**

## **ABSTRACT**

Microplastics represent a growing daily problem. Studies have confirmed that they are found in the human and animal body, and are associated with problems in the kidneys, liver, blood, nervous system, among others. The objective of the research was to quantify and determine the morphometry of microplastics in sediments in the lower basin of the Amojú River, Jaén. To separate microplastics, a 1.2 g/cm<sup>3</sup> sodium chloride solution was used for subsequent morphometric characterization. 91 microplastic particles were identified at six sampling stations, including fibers, fragments and films, with sizes ranging from 0.229 mm to 5 mm and colors such as blue, black, white, red, beige, green and purple. Two sources of pollution were identified: point and diffuse, with the latter predominating. The point sources were related to inadequate waste management and the poor functioning of the EPS Marañón Wastewater Treatment Plant. It is concluded that the Amojú River is contaminated by microplastics, which could be affecting the health of the inhabitants who consume water from this river. In this sense, the investigation urges the relevant authorities to take immediate measures to address this environmental problem.

**Keywords: fibers, fragments, films, critical point, PTAR and colors.**

## I. INTRODUCCIÓN

La proliferación de microplásticos en los ecosistemas acuáticos y terrestres representa una preocupación creciente para la comunidad científica y los defensores del medio ambiente. Según el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2024), se anticipa un aumento significativo en la producción de plásticos en los próximos años, lo que podría exacerbar aún más el problema de los microplásticos. De acuerdo con Parker (2024), en el año 2020 se generaron más de 367 millones de toneladas de diversos tipos de plástico, y se proyecta que esta cifra podría aumentar hasta cinco veces para el año 2050. Este aumento alarmante plantea serias preocupaciones debido a la toxicidad de los microplásticos para los seres vivos en general.

El río Amojú constituye la principal fuente de abastecimiento de agua para Jaén, ubicada en la región de Cajamarca. Con el paso del tiempo, se ha observado que tanto el curso del río como sus orillas han sido utilizados como depósito de desechos y aguas residuales por parte de la población cercana (Samamé y Saldaña, 2017, p. 25). Dada su relevancia ambiental, el río Amojú desempeña un papel crucial al formar parte de la cuenca del río Marañón, siendo esencial para el suministro de agua a todos los habitantes de Jaén (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2020). Además, aproximadamente 4500 hectáreas de tierras de cultivo de arroz en el valle de esta cuenca dependen de sus aguas, convirtiéndolo en un área de gran importancia ambiental (Gobierno Regional de Cajamarca, 2024).

Manrique (2019) indica que anualmente se descargan más de 8 millones de toneladas de plásticos de diferentes tipos en el entorno natural, resaltando que estos son transportados por la escorrentía hacia los ríos, desde donde alcanzan los océanos. Por su parte, Parker (2024) señala que aproximadamente se arrojan al medio ambiente unos 10 cubos de plástico por minuto en todo el mundo, lo cual constituye una seria amenaza para la humanidad. En contraste, Vásquez et al. (2021) calculan que, de no implementarse medidas, para el año 2025 habrá una tonelada de plástico por cada tres toneladas de pescado.

La Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2024) refiere que la descomposición de botellas, bolsas y envases genera gradualmente fragmentos más diminutos como resultado de la exposición al sol, el viento, las olas y otros elementos ambientales. Estos fragmentos más pequeños pueden eventualmente transformarse en microplásticos. Además, hace mención que, ciertos productos de consumo, como cosméticos, artículos de cuidado personal y prendas de vestir fabricadas con fibras sintéticas, pueden contener microplásticos en su composición. Estos microplásticos tienen la capacidad de liberarse en el entorno durante el uso y el lavado de dichos productos.

El Ministerio del Ambiente (2024) define a los microplásticos como partículas plásticas de menos de 5 mm de longitud, que pueden provenir de la fragmentación de plásticos de mayor tamaño. Los microplásticos pueden entrar al medioambiente debido a las actividades humanas como la pesca, el turismo y de plantas tratadoras de aguas residuales, así como escurrimientos pluviales.

En la actualidad, las acciones negligentes de las personas están ocasionando una mortalidad significativa debido a la excesiva introducción de microplásticos en el medio ambiente, los cuales representan una seria amenaza tanto para la vida silvestre, la vegetación como para los seres humanos (Purca y Henostroza, 2017). García (2023) señala que los microplásticos se encuentran en diversos entornos, como alimentos, animales, agua potable e incluso se han detectado en muestras de heces humanas, lo que subraya la necesidad urgente de tomar medidas para salvaguardar la salud pública.

Numerosas instituciones de investigación y científicos consideran que los microplásticos son un tema de gran preocupación en la actualidad. Esto se debe a que varios estudios han demostrado la presencia de microplásticos en distintos órganos del cuerpo humano, incluyendo la circulación sanguínea (Velarde, 2024). Esta presencia se explica por el proceso de acumulación de microplásticos en plantas, animales y humanos, lo que podría resultar en efectos tóxicos y problemas de salud cuando son ingeridos (Huanaco, 2021).

Con el fin de comprender a fondo el impacto ambiental de los residuos sólidos en el río Amojú y los mecanismos de dispersión de los microplásticos, se realizó un estudio en la parte baja de este curso de agua. Considerando la significativa carga de desechos a la que está expuesto el río debido a actividades humanas y la carencia de una gestión adecuada, se determinó la morfometría de los microplásticos, cuantificando, clasificando e identificando sus fuentes de contaminación. Los resultados de esta investigación son fundamentales para fortalecer la gestión de la calidad ambiental en Jaén, promoviendo prácticas adecuadas de manejo de residuos y protegiendo así la salud de la población y el entorno natural.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Materiales, equipos y reactivos

#### ➤ Materiales

Se utilizó vasos de precipitado de vidrio de 1000 ml, vasos de precipitado de vidrio de 600 ml, embudo de vidrio, diámetro 10 cm, probeta de vidrio de 100 ml, probeta de vidrio de 1000 ml, matras de 1000 ml, placa Petri, diámetro 10 cm, espátula de metal, soporte universal y ganchos, papel aluminio, bolsas Ziploc, táper con tapa hermética, papel filtro de Whatman de 125 mm diámetro, tamices de bronce de malla 4.75 mm, 2 mm 150  $\mu$ m.

#### ➤ Equipos

Los principales equipos utilizados fueron: balanza analítica (precisión 0,1 g) marca AND modelo FX-2000i, estereoscopio trinocular LED con brazo de 7x-45x con cámaras de 5 MP, estufa eléctrica, agitador magnético, tamizador electrónico marca Orión modelo TE 01, tamiz estándar para ensayo: 4.75 mm – 2 mm – 150  $\mu$ m marca Gran Test modelo ASTM E – 11/2009.

#### ➤ Reactivos

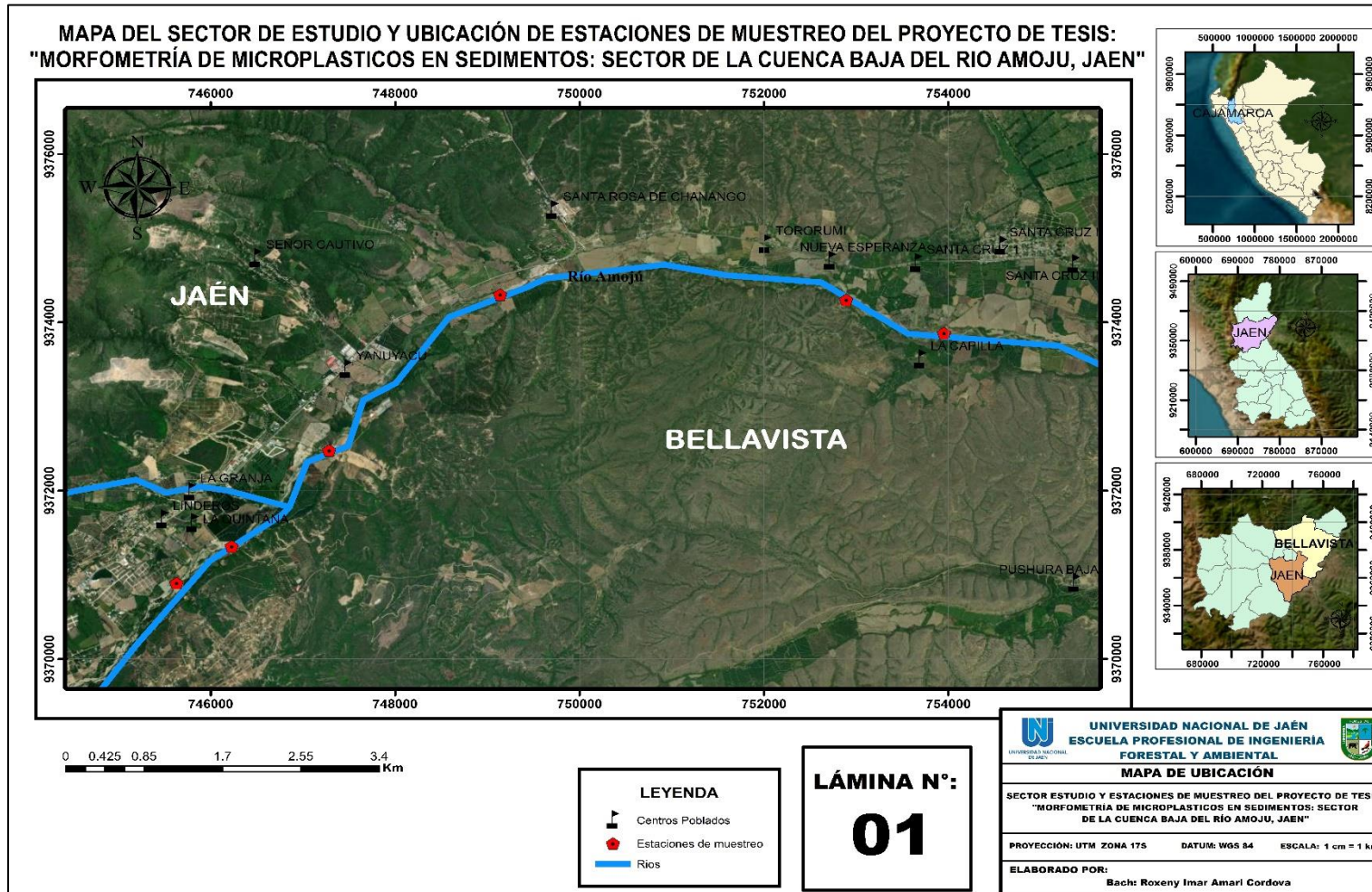
Se utilizó Cloruro de sodio (NaCl) y agua destilada (H<sub>2</sub>O)

### 2.2 Área de estudio

El área de estudio estuvo comprendida en el sector bajo del río Amojú desde el colegio Montessori School hasta el centro poblado Santa Cruz – distrito de Bellavista, en el cual se ubicaron seis estaciones de muestreo; las primeras cuatro de seis localizados en el distrito de Jaén y las dos restantes en el distrito de Bellavista (ver figura 1)

**Figura 1**

*Sector de estudio y estaciones de muestreo de la investigación*



Nota: En la figura 1 se muestra la zona de incidencia de estudio en la cual se identificaron 6 estaciones las cuales se nombrarán como E1, E2, E3, E4, E5, E6

## 2.3 Métodos, técnicas, procedimientos e instrumentos de recolección de datos

### ➤ Fase de campo

#### a) Identificación de las estaciones de muestreo

Seleccionar las áreas de muestreo implicó examinar la literatura y los datos disponibles, identificar las actividades en la región cercana a la cuenca baja del río Amojú, y considerar los accesos a las zonas de muestreo (ver anexo 2). Según la investigación bibliográfica realizada, la presencia de microplásticos se asocia con actividades como el tratamiento de aguas residuales, vertederos de residuos sólidos, y la densidad de población según lo referido por Huanaco (2021), Margenat et al. (2021) y Benavente (2021).

Se realizó una inspección preliminar de la cuenca baja con el fin de determinar la cantidad de estaciones requeridas, basándose en la metodología propuesta por Sarker y Huda (2022), Balarezo y Barbecho (2021), Bollaín y Vicente (2019), y Manrique (2019). Durante este reconocimiento, se identificaron seis áreas donde se descargan efluentes y se encuentran vertederos de residuos sólidos (ver figura 2).

**Tabla 1**

*Ubicación georreferenciada y altura (msnm) de las estaciones de muestreo*

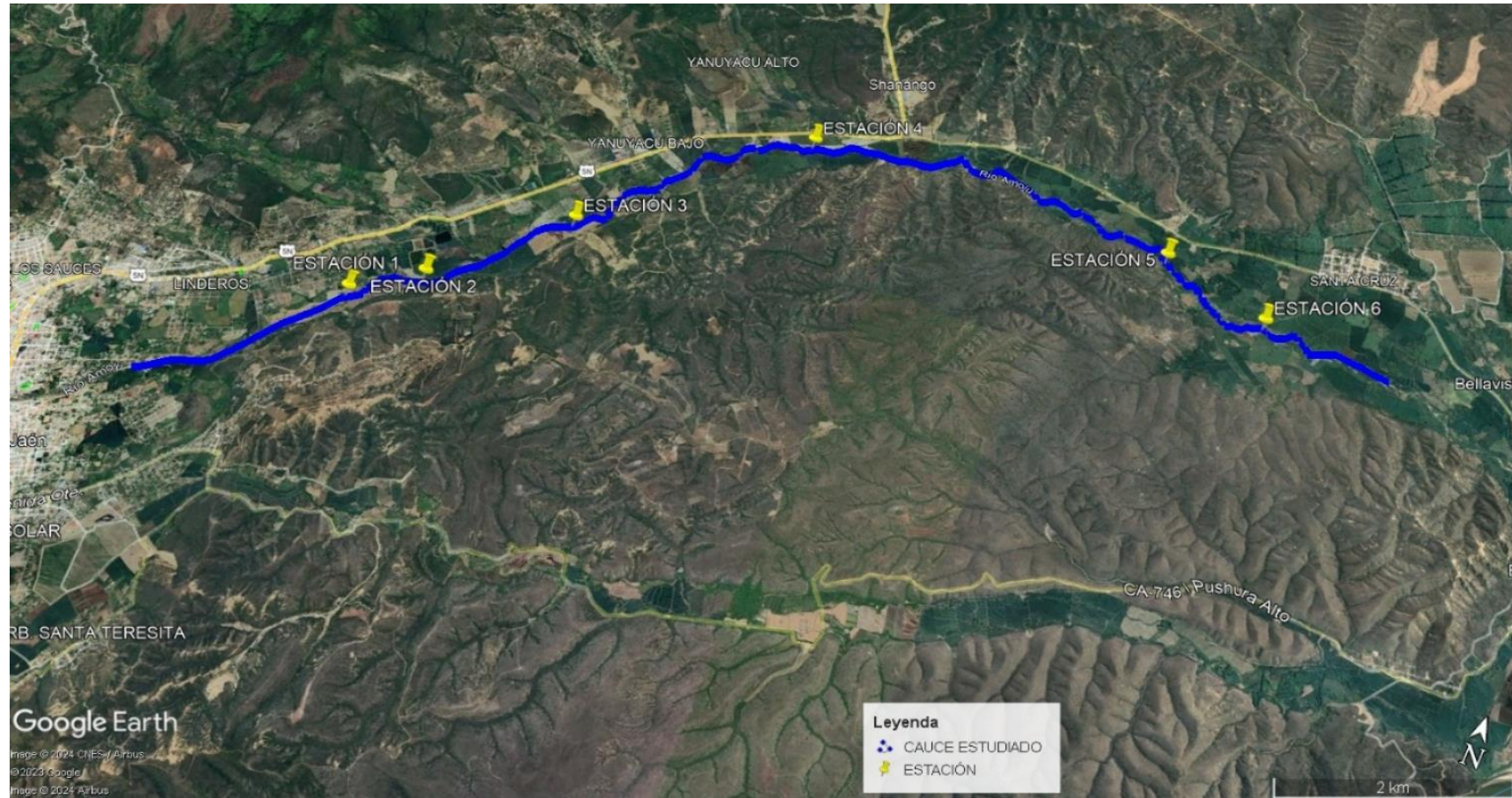
Estación	Coordenadas		Altitud (m.s.n.m.)
	E	N	
<b>E1</b>	745629.5	9370902	650
<b>E2</b>	746227	9371338.3	610
<b>E3</b>	747284.7	9372478.6	580
<b>E4</b>	749139.6	9374330.9	535
<b>E5</b>	752892.6	9374268.1	475
<b>E6</b>	753954.4	9373872.4	460

Nota: En la tabla 1 se presenta la ubicación geográfica de las estaciones de estudio identificadas.



## Figura 2

*Estaciones de muestreo identificadas en el cauce estudiado*



Nota: En la figura 2 se presenta la ubicación geográfica de las estaciones identificadas donde el color amarillo representa a la estación y el color azul el cauce de la zona de estudio.

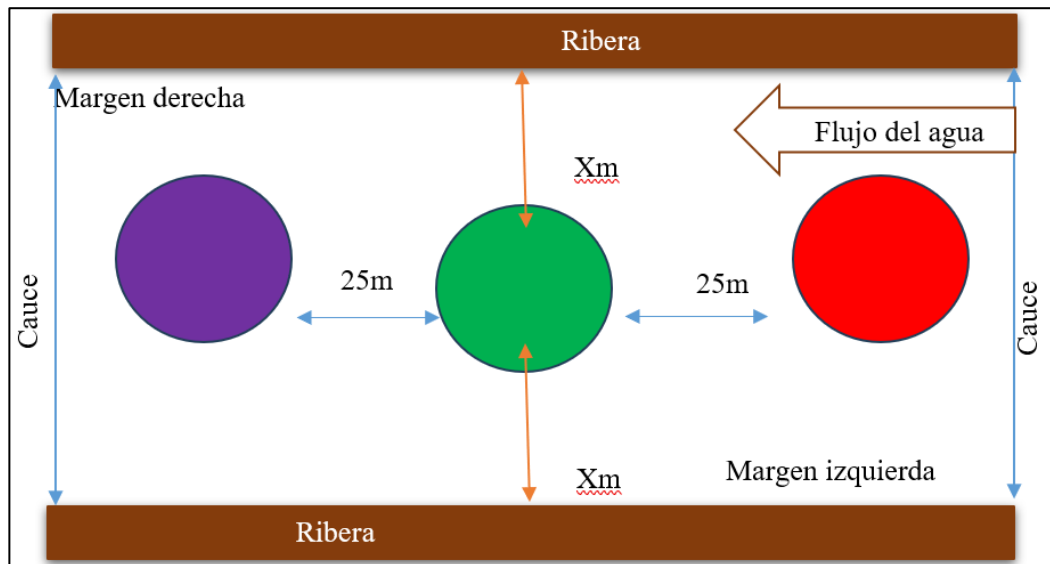
Una vez que se identificaron las estaciones o puntos de obtención de muestras, se registraron sus coordenadas geográficas (ver tabla 1), se procedió a la colecta de las muestras, siguiendo la recomendación de Segarra et al. (2023), Sarker et al. (2022), Rojo (2022) y Pan et al (2020), teniendo presente las condiciones reales del río Amojú.

### b) Delimitación de las estaciones de muestreo

Se establecieron seis estaciones o áreas de muestreo, de las cuales se tomaron tres muestras de sedimento de cada área de muestreo, siendo un total de dieciocho muestras obtenidas en todo el sector de estudio. La primera muestra fue recolectada del punto de referencia de cada área de muestreo, situado en el centro del cauce actual del agua. La segunda muestra se tomó 25 metros río arriba del punto de referencia, mientras que la tercera muestra se tomó 25 metros río abajo del punto de referencia (ver figura 3).

**Figura 3**

*Distribución de muestras por cada estación*



Nota: Verde: punto de referencia central de cada estación de muestreo en donde se tomó la primera muestra/ punto de muestreo 1, Morado: punto de muestreo 2 en donde se obtuvo la segunda muestra y Rojo: punto de muestreo 3 donde se obtuvo la tercera muestra,  $X_m$ : distancia respecto a cada margen la cual varía según las condiciones físicas del cauce.

### **c) Colecta de muestras**

- Con un táper de material plástico cuyas medidas fueron 5 cm alto x 10 cm de ancho (ver figura 18) en el cual se colectó el sedimento de los puntos de muestreo de cada estación, esto se realizó mediante el arrastre del contenedor (previamente codificado) sobre el sedimento del lecho hasta el llenado del depósito, procediendo a tapar herméticamente manteniendo sumergido (ver anexo 3).
- Luego se procedió a disponer las muestras de sedimento en bolsas Ziploc codificadas para su posterior traslado. Cabe precisar que para el transporte y almacenamiento adecuado de las muestras se utilizó contenedor plástico de 500 ml (ver anexo 3).

### **➤ Fase de laboratorio**

En el laboratorio de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén se procedió a analizar las muestras recolectadas, siguiendo el método descrito por Mendes et al. (2023) y Benavente (2021). Por lo que, se llevaron a cabo las siguientes acciones (ver anexo 3):

#### **a). Preparación de muestras**

- Organización de las muestras recolectadas de acuerdo a su código de etiquetado con la finalidad de pesarlas.
- Posteriormente, se pesaron las muestras húmedas individuales de cada estación (tres muestras) y se registraron los datos de peso en gramos, obteniendo 18 datos (ver tabla 7)
- Mezcla e integración de las muestras (3) de cada estación en una sola.
- A continuación, se calculó el peso total de las muestras por estación. (ver tabla 7)
- y se extrajo una muestra de 500 gramos, la cual se depositó en un recipiente de aluminio.
- Una vez en el recipiente de aluminio, la muestra fue sometida a un proceso de secado en una estufa a 90°C durante 24 horas, conforme a las recomendaciones de Lino (2022).

- Después de este período, las muestras se dejaron reposar durante 12 horas.
- Pasadas las 12 horas, las muestras secas se colocaron en bolsas ziploc y se pesaron.
- Una vez pesadas, las muestras fueron tamizadas durante dos minutos utilizando tamices de 4.75 mm, 2 mm y 150  $\mu\text{m}$  respectivamente.
- Posteriormente, las muestras obtenidas de cada tamiz se almacenaron en bolsas ziploc.

**b). Preparación de solución de Cloruro de Sodio**

Para la preparación de la solución de cloruro de sodio se consideró el procedimiento de Hernández et al. (2018) y de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (2015), por lo que se realizó las siguientes actividades

- Se tomó una cantidad de 120 gramos de cloruro de sodio (NaCl) y se depositó en un vaso precipitado.
- Posteriormente, se añadió un litro de agua destilada al vaso para obtener una solución saturada de cloruro de sodio con una densidad de 1,2  $\text{g}/\text{cm}^3$ . Considerando esta densidad (1,2  $\text{g}/\text{cm}^3$ ), se espera que los plásticos de alto volumen de producción, como el PP, PE, PS, PC y ABS, puedan ser separados, mientras que otros plásticos, como el PVC, PMMA y PA, se recuperarán parcialmente, según lo mencionado por Manrique (2019).
- A continuación, las muestras fueron sometidas a la agitación magnética a 200 rpm durante 20 minutos.
- Después de transcurrido ese tiempo, la solución se dejó reposar durante 2 minutos y luego se transfirió a probetas de 1000 ml.

**c). Separación de micro plásticos por densidad**

- Se pesó las muestras resultantes de cada tamiz (4.75 mm, 2 mm, 150  $\mu\text{m}$ ) y se colocaron en vasos de precipitado.
- Se calculó el volumen de la solución de NaCl para cada muestra de los tamices (4.75 mm, 2 mm, 150  $\mu\text{m}$ ) respecto al peso de cada muestra del tamiz correspondiente.

120 g de NaCl ..... 1000 ml de H<sub>2</sub>O

Peso de muestra (g)..... X ml de solución

= a X ml de solución de NaCl

- Luego con ayuda de una probeta se midió la cantidad de solución de NaCl para cada muestra y se agregó a los vasos precipitados sobre las muestras de cada tamiz.
- Luego se llevó al agitador magnético a 200 rpm por 20 minutos.
- Pasado este tiempo se dejó reposar por 12 horas, donde se obtuvo dos fases: una de material sedimentable y otro de micro plásticos.
- Una vez identificado estas fases con una espátula de metal se procedió a quitar las partículas flotantes y se depositó en una placa Petri debidamente codificada.
- A continuación, la solución restante se filtró en un embudo de vidrio sobre un matraz de 1 000 ml.
- Finalmente, las partículas obtenidas en el papel filtro se colocaron en placas Petri para su observación.

**d). Observación e identificación de microplásticos**

Una vez obtenidos los microplásticos y colocados en las placas Petri o en el papel filtro, se procedió a identificar el tipo de microplástico y sus características (ver anexo 4).

➤ **Fase de gabinete**

Después de identificar y medir los microplásticos en cada estación de muestreo, se procedió a examinar los datos utilizando el Test de ANOVA en IBM SPSS Statistics 25. También se realizó un análisis de la distribución geográfica de los microplásticos utilizando el software ArcGIS.

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Microplásticos detectados en cada estación de muestreo

En la tabla 2 se muestra la presencia de microplásticos en las diferentes estaciones de muestreo. Se encontró 91 microplásticos en las 6 estaciones de muestreo, la estación con mayor cantidad de microplásticos fue la estación 4, con un total de 31 unidades, seguido por la estación 3 que presentó un total de 26 unidades microplásticos, a continuación, le siguen las estaciones 5, 1 y 2 con 13, 8 y 8 unidades de microplásticos respectivamente, siendo la estación 6 la que presenta una menor cantidad de microplásticos (5 unidades).

**Tabla 2**

*Microplásticos presentes por estación de muestreo*

Estación	Intervalo de Tamices	Medidas de MPs según tamiz (mm)	Medida promedio de MPs según tamiz	Cantidad de MPs según medida de tamiz	Total
E1	2 - 4.75 mm	3.250, 2.508, 2.059	2.606	3	8
	0.15 - 2 mm	1.097, 0.860, 0.758, 0.259, 0.258	0.646	5	
	0 - 150 $\mu$ m		0	0	
E2	2 - 4.75 mm	2.719, 1.093, 3.563	2.458	3	8
	0.15 - 2 mm	1.738, 1.462, 0.925, 0.919, 0.703	1.149	5	
	0 - 150 $\mu$ m		0	0	
E3	2 - 4.75 mm	4.837, 4.627, 3.939, 3.309, 3.753, 3.730, 3.042, 2.718, 2.700, 2.279, 2.246, 2.070, 2.049	3.177	13	26

Estación	Intervalo de Tamices	Medidas de MPs según tamiz (mm)	Medida promedio de MPs según tamiz	Cantidad de MPs según medida de tamiz	Total
	0.15 - 2 mm	1.647, 1.640, 1.429, 1.360, 1.089, 1.060, 0.762, 0.725, 0.805, 0.588, 0.551, 0.533, 0.477	0.974	13	
	0 - 150 $\mu$ m		0	0	
	2 - 4.75 mm	3.076, 2.823, 2.491	2.797	3	
E4	0.15 - 2 mm	1.731, 1.688, 1.681, 1.650, 1.650, 1.514, 1.436, 1.415, 1.367, 1.343, 1.317, 1.307, 1.170, 1.011, 1.086, 0.878, 0.775, 0.715, 0.695, 0.670, 0.638, 0.597, 0.596, 0.535, 0.501, 0.408, 0.321, 0.289, 0.288	0.987	28	31
	0 - 150 $\mu$ m		0	0	
	2 - 4.75 mm	4.558, 3.690, 3.215, 3.141, 3.095, 2.657, 2.524	3.133	8	
E5	150 - 2 mm	1.328, 1.279, 1.129, 0.663, 0.663	1.012	5	13
	0 - 150 $\mu$ m		0	0	
	2 - 4.75 mm	2.903, 2.763	2.833	2	
E6	150 - 2 mm	1.877, 1.224, 0.229	1.11	3	5
	0 - 150 $\mu$ m		0	0	
	<b>TOTAL</b>			<b>91</b>	<b>91</b>

Nota: distribución de microplásticos según los intervalos de tamiz 2 – 4.75 mm, 150 – 2 mm, 0 – 150  $\mu$ m

### 3.2 Características morfométricas de los microplásticos presentes

#### ➤ Formas de microplásticos

La tabla 3 muestra las formas de microplásticos encontradas en las distintas estaciones de muestreo, la estación 4 fue la que presentó mayor cantidad de formas (31), seguido de la estación 3 (26 formas), a continuación, le siguen la estación 5, 1, 2 y 6 con 13, 8, 8 y 5 formas respectivamente.

**Tabla 3**

*Formas de microplásticos por estación de muestreo*

Estaciones	Tamices	Fibras (FB)	Fragmentos (FR)	Laminares (FL)	Número de microplásticos	Total
<b>E1</b>	2 - 4.75 mm	0	0	0	0	8
	150 - 2 mm	5	2	1	8	
	0 - 150 $\mu$ m	0	0	0	0	
<b>E2</b>	2 - 4.75 mm	2	0	0	2	8
	150 - 2 mm	5	0	0	5	
	0 - 150 $\mu$ m	1	0	0	1	
<b>E3</b>	2 - 4.75 mm	9	2	2	13	26
	150 - 2 mm	7	2	2	11	
	0 - 150 $\mu$ m	2	0	0	2	
<b>E4</b>	2 - 4.75 mm	2	0	0	2	31
	150 - 2 mm	3	25	1	29	
	0 - 150 $\mu$ m	0	0	0	0	
<b>E5</b>	2 - 4.75 mm	0	4	1	5	13
	150 - 2 mm	0	1	4	5	
	0 - 150 $\mu$ m	3	0	0	3	
<b>E6</b>	2 - 4.75 mm	1	0	0	1	5
	150 - 2 mm	2	2	0	4	
	0 - 150 $\mu$ m	0	0	0	0	

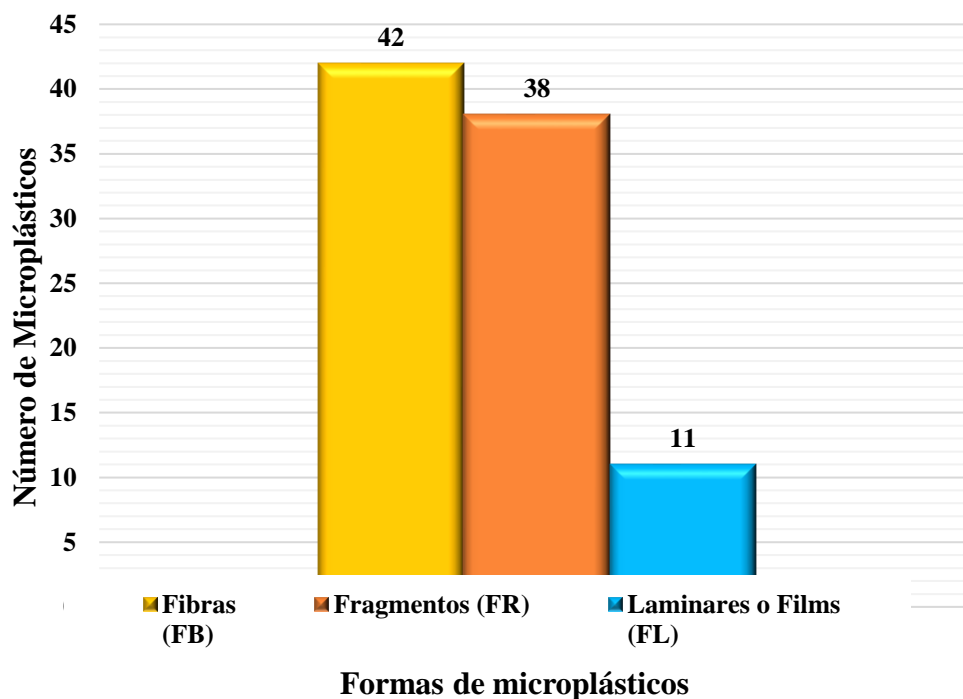
Nota: Las formas de microplásticos que se pudieron encontrar en el presente estudio fueron: fibras, fragmentos y filamentos o laminares



En la figura 4 se observa que 42 microplásticos tiene forma de fibras (FB), que son los más predominantes y representan el 62%; así mismo, se observa que 38 microplásticos tienen forma de fragmentos (FR), constituyendo el 25%; y 11 microplásticos tienen forma laminares o films (FL), que representan el 13%.

**Figura 4**

*Porcentajes de formas de microplásticos en las estaciones de muestreo*



➤ **Tamaño de microplásticos**

En la tabla 4 se muestra la clasificación de microplásticos según su tamaño cuyo primer rango corresponde de 0.229 mm a 1 mm (31 unidades); el segundo rango de 1 mm a 2 mm (28 unidades); el tercer rango de 2 mm a 3 mm (16 unidades); el cuarto rango de 3 mm a 4 mm (12 unidades); y finalmente el rango de 4 mm a 5 mm (3 unidades). Es preciso señalar que, el tamaño promedio de microplásticos es de 1.682 mm; el tamaño máximo es de 4.839 mm; y el tamaño mínimo es de 0.229 mm (ver tabla 4).

**Tabla 4**

*Tamaño de los microplásticos encontrados*

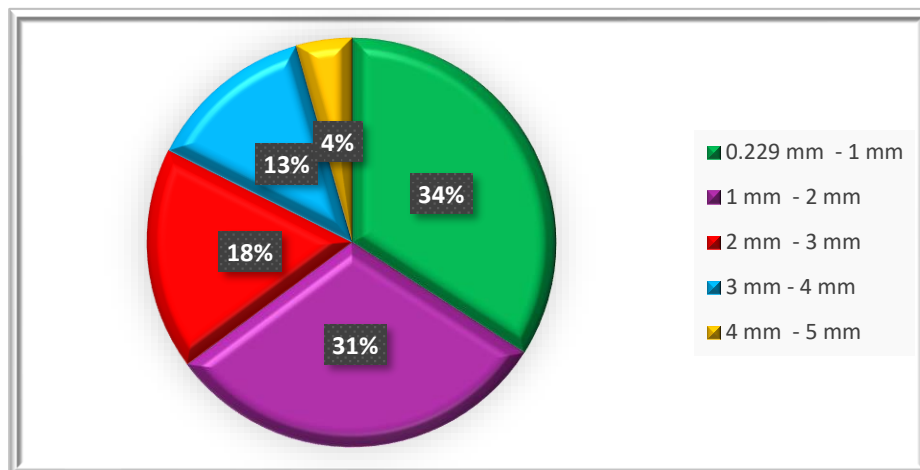
Grupos	Numero de Microplásticos	Medidas
0.229 mm - 1 mm	31	0.229, 0.258, 0.259, 0.288, 0.289, 0.321, 0.408, 0.477, 0.501, 0.533, 0.535, 0.551, 0.588, 0.596, 0.597, 0.638, 0.663, 0.663, 0.670, 0.695, 0.703, 0.715, 0.725, 0.758, 0.762, 0.775, 0.805, 0.878, 0.860, 0.919, 0.925
1 mm - 2 mm	28	1.011, 1.060, 1.086, 1.089, 1.093, 1.097, 1.129, 1.170, 1.224, 1.279, 1.307, 1.317, 1.328, 1.343, 1.360, 1.367, 1.415, 1.429, 1.436, 1.462, 1.514, 1.640, 1.647, 1.650, 1.681, 1.688, 1.731, 1.738
2 mm - 3 mm	16	2.049, 2.059, 2.070, 2.189, 2.246, 2.279, 2.491, 2.508, 2.524, 2.657, 2.700, 2.718, 2.719, 2.763, 2.823, 2.903
3 mm - 4 mm	12	3.042, 3.076, 3.095, 3.141, 3.215, 3.250, 3.309, 3.563, 3.690, 3.730, 3.753, 3.939
4 mm - 5 mm	3	4.558, 4.627, 4.837

Nota: se observa la clasificación por tamaños de microplásticos (5 rangos) presentes en las estaciones de muestreo, medidos con el software libre imagen J.

En la figura 5 se observa que la mayor cantidad de microplásticos se encuentran en el primer rango (0.229 mm – 1 mm) con la representación del 34% del total, seguido del rango 1 mm a 2 mm con 31%; el rango de 2 mm a 3 mm con 18%, el rango de 3 mm a 4 mm con 13% y el rango de 4 mm a 5 mm con el 4%.

**Figura 5**

*Porcentaje de microplásticos por rango de tamaño*



Nota: En la figura 5 el color verde representa al rango de menor tamaño, el color amarillo al rango de mayor tamaño.

➤ **Colores de microplásticos**

En la tabla 5 se muestra el número de microplásticos según su color. Se ha identificado 31 partículas de microplásticos de color azul, 29 de color negro, 15 de color blanco, 9 de color rojo, 5 de color beige, 1 de color verde y 1 de color morado.

**Tabla 5**

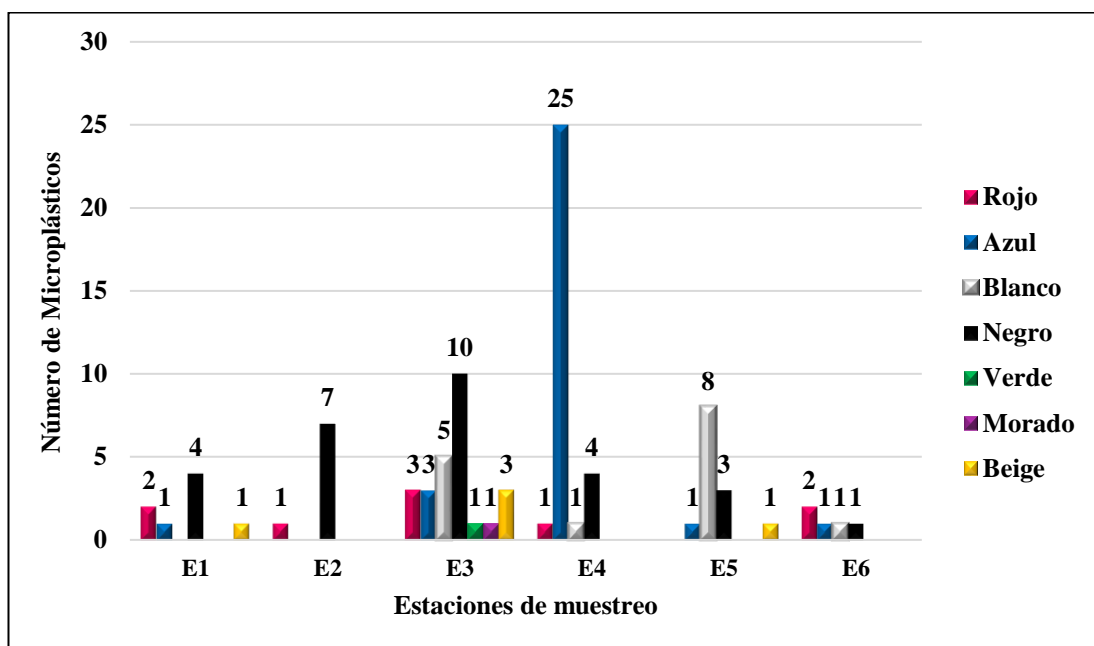
*Colores de microplásticos presentes en las estaciones de muestreo*

Color de Microplásticos	Numero	Porcentaje (%)
Azul	31	34
Negro	29	32
Blanco	15	16
Rojo	9	10
Beige	5	6
Verde	1	1
Morado	1	1
<b>Total</b>	<b>91</b>	<b>100</b>

Nota: Los microplásticos registrados se presentan en diversos colores. Siendo el color negro el más predominante con el 34 %; el color azul representa el 32%; el color blanco representa el 16 %; el color rojo representa el 10 %; el color beige representa el 6 %; el color verde representa el 1 % y el color morado en 1%.

**Figura 6**

*Cantidad de microplásticos según colores*



Nota: En la figura 6 se muestra la distribución de colores de microplásticos por estación de muestreo, además, el número de microplásticos según color.

### 3.3 Principales fuentes de microplásticos

Según los datos recopilados in situ (ver tabla 6) se pudieron registrar las fuentes de contaminación puntual y difusa. Siendo la más predominante la contaminación difusa; cuatro estaciones (E1, E4, E3, E5 y E6) se identifican por ser fuentes de contaminación por residuos sólidos provenientes de distintas actividades agrícolas, domésticas, de pesca, mala gestión de RS, lavado de ropa, lavado de vehículos, extracción de material particulado, balnearios.

Los datos registrados como contaminación puntual en la E2, como fuente principal de contaminación son los residuos líquidos provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales de la EPS Marañón (ver figura 7).

#### Figura 7

*Incidencia de la PTAR de la EPS Marañón sobre la estación de muestreo 2*



En la E3, la fuente principal de contaminación son los residuos sólidos, debido a que se evidencia un botadero en la margen izquierda del río producto de la mala gestión de residuos sólidos por parte de la población circundante a la cuenca baja (Ver figura 8).

### **Figura 8**

*Botadero en la margen izquierda del río debido a la inadecuada gestión de residuos sólidos*



#### IV. DISCUSIÓN

Los resultados de la investigación confirman la presencia de microplásticos en los sedimentos en el sector estudiado cuyos límites son desde el colegio Montessori School (745629.5; 9370902) hasta el centro poblado Santa Cruz – distrito de Bellavista (753954.4; 9373872.4). Se identificaron 91 partículas de microplásticos en las 6 estaciones de muestreo. La estación 4 presentó la mayor cantidad de partículas con 31 unidades. En la estación 3 con 26 unidades, mientras que la estación 6 registró la menor cantidad 5 unidades (ver tabla 2). Se confirma que la inadecuada disposición de residuos lleva a la presencia de fibras, fragmentos y otros tipos de microplásticos en los sedimentos de cuerpos de agua Cisneros et al. (2021), mostrando una variedad de características morfométricas. Asimismo, se concuerda con Oyón (2023) en que estos microplásticos afectan las cuencas, lo que indica una afectación del ecosistema en la cuenca baja del río Amojú y, consecuentemente, en el río Marañón.

Las observaciones in situ indican que los residuos plásticos son la fuente principal de la presencia de microplásticos en las estaciones de estudio. Estos residuos están asociados a la inadecuada gestión de los residuos sólidos por parte de la población cercana al cauce del río Amojú. Otra fuente de contaminación es la descarga de efluentes de las pozas de oxidación de la provincia de Jaén, pues estos no son tratados adecuadamente máxime, respecto a los microplásticos. El considerado número de partículas de microplásticos en la estación 3 confirman esta situación problemática (ver tabla 2). En este sentido, se coincide con Luque et al. (2022) quienes refieren, que por un deficiente funcionamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales se puede verter a los cuerpos de agua metales pesados y partículas de microplásticos tal como se evidencia en la investigación que existen presencia estas partículas en una estación de muestreo donde coincide espacialmente con el punto de descarga de la planta de tratamiento de aguas residuales (EPS Marañón) sobre el río Amojú. Así mismo, Abarca et al. (2023), Acosta et al. (2022) y Javiera (2021) refieren que la presencia de microplásticos, en sus diferentes formas y colores, en cuerpos de agua son la consecuencia de la inadecuada disposición de los residuos sólidos.

En las estaciones de muestreo, se detectaron 91 unidades de microplásticos provenientes de bolsas, recipientes u otros envases inadecuadamente dispuestos en las orillas y lugares aledaños. Estos microplásticos son el resultado de la disposición y exposición a las condiciones ambientales principalmente temperatura la cual fragmenta y deteriora los plásticos tal como señala Vásquez et al. (2021).

Vásquez et al. (2021), Serna (2020) y Sarker (2022) señalan que los microplásticos no se limitan a áreas de actividad humana, sino que pueden ser transportados por el agua y terminar en lugares remotos. Este hecho ha sido corroborado en la investigación y por investigadores como Parker (2024), la Organización Mundial de la Salud (2023), Rojo (2023), Acosta et al. (2022), Ruiz (2021) y Bollaín et al. (2019), quienes han encontrado microplásticos en el tracto digestivo de peces, sangre, órganos y heces de humanos, representando un riesgo potencial para la salud debido a los diversos daños que causan. Comparando estos hallazgos con los resultados de la investigación, se observa una relativa baja presencia de microplásticos en la primera estación examinada, esto posiblemente porque han sido arrastrados por el agua durante las lluvias. Sin embargo, en los puntos de muestreo de sedimentos aguas abajo, se encontró mayor cantidad.

Se evidenció 91 microplásticos en las seis estaciones de estudio, estos hallazgos permitieron asociar las fuentes de microplásticos, la presencia de residuos plásticos en el lecho y riberas y la descarga de efluentes domésticos.

Huanaco (2019) propone que las parcelas de muestreo deberían tener una longitud de 60 metros con un intervalo de muestreo de 10 metros, y sugiere tomar solo tres muestras de sedimentos por parcela. No obstante, para el caso de esta experiencia, basado en los resultados obtenidos según la tabla 2, se observó que más de un punto de muestreo no se encontró microplásticos, lo que podría llevar a interpretaciones erróneas, por lo que, se recomienda utilizar parcelas de muestreo de mayor área y subdividir estas parcelas en puntos de muestreo más pequeños y recolectar una muestra de sedimento de cada punto de muestreo para obtener datos más precisos y certeros.

De acuerdo con su clasificación morfométrica, de los 91 microplásticos encontrados, el 62% fueron clasificados como fibras, el 25% fragmentos, y el 13% tipo laminares (ver figura 4). Estos microplásticos provienen de diversos productos como baldes, bolsas, tinas, recipientes para alimentos, sacos y tejidos de rafia, lo cual podría atribuirse a la práctica inapropiada de desechar residuos en el río Amojú por parte de la población cercana.

El hallazgo de partículas de microplásticos concuerda con Becerra (2023), Benavente (2021), Huanaco (2021), y Bracho et al. (2017), quienes señalan la presencia de diversos tipos de microplásticos, incluyendo fragmentos, fibras, espuma y películas de plástico, en los sedimentos de los ríos como resultado de la mala disposición de residuos.

En cuanto a su coloración de las partículas, el 34% de los microplásticos fue de color azul, el 32% negro, el 16% como blanco, el 10% como rojo, el 6% como beige y el 1% como verde (ver tabla 5). Al comparar con las investigaciones de Javiera Paz (2021), Lara et al. (2020) y Hernández et al. (2018), se confirma la presencia de fibras, fragmentos y otros tipos de microplásticos en los sedimentos de cuerpos de agua, los cuales también muestran una variedad de colores como amarillo, rojo, azul, blanco y transparente. Estos hallazgos indican un elevado grado de contaminación de los cuerpos hídricos debido a diversas fuentes de contaminación con residuos plásticos de similares colores.

Se observa que la mayoría de los microplásticos se encuentran en el primer intervalo de tamaño (0.229 mm – 1 mm), con un total de 31 unidades, lo que representa el 24% del total. Le sigue el intervalo de 1 mm a 2 mm, que comprende el 31%; el intervalo de 2 mm a 3 mm con el 18%; el intervalo de 3 mm a 4 mm abarca el 13%, y el intervalo de 4 mm a 5 mm el 4%. Al comparar estos resultados con los de Abarca et al. (2023), Canchari et al. (2022), Vásquez et al. (2021), Castañeta et al. (2020), Bollaín et al. (2019) y Hernández et al. (2018), se evidencia que los microplásticos presentan diversas formas como filamentos, fibras, pellets, espuma y otras estructuras, con tamaños que varían entre 6 a 1000  $\mu\text{m}$ , siendo notable la presencia en mayor cantidad de partículas mayores o iguales a 500  $\mu\text{m}$ . Esto indica que los microplásticos están presentes en varios cuerpos de agua como resultado de la degradación de residuos inadecuadamente manejados.



## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- Se recolectaron un total de 91 microplásticos en las seis estaciones de muestreo. La estación 4 presentó la mayor concentración de partículas, con 31 unidades, seguida de cerca por la estación 3 (26 unidades). Las estaciones 5, 1 y 2 mostraron niveles intermedios de contaminación, con 13, 8 y 8 microplásticos respectivamente. La estación 6 presentó la menor cantidad, con solo 5 unidades.
- Los microplásticos encontrados se clasificaron principalmente en tres tipos: fibras (62%), fragmentos (25%) y láminares (13%). En cuanto al tamaño, la mayoría de las partículas (34%) midieron entre 0.229 mm y 1 mm. Sin embargo, también se hallaron partículas más grandes (4-5 mm), aunque en menor proporción (4%). Además, el color azul predominó en las partículas encontradas (34%).
- Se detectaron dos fuentes de contaminación: puntual y difusa, siendo esta última la más común. Cuatro puntos específicos (E1, E4, E5 y E6) fueron identificados como focos de contaminación por residuos sólidos provenientes de diversas actividades humanas como la agricultura, las viviendas, la pesca, y una gestión inadecuada de desechos. Además, se observó contaminación puntual en el punto E2, causada principalmente por los efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales de la EPS Marañón.

### 5.2 Recomendaciones

- Se recomienda considerar mayor número de áreas y puntos de muestreo para obtener datos más certeros.
- Sugerir al Ministerio del Ambiente y Autoridad Nacional del Agua la implementación de iniciativas regulatorias como por ejemplo un protocolo de monitoreo de microplásticos.
- Incidir y ampliar la capacitación y concientización sobre todo de la población aledaña a las cuencas sobre el manejo adecuado de residuos sólidos.
- Se sugiere que la Municipalidad Provincial de Jaén y la Universidad Nacional de Jaén colaboren en la mejora de los procesos de manejo de residuos sólidos

- Se sugiere realizar estudios en la parte alta y parte media de la cuenca del río Amojú, para obtener datos de toda la cuenca e implementar procesos de mitigación de impactos ambientales.

## VI. REFERENCIAS

- Abarca, A., y Mejia Espinoza, K. (2023). *Evaluación de microplásticos en sedimentos del río Milagro - Zona Centro*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Salesiana]. Repositorio institucional. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/26109/1/UPS-GT004624.pdf>
- Acosta, G., Carrillo, D. V., y Caballero, J. A. (2022). Microplásticos en agua y en organismos. *Ciencia*, 73(2), 14-21. [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/73\\_2/PDF/04\\_73\\_2\\_1431\\_Microplasticos\\_Agua.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/73_2/PDF/04_73_2_1431_Microplasticos_Agua.pdf)
- Vega, L. R. (2015). *Recomendaciones para la cuantificación de microplásticos en muestras de agua, playas y lechos marinos*. <https://es.scribd.com/document/622228823/noaa-microplastics-methods-manual-8-28>
- Becerra, E. (2023). *Caracterización de los microplásticos presentes en el sedimento del bosque del manglar del Parque Nacional Manglares de Old Point, San Andrés, Colombia*. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Occidente]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/10614/15135>
- Benavente, V. (2021). *Determinación de la presencia de microplásticos en nueve playas de Camaná – Arequipa - Perú y programa de sensibilización*. [Tesis, de doctorado, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio institucional. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/10594>
- Bollaín, C., y Vicente, D. (2019). Presencia de microplásticos en aguas y su potencial impacto en la salud pública. *Revista Española de Salud Pública*, 93(28), 1-10. [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1135-57272019000100012](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272019000100012)
- Bracho, I. A., y Fernández, R. M. (2017). Evaluación de la calidad de las aguas para consumo humano en la comunidad. *Minería y Geología*, 33(3), 341-352. <https://www.redalyc.org/pdf/2235/223551846007.pdf>

- Canchari, F., y Lannacone, J. A. (2022). Microplásticos en sedimentos de canales de riego en el centro poblado de madeán, distrito de madeán, provincia de yauyos, región Lima, Perú. *The Biologist*, 20(1), 85-92. doi:<https://doi.org/10.24039/rtb20222011318>
- Castañeta, G., Gutiérrez, A. F., Nacaratte, F., y Manzano, C. A. (2020). Microplásticos: un contaminante que crece en todas las esferas ambientales, sus características y posibles riesgos para la salud pública por exposición. *Revista Boliviana de Química*, 37(3), 160-175. <https://www.redalyc.org/journal/4263/426365043004/html/>
- Cisneros, P., Montero, P., y Guevara, M. (2021). Registro de fragmentos y fibras de plástico en sedimentos marinos, Tumbes, Perú. *Instituto del Mar del Perú*, 48(3), 1-6. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/3583>
- García, G. (2023). Conoce los efectos de los microplásticos en la salud. <https://thefoodtech.com/nutricion-y-salud/conoce-los-efectos-de-los-microplasticos-en-la-salud/>
- Gobierno Regional de Cajamarca. (2024). “*Mejoramiento de la Gestión Institucional de los Servicios Ambientales Institucional de los Servicios Ambientales Hídricos en la Microcuenca del río Amojú en la provincia de Jaén, Cajamarca*”. <https://es.scribd.com/document/424612562/Proyecto-Cuencas-Rio-Amojú-Joselito-convertido>
- Hernández, E., y Damian, D. F. (2018). *Evaluación de microplásticos en sedimentos del Río Tecate*. [Tesis de posgrado, Universidad Autónoma de Baja California]. Repositorio institucional. <https://repositorioinstitucional.uabc.mx/bitstream/20.500.12930/5125/1/TIJ129572.pdf>
- Huanaco, R. (2021). *Diagnóstico de la presencia de microplásticos en sedimentos laterales en la cuenca baja del Río Rímac*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica Del Perú]. Repositorio institucional. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/19416>

- Javiera, L. J. (2021). *Metodología para la toma de muestras de micro plásticos en playas de ríos*. [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica metropolitana]. Repositorio institucional. <https://repositorio.utem.cl/bitstream/handle/30081993/1315/21087.Lucero.2021.pdf?sequence=1>
- Lino, L. J. (2022). *Microplástico en el agua y sedimentos de los ríos Huallaga, Aucayacu y Sangapilla en la ciudad de Aucayacu*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/2180>
- Luque, E., y Rodríguez, L. (2022). Evaluación ambiental de la calidad del agua en pozas formadas por trabajos de extracción de minería no metálica, Madre de Dios. *Biodiversidad Amazónica*, 1(1), 1-15. doi:<https://doi.org/10.55873/rba.v1i1.170>
- Manrique, R. E. (2019). *Microplásticos en sedimentos fluviales de la cuenca baja y desembocadura del río Jequetepeque, Perú*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/15030>
- Margenat, H., Ruiz, L. F., Cornejo, D., Martí, E., Vila, A., Le Roux, G., . . . Guasch, H. (2021). *Guía de procedimientos y métodos validados en campo*. [https://digital.csic.es/bitstream/10261/241615/6/Field\\_Guidelines\\_Spanish\\_20211130.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/241615/6/Field_Guidelines_Spanish_20211130.pdf)
- Mendes, G. O., Maximiano, L., Priscilla, M., Luiza, E., Letícia, M., y Alves, T. (2023). Investigación da presença de microplásticos em moluscos de cultivo de Santa Catarina. *Anais eletrônicos... Campinas*, 1(1), 1-10. <https://proceedings.science/sepei-2023/trabalhos/investigacao-da-presenca-de-micro-plasticos-em-moluscos-de-cultivo-de-santa-cata?lang=pt-br>
- Ministerio del Ambiente. (2024). *¿Por qué es necesario tomar conciencia?* <https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/>

- Ministerio de Agricultura y Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Protocolo nacional de monitoreo de la calidad en cuerpos naturales de agua superficial*. <https://www.senace.gob.pe/wp-content/uploads/filebase/senacenormativa/NAT-3-5-04-Protocolo-Nacional-Monitoreo.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2020). *Jaén: tras aislamiento social obligatorio río Amojú se recupera*. <https://www.ana.gob.pe/noticia/jaen-tras-aislamiento-social-obligatorio-rio-Amojú-se-recupera>
- Ministerio del Ambiente. (2024). *¿Qué son los microplásticos?* <https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/que-son-los-microplasticos/>
- Organización de las Naciones Unidas. (2024). *Los microplásticos también están contaminando nuestros suelos*. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/los-microplasticos-tambien-estan-contaminando-nuestros-suelos>
- Organización Mundial de la Salud . (2023). *Expertos discuten el impacto de los microplásticos en la salud y alertan del aumento de su propagación*. <https://www.paho.org/es/noticias/16-8-2023-expertos-discuten-impacto-microplasticos-salud-alertan-aumento-su-propagacion>
- Oyón, A. (2023). *Microplásticos en sedimentos del Golfo de Cádiz*. [Tesis de pregrado, Universidad de Cádiz]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/10498/29367>
- Pan , Z., Sun, Y., Long, Q., Sol, C. L., He, Q., Kaiwen, Z., y HuI, L. (2020). La contaminación fluvial por microplásticos importa: un estudio de caso en el río Zhangjiang del sureste de China. *Marine Pollution Bulletin*, 159(1), 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111516>
- Parker, I. (2024). *Los microplásticos ya están en nuestros cuerpos. ¿Cuánto nos dañan?* <https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2022/04/los-microplasticos-ya-estan-en-nuestros-cuerpos-cuanto-nos-danan>

- Purca, S., y Henostroza, A. (2017). Presencia de microplásticos en cuatro playas arenosas de Perú. *Revista peruana de biología*, 24(1), 101 - 106. doi:<http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v24i1.12724>
- Rojo, D. (2023). *Microplásticos en sedimentos costeros y marinos del litoral de la región de murcia y en dorada (sparus aurata) como especie de interés comercial*. <https://repositorio.upct.es/entities/publication/21e484fd-bd3e-41f0-8933-ce3ef48f435a>
- Ruiz, J. B. (2021). *Evidenciación de la presencia de microplásticos en agua, sedimento y tracto digestivo de tilapia (Oreochromis aureus) proveniente de la laguna de Catemaco, Veracruz*. [Tesis de pregrado, Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla]. Repositorio institucional. <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/1210>
- Saldaña, H. J., y Samamé, N. (2017). *Influencia de las Actividades de La Población en la Calidad del Agua del Río Amojú del Distrito de Jaén-Cajamarca*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/1296>
- Sarker, S., y Huda, S. (2022). Transferencia trófica de micro plásticos en el ecosistema acuático del bosque de manglar de Sundarbans, Bangladesh. *Ciencia del Ambiente Total*, 838(2). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896972202993X>
- Serna M, E. (2020). *Desarrollo e innovación en ingeniería* (Quinta Edición ed.). Medellín: Editorial Instituto Antioqueño de Investigación. Recuperado el 2023, de [https://www.researchgate.net/profile/Edgar-Serna-M/publication/344418690\\_Desarrollo\\_e\\_innovacion\\_en\\_Ingenieria\\_5/links/5f739925a6fdcc0086482363/Desarrollo-e-innovacion-en-Ingenieria-5.pdf#page=10](https://www.researchgate.net/profile/Edgar-Serna-M/publication/344418690_Desarrollo_e_innovacion_en_Ingenieria_5/links/5f739925a6fdcc0086482363/Desarrollo-e-innovacion-en-Ingenieria-5.pdf#page=10)
- Vargas, C. M., Gutiérrez, J. A., Vélez, D. A., Gómez, M. A., Aguirre, D. A., Quintero, L. A., y Franco, J. C. (2021). Gestión del manejo de residuos sólidos: un problema ambiental en la universidad. *Redalyc*, 50(50), 117-152. doi:<https://doi.org/10.14482/pege.50.628.445>

Vásquez, D., Molina , A., y Duque , G. (2021). Distribución espacial y aumento a través del tiempo de microplásticos en sedimentos de la Bahía de Buenaventura, Pacífico colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 50(1), 27-42. <https://aquadocs.org/handle/1834/41669>

Velarde, L. M. (2024). *Efectos potenciales de los microplásticos en la salud humana*. [Tesis de posgrado, Universidad de Sevilla]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/11441/133051>



## **AGRADECIMIENTO**

El principal agradecimiento a Dios quien ha sido mi guía y me ha brindado la fortaleza para seguir adelante.

A mi familia por su apoyo, comprensión y estímulo constante e incondicional durante mis estudios.

A mi asesor el Dr. Segundo Edilberto Vergara Medrano, quien ha sido un guía durante el proceso y desarrollo de la presente investigación

**Roxeny Imar Amari Cordova**

## **DEDICATORIA**

Esta investigación va dedicada a mis padres por apoyarme en mi educación y crecimiento profesional. También a mi hijo Julio Gareth quien es mi sonrisa de cada mañana, a mi esposo y hermanos por disculparme por las ausencias durante este proceso, muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que incluye este.

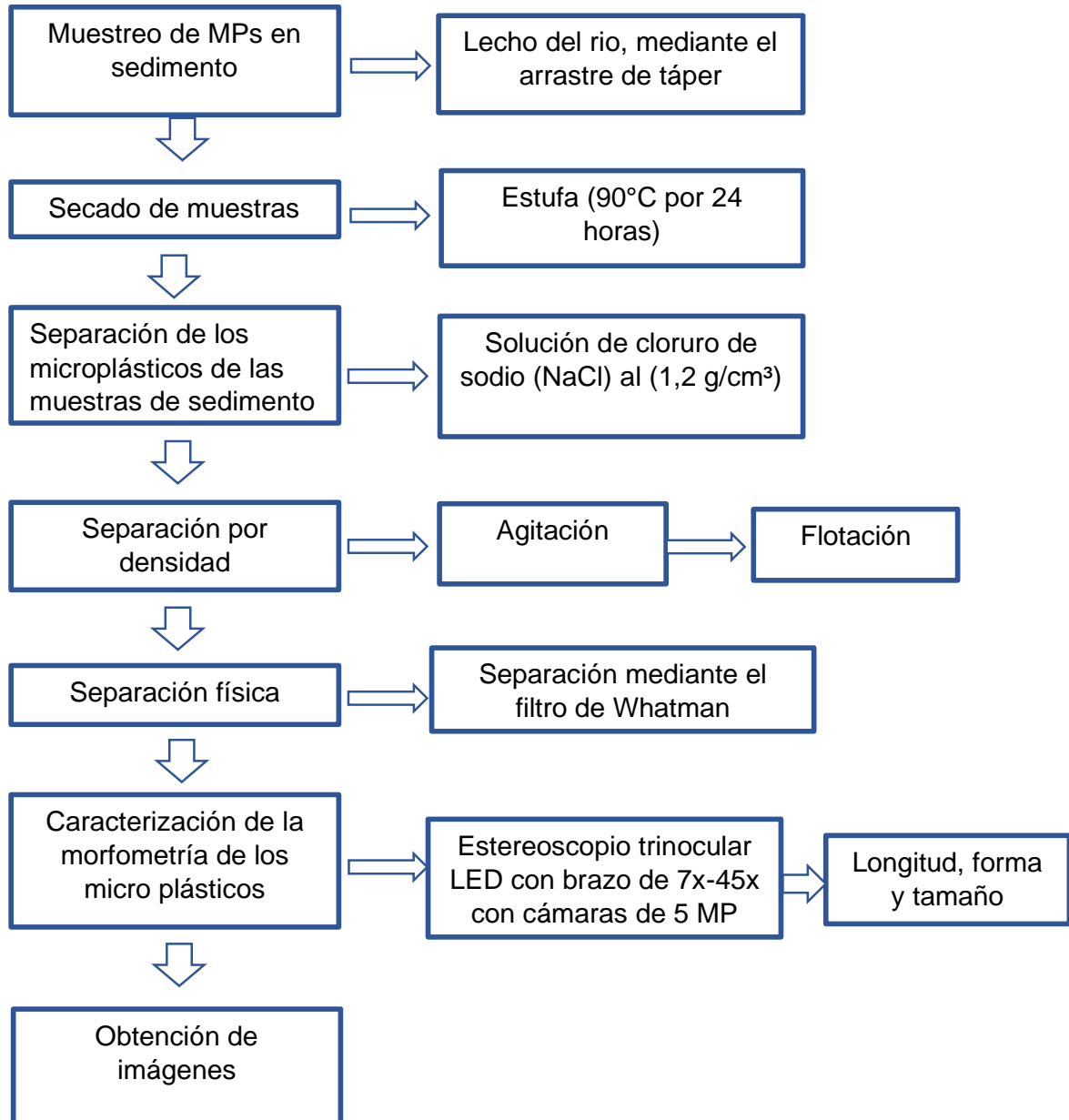
**Roxeny Imar Amari Cordova**

## ANEXOS

### Anexo 1. Flujograma de procesos

Figura 9

*Flujograma de procesos*



## Anexo 2. Estaciones de muestreo

### Figura 10

#### *Estación de muestreo 1 (E1)*



Nota: La región de muestreo en esta estación se distingue por ser una zona con turbulencia, donde se observó la remoción y extracción de material en el lado izquierdo del lecho del río, lo que propicia la formación de pozos y la sedimentación, no solo de materia orgánica, sino también de material particulado como los microplásticos. En el lado derecho, se encuentra vegetación y una cubierta vegetal.

### Figura 11

#### *Estación de muestreo 2 (E2)*



Nota: Esta área está situada en las cercanías de las pozas de oxidación sector Yanuyacu, distrito de Jaén, provincia de Jaén región Cajamarca. La particularidad de esta zona se debe al lecho del río, compuesto por material de tamaño reducido y con un flujo de agua tranquilo, lo que facilita la acumulación de sedimentos.

## Figura 12

### *Estación de muestreo 3 (E3)*



Nota: La ubicación de esta estación corresponde a la Universidad Nacional de Jaén. La región de muestreo muestra una notable vegetación en ambas orillas del río y se destaca principalmente por el puente que atraviesa hacia la ladrillera Clay del Norte, lo que provoca la formación de pozas en la parte inferior donde se pueden observar a simple vista la presencia de material particulado, como plásticos, tanto en el lecho como en las orillas.

## Figura 13

### *Estación de muestreo 4 (E4)*



Nota: En esta estación se caracteriza porque en el margen derecho se realiza trabajos de remoción y extracción de material lo cual genera bifurcación y empozamiento en el lecho del río. Además, debido al empozamiento se realizan actividades de pesca por parte de la población aledaña.

## Figura 14

### *Estación de muestreo 5 (E5)*



Nota: La estación se caracteriza por ser una zona de mucha turbulencia, en la margen derecha se realizan trabajos de remoción y extracción de material lo cual permite el empozamiento y acumulación de materia orgánica y material particulado. En la margen izquierda existe la presencia de vegetación ribereña.

## Figura 15

### *Estación de muestreo 6 (E6)*



Nota: Esta estación se encuentra a la altura de la entrada al caserío Santa Cruz de Bellavista - Jaén. Se caracteriza por ser una zona de poca turbulencia y muchas bifurcaciones, esto se debe al desvío del caudal que realizan los pobladores aledaños para el riego de sus cultivos (arroz, cacao).

### Anexo 3. Delimitación de puntos de muestreo y extracción de muestras

**Figura 16**

*Identificación de puntos de muestreo*



**Figura 17**

*Colecta de muestras*



## Figura 18

*Táper utilizado para la colecta de muestras*



Nota: Se realizó mediante el arrastre del táper (previamente codificado) sobre el sedimento del lecho hasta el llenado del depósito, procediendo a tapar herméticamente manteniendo sumergido.

## Figura 19

*Depósito de muestras en bolsas para su traslado*





**Figura 20**

*Traslado de muestras al laboratorio*



## Anexo 4. Análisis de muestras

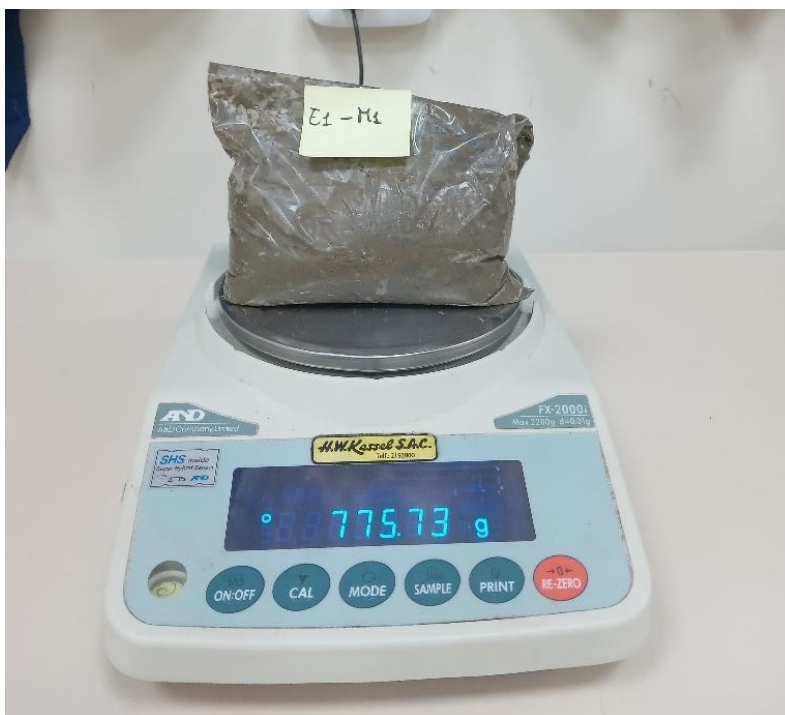
**Figura 21**

*Separación de muestras por estación de muestreo*



**Figura 22**

*Pesado de muestras*



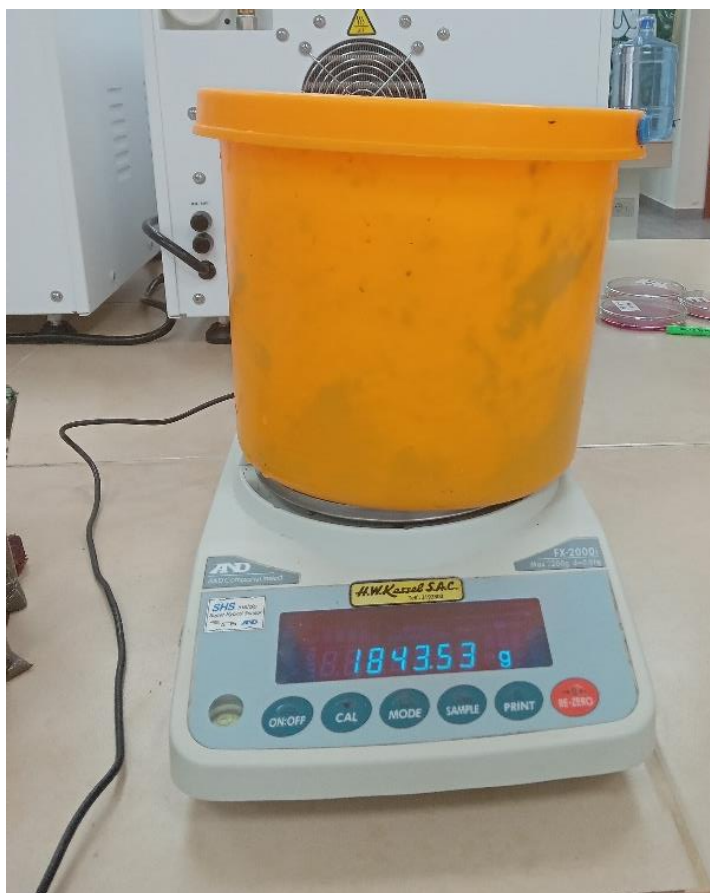
**Figura 23**

*Mezclado de muestras*



**Figura 24**

*Pesado de muestras totales por estación*



**Figura 25**

*Muestras listas para estufa (500 g)*



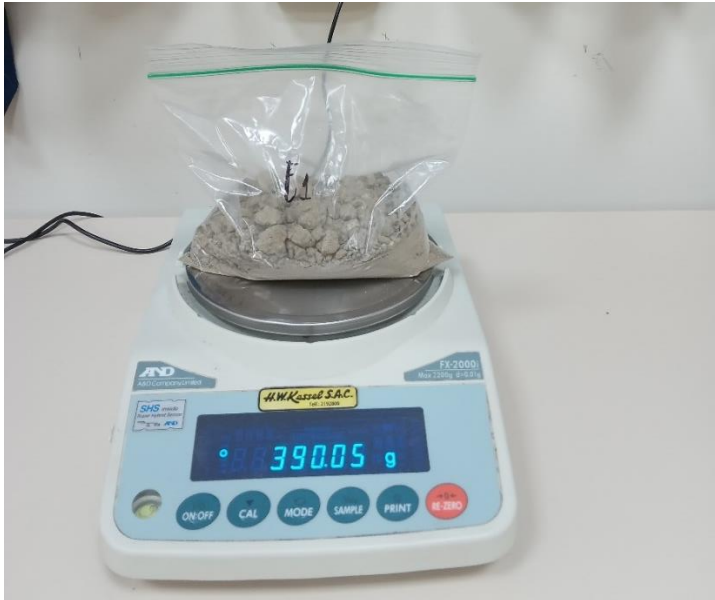
**Figura 26**

*Secado de muestras a 90 °C por 24 horas*



**Figura 27**

*Pesado de muestras secas*



**Figura 28**

*Tamizado de muestras*



**Figura 29**

*Separación de muestras según tamiz*



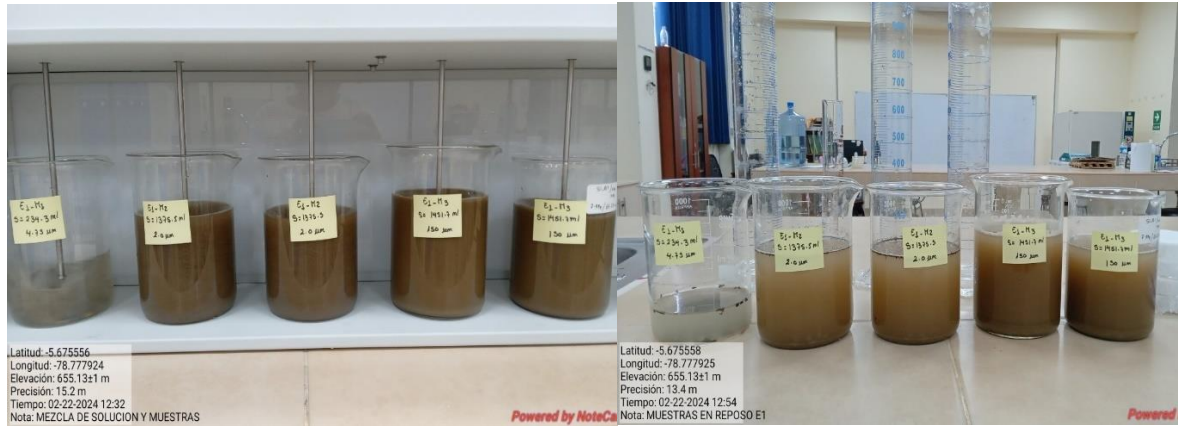
**Figura 30**

*Preparación de solución cloruro de sodio*



**Figura 31**

*Separación de muestras por densidad*



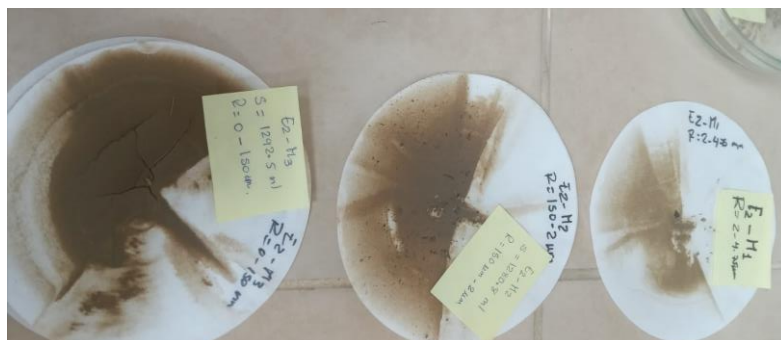
**Figura 32**

*Filtrado de muestras*



**Figura 33**

*Muestras retenidas en el papel filtro*



## Anexo 5. Identificación de muestras

### Figura 34

*Identificación de microplásticos presentes*





## Anexo 6. Tablas de obtención de datos

**Tabla 6**

*Tabla de recolección de datos en campo*

TABLA DE RECOLECCION DE DATOS																			
ESTACIONES	MUESTRAS	UTM		Hora	Fecha	Temperatura ambiental	FUENTE DE CONTAMINACIÓN								Cambio de uso de tierra			Actividades Tipo	
							Puntual				Difusa				Si	Descripción	No		
							RS	RL	Otros	Descripción	RS	RL	Otros	Descripción					
E1	E1-M1	-5.6870322	-78.781885	15:38:01	02/02/2024														
	E1-M2	-5.6868487	-78.781702	15:44:36	02/02/2024					x				actividades de distintas indoles o procedencia	x	trabajos de remocion de material particulado			lavado de vehiculos lavado de ropa valneario
	E1-M3	-5.6871256	-78.782074	15:53:24	02/02/2024														
E2	E2-M1	-5.6834717	-78.777285	16:25:19	02/02/2024				existe un efluente producto de las pozas de oxidacion							x	trabajos de remocion de material particulado		trabajos de cantera actividades agricolas
	E2-M2	-5.6835134	-78.777405	16:29:10	02/02/2024			X											
	E2-M3	-5.6835651	-78.777587	16:34:11	02/02/2024														
E3	E3-M1	-5.6728766	-78.767403	13:17:11	06/02/2024				botadero de rrrs en la margen izquierda del rio por parte de la							x	construccion de puente		actividades agricolas actividades de pesca lavado de vehiculos
	E3-M2	-5.67295	-78.767577	13:23:48	06/02/2024					x									
	E3-M3	-5.6728876	-78.76727	13:28:27	06/02/2024														
E4	E4-M1	-5.6564382	-78.751938	13:50:57	06/02/2024									actividades de distintas indoles o procedencia	x	trabajos de remocion de material particulado		actiivades de pezca actividades de cantera actividades agricolas	
	E4-M2	-5.6565216	-78.75144	13:55:26	06/02/2024					x									
	E4-M3	-5.655905	-78.750505	14:10:00	06/02/2024														
E5	E5-M1	-5.6563978	-78.71692	09:27:32	14/02/2024									actividades de distintas indoles o procedencia	x	trabajos de remocion de material particulado		actividades de cantera activiades de pezca actividades agricolas	
	E5-M2	-5.6563624	-78.716988	09:36:17	14/02/2024					x									
	E5-M3	-5.6561806	-78.717259	09:37:58	14/02/2024														
E6	E6-M1	-5.6596248	-78.70724	09:55:52	14/02/2024									actividades de distintas indoles o procedencia	x	desvio de canales de riego		actividades de pezca actividades de riego agricola balneario lavado de ropa	
	E6-M2	-5.6596632	-78.707142	09:59:57	14/02/2024					x									
	E6-M3	-5.6596919	-78.70728	10:04:02	14/02/2024														

## Anexo 7. Pesos de muestra según tamiz

**Tabla 7**

*Peso de muestras después de tamizado*

Pesos de muestras según tamiz							
Estaciones	Muestras	Peso húmedo/ gr	Total, Peso Húmedo/ gr	Muestra húmeda	Peso seco total	Dimensiones de Tamices	Peso T/gr
<b>E1</b>	E1- M1	775.73	2620.91	500 gr	390.06	2 - 4.75 mm	28.12
	E1 -M2	798.89				150 - 2 mm	165.06
	E1-M3	553.86				0 - 150 µm.	174.21
						Residuo	27.25
<b>E2</b>	E2- M1	923.31	2764.95	500 gr	385.01	2 - 4.75 mm	35.82
	E2- M2	799.12				150 - 2 mm	153.75
	E2- M3	463.72				0 - 150 µm.	155.13
						Residuo	42.01
<b>E3</b>	E3- M1	572.79	1789.39	500 gr	375.64	2 - 4.75 mm	10.46
	E3- M2	471.31				150 - 2 mm	250.59
	E3- M3	479.02				0 - 150 µm.	107.78
						Residuo	12.19
<b>E4</b>	E4- M1	499.68	2423.47	500 gr	421.96	2 - 4.75 mm	41.47
	E4- M2	740.54				150 - 2 mm	268.55
	E4- M3	758.31				0 - 150 µm.	81.03
						Residuo	3.47
<b>E5</b>	E5- M1	395.96	2289.54	500 gr	352.3	2 - 4.75 mm	6.22
	E5- M2	663.54				150 - 2 mm	125.11
	E5- M3	767.81				0 - 150 µm.	212.47
						Residuo	10.34
<b>E6</b>	E6- M1	878.39	3193.79	500 gr	408.28	2 - 4.75 mm	73.25
	E6- M2	861				150 - 2 mm	138.43
	E6- M3	1111.75				0 - 150 µm.	102.29
						Residuo	99.63

## Anexo 8. Forma y cantidad de microplásticos por estación de muestreo

**Tabla 8**

*Forma y cantidad de microplásticos por estación de muestreo*

Estaciones	Tamices	Fibras (FB)	Fragmentos (FR)	Esferas (EF)	Films (FL)	Esponjas (EP)	Numero de microplásticos	TOTAL
<b>E1</b>	2 - 4.75 mm						0	8
	150 - 2 mm	5	2		1		8	
	0 - 150 µm						0	
<b>E2</b>	2 - 4.75 mm	2					2	8
	150 - 2 mm	5					5	
	0 - 150 µm	1					1	
<b>E3</b>	2 - 4.75 mm	9	2		2		13	26
	150 - 2 mm	7	2		2		11	
	0 - 150 µm	2					2	
<b>E4</b>	2 - 4.75 mm	2					2	31
	150 - 2 mm	3	25		1		29	
	0 - 150 µm						0	
<b>E5</b>	2 - 4.75 mm		4		1		5	13
	150 - 2 mm		1		4		5	
	0 - 150 µm	3					3	
<b>E6</b>	2 - 4.75 mm	1					1	5
	150 - 2 mm	2	2				4	
	0 - 150 µm						0	

## Anexo 9. Cantidad de cloruro de sodio por estación

**Tabla 9**

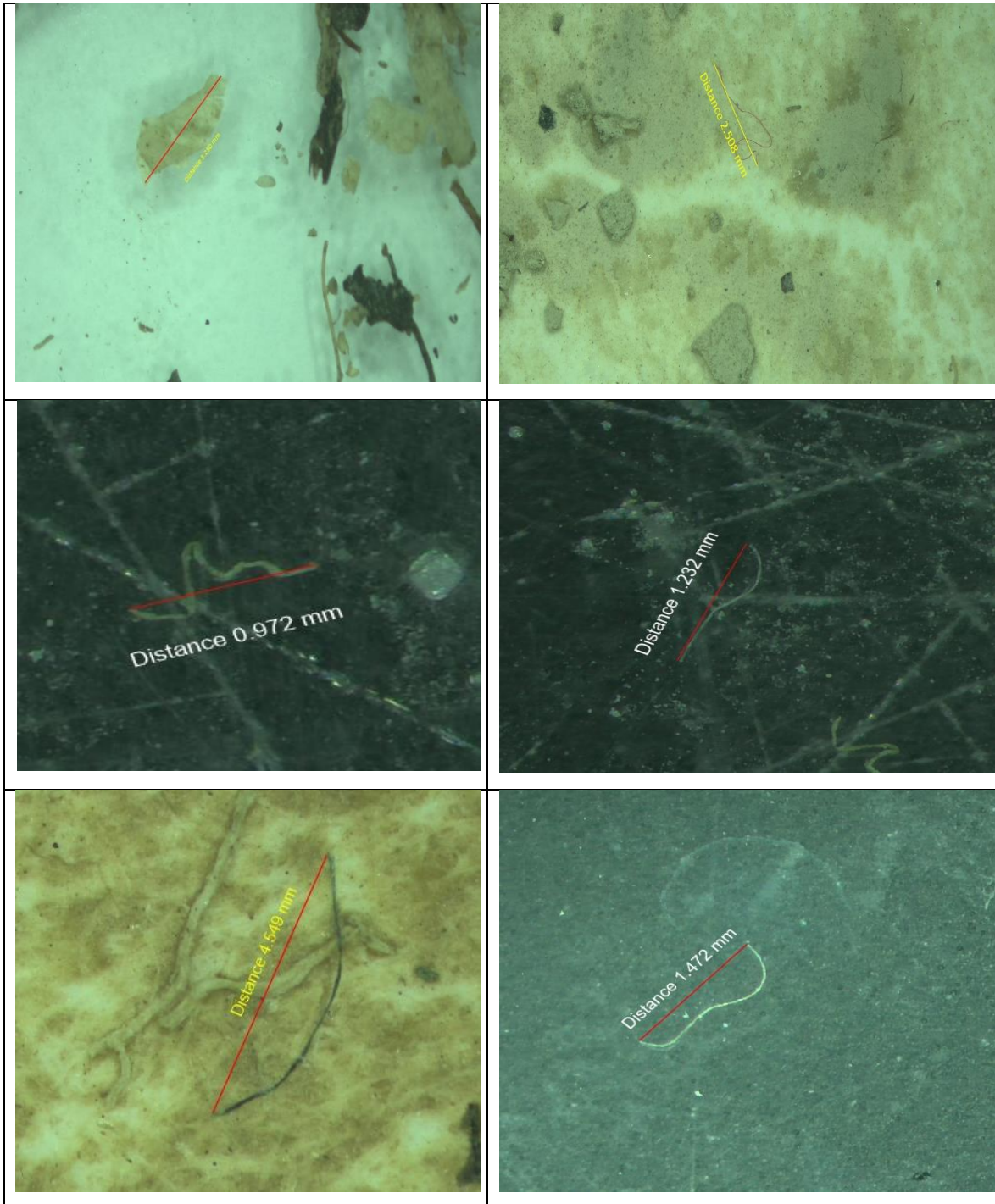
*Cantidad de solución de cloruro de sodio utilizado por estación*

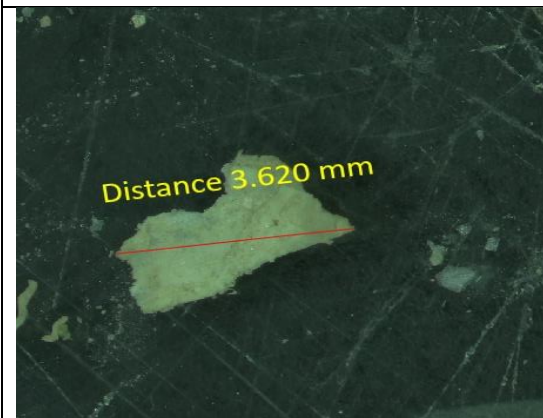
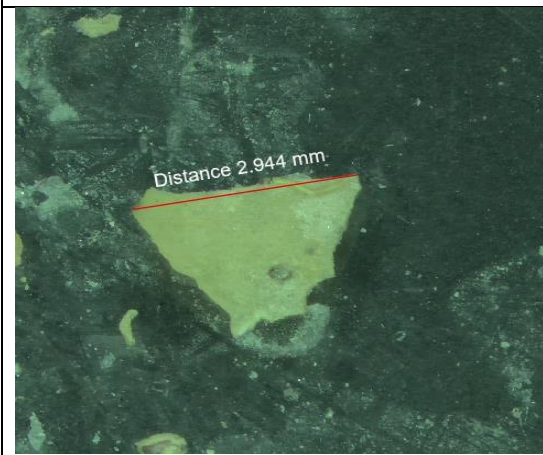
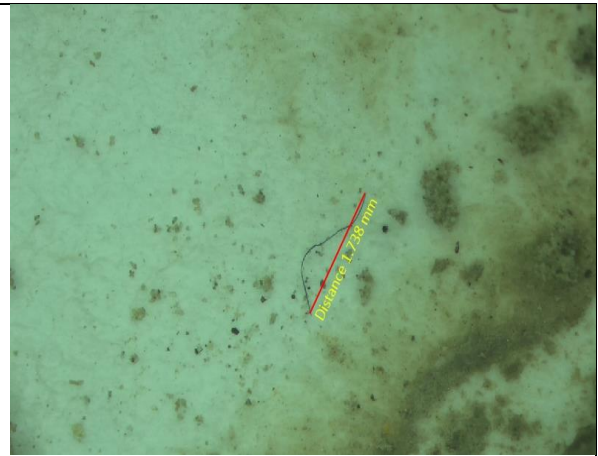
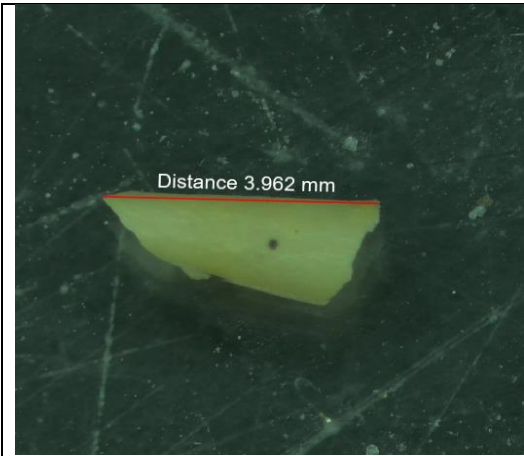
<b>Código</b>	<b>Intervalo de tamiz</b>	<b>Peso de muestra</b>	<b>Cantidad de Solución de NaCl</b>
<b>E1</b>	2 -4.75 mm	15.18 g	126.5 ml
	150 $\mu\text{m}$ - 2 mm	243.94 g	2000ml
	0 - 150 $\mu\text{m}$	74.6 g	621. 66 ml
<b>E2</b>	0 - 4.75 mm	16.8 g	140 ml
	150 $\mu\text{m}$ -2 mm	202.89 g	1691 ml
	0-150 $\mu\text{m}$	100.42 g	837 ml
<b>E3</b>	2 -4.75 mm	29.72 g	247.66 ml
	150 $\mu\text{m}$ - 2 mm	282.16 g	2351.33 ml
	0 - 150 $\mu\text{m}$	395.166 g	395.166 ml
<b>E4</b>	2 -4.75 mm	9.16 g	76.33 ml
	150 $\mu\text{m}$ - 2 mm	257.69 g	2147 ml
	0 - 150 $\mu\text{m}$	74.76 g	623 ml
<b>E5</b>	2 -4.75 mm	26.91 g	224.25 ml
	150 $\mu\text{m}$ - 2 mm	253.9 g	2116 ml
	0 - 150 $\mu\text{m}$	56.79 g	473 ml
<b>E6</b>	2 -4.75 mm	11.29 g	94.25 ml
	150 $\mu\text{m}$ - 2 mm	251.29 g	2094.08 ml
	0 - 150 $\mu\text{m}$	52.19 g	433 ml

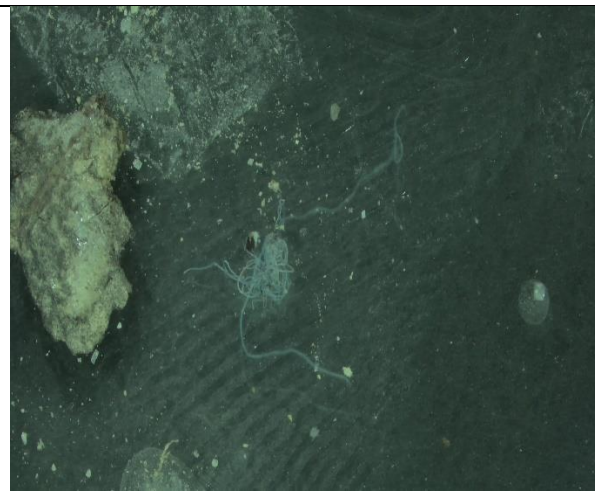
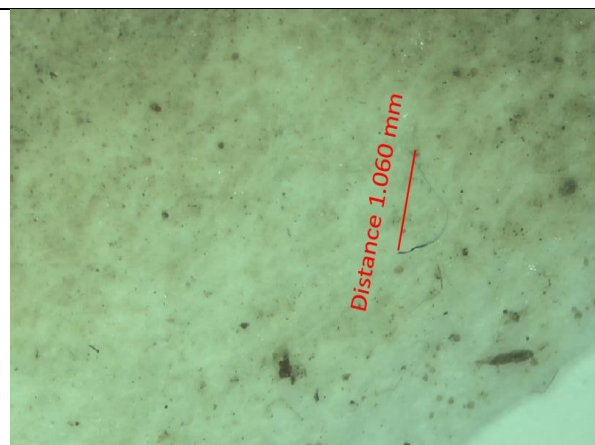
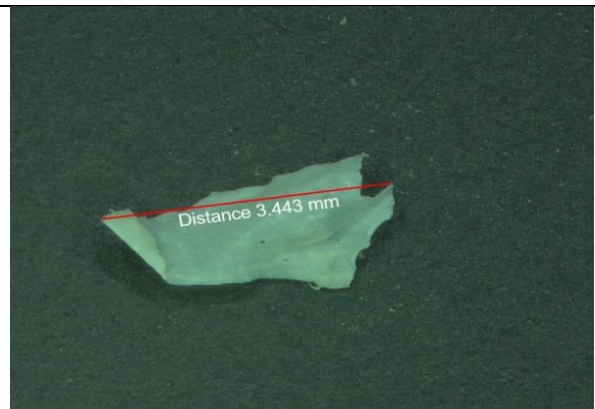
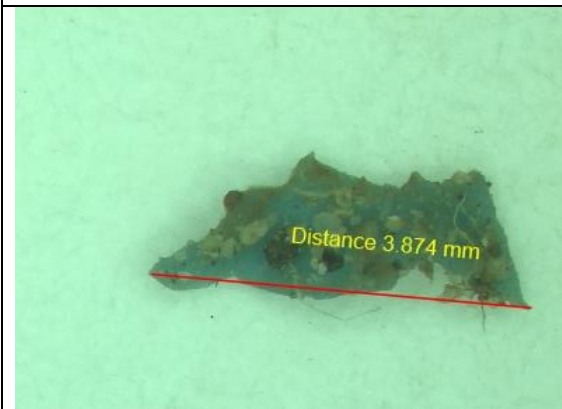
## Anexo 10. Microplásticos identificados

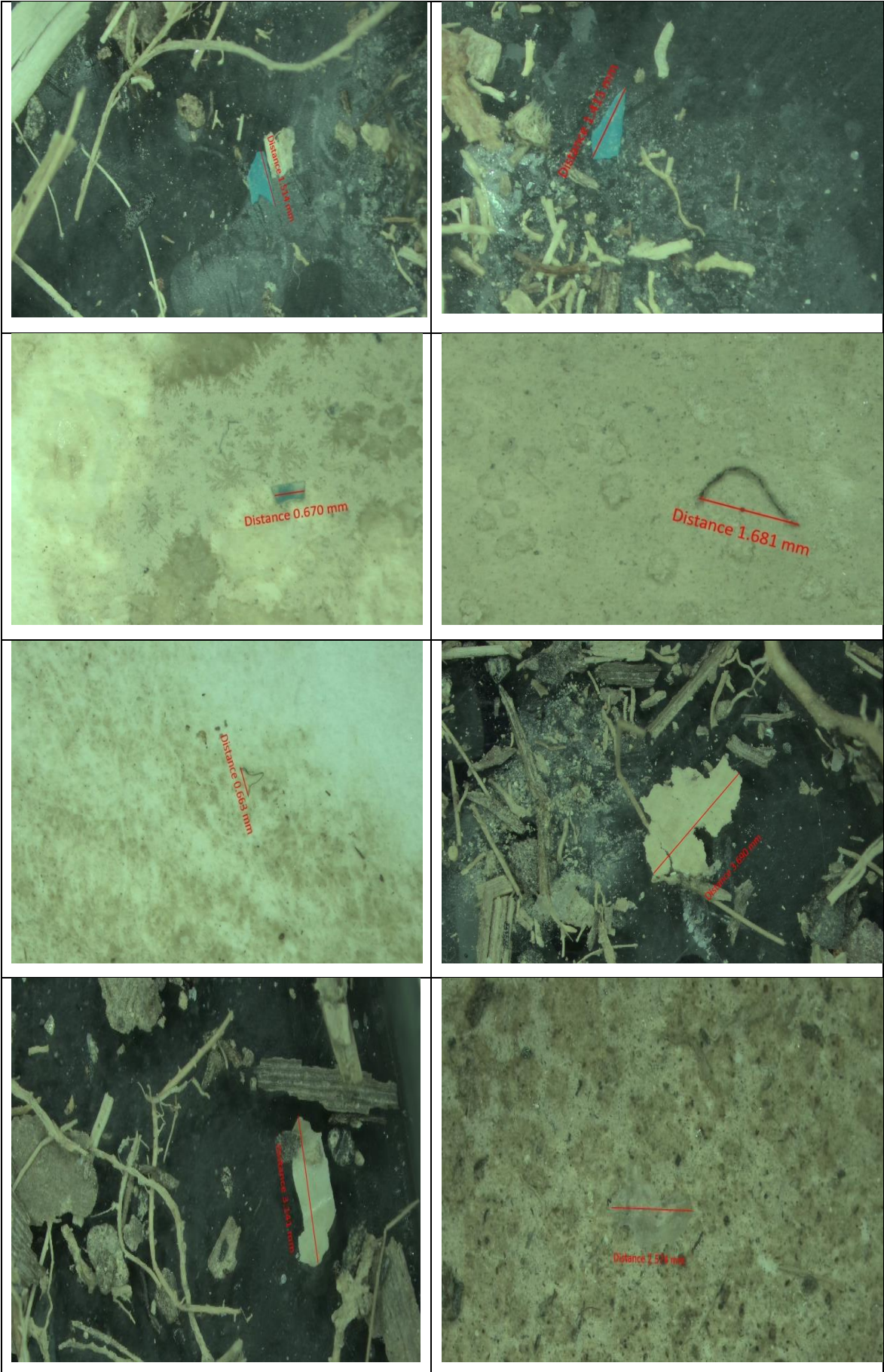
Tabla 10

*Microplásticos identificados*

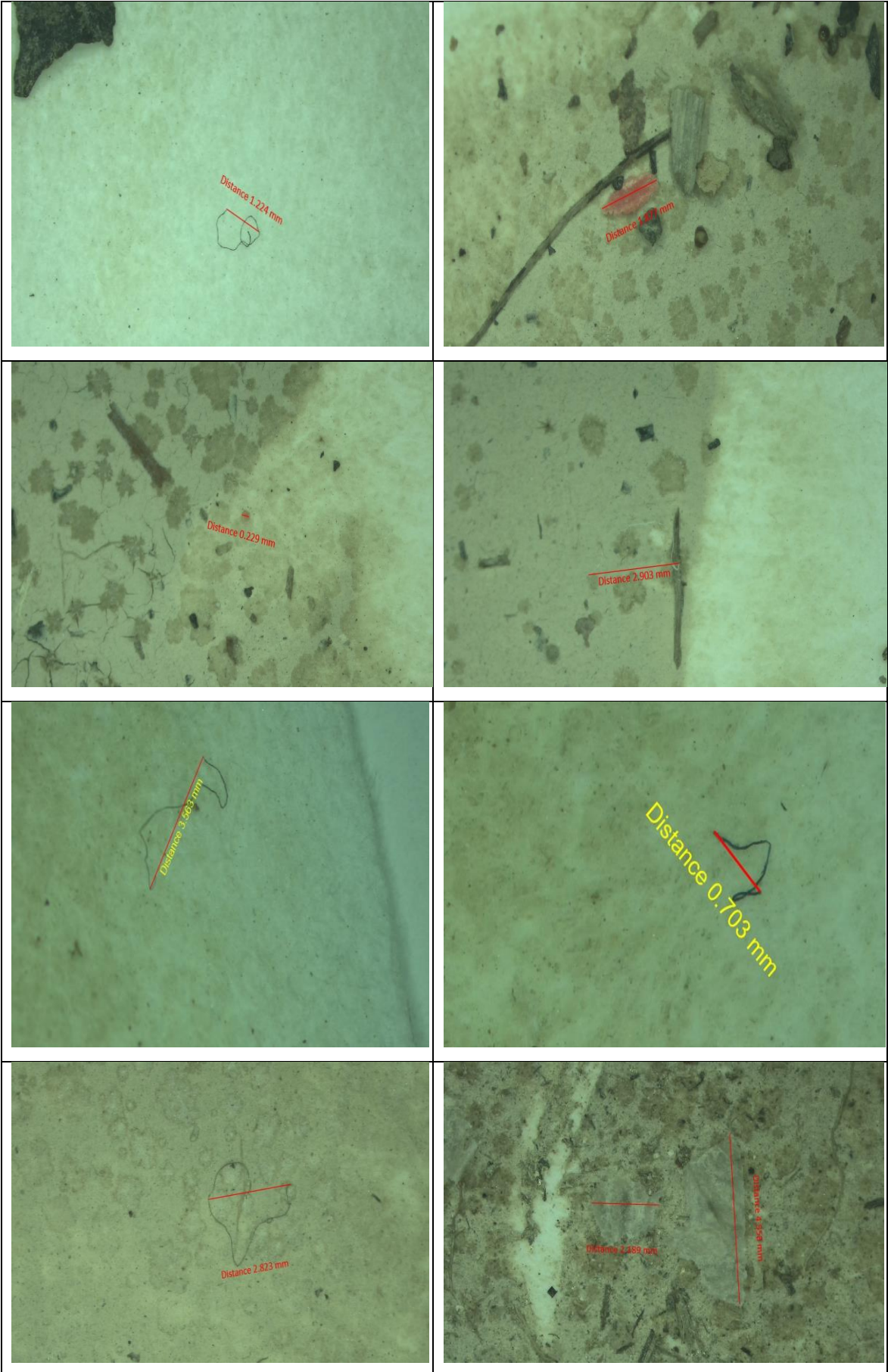












## Anexo 11. Partículas de plásticos identificadas

Tabla 11

*Partículas de plástico identificadas*

