



**UNIVERSIDAD  
DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“Microplásticos en las Lagunas de Maylas y su riesgo en el sistema de agua potable del cantón Gualaceo – Azuay, Ecuador”**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:  
INGENIERA AMBIENTAL**

**Autora:**

**Mireya Catalina Tigre Vintimilla**

**Director:**

**Bolívar Andrés Pérez González**

**CUENCA, ECUADOR  
2026**

## **Dedicatoria**

Este logro lo dedico a mis cuatro grandes amores, mi padre, quien ha luchado por mí inalcanzablemente, quien me ha apoyado en todas las etapas de mi vida y sigue apoyándome en todas mis locuras, quien no me ha abandonado y no me ha dejado caer, por demostrarme que todo es posible en la vida a pesar de las limitaciones. A mi madre quien a pesar de las adversidades de la vida ha luchado junto a mí en cada momento, me ha dado su cariño y su calidez incondicional. A mi Josué quien ha estado a mi lado en las etapas de mi vida más oscuras, quien me otorgo un amor inigualable y risas sin fin, el cual se ha convertido en mi compañero de aventuras y el amor de mi vida y en mi motor número uno para seguir luchando por mis sueños, y a mi compañera de cuatro patas por estar a mi lado cada vez que me desvelaba en los fríos de las madrugadas su cariño me ha hecho más humana.

También dedico este trabajo a mis queridos tíos/as y primos/as, quienes me acompañaron en esta aventura, para poder concluir con este trabajo y etapa universitaria, que sin pedir nada a cambio demostraron que la unión familiar hace que la vida no se vuelva pesada.

## **Agradecimientos**

Agradezco a todos mis profesores que me impartieron clases a lo largo de la carrera, quienes no solo enseñaban, sino que también nos compartían sus sabidurías y nos daban consejos de vida, también agradezco a mis profesores colombianos que me apoyaron y brindaron una calidez familiar, haciendo que no extrañe tanto a mi país. Igualmente agradezco al Profesor Andrés por su apoyo incondicional en la ejecución de este proyecto otorgándome todas las herramientas necesarias para finalizar mi investigación, así también al Profesor Edwin por apoyarme y permitirme usar su material de laboratorio. Finalmente agradezco a la Universidad del Azuay por brindarme la oportunidad de estudiar por medio de una beca, sin esta ayuda no hubiera cumplido mis sueños, además de permitirme viajar a otro país y conocer nuevas culturas.

**Tabla de contenido**

1	Resumen .....	6
2	Abstract .....	7
3	Introducción.....	8
4	Metodología.....	10
4.1	Identificación del área de estudio.....	10
4.2	Toma de muestras. ....	11
4.3	Métodos de laboratorio. ....	12
5	Resultados .....	13
5.1	Abundancia de microplásticos por punto de muestreo .....	13
5.2	Distribución por tamaño de partícula.....	15
5.3	Frecuencia Acumulada.....	16
6	Discusión .....	17
7	Conclusiones .....	20
8	Recomendaciones .....	20
9	Anexos.....	22
10	Bibliografía.....	30

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> Ubicación y puntos de muestreo de la Laguna Huarmi Maylas.....	11
<b>Figura 2</b> Fibras y láminas plásticas observadas en la laguna Huarmi Maylas encontrados en los puntos de muestreo. ....	13
<b>Figura 3</b> Distribución de frecuencia de microplásticos por tamaño de partícula. ....	16
<b>Figura 4</b> Distribución de frecuencia acumulada de microplásticos por tamaño de partícula. ....	17

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> Conteo y Tamaño de partícula por punto de muestra. ....	14
--	----

# **Microplásticos en las Lagunas de Maylas y su riesgo en el sistema de agua potable del cantón Gualaceo – Azuay, Ecuador.**

## **Microplastics in the Maylas Lagoons and their risk to the drinking water system in the Cantón Gualaceo-Azuay, Ecuador.**

Mireya Catalina Tigre Vintimilla  
Escuela de Ingeniería Ambiental  
Universidad del Azuay  
Cuenca, Ecuador  
mireya.tigre@es.uazuay.edu.ec

### **1 Resumen**

En el presente estudio tuvo como objetivo analizar la presencia de microplásticos (MP) en las lagunas de Maylas, ubicadas en el Bosque Protector Collay en el cantón Gualaceo, Ecuador, y argumentar su posible implicación en el sistema de agua potable en el cantón. Se recolectaron nueve muestras de agua superficial en la laguna Huarmi Maylas, filtrando 5 galones por punto, por medio de una red de plancton de 50  $\mu\text{m}$ . Las muestras recolectadas fueron tamizadas con distintos tamaños de aberturas (710  $\mu\text{m}$  a 45  $\mu\text{m}$ ) y tratadas con peróxido de hidrógeno al 20% para eliminar materia orgánica. Posteriormente, se analizaron mediante microscopía estereoscópica para la identificación y cuantificación de MP según tamaño y morfología.

Se registraron un total de 4005 MP en donde predominaron fibras. El rango de tamaño más abundante fue de 75  $\mu\text{m}$  a 250  $\mu\text{m}$  (67,3). Los resultados evidencian contaminación generalizada por MP en las lagunas del Bosque Protector Collay, probablemente asociada a actividades antropocéntricas, lo que representa un riesgo potencial para la calidad del agua destinada al consumo humano en el cantón Gualaceo, lo que genera la necesidad de implementar estrategias de monitoreo y gestión ambiental en ecosistemas sensibles.

**Palabras Claves:** Microplásticos, Ecosistemas andinos, contaminación hídrica, áreas protegidas, agua superficial.

## 2 Abstract

The objective of this study was to analyze the presence of microplastics (MP) in the Maylas lagoons, located in the Collay Protected Forest in the canton of Gualaceo, Ecuador, and to assess their potential impact on the canton's drinking water system. Nine surface water samples were collected from Huarmi Maylas Lagoon, filtering 5 gallons per sampling point using a 50  $\mu\text{m}$  plankton net. The collected samples were sieved using different mesh sizes (710  $\mu\text{m}$  to 45  $\mu\text{m}$ ) and treated with 20% hydrogen peroxide to remove organic matter. Subsequently, they were analyzed using stereoscopic microscopy to identify and quantify PM based on size and morphology.

A total of 4,005 PM particles were recorded, with fibers being the most prevalent. The most abundant size range was 75  $\mu\text{m}$  to 250  $\mu\text{m}$  (67.3%). The results indicate widespread PM contamination in the lagoons of the Collay Protected Forest, likely associated with human activities, which poses a potential risk to the quality of water intended for human consumption in the Gualaceo canton, highlighting the need to implement environmental monitoring and management strategies in sensitive ecosystems.

**Keywords:** Microplastics, Andean ecosystems, water pollution, protected areas, surface water.

### 3 Introducción

Los microplásticos (MP) son parte de los contaminantes emergentes en nuestro planeta, llegando a afectar a los ecosistemas y a las personas. A pesar de ser un tema reciente ha tomado relevancia y varios estudios señalan los efectos adversos que estas partículas ocasionan a los seres vivos, como nos dice Han et al. (2024, Citado en Luna, 2024), los plásticos son uno de los materiales que se han extendido a nivel mundial, que, al no ser biodegradables, llegan a estar durante largos periodos de tiempo en el ambiente. Esta persistencia ha generado problemas de contaminación en medios, como el agua, el suelo y el aire, siendo alarmante por su presencia en fuentes de agua potable y en diversos alimentos.

Además, estas partículas llegan a afectar a los seres vivos acuáticos, como menciona Lino (2022), estas partículas de plásticos han desarrollado efectos negativos en los niveles ecosistémicos amenazando la supervivencia de diversas especies, pues la acumulación de estas partículas en los organismos acuáticos causa una falsa saciedad provocando desnutrición y posteriormente la muerte.

Al estar tan presentes en nuestro día a día, los MP también afectan a los seres humanos ya que, según Gutierrez (2021), los microplásticos pueden ingresar al organismo humano por medio del consumo de alimentos contaminados como mariscos, y por productos cotidianos como la sal, azúcar, incluyendo la cerveza. Tal como señala Betancourt & Daza (2023) que la presencia de MP en el organismo humano llega a tener efectos tóxicos, como el desequilibrio hormonal afectando a los procesos vitales como el crecimiento, desarrollo y reproducción, ocurriendo de igual manera en los organismos acuáticos. Estas partículas pueden dañar el sistema digestivo humano, causando irritación, alteraciones en la microbiota intestinal, provocando deficiencias en la absorción de nutrientes.

De acuerdo con Van Raamsdonk et al. (2020, citado en Capilla, Guzmán, Huerta & Muñoz (2024), los efectos tóxicos presentes en los microplásticos están ligados a su composición química, el tipo y el nivel de exposición de estos al ambiente. Generando diversas afecciones a

los seres humanos, entre ellas, alteraciones cardiopulmonares, estrés oxidativo, respuestas inflamatorias, genotoxicidad, que es la capacidad de ciertos agentes químicos de dañar el ADN, lo que puede llegar a provocar mutaciones y afectar funcionamientos celulares. Asimismo, se reportan alteraciones en los metabolitos endógenos, absorción de nutrientes y procesos reproductivos en las personas.

De tal forma los MP surgen por la degradación de plásticos de mayor tamaño, como menciona Betancourt & Daza (2023) también puede existir microplásticos por la liberación de partículas en el área de fabricación, o también por uso o segmentación de productos plásticos, además, se los clasifica en dos grupos, microplásticos primarios los cuales consisten en plásticos fabricados con un tamaño menor a 5 mm, mientras que los secundarios son aquellas partículas plásticas que se originan por la descomposición o fragmentación de plásticos con mayor tamaño como lo son las botellas, bolsas o envases. También existe una subdivisión por tamaño, siendo los fragmentos que varían en su forma y tienen un tamaño de 1 micrómetro o pueden tener 5 mm, y tenemos las fibras, las cuales consisten en hilos finos de origen textil en donde su tamaño puede ser de 1 micrómetro llegando a extenderse por varios milímetros, estos diferentes tipos y tamaños de MP pueden diferir en los efectos que llegan a tener en los ecosistemas.

Las lagunas constituyen un ecosistema importante en la zona y un atractivo turístico que permite a sus visitantes convivir con la flora y fauna características, sin embargo, se ha identificado una problemática creciente, que es la acumulación de desechos sólidos, debido a la presencia de turistas que se recrean en la zona. Además, se ha podido observar la presencia de prendas textiles y elementos dejados al realizar prácticas de rituales tradicionales, generando riesgos ambientales. Muchos de estos materiales comúnmente son elaborados por productos derivados del petróleo, afectando de manera significativa a los ecosistemas, siendo uno de ellos los entornos acuáticos, teniendo un impacto directo en la calidad del agua de las lagunas.

Por lo tanto, esta investigación aporta evidencia relevante sobre la presencia de MP en cuerpos de agua dulce, como las lagunas de Maylas en el cantón Gualaceo. En el Ecuador aún no

existe una normativa específica que establezca índices de calidad de agua basados en microplásticos, ni límites legales reconocidos para su concentración en fuentes de agua dulce, por lo que estudios relacionados a estas partículas son escasas, como afirma Lino (2022) estudios relacionados a MP recién están tomando relevancia, pero gran parte analizados en agua salada y pocos en agua dulce.

Por lo mencionado, el objetivo de este estudio es el de analizar la presencia de microplásticos en las Lagunas de Maylas ubicadas dentro del Bosque Protector Collay, y cómo la presencia de estas partículas podría estar presentes en el agua que consumen los habitantes del cantón Gualaceo.

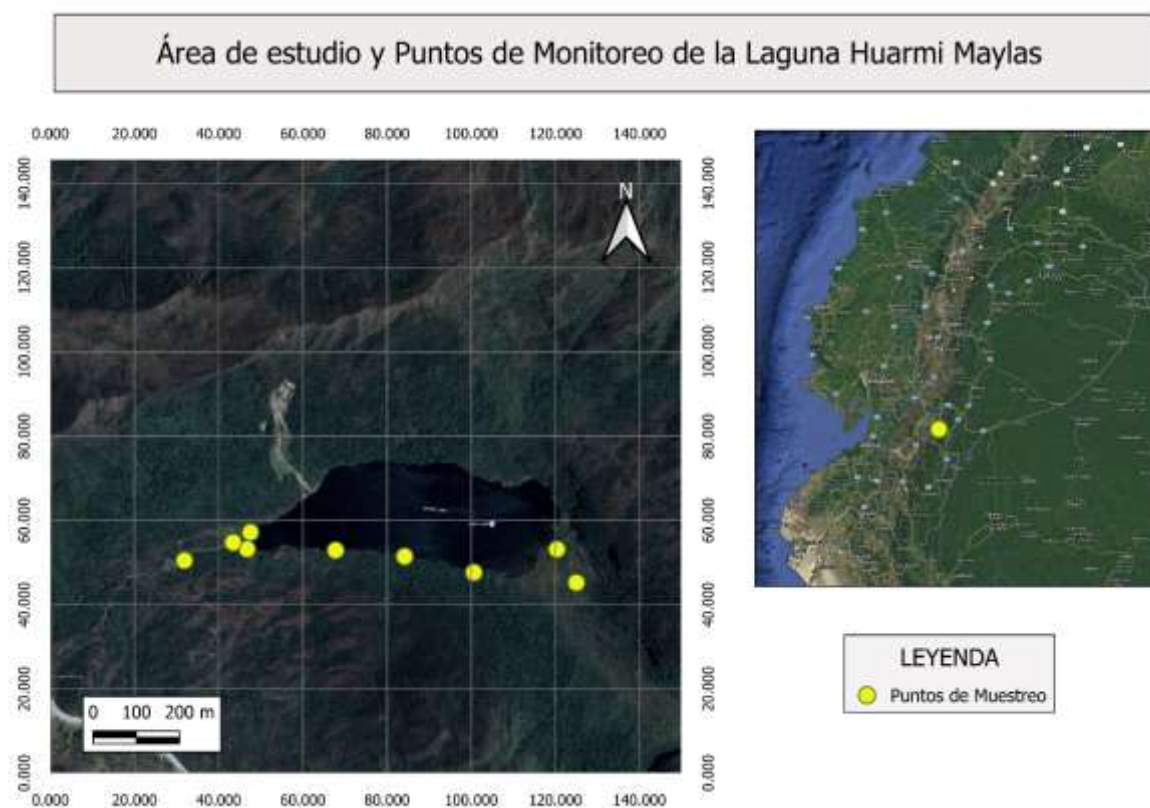
## **4 Metodología**

### **4.1 Identificación del área de estudio**

Las lagunas de Maylas son “correspondiente al Área de Bosque y Vegetación Protectora Collay, específicamente en el kilómetro 20 de la vía Gualaceo - Limón y forma parte de la parroquia Luis Cordero Vega, cantón Gualaceo, provincia del Azuay” (Orellana & Sarango, 2023).

La zona posee dos lagunas denominadas Cari Maylas y Huarmi Maylas, las cuales desembocan hacia Gualaceo formando parte del sistema hídrico de la región, además, esta zona se caracteriza por tener actividades de pesca recreativa, pero se sugiere establecer el ecoturismo, en donde se evalúe la capacidad de carga turística en la zona (Vázquez 2010). En palabras de Orellana & Sarango (2023), no existen asentamientos humanos y el poblado más cercano a las lagunas es la comunidad de Palmas; sin embargo, se registra la presencia de turismo de aventura. El agua proveniente de las lagunas nutre al río Maylas, el cual finaliza en el río San Francisco, el cual forma parte de la cuenca del río Santa Bárbara. En cuanto a las condiciones ambientales, las temperaturas de estos páramos se encuentran en un rango de 9 °C a 11 °C y se encuentran a una altura de 3314 m.s.n.m., con una precipitación anual alta de 1800 mm.

En la Figura 1 se da a conocer la delimitación del área de estudio, así como la ubicación de los puntos de monitoreo determinados alrededor de la laguna Huarmi Maylas.



**Figura 1** Ubicación y puntos de muestreo de la Laguna Huarmi Maylas.

Fuente: Tigre (2026).

#### 4.2 Toma de muestras.

Se tomaron 9 muestras de agua superficial en puntos distintos de la Laguna Huarmi Maylas. Debido a que el acceso a la laguna Cari Maylas es hostil y no existe un sendero claro para ingresar a la misma (Anexo 8), se optó por tomar una muestra en el río que conecta estas dos lagunas para conocer lo que se deriva de la segunda laguna y saber el estado del mismo. En cuanto al método utilizado para la recolección de agua, se implementó una red de muestreo para plancton de 50 $\mu$ m (Anexo 3), en donde se filtró 5 galones de agua superficial a orillas de la Laguna (Anexo 4), las cuales se almacenaron debidamente en recipientes de 100ml estériles, posteriormente se realizaron dos lavados de la red para arrastrar aquellas partículas que pudieron quedar atrapadas, (Anexo 5), después de recolectar cada lavado en los recipientes, el

procedimiento fue replicado en cada punto de muestreo. A pesar de que no existe una norma oficial o una sola técnica para recolección de microplásticos en diferentes medios como es el caso del agua, debido a que es un tema emergente poco estudiada, cada medio contiene técnicas distintas según los tipos de afluentes, “Los lagos son diferentes a los ríos ya que el entorno está relativamente estancado. Las muestras se obtienen de la columna de agua y de la superficie del agua, así como del suelo o del litoral” (Stock et al., 2019).

### **4.3 Métodos de laboratorio.**

Una vez obtenidas las muestras, las mismas fueron llevadas a los laboratorios de la Universidad del Azuay para su respectivo análisis. Para la separación de las partículas presentes en el agua según su tamaño, se utilizaron tamices de la marca W.S. Tyler con dimensiones de 710  $\mu\text{m}$ , 500  $\mu\text{m}$ , 250  $\mu\text{m}$ , 125  $\mu\text{m}$ , 75  $\mu\text{m}$  y 45  $\mu\text{m}$ , además, se realizó una última filtración usando filtros de café para la retención de partículas  $< 45 \mu\text{m}$ , permitiendo una clasificación adecuada por tamaño de partícula.

Las muestras obtenidas de la filtración de los 5 galones de agua fueron tratadas con peróxido de hidrógeno al 20% para eliminar la materia orgánica presente y facilitar la separación de los microplásticos. Este proceso se realizó de forma similar en la investigación descrita por Lara Díaz del Olmo, Mostajo & Ochoa (2020), quienes aplicaron el proceso de digestión oxidativa en muestras de sedimento. En este estudio, el método fue adaptado para muestras de agua superficial, en donde se mantuvo un tiempo de reacción de 2h.

Posteriormente se esperó el secado de los tamices en un periodo entre 24 a 48 horas, para luego realizar su debida clasificación y lograr trasladar las partículas identificadas a cajas Petri con ayuda de pinzas de punta fina, Se hizo la identificación de las partículas mediante la observación bajo un microscopio estereoscópico, y poder identificar aquellas partículas inusuales que tengan características como colores translucidos o vibrantes, bordes irregulares, de textura lisa con una rigidez flexible y con un brillo artificial, y finalmente realizar un respectivo conteo de la cantidad encontrada de microplástico según su tamaño.

## 5 Resultados

### 5.1 Abundancia de microplásticos por punto de muestreo

En los nueve puntos de muestreo realizado en la laguna Huarmi Maylas se contabilizó un total de 4005 microplásticos, en donde predominó las fibras, sin embargo, también se identificaron láminas plásticas (Figura 2).



**Figura 2** Fibras y láminas plásticas observadas en la laguna Huarmi Maylas encontrados en los puntos de muestreo.

Fuente: Tigre (2026).

Se pudo observar una variabilidad de abundancia de microplásticos en cada punto de muestreo, una de las muestras con mayor concentración de microplásticos fue la Muestra 1 con un total de 973 partículas, seguida de la Muestra 6 con un total de 566, la Muestra 3 con 516, la Muestra 2 con 443, Muestra 5 con 419 y finalmente la Muestra 4 con 398 partículas de microplásticos, así también se registraron valores bajos como la Muestra 7 con 280, la Muestra 8 con 266 y la Muestra 9 con 144 en total de microplásticos (Tabla 1).

**Tabla 1** *Conteo y Tamaño de partícula por punto de muestra.*

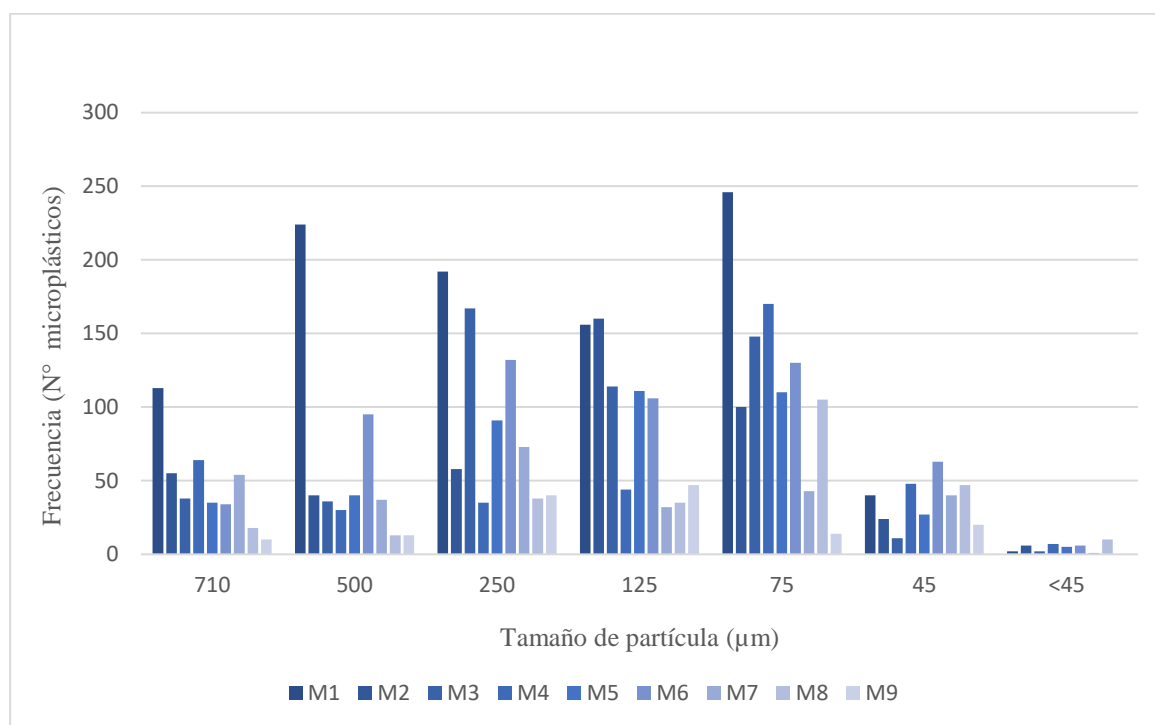
<b>Tamiz W.S. Tyler</b>		<b>Puntos de Muestreo (Agua/ N° de microplásticos)</b>								
<b>N° de Tamiz</b>	<b>Abertura (µm)</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>	<b>M6</b>	<b>M7</b>	<b>M8</b>	<b>M9</b>
<b>25</b>	<b>710</b>	113	55	38	64	35	34	54	18	10
<b>35</b>	<b>500</b>	224	40	36	30	40	95	37	13	13
<b>60</b>	<b>250</b>	192	58	167	35	91	132	73	38	40
<b>120</b>	<b>125</b>	156	160	114	44	111	106	32	35	47
<b>200</b>	<b>75</b>	246	100	148	170	110	130	43	105	14
<b>325</b>	<b>45</b>	40	24	11	48	27	63	40	47	20
	<b>&lt;45</b>	2	6	2	7	5	6	1	10	0

Fuente: Tigre (2026).

## 5.2 *Distribución por tamaño de partícula*

En cuanto a la morfología, las fibras fueron el tipo de MP predominante que se identificaron. Con respecto al análisis de distribución por tamaño nos indicó una mayor abundancia de partículas en dimensiones intermedias y pequeñas, (Figura 3), el segmento en donde se retuvo la mayor parte de microplástico es el que posee una dimensión de 75  $\mu\text{m}$  siendo el más representativo con un 26,6% del total de las muestras, seguido por el tamaño de 250  $\mu\text{m}$  con un 20,6% y por último la abertura de 125  $\mu\text{m}$  con un 20,1%. En conjunto estos tamaños representan el 67,3% de las partículas analizadas.

Respecto a los de mayor tamaño presentaron menor abundancia de microplásticos pues la medida de 500  $\mu\text{m}$  obtuvo el 13,2% de presencia de partículas y el 710  $\mu\text{m}$  tuvo el 10,5%, mientras que los niveles más finos como 45  $\mu\text{m}$  fueron de 7,9% y < 45  $\mu\text{m}$  con un 1,0% de existencia de los microplásticos, la existencia de estas partículas finas se debe a la adherencia de estas partículas a la materia orgánica presente en el agua como ramas u hojas, las cuales fueron separadas en el proceso oxidativo, otra interacción observada es que ciertas fibras se encontraban unidas entre si provocando que algunas se fragmenten o se separen cuando se les agarraba con las pinzas de punta fina., lo que nos podría indicar la presencia de estas partículas en los tamices más finos. También las distintas dimensiones varían según los sitios muestreados, así como en la Muestra 1, Muestra 4 y Muestra 8 predominan las partículas de 75  $\mu\text{m}$ , en la Muestra 2, Muestra 5 y Muestra 9 son las de 125  $\mu\text{m}$  y finalmente en la Muestra 3, Muestra 6 y Muestra 7 las de 250  $\mu\text{m}$ .



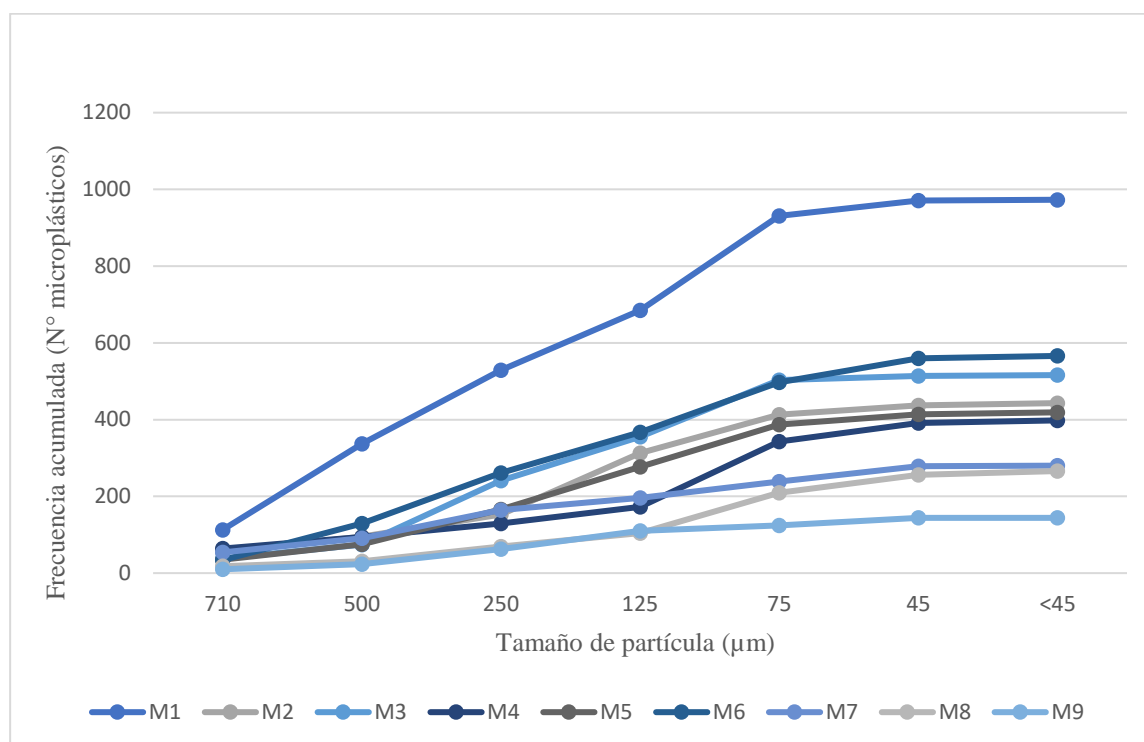
**Figura 3** Distribución de frecuencia de microplásticos por tamaño de partícula.

Fuente: Tigre (2026).

### 5.3 Frecuencia Acumulada

La curva de frecuencia acumulada evidenció un patrón consistente en todos los puntos de muestreo (Figura 4). En todos los casos, más del 85% de los microplásticos se acumularon hasta el tamiz de 75 µm, los valores acumulados variaron en un 78,6% en la Muestra 8, y en la Muestra 3 fue de un 97,5%, indicando el predominio de partículas con tamaños iguales o mayores a 75 µm.

En consecuencia, los niveles menores a 75 µm mostraron una proporción reducida del total con valores máximos aproximados al 21,4%, observados en la Muestra 8, además, en la Muestra 1 se presentó la mayor carga acumulada de microplásticos en todas las fracciones analizadas. Este comportamiento nos indica una distribución dominada por aquellas partículas de tamaño mediano a grande en sistemas acuáticos como la laguna.



**Figura 4** Distribución de frecuencia acumulada de microplásticos por tamaño de partícula.

Fuente: Tigre (2026).

## 6 Discusión

El análisis realizado en la laguna Huarmi Maylas nos confirmó la presencia de microplásticos en los nueve puntos de muestreo realizados a las orillas de la laguna, obteniendo un total de 4005 partículas identificadas en 45 galones de agua filtradas, demostrando que incluso en ecosistemas altoandinas y dentro de una área protegida como lo es el Bosque Protector Collay, no se encuentran libres de contaminación por microplásticos, además estos hallazgos son compatibles con los reportados por Ramos et al. (2024) en la Laguna de Sonso en Colombia, en donde se encontraron 1808 partículas en total, teniendo la presencia de fibras, fragmentos de plástico e incluso películas delgadas de estos contaminantes nuevos, distribuidas en diversos puntos de muestreo, lo que nos demuestra que las fuentes hídricas de agua dulce no está exentas de ser receptores de este tipo de contaminación.

La variabilidad espacial obtenida entre los distintos puntos de muestreo, evidencio diferencias en la abundancia de microplásticos. La Muestra 1, ubicada en el río que comunica la laguna Cari Maylas con la laguna Huarmi Maylas presentó la mayor concentración de MP con un total de 973 partículas a diferencia de la Muestra 9 que fue la menos contaminada con un total de 144 partículas, coherente con lo descrito por Rojas – Luna et al. (2023) quienes reportaron que el Lago Luruaco en Colombia, se evidencio una densidad de microplásticos variable, espacialmente entre las diferentes estaciones muestreadas relacionadas con la cercanía a fuentes de contribución como los afluentes y zonas de actividad humana. En la laguna Huarmi Maylas, esta variabilidad podría estar asociada a dinámicas como la circulación interna del cuerpo de agua, y las condiciones climáticas presentes durante el muestreo. Debido a que la recolección se realizó en temporada de invierno, el incremento del nivel del agua podría favorecer la dispersión y dilución de los MP hacia zonas más profundas de la laguna. Asimismo, la cercanía a áreas con mayor afluencia turística, en donde se observó acumulación de residuos sólidos (Anexo 1 y Anexo 6) y prendas textiles (Anexo 2) durante el trabajo de campo, podría influir en la distribución de estas partículas entre los distintos puntos de muestreo.

En la identificación de MP se destaca la presencia de fibras y láminas plásticas como morfotipos presentes en las muestras de la laguna Huarmi Maylas, siendo las fibras las más abundantes. De acuerdo con varios estudios como el de Ramos et al. (2024) reportaron que, en la zona de estudio, la morfología más predominante son las escamas, en el agua con un 41%, mientras que en sedimentos un total de 1196 partículas las más abundantes fueron fibras con un 37%. De forma similar, Rojas-Luna et al. (2023) encontraron en sus muestras que las fibras son representativas con un 78,9% de los microplásticos identificados en agua superficial de origen textil sintético. Este auge también se documentó por Quizhpe-Asencio, Luna-Florin & Paredes-Moran (2025) en tres islas del Archipiélago de Jambelí en nuestro país, Ecuador, donde las fibras representaron el morfotipo más abundante en agua y sedimentos.

En el caso de la laguna Huarmi Maylas, la presencia de microplásticos con morfología de fibra podría estar relacionado con los rituales ancestrales realizados en estos cuerpos de agua. Estas prácticas implican el uso de prendas y materiales sintéticos que podrían contribuir al ingreso de fibras al ecosistema acuático, por otra parte, las láminas plásticas observadas, podría corresponder a la fragmentación de bolsas plásticas o envases que son abandonados por turistas, lo que es identificado en la problemática de acumulación de desechos sólidos documentado en esta zona de estudio.

El predominio de partículas que se encuentran en un rango de 75  $\mu\text{m}$  a 250  $\mu\text{m}$ , indica que los microplásticos existentes en la laguna se encuentran en un estado medio de fragmentación, pues como indica Tapia & Sequeiros (2023) en su estudio de efluentes de una planta de tratamiento de aguas residuales en el Cusco, hallaron que el tamaño predominante de microplásticos promedio es de 111  $\mu\text{m}$ , concordando con el rango de tamaño descubierto en la Laguna Huarmi Maylas, este fenómeno puede estar relacionado por las condiciones climáticas propias de ecosistemas pertenecientes en ecosistemas andinos, en donde las temperaturas bajas ralentizan la degradación física de los plásticos.

Estudios como los realizados por Rojas – Luna et al. (2023) y Tapia & Sequeiros (2023) emplearon la técnica FTIR para la identificación de los distintos tipos de plásticos presentes en el agua, en donde determinaron polímeros como el poliéster, poliestireno y polietileno tereftalato. Como plantea De La Torre (2019), la técnica FTIR permite realizar un análisis cualitativo del polímero mediante la obtención de su espectro infrarrojo con bibliotecas espectrales de referencia; este método resulta especialmente eficaz para partículas mayores a 10  $\mu\text{m}$ .

En la presente investigación, la identificación de microplásticos se realizó mediante microscopía estereoscópica y siguiendo criterios morfológicos de las partículas, permitiendo confirmar y cuantificar la presencia de estos contaminantes en la laguna Huarmi Maylas, convirtiéndola en un diagnóstico inicial de contaminación en estos ecosistemas andinos. De acuerdo con Stock et al. (2019), la identificación visual de microplásticos bajo microscopio

estereoscópico es una metodología utilizada y reconocida en varias investigaciones de microplásticos en ambientes acuáticos, en especial en estudios de diagnóstico inicial.

## **7 Conclusiones**

Los resultados obtenidos confirmaron la presencia de microplásticos en todos los puntos de muestreo de la laguna Huarmi Maylas, demostrando contaminación en este ecosistema acuático andino perteneciente al Bosque Protector Collay. Se identificó un total de 4005 partículas, en donde domino las fibras como principal morfotipo de microplásticos, además de la presencia de láminas plásticas en las muestras. En cuanto a la distribución por tamaño, las partículas entre 75  $\mu\text{m}$  a 250  $\mu\text{m}$  representaron la mayor parte de abundancia de MP encontrados, las dimensiones más finas como 45  $\mu\text{m}$  y < 45  $\mu\text{m}$  se encontró menos abundancia de microplásticos.

La presencia de MP en las lagunas Maylas representan un posible riesgo para la calidad del agua y para los ecosistemas acuáticos de la zona. Los resultados alcanzados muestran una necesidad urgente de implementar estrategias de monitoreo, gestión de residuos y educación ambiental en áreas sensibles y de interés turístico como lo son las lagunas de Maylas, garantizando así la protección de estos recursos, para alcanzar una sostenibilidad en estos ecosistemas vulnerables.

## **8 Recomendaciones**

Se recomienda que en futuras investigaciones realizadas en las lagunas de Maylas sobre microplásticos, se incorporen técnicas de caracterización química como lo es la espectroscopía infrarroja por transformadora de Fourier (FTIR), con el objetivo de identificar los distintos tipos de polímeros presentes en estos cuerpos de agua y así poder determinar la contaminación por microplásticos de forma precisa.

También, se seguirá el desarrollo de estudios complementarios, en donde se evalúe la relación entre la presencia de microplásticos y la calidad del agua, por medio de análisis

fisicoquímicos y toxicológicos, para que nos ayude a determinar los posibles efectos en los ecosistemas acuáticos y en la salud humana. Además, se recomienda la implementación de programas que monitoreen continuamente la zona de las lagunas de Maylas para identificar la evolución de la contaminación por los MP a través del tiempo.

Por último, se sugiere el fortalecimiento o implementación de estrategias en cuanto a educación ambiental se trata y el correcto manejo de residuos sólidos que se generan en la zona, en especial énfasis en las zonas con mayor afluencia de turistas que es la laguna Huarmi Maylas por el fácil acceso y es la primera laguna que los turistas encuentran, ya que como se mencionó anteriormente la laguna Cari Maylas posee senderos hostiles, pero no la salva de la contaminación por desechos sólidos (Anexo 7). Con el fin de reducir el ingreso de plásticos al ecosistema del Bosque Protector Collay, y así poder mitigar su impacto ambiental. Con el tiempo se espera que exista una normativa en el Ecuador que ayude a regular la contaminación de microplásticos no solo en agua, sino en suelo y aire., pues al ser partículas ligeras, estos contaminantes plásticos se expanden hacia distintos ecosistemas y medios.

## 9 Anexos

## Anexo 1



Anexo 2



Anexo 3



Anexo 4



Anexo 5



**Anexo 6**

Anexo 7



**Anexo 8**

## 10 Bibliografía

- Betancourt, G., & Daza, E. (2023). *Análisis de los efectos que produce en los seres humanos la presencia de micro plásticos en la cadena alimentaria. una revisión bibliográfica*. Repositorio Institucional Universidad Cooperativa de Colombia; Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ingenierías, Ingeniería Industrial, Bogotá.  
<https://repository.ucc.edu.co/entities/publication/69367af3-d166-4621-b611-b5a6456508e7>
- Capilla, U., Guzmán, L., Huerta, C., & Muñoz, S. (2024). MICROPLÁSTICOS EN LA MESA: EL IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN EN NUESTROS ALIMENTOS. *RD-ICUAP*, 114–123. <https://doi.org/10.32399/icuap.rdic.2448-5829.2024.28.1241>
- De-la-Torre, G. E. (2019). *Microplásticos en el medio marino: una problemática que abordar*. *Revista Ciencia y Tecnología*, 15(4), 27-37.
- Gutierrez, G. (2021). *Micro partículas de plástico y su resiliencia de los ecosistemas*. Biblioteca Digital Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán Y Valle; Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle.  
<https://repositorio.une.edu.pe/entities/publication/55bf18c6-f958-457f-b131-0978772b40c7>
- Lara Díaz del Olmo, Z., Mostajo, M., & Ochoa, M. L. (2020). Detección y Cuantificación de Microplásticos en el Sistema de Agua Potable de la ciudad del Cusco. *Cantua*, 19(1), 1–6.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9946930>
- Lino, L. (2022). *Microplástico en el agua y sedimentos de los ríos Huallaga, Aucayacu y Sangapilla en la ciudad de Aucayacu*. In universidad nacional agraria de la selva.  
<https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/51dfc8ca-867b-495e-82e0-909292716eab/contentb>
- Luna, A. (2024). *Métodos más usados en la eliminación de microplásticos en los sistemas de acueductos: una revisión del estado del arte*. Udea.edu.co; Universidad de Antioquia.  
<https://bibliotecadigital.udea.edu.co/entities/publication/e7fe8d20-da3a-47a0-844d-be76408ef821>
- Orellana, A., & Sarango, N. (2023). *Comparación de la variabilidad temporal de los índices de calidad de agua y eutrofización en la laguna Maylas del cantón Gualaceo*.

Ucuenca.edu.ec; Universidad de Cuenca. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/items/646e9cee-d2de-4206-a866-7bc038f90be7>

Quizhpe - Asencio, B., Luna - Florin, A., & Paredes - Moran, J. (2025). Microplásticos en aguas superficiales y sedimentos de manglar en tres islas del Archipiélago de Jambelí, Ecuador. *Manglar*, 22(4), 529–539. <https://doi.org/10.57188/manglar.2025.053>

Ramos, V., Salgado, J., Rodríguez, D., Botero, Á., Cruz, Y., & Ortega, A. (2024). *CONTAMINACIÓN POR MICROPLÁSTICOS EN UN SITIO RAMSAR: LA LAGUNA DE SONSO, VALLE DEL CAUCA, COLOMBIA*. Academia.Edu. [https://www.academia.edu/126945280/CONTAMINACION\\_POR\\_MICROPLASTICOS\\_EN\\_UN\\_SITIO\\_RAMSAR\\_LA\\_LAGUNA\\_DE\\_SONSO\\_VALLE\\_DEL\\_CAUCA\\_COLOMBIA?email\\_work\\_card=view-paper](https://www.academia.edu/126945280/CONTAMINACION_POR_MICROPLASTICOS_EN_UN_SITIO_RAMSAR_LA_LAGUNA_DE_SONSO_VALLE_DEL_CAUCA_COLOMBIA?email_work_card=view-paper)

Rojas-Luna, R., Oquendo-Ruiz, L., García-Alzate, C., Arana, V., García-Alzate, R., & Trilleras, J. (2023). Identification, Abundance, and Distribution of Microplastics in Surface Water Collected from Luruaco Lake, Low Basin Magdalena River, Colombia. *Water*, 15(2), 344. <https://doi.org/10.3390/w15020344>

Stock, F., Kochleus, C., Bansch-Baltruschat, B., Brennholt, N., & Reifferscheid, G. (2019). *Sampling techniques and preparation methods for microplastic analyses in the aquatic environment – A review*. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 113, 84–92. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.01.014>

Tapia, E., & Sequeiros, I. (2023). *Universidad Andina del Cusco - Repositorio Institucional*. Uandina.Edu.Pe. <https://repositorio.uandina.edu.pe/item/1b09b605-cea6-4166-a4d0-9443348d67ca>

Vázquez, F. (2010). *La Mancomunidad del Collay y el páramo*. En Grupo de Trabajo en Páramos del Austro (Ed.), *Los páramos australes: balances y perspectivas* (pp. 11-19). Abya-Yala. <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/items/37a92c1b-0fdb-44e4-b6a9-c67ef9c43aff>