



| POSGRADOS |

MAESTRÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES CON MENCIÓN EN REMEDIACIÓN Y RESTAURACIÓN AMBIENTAL

RPC-SO-17-NO.363-2020

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

PROYECTO DE TITULACIÓN CON
COMPONENTES DE INVESTIGACIÓN
APLICADA Y/O DE DESARROLLO

TEMA:

EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE
MICRO PLÁSTICO EN LA JUNTA DE
AGUA MACHÁNGARA

AUTORA:

GUZHÑAY LOZANO CLAUDIA GRACIELA

DIRECTOR:

PABLO WILSON ARÉVALO MOSCOSO

CUENCA – ECUADOR

2024

Autora:



Claudia Graciela Guzhñay Lozano

Ingeniera en Biotecnología de los Recursos Naturales.
Candidata a Magíster en Recursos Naturales Renovables
con Mención en Remediación y Restauración Ambiental
por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca.
cguznaylozano@gmail.com

Dirigido por:



Pablo Wilson Arévalo Moscoso

Ingeniero Químico.
Magister en Auditoria de Gestión de la Calidad.
Dottorato di Ricerca in Scienze Chimiche, Curriculum in
Chimica Fisica, Strutturale e Computazionale.
parevalo@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

2024 © Universidad Politécnica Salesiana.

CUENCA – ECUADOR – SUDAMÉRICA

CLAUDIA GRACIELA GUZHÑAY LOZANO

Evaluación de la presencia de micro plástico en la junta de agua Machángara

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi madre y mis hermanos, por su amor incondicional y por ser mi pilar en los momentos más difíciles, ya que sus sacrificios hicieron que pudiera alcanzar mis metas educativas con ahínco.

A mi abuelito, tías y tíos, por su apoyo y aliento constantes a lo largo de este proceso.

A mi abuelita en el cielo, que estoy segura que estará orgullosa de todos los logros que estoy consiguiendo.

A mi novio por su amor incondicional y apoyo constante.

A mi director de tesis, por su guía experta y paciencia infinita durante todo este proceso de investigación.

A mis amigos y compañeros, por su aliento y motivación en los momentos difíciles. Y a todas las personas que creyeron en mí y me inspiraron a perseguir mis sueños. Este logro es también de ustedes.

Con amor y gratitud

Claudia Graciela Guzhñay Lozano.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por este momento importante de mi vida, no puedo dejar de expresar mi profundo agradecimiento por el invaluable apoyo que todos ustedes me han brindado a lo largo de esta traviesa académica.

A ti querida familia, por ser mi refugio y fortaleza, por animarme en cada sueño que he perseguido y por creer en mi incluso cuando yo mismo dudaba, ustedes han sido un faro de luz en mi camino hacia la culminación de esta tesis.

Y a ti, Christian Montaña, por ser mi compañero incondicional, por entender las noches largas de estudio y de estrés y por siempre estar con una sonrisa y palabras de aliento, te agradezco de corazón.

Finalmente quiero expresar mi gratitud hacia mi excepcional al tutor de tesis PhD. Pablo Arévalo, su guía y sabiduría ha sido fundamental en la consecución de este logro académico.

Con amor y gratitud

Claudia Graciela Guzhñay Lozano.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	11
ABSTRACT	12
1. INTRODUCCIÓN	13
2. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA	14
2.1 JUSTIFICACIÓN.....	15
2.2 OBJETIVOS	16
2.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	16
2.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	16
3.1 ESTADO DEL ARTE.....	17
3.2 MARCO CONCEPTUAL	23
3.2.1 DEFINICIONES.....	23
3.2.2 BASES TEÓRICAS.....	30
3.2.3 NORMATIVA VIGENTE.....	35
3.2.4 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE MICROPLÁSTICOS	38
4. MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	42
4.1 METODOLOGÍA.....	42
4.1.1 NIVEL DE INVESTIGACIÓN	42
4.1.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	42
4.1.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	43
4.1.4 CÁLCULO DEL NÚMERO DE MUESTRAS.....	43
4.1.5 VARIABLE	44
4.1.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	45
4.1.7 TÉCNICA DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	46
4.2 MATERIALES Y EQUIPOS	46
4.3 METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE MICROPLÁSTICOS	47
4.3.1 GEORREFENCIACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO	47
4.3.2 TOMA DE MUESTRAS	49

4.3.3 PERIODO Y FRECUENCIA DE MUESTREO	50
4.3.4 TRANSPORTE, ETIQUETADO Y ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS	50
4.4 METODOLOGÍA PARA LA EXTRACCIÓN DE MICROPLÁSTICOS	51
4.4.1 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS	51
4.4.2 DIGESTIÓN	51
4.4.3 MICROFILTRACIÓN AL VACÍO.....	51
4.4.4 TINCIÓN DE LAS MUESTRAS CON ROJO DE NILO:	52
4.5 METODOLOGÍA DE CARACTERIZACIÓN DE MICROPLÁSTICO	52
4.5.1 OBSERVACIÓN EN EL MICROSCOPIO INVERTIDO	52
4.6 METODOLOGÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL MICROPLÁSTICO	54
4.6.1 ESPECTROMETRÍA INFRARROJO CON TRANSFORMADA DE FOURIER	54
4.7 METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS EN EL SISTEMA DE RIEGO	55
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	62
5.1 TAMAÑO DE MICROPLÁSTICOS	62
5.1.1 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LAS FIBRAS.....	62
5.1.2 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE FRAGMENTOS.....	71
5.2 IDENTIFICACIÓN DE MICROPLÁSTICO	77
5.2.1 TIPO DE MICROPLÁSTICOS	77
5.3 CANTIDAD DE PARTÍCULAS DE MICROPLÁSTICO.....	80
5.4 ANÁLISIS ANTROPOGÉNICOS	83
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
6.1 CONCLUSIONES	85
6.2 RECOMENDACIONES	87
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
8. ANEXOS	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Sistema de Riego Machángara, cantón Cuenca, Azuay	48
Figura 2. Puntos de muestreo de sistema de riego Machángara.....	49
Figura 3. Filtro con barrido en zig zag.....	53
Figura 4. Filtro marcado con Grafito.....	54
Figura 5. Zona de Saymirin	57
Figura 6. Canal principal de la Zona de Saymirin.....	58
Figura 7. Zona de Chiquintad contaminada	59
Figura 8. Zona de Mayancela.....	60
Figura 9. Zona Yanatura	61
Figura 10. Dimensión de la Fibra	68
Figura 11. Prueba paramétrica de Shapiro Wilk.....	69
Figura 12. Prueba de Tukey.....	70
Figura 13. Diagrama de Cajas y Bigotes.....	71
Figura 14. Dimensión de un fragmento.....	73
Figura 15. Prueba paramétrica de Kruskal- Wallis.....	74
Figura 16. Datos del tamaño de fibras de los microplásticos mediante Anova.....	75
Figura 17. Prueba Tukey	75
Figura 18. Diagrama de Cajas y Bigotes.....	76
Figura 19. Grupo funcional del polietileno tereftalato (PET).	78
Figura 20. El espectro infrarrojo del grupo funcional del polímero PET	78
Figura 21. Grupo funcional del polipropileno (PP).....	79
Figura 22. El espectro infrarrojo del grupo funcional del PP.....	79
Figura 23. Prueba paramétrica Kruskal Wallis.....	81
Figura 24. Diagrama de cajas y bigotes	82
Figura 25. Información antropogénico de las zonas del Sistema de Riego Machángara	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los microplásticos acuáticos por su tamaño.	31
Tabla 2. Matriz de operacionalización de Variables	44
Tabla 3. Descripción de los materiales, reactivos y equipos	46
Tabla 4. Coordenadas del Sistema de Riego Machángara.....	48
Tabla 5. Zonas y Lugares de muestreo	49
Tabla 6. Tamaño de la Fibras	62
Tabla 7. Cálculo del test de Shapiro Wilks en el programa R-studio.....	68
Tabla 8. Tamaño de fragmentos en los puntos de muestreo	72

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo de muestras	44
Ecuación 2. Distribución de tamaño de fibras.....	53
Ecuación 3. Distribución del tamaño de fragmentos	53

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Límites permisibles de calidad de Agua para el Sistema de Riego.....	99
Anexo 2. Parámetros de los niveles de la calidad de Agua para el sistema de Riego	100
Anexo 3. Fecha de toma de Muestras	101
Anexo 4. Colecta Muestras.....	102
Anexo 5. Sistema de Riego Machángara	103
Anexo 6. Levantamiento de Información: Predios	103
Anexo 7. Filtración al vacío.....	104
Anexo 8. Colocación del papel filtro en caja Petri, para el secado.....	105
Anexo 9. Filtros secados a temperatura ambiente	105
Anexo 10. Fragmento de microplastico en la zona de captación.....	106
Anexo 11. Fibra de microplastico en la zona de canal de Riego.	106

Anexo 12. Fibra en la zona de parcelas	106
Anexo 13. Fragmento en la zona de parcelas.	107
Anexo 14. Fibra en la zona de parcelas.....	108
Anexo 15. Fragmento en la zona de canal de riego.	108
Anexo 16. Porcentaje de Microplásticos encontrados en las zonas de captación.	109
Anexo 17. Porcentaje de Microplásticos encontrados en las zonas de canal de riego.	109
Anexo 18. Porcentaje de Microplásticos encontrados en las zonas de predios.	110
Anexo 19. Tamaño fibras: Prueba de Shapiro Wilks normality test	111
Anexo 20. Porcentaje de polímeros encontrados en las zonas de muestreo	111
Anexo 21. Tabla de datos de las fichas de información antropogénica	112
Anexo 22. Ficha Técnica para el levantamiento antropogénico.	113
Anexo 23. Normativa INEN 2176	114

EVALUACION DE LA PRESENCIA DE MICRO PLASTICO EN LA JUNTA DE AGUA MACHANGARA

AUTORA:

CLAUDIA GRACIELA GUZHÑAY LOZANO

RESUMEN

Actualmente, la producción de plástico ha experimentado un aumento significativo, lo que, a su vez, ha generado un incremento en la contaminación ambiental. Esta problemática se debe principalmente al inadecuado manejo de los desechos plásticos y su impacto se refleja de manera destacada en las fuentes hídricas, con consecuencias directas en la salud humana. El objetivo principal de esta investigación es evaluar la presencia de micro plásticos en el Sistema de Riego Machángara en la ciudad de Cuenca, para lograrlo, se emplearon técnicas de microscopia fluorescencia y espectroscopia infrarroja (FTIR), y se analizaron un total de 45 muestras en tres zonas específicas. Por otra parte, los resultados revelaron que el 100% de las muestras contenían partículas plásticas con mayor prevalencia de fibras y fragmento con un promedio final de 19.11 partículas/L. Esto significa, un rango de fibras 7,89-4918,5 (μm) y de fragmentos 1,23 - 245 (μm). En cuanto al tipo de polímero encontrados en los diferentes puntos de muestreo, el de mayor incidencia es el polietileno tereftalato (PET) con un 60% y polipropileno (PP) con un 31%. Finalmente, mediante análisis estadísticos se obtuvo que en las tres zonas de muestreo no existe una diferencia significativa.

Palabras clave:

Agua, gestión comunitaria, cuenca, manejo, comunidad, conservación, compensación, acuerdos.

ABSTRACT

Currently, plastic production has experienced a significant increase, which has in turn led to a rise in environmental pollution. This issue is mainly due to inadequate plastic waste management, and its impact is prominently reflected in water sources, with direct consequences for human health. The main objective of this research is to assess the presence of microplastics in the Machángara Irrigation System in the city of Cuenca. For this purpose, fluorescence microscopy and Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) techniques were employed, analyzing a total of 45 samples across three specific zones. Results revealed that 100% of the samples contained plastic particles, predominantly fibers and fragments, with a final average of 19.11 particles/L. This corresponds to a range of 7.89-4918.5 μm for fibers and 1.23-245 μm for fragments. Regarding the type of polymers found at different sampling points, polyethylene terephthalate (PET) was most prevalent at 60%, followed by polypropylene (PP) at 31%. Finally, statistical analysis indicated no significant difference among the three sampling zones.

Keywords:

Water, community management, bassin, management, community, conservation, compensation, agreements.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, las industrias de plásticos han incrementado de una manera considerable, por lo que los datos de un estudio indican que la producción anual es de 2 millones de toneladas. La contaminación de los residuos plásticos es provocada por la mala gestión de las industrias ocasionando la acumulación y arrastre de estos residuos a los ecosistemas verdes, ríos, lagos y océanos siendo un peligro para la vida silvestre (Beltrán, 2019). Por otra parte, los plásticos son polímeros sintéticos conformados por unidades monoméricas, con característica de bajo peso molecular y combustión, no son biodegradables y pocos conductores de electricidad. Son comunes los poliestirenos, policloruro de vinilo, polimetilmetacrilato y polipropileno (Marson et al., 2019).

Según varios autores (Duane, 2003; Morales, 2011; Riolau, 2012; Sánchez, 2019), los microplásticos son partículas sólidas sintéticas que se forman como resultado de la degradación de plásticos, con tamaños que van desde 1 μm hasta 5 mm. Estos microplásticos son ingeridos por especies marinas y, después, los seres humanos causando daños significativos debido a las sustancias químicas aditivas que contienen, que afectan el sistema circulatorio y digestivo. De igual manera, los microplásticos son transportados hacia el suelo alteran su estructura y obstaculizan la absorción de nutrientes esenciales para el crecimiento de las especies vegetales; planteando preocupaciones crecientes sobre la seguridad alimentaria y la salud pública.

En este contexto, el presente estudio vio la necesidad de evaluar la presencia de microplásticos en el agua del sistema de riego Machángara en el cantón Cuenca, provincia del Azuay. Así, en posteriores investigaciones será posible generar propuestas o técnicas de remediación o prevención en caso de encontrar estos materiales en las muestras analizadas.

2. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

Una de las principales fuentes de contaminación es generada por el mal manejo de los residuos plásticos, se ha convertido en una problemática a nivel mundial, tomando en cuenta que anualmente se produce 200 millones de toneladas. De la misma manera, la población manifiesta el consumo excesivo de este material, generando una saturación en el sistema de recolección. Según Chávez (2019) la mayoría de estos residuos son vertidos en los diferentes ecosistemas, en donde, debido a varios factores ambientales los plásticos se desintegran en partículas más pequeñas y se transportan por medio del viento y el flujo de agua, siendo un riesgo para la salud humana.

De la misma forma, varios estudios demuestran la presencia de microplásticos en fuentes de alimentación y agua de consumo humano, provocando problemas a la salud, principalmente, al sistema gastrointestinal y daño en los tejidos del sistema digestivo (Koelmans et al., 2019). Los vectores de los microplásticos con componentes químicos que causan más daño son: los plibromodifenileteres, hexabromociclododecano, esteratos, carboxilos, que ingresan por diferentes vías del cuerpo humano (Íñiguez et al., 2017).

Por lo tanto, los primeros estudios sobre los microplásticos se centraron en los sistemas acuáticos y como estos perjudican la fauna y flora marítima, causando preocupación en las autoridades ambientales a nivel mundial. Se tomaron 10 muestras en las captaciones de la red de agua potable que abastece en las zonas urbanas y rurales en 159 ciudades de Europa, América y Asia, se obtuvo que el 83% de las muestras analizadas contienen microplásticos. En tanto, revelan que las altas concentraciones de microplásticos menores a 3 μm , alteran las propiedades físicas-químicas del suelo y agua, sobre todo, los cultivos, donde los nutrientes absorbidos por las raíces de las plantas alteran su desarrollo (Campanale et al., 2020; Austen et al., 2022).

2.1 JUSTIFICACIÓN

Los plásticos al ser derivados del petróleo, tienden a ser propensos a la liberación de plastificantes altamente tóxicos como los microplásticos, el mismo que al entrar en contacto con los rayos solares crea un tipo de metano que incide por el cambio de temperatura del planeta. La acumulación de estos residuos es provocada por la mala gestión y afectando la mortalidad progresiva de los seres vivos (Carrillo, 2019).

En tal sentido, existen estudios en los que indican que los microplásticos alteran los procesos entre la relación que existe entre planta y suelo, afectando a la estructura del suelo, la inmovilización de las comunidades microbianas y nutrientes del suelo. Lo que causa descomposición de la clorofila, reducción a la fotosíntesis a causa (Carbajal et al., 2018; Ogonowski et al., 2018). Los microplásticos pueden tener un gran impacto en la salud humana, que indican que la posible ingesta se da a través de alimentos como los productos marinos, alimentos procesados y agua contaminada; provocando afecciones cancerígenas y afecciones al sistema nervioso (Muhlschlegel, 2017; Ragusa et al., 2021).

El presente estudio se justifica con un estudio similar realizado en la ciudad de Cuenca, en el sistema de potabilización de agua Tomebamba, utilizando técnicas de microscopia invertida de fluorescencia y espectroscopia infrarroja donde se comprueba la presencia de microplásticos en esta planta. Este análisis abarcó 99 muestras de la cuales 100% resultaron observables mediante microscopia (Vivar et al., 2022). En este mismo contexto, en un estudio realizado por Morocho et al. (2022) se analizaron las juntas de agua de los cantones Cuenca, Paute y Sígsig utilizando microscopia de campo oscuro y espectroscopia infrarroja. Los resultados indicaron la alta presencia de microplásticos, principalmente, se identificó que el polímero con mayor resiliencia fue el polietileno.

En la actualidad, se han desarrollado nuevas tecnologías para la detección de microplásticos como la espectroscopia infrarroja, la misma que tiene como función identificar su composición química. Esto sirve de base para futuras investigaciones en

las que se puede implementar metodologías para tratar microplásticos presente en los sistemas de riego de la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay.

En definitiva, los microplásticos dañan los ecosistemas acuáticos afectando organismos desde el plancton hasta los mamíferos. En salud pública, representan un riesgo directo al ser consumidos a través de agua potable y productos pesqueros. En Cuenca, la dependencia de los ríos para la vida diaria, agricultura e industria hace crucial la preservación de la calidad del agua, vital también para el turismo y la economía local.

2.2 OBJETIVOS

2.2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la presencia de microplásticos en la Junta de Riego Machángara mediante un proceso de microfiltración.

2.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el tamaño de partículas observadas en las muestras de agua de la Junta de Riego Machángara a través del microscopio invertido para establecer la dimensión.
- Caracterizar el tipo de microplástico presente en las muestras de agua de la junta de riego a través de espectroscopia FTIR para su clasificación.
- Identificar los posibles riegos de contaminación por microplásticos mediante levantamiento de información antropogénica.

3. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 ESTADO DEL ARTE

En la actualidad, la presencia de microplásticos en el agua es una preocupación creciente debido a su impacto potencial en los ecosistemas acuáticos y la salud humana. Por lo que, se destaca como un tema de gran relevancia a nivel global y de gran interés, ante lo cual, se han desarrollado varias investigaciones de interés científico.

Un estudio donde se llevaron a cabo muestreos de aguas de ríos superficiales en varios lugares de Europa, los análisis revelaron que el río Danubio vierte anualmente al Mar Negro entre quinientas treinta y mil quinientas toneladas de plástico (Van der Wal et al., 2015). También, se evidenció acumulaciones significativas de microplásticos, con concentraciones que oscilaron entre 1.60 mg/m³¹ y 1.73 partículas/m³, especialmente después de episodios de intensas precipitaciones pluviales.

Un reciente estudio realizado en la zona de Oldenburg-East-Frisian, Alemania, sobre partículas de microplástico detectadas en varios hábitats naturales y en los tractos digestivos de varias especies. En este estudio, se examinó tanto agua subterránea como agua potable en busca de microplásticos (>20 µm) mediante el uso de imágenes de FTIR. Se recolectaron muestras en varios puntos a lo largo de la cadena de suministro de agua potable. Las concentraciones determinadas variaron entre 0 y 7 partículas por Litro en agua cruda o potable, con una media global de 0.7 partículas por Litro. Estas partículas fueron identificadas como polietileno, poliamida, poliéster, cloruro de polivinilo o resina epoxi, y presentaron tamaños que oscilaban entre 50 y 150 µm. La detección de microplásticos con un promedio de 0.7 partículas por litro, un valor prácticamente insignificante. Sin embargo, no es concluyente debido al tamaño reducido de la muestra y a su limitación geográfica (Mintening et al., 2019).

Una investigación llevada a cabo por Zhanga et al. (2019) sobre la presencia de microplásticos en los estuarios de pequeña escala en Shanghái, se realizó la primera

¹ mg/m³: miligramos por metro cúbico

evaluación de los niveles de contaminación por microplásticos en siete de estos estuarios. La cantidad de microplásticos varió entre $13,53 \pm 4,6$ y $44,93 \pm 9,41$ partículas por litro, con un promedio de $27,84 \pm 11,81$ partículas por litro. Los microplásticos recolectados se clasificaron en cuatro tipos (fibras, películas, gránulos y fragmentos), siendo los gránulos el tipo más predominante. Casi el 99,5% de los microplásticos tenían un diámetro inferior a 2 mm. Respecto al color, predominaba el negro, y en cuanto a la composición, el polipropileno (37,5%) y el polietileno (50%) fueron los principales componentes de microplásticos identificados. Los resultados revelaron una seria contaminación por microplásticos en estuarios de pequeña escala, destacando la urgente necesidad de atención en los ríos asociados para prevenir la contaminación.

Se realizó un estudio en las costas del lago Huron, Canadá, donde se documentó un total de 3209 elementos de microplástico, que incluyen 108 fragmentos y 117 piezas de espuma de poliestireno, distribuidos en una superficie de apenas 85 m². En la playa de Sarnia, se recolectaron 2818 partículas, alcanzando una densidad de 408 partículas por metro cuadrado. En el mismo estudio, se mencionan 32 partículas de polietileno, 12 partículas de polipropileno y 1 partícula de tereftalato de polipropileno (Zbyszewski & Corcoran, 2011).

Un estudio de Ripken et al. (2021), Canadá, se analizó la presencia de microplásticos en la matriz de agua potable, donde se utilizó técnicas de micro espectroscopía Raman con el objeto de identificar los tamaños y estructura de cada tipo de polímero presente en las muestras colectadas tales como Tereftalato de polietileno, Polipropileno y poliamida. No obstante, se encontró un 79% con diámetros menores a 20 μm .

Según el estudio de Bikkera et al. (2020), que se enfocó en la presencia de microplásticos y otras partículas antropogénicas en las aguas superficiales de la Bahía de Chesapeake, Estados Unidos, donde se llevaron a cabo mediciones de la concentración de microplásticos. La recolección de treinta muestras de agua superficial se realizó mediante una red de arrastre de manta. Estas muestras se procesaron manualmente para identificar microplásticos y otras partículas antropogénicas, utilizando la

espectroscopia infrarroja transformada de Fourier (FTIR) para analizar la composición química de las partículas. Los resultados revelaron concentraciones más elevadas en áreas cercanas a las principales ciudades y en lugares donde los ríos o afluentes más grandes desembocan en la Bahía de Chesapeake. Las morfologías más comunes identificadas fueron fragmentos y fibras, y los tipos de plástico más prevalentes fueron el polietileno y el polipropileno.

En la ciudad de México se realizó una investigación en el río Tecate por Hernández (2018), donde se aplicó varias metodológicas para la evaluar la existencia la presencia de microplásticos en los sedimentos de este río, en el cual se encontró datos entre 35-550 s/kg, la mayoría de las muestras fueron poliacrilamida y polietileno.

Un estudio que se realizó en México, Veracruz, en una zona de agua natural en el Arroyo Moreno tuvo como objetivo la identificación de diferentes tipos de microplásticos a lo largo del río. Así, con ayuda del microscopio estereoscópico se detectaron y clasificaron microplásticos en función de su morfología, predominando las fibras en un 94% y los fragmentos en un 6%, de color transparente en un 65% y azul un 27%, con longitudes entre 0,2 mm a 5 mm. Finalmente, se encontró que en temporada secas existe mayor cantidad de microplásticos por la reducción de flujo (12642 partículas L-1) y en temporada de lluvias (4631 partículas/L). Esta disminución se atribuye a una mayor descarga pluvial que favorece la salida de microplásticos en desembocaduras del mar (López del Valle, 2023).

En un estudio que se realizó en el lago Titicaca, Bolivia, se detectó la presencia de microplásticos tanto en las aguas superficiales, con una concentración promedio de $175,916.6667 \pm 68,136$ partículas por metro cúbico (mp/m³), con un promedio de $22,583.3433 \pm 10,220$ mp/m³, siendo más abundantes en las aguas superficiales. Estos microplásticos tienen su origen en las aguas residuales vertidas al lago sin un tratamiento adecuado, la gestión deficiente de residuos sólidos, así como en los aparejos de pesca utilizados por pescadores artesanales y turistas. Además, se observó

que el tipo de microplástico predominante fue el de fibra transparente (Paredes et al., 2017).

El propósito de este estudio realizado en una región de Perú fue examinar la existencia de microplásticos en el agua superficial de la quebrada Yumantay, situada entre los distritos de Yarinacocha y Callería en la provincia de coronel Portillo, región Ucayali. Se empleó un protocolo específico para la planificación, muestreo, análisis e identificación de microplásticos en el curso del agua río. Durante la temporada seca, se registró una concentración promedio de 66 MPs/L, con valores máximos de 123 MPs/L y mínimos de 21 MPs/L. En la temporada lluviosa, la concentración promedio fue de 29 MPs/L, con valores máximos de 76 MPs/L y mínimos de 5 MPs/L. Los microplásticos predominantes en ambas temporadas fueron poliéster y olefina, presentando principalmente formas de filamentos y fragmentos, con colores mayoritarios de azul y amarillo. En resumen, se concluyó que la quebrada Yumantay exhibe la presencia de microplásticos, con una concentración promedio de 44 MPs/L en el cuerpo de agua objeto de estudio (Bernal y Caruzo, 2023).

Asimismo, una investigación realizada por Álvarez-Zeferino et al. (2020), la misma que abarcó 33 playas en todo el país de México. Su estudio reveló que el golfo de California presenta la mayor variabilidad en las concentraciones de microplásticos por unidad de área. Se observó un pico alrededor de las ciudades de Topolobampo en Sinaloa, con 545 microplásticos/m², y un mínimo en las afueras de La Paz en Baja California Sur, con 32 microplásticos/m².

Según el estudio realizado por Huanaco (2019) en las regiones de Lima y la región de la Libertad, específicamente en los sedimentos laterales de la cuenca baja y desembocadura, por lo que se detectó la presencia de microplásticos en el Rio Rímac. Los resultados revelaron la presencia de microplásticos en concentraciones que oscilan entre 543.9 MPs/m² hasta 16566,7 MPs/m², ya que mediante la aplicación de la metodología FTIR. En el análisis de las muestras se identificó los siguientes microplásticos: poliestireno, polipropileno y polietileno tereftalato.

Nuevamente, en un estudio en Perú se determina la cantidad y peso de fragmentos de micro plásticos por metro cuadrado en cuatro playas arenosas de la costa peruana. Las muestras se recopilaron entre junio de 2014 y mayo de 2015. Se hallaron fragmentos de plástico duro mayores a 1 mm en más del 80% de las muestras de las cuatro playas. La playa Costa Azul exhibió 522 fragmentos por metro cuadrado (ítems/m²) de micro plásticos, de los cuales 463.33 ítems/m² y 2.6 g/m² eran plásticos duros. Por otro lado, la playa Albúfera de Medio Mundo registró el menor número y peso de microplásticos (4.67 ítems/m² y 0.50 g/m²). Se llevó a cabo un análisis FT-IR en una muestra aleatoria de la playa Costa Azul, revelando la presencia de 5 fragmentos con poliuretano (PE), dos fragmentos con polipropileno (PP) y un fragmento con estireno (EPS). Dado que pocos estudios mencionan al plástico duro como la fracción principal de los microplásticos, se plantea la posibilidad de nuevas fuentes de intrusión y vías de micro basura en los hábitats, las cuales podrían tener impactos desde la base de la trama trófica marina (Purca y Henostroza, 2017).

En la Universidad de las Américas en Quito, Ecuador, llevó a cabo un estudio sobre microplásticos en la cuenca alta del río, evaluando cinco puntos de muestreo en los ríos Pita, San Pedro y Guayllabamba. Utilizaron una metodología de lavado, tamizado, oxidación, separación de sólidos flotantes y conteo microscópico, encontrando una concentración de 1584,23 microplásticos/m³, que es superior a los registros mundiales (Donoso, 2018).

Por su parte, en una investigación que se llevó a cabo en la ciudad de Latacunga, Ecuador, con la finalidad de determinar la presencia de diferentes tipos de microplásticos en la precipitación pluvial urbana, por lo que se aplicó una metodología de espectroscopia de infrarrojo FT-IR para la identificación de los mismos en las muestras de agua pluvial proveniente de la zona urbana de la ciudad de Latacunga. En la cual, se demuestra la presencia de microplásticos, posiblemente compuestos principalmente por polipropileno y polietileno. El resultado obtenido en cuanto a la

concentración de microplásticos en la muestra de agua pluvial es de 18 partículas por litro (Sailema, 2021).

Chávez (2019) identificó microplásticos en el agua potable de Riobamba, derivados de la degradación de tanques de reserva plásticos, usando un microscopio óptico y rosa de bengala. En 250 ml de agua, se determinó cualitativamente la presencia de microplásticos: el 100% de las redes con menos de cinco años de uso no contenían microplásticos o tenían niveles insignificantes, y en el 65.56% de las muestras analizadas se encontró microplásticos, mientras que el 34.44% no presentó.

En la provincia de Santa Elena, se investigó la presencia de microplásticos en el tracto digestivo de tres especies de peces (*Scomber japonicus*, *Opisthonema libertate* y *Auxis thazard*) comercializados en el puerto pesquero de Santa Rosa. De una muestra de 540 individuos, el 4.07% presentó microplásticos, con tamaños de fragmentos y fibras de 1 a 2 mm, sin encontrar una diferencia significativa en su tamaño. Usando hidróxido de sodio al 10% para la digestión y técnicas de densidad con etanol y $ZnCl_2$, se encontró que el 91% de los polímeros eran de baja densidad y el 9.1% de alta densidad. No se observaron alteraciones en los sistemas digestivos de los peces (Lino, 2019).

El estudio tuvo como objetivo analizar la presencia de microplásticos en la playa de San Jacinto, Manabí, Ecuador. Se realizaron 72 muestreos de arena y 36 de agua, seguido de la extracción y cuantificación de microplásticos. Los resultados mostraron que la zona pesquera tenía la mayor presencia de microplásticos, con un 48% del tipo fibra. En otras áreas, predominó el tipo película, representando el 84% en la zona de menor intervención y el 54% en la turística. Los tamaños más comunes fueron de 1 mm (492 MP/m²), 2 mm (497 MP/m²) y 5 mm (605 MP/m²) (Gómez y Vélez, 2023).

En un trabajo de titulación, Flores y Orozco (2022) evaluaron la presencia de microplásticos en agua embotellada en las provincias de Azuay, Cañar y Morona Santiago. Usaron microscopía invertida de fluorescencia y espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier, encontrando partículas con dimensiones de 102.64 a 840.20

µm en fibras y de 4.4 a 248.29 µm en fragmentos. El polietileno fue el polímero más comúnmente encontrado.

Un estudio en el Pacífico Tropical y el archipiélago de Galápagos tuvo como objetivo identificar y cuantificar microplásticos en aguas superficiales y en organismos marinos clave en la dieta humana. En un área de 453.00 km² con 240 individuos de 16 especies (calamares, camarones y peces), el 100% de los especímenes contenía microplásticos, con un tamaño de 150 a 500 µm y una concentración de 11 a 241 partículas/m³, siendo este uno de los estudios pioneros en la región (Alfaro et al., 2019).

3.2 MARCO CONCEPTUAL

3.2.1 DEFINICIONES

3.2.1.1 TERMOPLÁSTICOS

Los termoplásticos son polímeros que, al exponerse a altas concentraciones, experimentan cambios graduales en sus propiedades físicas, lo que les confiere maleabilidad y lleva a la ruptura de enlaces, adoptando formas tanto amorfas como cristalinas. Estos materiales se vuelven viscosos y moldeables en un rango de temperatura específico, permitiendo un proceso repetible sin degradación significativa y no experimentan reacciones químicas irreversibles durante su procesamiento (Mantenían, 2019).

3.2.1.2 POLIETILENO TEREFALATO

El polietileno tereftalato (PET) es un polímero termoplástico altamente puro con amplias aplicaciones que abarcan desde envases de alimentos y bebidas hasta fibras textiles y materiales de ingeniería. Su fabricación implica el proceso de polimerización que utiliza etilenglicol y ácido tereftálico (Gold Book de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada [IUPAC], 2019).

3.2.1.3 POLIPROPILENO

El polipropileno (PP) es un polímero termoplástico muy utilizado en varias aplicaciones por sus propiedades versátiles y su resistencia a sustancias químicas. Se produce mediante la polimerización del propileno, un hidrocarburo gaseoso. El polipropileno es conocido por su ligereza, resistencia al calor y capacidad para resistir la humedad (IUPAC, 2019).

3.2.1.4 NANOPLÁSTICOS

Los nanoplásticos son partículas de plástico que tienen dimensiones en la escala nanométrica, es decir, tienen un tamaño de alrededor de 1 a 100 nanómetros. Estas partículas extremadamente pequeñas pueden surgir de la descomposición de plásticos más grandes debido a la acción de factores ambientales como la luz solar, las olas del océano y la abrasión. Debido a su tamaño diminuto, los nanoplásticos presentan propiedades únicas y pueden tener un mayor potencial para ingresar a organismos vivos y al medio ambiente (Sailema, 2021).

3.2.1.5 TERMOESTABLES

Este tipo de plástico se destaca por ser rígidos y resistencia al calor; su particularidad radica en que solo pueden fundirse y moldearse una vez, como es en el caso de las resinas y la melanina. Lo que significa que, los termoestables son un tipo de polímero que, a diferencia de los termoplásticos, experimenta una reacción química irreversible durante su proceso de conformado. Esta reacción conlleva a la formación de enlaces cruzados o reticulaciones, lo que resulta en una estructura tridimensional sólida y resistente al calor. Una vez que se han establecido estos enlaces cruzados, los termoestables no pueden ser fundidos ni moldeados nuevamente mediante la aplicación de calor (Mantenían, 2019).

3.2.1.6 ELASTÓMEROS

Los elastómeros son polímeros con propiedades elásticas, pueden volver a su forma original tras estirarse o deformarse. Estos materiales poseen cadenas poliméricas largas y flexibles que permiten que la estructura se estire y se retuerza, y luego regrese a su forma original una vez que se elimina la fuerza externa. Los elastómeros son conocidos por su elasticidad, flexibilidad y capacidad de recuperación. Están compuestas principalmente por carbono, hidrogeno y oxígeno; las mismas que muestran una gran elasticidad y viscosidad, teniendo una característica de regresar a su forma original sin perder su forma (Maluskin, 2020).

3.2.1.7 MICROPLÁSTICOS

Thompson (s.f., como se cita en Arthur et al., 2008) comenzó utilizando el término "micro plástico" para referirse a la acumulación de diminutos fragmentos de plástico derivados del petróleo. Los microplásticos están presentes en diversas formas como fragmentos, fibras y pellets, son partículas pequeñas con diámetros que van de 1 micrómetro a 5 milímetros. Se encuentran en océanos, cuerpos de agua, suelos y aire, generando preocupaciones por sus impactos ambientales y en la cadena alimentaria, así como su capacidad para transportar contaminantes químicos. Estos microplásticos están compuestos por materiales como polietileno, polipropileno, PVC, poliestireno expandido, poliamida, nylon y PET. La detección de su presencia en diversos entornos intensifica la necesidad de comprender y abordar los riesgos asociados con estos contaminantes (García, 2019; Rezaei, 2019).

3.2.1.8 MICROPLÁSTICOS SECUNDARIOS

Estos fragmentos se generan a partir de la descomposición y fragmentación de objetos plásticos más grandes debido a factores ambientales como la exposición al sol, el viento, las olas, la abrasión y otros procesos de degradación. Por ejemplo: Fragmentos resultantes de la descomposición de envases plásticos, neumáticos desgastados, fragmentos de redes de pesca (Rojo et. al, 2018).

3.2.1.9 MICROPLÁSTICOS PRIMARIOS

Estos microplásticos son diseñados y producidos con tamaños pequeños desde el principio para usos específicos, como en productos cosméticos, limpiadores abrasivos, o en procesos industriales. Por ejemplo: microesferas en productos de cuidado personal, gránulos de plástico en productos de limpieza (LIBERA, 2019; Guo et al., 2020).

3.2.1.10 FIBRAS PLÁSTICAS

Las fibras plásticas son filamentos delgados y flexibles hechos de materiales plásticos, como polímeros sintéticos, que se utilizan en la fabricación de textiles y productos diversos. Tiene propiedades versátiles, como la resistencia, la durabilidad y la capacidad para ser moldeadas en formas diversas (Sharma et al., 2019).

3.2.1.11 FRAGMENTOS PLÁSTICOS

Los fragmentos plásticos son pequeñas porciones que resultan de la descomposición o fragmentación de materiales plásticos más grandes, presentes en el medio ambiente, con impactos potenciales en la ecología y la salud (Corradini et al., 2019).

3.2.1.12 PELLETS

Los pellets son pequeñas esferas o gránulos de plástico que se utilizan como materia prima en la producción de diversos productos plásticos mediante procesos de moldeo y extrusión. Tiene un tamaño menor a 5 milímetros y son derivados de compuestos como: polietileno, polipropileno, poliestireno y resinas sintéticas (Maes, 2021).

3.2.1.13 PELÍCULAS

Las películas son capas delgadas y flexibles compuestas principalmente de polímeros. Estas películas plásticas se utilizan en una variedad de aplicaciones, como envases,

embalajes y revestimientos, proporcionando propiedades como barrera, protección y flexibilidad (Pazos et. al, 2021).

3.2.1.14 JUNTA DE RIEGO

La expresión junta de riego no tiene una definición estandarizada y puede referirse a diferentes contextos según el ámbito en el que se utilice. Sin embargo, en el contexto agrícola o de gestión del agua, es posible referirse a una organización o entidad que se encarga de la administración y distribución del agua de riego entre los agricultores. Estas juntas suelen ser establecidas para coordinar eficientemente el uso del agua y garantizar una distribución equitativa entre los usuarios (Sailema, 2021).

3.2.1.15 ZONAS DE CAPTACIÓN

En el contexto del abastecimiento de agua y la gestión de recursos hídricos, una zona de captación se refiere a un área geográfica específica donde se recopila o captura agua para su uso humano, industrial o agrícola. Estas zonas son críticas para garantizar un suministro sostenible y seguro de agua. Las zonas de captación suelen incluir cuencas hidrográficas, áreas de recarga de acuíferos, embalses, lagos u otras fuentes naturales de agua. La gestión adecuada de las zonas de captación es esencial para proteger la calidad del agua, prevenir la contaminación y garantizar un flujo constante de agua para las diversas necesidades de la sociedad (Sailema, 2021).

Ahora bien, la detección de microplásticos en diversos entornos, como el agua, el suelo y los organismos, requiere el uso de varios instrumentos y técnicas analíticas avanzadas. A continuación, se describen algunos de los instrumentos más comunes utilizados para detectar y analizar microplásticos:

3.2.1.16 FILTRO DE MEMBRANA DE POLITETRAFLUOROETILENO (PTFE)

El filtro de membrana de politetrafluoroetileno (PTFE) es un dispositivo utilizado para la filtración de líquidos o gases. El politetrafluoroetileno es un polímero resistente a

productos químicos y al calor, siendo un polímero conformado por flúor y carbono; su principal función es separar moléculas de diversas características y tamaños. Su propiedad de ser biológicamente inerte lo hace apto para aplicaciones médicas y farmacéuticas al no reaccionar con sustancias biológicas (Gutiérrez, 2010).

3.2.1.17 FLUORESCENCIA

La fluorescencia es un fenómeno óptico y electromagnético en el cual ciertas sustancias, llamadas fluoróforos o fluorocromos, absorben luz de una cierta longitud de onda y emiten luz a una longitud de onda mayor. Este proceso de absorción y posterior emisión de luz es característico de ciertos materiales y se utiliza en diversas aplicaciones, como la detección de sustancias, la investigación biológica y la iluminación. Cuando un fluoróforo absorbe luz, los electrones en sus átomos se elevan a un estado de mayor energía. Posteriormente, estos electrones retornan a su estado de energía original, liberando la energía absorbida en forma de luz (Mills, 2019).

3.2.1.18 ESPECTROSCOPIA INFRARROJA CON TRANSFORMADA DE FOURIER

La espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (FTIR) es una técnica analítica que utiliza longitudes de onda entre 2500nm y 25000nm para estudiar las vibraciones moleculares e identificar la estructura de sustancias. Se aplica en la identificación de grupos funcionales en compuestos orgánicos e inorgánicos, proporcionando un espectro de reflexión útil para analizar polímeros, plásticos y productos farmacéuticos. El principio de funcionamiento implica emitir luz infrarroja a través de una muestra, interactuar con las moléculas, y luego someter la luz transmitida a una transformada de Fourier para obtener un espectro infrarrojo que revela absorciones específicas en función de la frecuencia, lo cual proporciona información sobre el estado bioquímico de las moléculas (Mills, 2019; Noria, 2017).

3.2.1.19 ROJO DE NILO

El Rojo de Nilo se refiere a un grupo de colorantes azoicos sintéticos, se utiliza en microbiología e histología para resaltar estructuras celulares y tejidos bajo el microscopio. En la identificación de microplásticos, se emplea este colorante fluorescente, conocido por teñir partículas sintéticas debido a su naturaleza lipídica. Esta técnica proporciona resultados precisos en un tiempo reducido. Además, el Rojo de Nilo puede adherirse a la superficie de plásticos y teñir partículas biológicas. Su espectro de emisión en la gama del rojo, facilita su detección con funciones de excitación (550-555nm) y emisión (637-642nm) específicas (Oleza, 2019; Barbolla et al., 2019).

Por otra parte, la medición de fibras en plásticos es una práctica crucial en la industria de materiales, ya que influye directamente en las propiedades mecánicas, térmicas y de procesamiento de los productos finales. Este proceso involucra una variedad de métodos analíticos diseñados para evaluar características como la longitud, el diámetro, la distribución y la orientación de las fibras dentro de una matriz plástica. Entre los métodos más comunes se encuentran:

3.2.1.20 R-STUDIO

El R-studio es una plataforma que se utiliza para determinar un análisis estadístico y crear gráficos, funciona como un entorno de programación que combina un editor de código con un lenguaje de programación y se considera una variante del lenguaje S, además incluye un editor de sintaxis que facilita la escritura de código y proporciona herramientas para la creación, depuración y gestión de diversos análisis estadísticos (Gregory, 2013).

3.2.1.21 ANOVA

El Anova o análisis de varianza, depende del diseño experimental siendo la una técnica estadística, para probar la hipótesis de dos o más grupos, que permite analizar la variación variable de respuesta a medida de las circunstancias definidas por varios

factores. Además, para realizar el Anova se pueden calcular los intervalos de confianza para cada grupo, ya que las observaciones son independientes y forman una muestra aleatoria, de esta manera se puede determinar si existe diferencias estadísticamente significativas entre dos o más grupos (Gutiérrez, 2010).

3.2.1.22 DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES

Es también conocido como boxplot, se utilizan para visualizar la variabilidad que se encuentran en los cuartiles superiores e inferiores, estos gráficos proporcionan la representación gráfica ampliamente utilizada de manera estadística para comprender la distribución del conjunto de datos, los mismo que se puede graficar de manera vertical u horizontal (Gutiérrez, 2010).

3.2.2 BASES TEÓRICAS

3.2.2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS

Según Gómez (2019) existen tres tipos de plásticos, los cuales son:

Plásticos Naturales, son también llamados bioplásticos o de origen vegetal, tienen potencial de ser beneficiosos en el ecosistema. Es decir, suele referirse a polímeros que se obtienen de fuentes renovables y biodegradables (almidón, ácido poliláctico, polihidroxialcanoatos). Estos materiales no son exactamente iguales a los plásticos tradicionales derivados del petróleo, pero comparten algunas propiedades similares, como la maleabilidad y la capacidad de ser moldeados.

Plásticos Semisintéticos, son compuestos que se derivan o modifican de productos a partir de varios productos naturales. Estos materiales suelen ser una combinación de polímeros sintéticos y sustancias naturales o biológicas (celuloide, baquelita, rayón, polietileno verde).

Plásticos Sintéticos, son polímeros que se fabrican mediante procesos químicos a partir de materiales básicos provenientes del petróleo, carbono u otras fuentes no

renovables. Estos materiales poliméricos son versátiles y se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones debido a su durabilidad, ligereza y capacidad para ser moldeados en diferentes formas. Por ejemplo, varios productos de la vida cotidiana de los seres humanos.

3.2.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS MICROPLÁSTICOS

Tabla 1. Clasificación de los microplásticos acuáticos por su tamaño.

Prefijo	Clase de tamaño	Rango de tamaño	Fuente
	Nano plástico	<0.2 μm	(Wagner,2014)
Micro	Microlitter	0.06 a 0.5 μm	(Gregory, 2023)
	Micro plástico	<0.5 μm	(Arthu, 2008)
	Micro desechos	<0.2 μm	(Lechner, 2014)
	Microplástico pequeño	<1 μm	(Vianello, 2013)
	Microplástico grande.	1-5 μm	(Galgani,2013)

Fuente: Rojo et al. (2018).

3.2.2.3 AFECCIONES QUE PROVOCA LA INGESTA DE MICROPLÁSTICOS

Según Wang (2020), varios estudios científicos fueron revelados que la ingesta de microplásticos ocurre a través del epitelio intestinal provocando irritación en el tracto gastrointestinal y afectar la absorción de nutrientes. Además, podrían tener interacciones con el microbiota intestinal, que desempeña un papel importante en la salud del sistema digestivo. Asimismo, los microplásticos como el polietileno, polipropileno, poliestireno, cloruro de polivinilo y poliuretano pueden contener aditivos químicos utilizados en la fabricación de plásticos, y algunos de estos aditivos pueden tener propiedades tóxicas, así:

- Ftalatos: Utilizados como plastificantes para aumentar la flexibilidad de plásticos como el PVC. Son conocidos disruptores endocrinos y pueden afectar el sistema hormonal humano.
- Bisfenol A (BPA): Usado en la fabricación de plásticos policarbonatos y resinas epoxi. Es un disruptor endocrino que puede imitar las hormonas del cuerpo y causar problemas de salud reproductiva y de desarrollo.
- Retardantes de llama bromados (BFRs): Añadidos a los plásticos para reducir su inflamabilidad. Pueden acumularse en el medio ambiente y en los organismos vivos, causando efectos tóxicos en el sistema nervioso y el sistema endocrino.
- Nonilfenoles (NP): Utilizados en la producción de detergentes y algunos plásticos. Son tóxicos para la vida acuática y pueden actuar como disruptores endocrinos.
- Metales pesados: Como el plomo, cadmio y mercurio, que pueden ser utilizados como estabilizadores o colorantes en plásticos. Son altamente tóxicos y pueden causar una amplia gama de problemas de salud, incluyendo daño al sistema nervioso, renal y cardiovascular.
- Estabilizadores de UV: Utilizados para proteger los plásticos de la degradación por la luz ultravioleta. Algunos de estos compuestos pueden ser tóxicos y persistentes en el medio ambiente.

La presencia de estos aditivos químicos en los micro plásticos representa un riesgo adicional, ya que estos compuestos pueden ser liberados en el medio ambiente causando contaminación del suelo y agua, disrupción de ecosistemas y bioacumulación en los organismos perturbando su salud y comportamiento. Potencialmente, afecta la salud humana y generando enfermedades, tales como: cáncer, neurotoxicidad, alergias y eczema, problemas respiratorios y cardiovasculares, disruptores endocrinos, entre otros. Señala que hay una carencia de investigaciones sobre el metabolismo y excreción

El riesgo para los vertebrados, que son animales con columna vertebral, incluyendo a los humanos, es comparable al riesgo para los invertebrados. Sin embargo, en el caso

de los vertebrados, hay un aspecto adicional relacionado con la acumulación de plásticos vinculados a toxinas, ya que este potencial aumenta a lo largo de la cadena alimentaria. Los efectos subletales derivados del consumo de micro plásticos abarcan la reducción de la condición reproductiva, la capacidad de escape de depredadores y la disminución de la capacidad de alimentación. Además, se han informado daños en la piel y ulceraciones en las capas internas de órganos en vertebrados marinos. La acumulación de micro plásticos puede facilitar la transferencia de contaminantes peligrosos, como el Bisfenol-A, que podrían estar presentes en los micro plásticos, y transportarse con ellos desde el agua hacia los organismos, debido a la absorción. Esto puede ocasionar daño en los pulmones, inflamación y daño celular tanto en vertebrados como invertebrados (Sarria-Villa y Gallo-Corredor, 2016).

Además, se ha observado los efectos del micro plástico y nano plásticos que pueden tener efectos adversos en diferentes partes de cuerpo humano como es el sistema inmune lo que puede desencadenar tumores, infecciones, alergias. Existe la preocupación significativa en el ministerio de Salud a nivel mundial de que los microplásticos podrían acumularse en los tejidos y órganos del cuerpo con el tiempo (Chávez, 2019).

3.2.2.4 MICROPLÁSTICOS EN EL MEDIOAMBIENTE

Los micro plásticos están presente en el medio ambiente en diversas formas, siendo las más comunes como las botellas, bolsas, envases, desgastes de los neumáticos, productos agrícolas, vertidos industriales y desechos plásticos. Estos elementos son un medio de contaminación a través de diferentes medios de transportes como el aire, agua y la ingestión por organismos vivos, provocando una preocupación a nivel mundial debido a los fuertes impactos ambientales y como a la salud humana. Esto incluye cambios en la dinámica de las poblaciones, interrupción de cadenas alimentarias y alteración de hábitats (Li et al., 2018).

3.2.2.5 MICROPLÁSTICOS EN AGUA POTABLE

Es esencial comprender el comportamiento de los micro plásticos en los procesos de tratamiento de agua potable debido a su potencial persistencia en el medio ambiente acuático. Aunque estos contaminantes emergentes son pequeños y tienen diversas densidades, se ha reconocido su capacidad para provocar efectos toxicológicos tanto en el medio ambiente como en la salud pública (Baiwen et al., 2019).

A pesar de que aún no se han establecido niveles críticos de toxicidad para los micro plásticos, estudios han mostrado que pueden perturbar los niveles hormonales y, en casos extremos, causar la muerte de especies marinas debido a la acumulación de estas partículas. La metodología para analizar micro plásticos en agua potable es relativamente nueva, con métodos analíticos y técnicas de detección y cuantificación aún en desarrollo. Un enfoque común implica la filtración del agua a través de filtros de nylon para concentrar y detectar micro plásticos presentes (Ruiz, 2021).

3.2.2.6 MICROPLÁSTICOS EN EL SUELO

La presencia de microplásticos en el suelo es un problema ambiental creciente. Estos microplásticos pueden ingresar al suelo de diversas maneras, y su detección ha aumentado en estudios científicos. Algunas de las fuentes y vías comunes de entrada de microplásticos al suelo incluyen: La degradación gradual de objetos plásticos más grandes, como bolsas, envases o productos agrícolas, puede generar microplásticos secundarios que terminan en el suelo. La dispersión de residuos plásticos ya sea por la basura mal gestionada o la descomposición de productos plásticos abandonados, contribuye a la presencia de microplásticos en el suelo. Los lodos de depuradoras de aguas residuales. Finalmente, la abrasión de fibras sintéticas en la ropa durante el lavado puede liberar microplásticos que eventualmente llegan al suelo a través del agua de lavado. Todo esto puede afectar la biota del suelo, incluyendo microorganismos, insectos y otros invertebrados, alterando los ciclos biogeoquímicos y los procesos ecológicos en el suelo, así como, ser ingeridos por organismos terrestres, como plantas y animales, iniciando su entrada en la cadena alimentaria (Li et al., 2018).

3.2.2.7 MICROPLÁSTICOS EN ALIMENTOS

La presencia de micro plásticos en alimentos se refiere a la detección y el hallazgo de partículas diminutas de plástico en productos alimentarios destinados al consumo humano. Estos microplásticos pueden ingresar a los alimentos a través de diversas vías, como la contaminación ambiental, el procesamiento y envasado de alimentos, así como durante la producción y preparación de alimentos. La investigación sobre la presencia de micro plásticos en alimentos ha generado preocupación debido a la posibilidad de que estas partículas puedan representar riesgos para la salud humana. Los estudios han identificado microplásticos en una variedad de alimentos, incluyendo mariscos, sal marina, agua embotellada, miel y productos agrícolas. La ingestión inadvertida de microplásticos a través de los alimentos plantea preguntas sobre los posibles efectos a largo plazo en la salud humana (Sarria-Villa y Gallo-Corredor, 2016).

3.2.2.8 CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO

Se enfoca en analizar la composición química y física del agua, a su vez determinan capacidad del agua para el uso de riego. Los criterios de calidad de agua ya que pueden variar según el tipo de cultivo, ya que cada uno tiene diferentes niveles de susceptibilidad a determinados minerales o propiedades del agua. Entre las propiedades idóneas, Sin embargo, las propiedades son la dureza del agua, salinidad, pH, alcalinidad (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021).

3.2.3 NORMATIVA VIGENTE

En calidad de organizaciones las juntas son fines de lucro, encargadas de llevar a cabo la gestión comunitaria del agua, que engloba con la planificación, construcción, operación y mejora de los sistemas de riego, estas desempeñan un papel crucial en la preservación de los ecosistemas ubicados en la zona de recarga hídrica asegurando la provisión continua de los servicios ecosistémicos a través del trabajo y colaboración de las comunidades localidades.

Su objetivo primordial es cumplir los requisitos establecidos por las entidades reguladoras de control como la secretaria nacional del Agua (SENAGUA) y la Agencia de Regulación tu control del Agua (ARCA), garantizando así la sostenibilidad y una gestión administrativa eficiente (Castañeda et al., 2020).

3.2.3.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR (2008)

En el artículo 411 de la Constitución de la República establece “que el estado tiene la responsabilidad de garantizar la conservación, recuperación y gestión integral de los recursos hídricos, las cuencas hidrográficas y caudales ecológicos vinculados al ciclo hidrológico, por lo que se regulara toda actividad que pueda influir a la calidad y cantidad de agua y el equilibrio de los ecosistemas, con especial atención a las fuentes y áreas de recarga de agua”.

En el artículo 412 de las Constitución de la República “prevé que la autoridad encargada asumirá la responsabilidad de la gestión del agua a cabo con su planificación, regulación y control”.

Que, el artículo 314 de la Constitución de la República asigna al Estado “la responsabilidad de proveer los servicios públicos de agua potable y de riego para lo cual dispondrá de manera asegurará que sus tarifas sean equitativas, estableciendo su control y regulación”.

3.2.3.2 PLAN NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS CONTENDRÁ (NTE INEN 2497, 2019)

Art. 47.- la definición y atribuciones de las juntas de riego, son organizaciones comunitarias sin fines de lucro, que tienen finalidad de la prestación del servicio de riego y drenaje, bajo la calidad en la prestación del servicio y equidad en distribución del agua.

Art. 86.- El agua destinada para riego garantizará la soberanía alimentaria que conlleva al abastecimiento de los abrevaderos de animales, acuicultura y otras actividades de la producción agropecuaria, destinada al consumo doméstico; según lo establecido por el Reglamento de esta Ley.

3.2.3.3 AGENCIA Y REGULACIÓN DE CONTROL DE AGUA

Capítulo II de las Juntas de Riego (NTE INEN 2666, 2013):

Art. 48.- Definición. - Las Juntas de Riego son entidades comunitarias sin fines de lucro, que tienen como objetivo la prestación de servicios de riego y drenaje, según sea el caso, en calidad de la prestación del servicio y en la distribución del agua. La Secretaría del Agua establecerá el proceso de creación de nuevas Juntas de Agua Potable y la adaptación de los estatutos de las existentes.

Art. 51.- La Agencia de Regulación y Control del Agua determinaran las normativas que de los criterios de calidad para la prestación de los servicios por parte de las Juntas de Riego y verificara la adecuación de los servicios a dichas regulaciones.

La Regulación 011, tiene como objetivo de establecer criterios técnicos con el fin de reducir perdidas de agua, para los operadores de municipios y Juntas Administradoras de Agua Potable (JAAP), por lo tanto, es necesario presentar un plan que defina el uso y la aplicación de los programas de mejoras (MAATE, 2022).

3.2.3.4 ACUERDO MINISTERIAL 097

En el acuerdo Ministerial 097, se detalla los criterios de calidad para las aguas destinadas para el uso agrícola o de riego, aquella que es empelada para la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias que establezcan los organismos competentes. Los criterios de calidad admisibles para estas aguas destinadas a uso agrícola, según se visualiza en el Anexo A.

3.2.3.5 NORMATIVA TÉCNICA NTE INEN 1108:2011

La normativa establece los requisitos que se debe cumplir el agua para que se considere apta para el riego agrícola de lo contrario no se cumpliría los niveles permitidos, como se visualiza en el Anexo B.

3.2.4 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE MICROPLÁSTICOS

La detección y extracción de microplásticos en el medioambiente pueden ser tareas desafiantes debido a su tamaño diminuto y a la variedad de fuentes y entornos en los que se encuentran. A continuación, se describen algunos métodos que se utilizada para la extracción, identificación, cuantificación y análisis de microplásticos:

3.2.4.1 DIGESTIÓN

Existen varias metodologías para la extracción de microplásticos como la digestión, la misma que su principio básico radica en la destrucción oxidativa de la matriz de la muestra extrayendo la sustancia para luego ser analizada; así mismo pueden ser disoluciones de diferentes naturaliza, por reacción enzimática, alcalina o ácida.

3.2.4.2 REACCIÓN ALCALINA

Actúa mediante la hidrolisis en los enlaces químicos y desnaturaliza proteínas presentes en la matriz orgánica. (Lusher et al., 2017), Es importante destacar que estos procesos tienen una duración de periodos cortos, pero muestran una notable tasa de recuperación; lo que les hace altamente aplicables en la técnica FTIR.

3.2.4.3 REACCIÓN ACIDA

Esta técnica se emplea para aislar fibras, pellets y fragmentos de diversos organismos mostrando una eficiencia notable al destruir organismos mediante escisión molecular y disolución de material biogénico. Sin embargo, se reconoce que este proceso es

agresivo, causando daño a los polímeros en función de que disolución se emplea. (Lusher et al., 2017)

3.2.4.4 REACCIÓN OXIDATIVA

Esta metodología se utiliza en los procesos digestivos de material orgánico, y se puede emplear en diversidad concentraciones como 10%, 15% y 30%. Además, es importante considerar que esta técnica no genera afecciones en la estructura de los plásticos. (Lusher et al., 2017)

3.2.4.5 FILTRACIÓN

Es una técnica utilizada para recolectar y concentrar partículas de micro plástico presentes en muestras de agua, sedimentos u otros medios. Esta técnica se basa en el uso de filtros con tamaños de poro específicos que permiten retener las partículas de microplástico, mientras permiten que otros materiales más pequeños pasen a través del filtro (Dehaut et al., 2016).

- Filtración de agua: Se recoge agua y se filtra a través de membranas con poros de tamaño específico para retener partículas de micro plástico. Posteriormente, se analizan las membranas para identificar y cuantificar los microplásticos.
- Filtración de sedimentos: Se realiza un proceso similar, pero en lugar de agua, se filtran sedimentos acuáticos para recoger microplásticos.

3.2.4.6 SEPARACIÓN DENSIMÉTRICA

La separación densimétrica es un método de clasificación de partículas basado en sus diferencias de densidad. Este proceso se utiliza para separar materiales sólidos de diferentes densidades en función de su comportamiento en un medio fluido. La separación se logra mediante la acción de la fuerza gravitatoria y la resistencia del medio fluido (Lusher et al., 2017). Flotación, aprovecha la diferencia de densidad entre

los microplásticos y otros componentes para hacer que los microplásticos floten y puedan ser recolectados.

3.2.4.7 ESPECTROSCOPIA INFRARROJA

La espectroscopía infrarroja es una técnica analítica que se utiliza para estudiar la interacción de las moléculas con la radiación infrarroja. Este método se basa en la absorción de energía infrarroja por parte de las moléculas, lo que permite obtener información sobre sus estructuras y composiciones químicas. El espectro infrarrojo se divide en tres regiones principales: la región de estiramiento de enlaces ($4000-2500\text{ cm}^{-1}$), la región de flexión de enlaces ($2500-1500\text{ cm}^{-1}$), y la región de huellas dactilares ($1500-400\text{ cm}^{-1}$) (Miller et al., 2017).

Análisis de infrarrojos, se utiliza la espectroscopía infrarroja para identificar la composición química de las partículas, lo que ayuda a distinguir los microplásticos de otros materiales.

3.2.4.8 ESPECTROSCOPIA RAMAN

Es una técnica analítica que se utiliza para estudiar las interacciones de las moléculas con la radiación electromagnética, específicamente la dispersión inelástica de la luz. Esta técnica proporciona información sobre vibraciones moleculares, rotaciones y otros modos de excitación molecular. Similar a la espectroscopía infrarroja, se utiliza para analizar la composición química de las partículas y puede ser útil en la identificación de microplásticos (Bumrah & Sharma, 2016).

3.2.4.9 ESPECTROMETRIA DE MASAS

La Espectrometría de masas acoplada a cromatografía de gases o líquidos permite la identificación y cuantificación de microplásticos basándose en la composición química. Este método se basa en la medida precisa de las masas y cargas de partículas ionizadas. Los iones se separan en función de su relación carga/masa (m/z) en un analizador de

masas. Este proceso permite la identificación y cuantificación de los iones presentes en la muestra (Miller et al., 2017).

3.2.4.10 MICROSCOPIA

La microscopía es una técnica de cuantificación que se utiliza para observar objetos o detalles que son demasiado pequeños para ser vistos a simple vista. Existen diferentes tipos de microscopios que se adaptan a diversas

- Microscopía óptica, se utilizan microscopios ópticos para visualizar partículas y determinar si son microplásticos. Alcanza hasta 1000 aumentos.
- Microscopía electrónica de barrido (SEM), ofrece imágenes de alta resolución y apariencia tridimensional que pueden ayudar en la identificación morfológica de microplásticos.

4. MATERIALES Y METODOLOGÍA

4.1 METODOLOGÍA

4.1.1 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

La metodología del presente trabajo a desarrollar contiene un nivel de investigación con enfoque descriptivo, dado que este nivel de análisis facilita la detallada y exhaustiva interpretación de los datos recopilados a lo largo del estudio, llevada a cabo mediante un registro y base de datos desde el inicio de la toma de muestras. La claridad y precisión con la que se abordan estos datos y elementos contribuirán esencial para abordar la pregunta principal de la investigación ¿Existe la presencia de micro plásticos en el sistema de Riego Machángara, en la ciudad de Cuenca, Ecuador?

4.1.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación se fundamenta en un enfoque descriptivo, la misma que se estableció dos técnicas: el diseño documental y el de campo. En el diseño documental, se identifica información crucial sobre las técnicas de muestreo y la metodología y luego el análisis de contenido para determinar cuál es la técnica más apropiada, enriqueciendo significativamente a la investigación. Finalmente, el diseño de campo se caracteriza por la aplicación de una técnica de observación estructura con el objetivo de realizar pruebas de laboratorio, se centran en determinar el tamaño, tipo y forma de las diversas muestras, con el objetivo de identificar la presencia de micro plásticos en el Sistema de Riego Machángara, de la ciudad de Cuenca Ecuador, adicional una técnica de observación no estructurada que me permitió establecer los puntos de monitoreo, el número de muestras y el análisis de muestras.

4.1.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

En esta investigación se trabajó con una población finita accesible y se implementó un muestreo aleatorio, para llevar a cabo la investigación en el sistema de riego Machángara que se encuentra ubicado en el cantón Cuenca pertenecientes a las parroquias Chiquintad y Sinincay, con una extensión de 17Km. Este sistema de riego consta de 17 tomas utilizadas exclusivamente para riego agrícola, que es importante en la generación económica del sector.

El tamaño de la muestra se estableció en 44 muestras y se tomó una muestra adicional como precaución ante posibles contaminaciones durante el traslado, dando un total de 45 muestras, la misma que se calculó de través del INEN 2226:2013. La recolección implica tres muestras de agua cada una de 1L c/u en un intervalo de 10 minutos, se llevó a cabo conforme a la normativa (INEN 2226:2013, apartado 4.3); en el marco del “Programa de Control del Agua”. La selección de los puntos de muestreo se basó en el plan 3.34 denominado “Canales”; que sigue las mismas consideraciones que la normativa NTE INEN 2223:2003 para muestras en ríos y vertientes.

Finalmente, para el traslado y manipulación de las muestras se siguió la normativa INEN 2169, un proceso reconocido por su simplicidad y seguridad que minimiza el riesgo de contaminación cruzada, Además, se aplicó la normativa INEN 2176 para la codificación y rotulado de las muestras, garantizando la coherencia en el proceso, estas prácticas se replicaron de manera consistente en todas las muestras recolectadas, también se empleó un sistema de información geográfica (SIG) conocido como QGIS, en donde se establecieron los puntos de muestreo, y se generaron mapas del Sistema de Riego Machángara.

4.1.4 CÁLCULO DEL NÚMERO DE MUESTRAS

El cálculo del número de muestras por punto de muestreo se basó en la normativa INEN 2226:2013 sección 4.1.9.3; (Para muestras de agua en río y afluentes) a un nivel de

confianza del 95%, con un intervalo de confianza del 10% y una desviación estándar de 17, la misma que se detalla a continuación en la Ecuación 1:

Ecuación 1. Cálculo de muestras

$$IC = \frac{2xkx\theta}{\sqrt{x}}$$

Donde:

IC, es el intervalo de confianza

K, constante del ancho del intervalo de confianza

, desviación estándar recomendada

X, es la incógnita que representa el número de muestras

Desarrollo:

$$10 = \frac{2x1.95x17}{\sqrt{x}}$$

X= 44 muestras

4.1.5 VARIABLE

En la tabla, se muestra la variable de la investigación dentro de una matriz operacionalización. La variable de interés se centra en la presencia de micro plásticos en el sistema de Riego Machángara.

Tabla 2. Matriz de operacionalización de Variables

Variable	Dimensión	Indicadores
----------	-----------	-------------

Presencia de microplásticos	Cantidad	- Numero de partículas totales / litro - cantidad de microplásticos
	Tipo	- Porcentaje de los de tipos de microplásticos
	tamaño	- um
	forma	- % x1

Fuente: Elaboración propia.

4.1.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se realizó una revisión documental centrada en la búsqueda de artículos de alto impacto en bases de datos digitales especializadas. Esto, aplicando la técnica de análisis de documental (meta-análisis) utilizando instrumentos que se encontraron al alcance del investigador, tales como: repositorios universitarios, bases de datos (Scielo, IEEE, Scopus y NCBI). Además, se empleó un análisis de contenido donde se utilizó tablas, mapas conceptuales y programas a través de Excel y Word. En relación con el diseño de campo, las técnicas utilizadas fueron la observación no estructurada, utilizando planos cartográficos, fotografías donde se aceptó la información que se obtuvo al momento que se tomaron las muestras. Finalmente, la técnica de observación no estructurada se utilizó en los procedimientos de laboratorio y se utilizó como instrumento de recolección una bitácora.

La técnica de observación se clasifica en dos instrumentos de tipo: como la observación estructurada que se empleó protocolos para la cuantificación de MP utilizando la microscopia invertida de fluorescencia y la identificación del tipo de MP a través de espectroscopia transformada de Fourier con OMNIC. También se establecieron protocolos para la toma de muestras, envasado, traslado y rotulado siguiendo las Normativa de Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN:2176) Anexo 18.

Finalmente, se realizó una observación no estructurada, basada en un cotejo de calidad de datos mediante herramientas como Microsoft Excel y Word.

4.1.7 TÉCNICA DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

En esta investigación, se aplican técnicas para el procesamiento y análisis de datos para determinar la cantidad, forma, tamaño y tipo de los microplásticos presentes en las muestras. En relación al procesamiento de datos estos se procedieron a clasificarlo, tabulados y registrados utilizando herramientas como Microsoft Excel y R-studio, los resultados de este procesamiento se generaron tablas y gráficas que facilitan la comprensión y estableciendo una base para el análisis estadístico descriptivo.

Tras procesar los datos mediante técnicas estadísticas descriptivas de tendencia central y pruebas estadísticas como ANOVA, que determinaron si los datos tienen normalidad, dispersión de los datos o independencia para realizar un análisis que me pueda determinar si las áreas establecidas tienen la misma cantidad, cuyos resultados permitirán responder a esta investigación.

4.2 MATERIALES Y EQUIPOS

En la presente investigación se utilizó varios materiales, reactivos y equipos para ejecutar los componentes del trabajo experimental, que se detallan en la tabla 3.

Tabla 3. Descripción de los materiales, reactivos y equipos

Materiales	Equipos	Reactivos
Probetas de 100mL	FTIR	Rojo de Nilo
Tamiz de cobre 90 μm	Microscopio invertido	Agua destilada
Papel aluminio	Bomba de vacío	Peróxido de Hidrogeno al 30%

Filtro de membrana politetrafluoroetilo de 1 µm	Cámara de flujo laminar	Agua del Sistema de Riego
Gotero	Estufa	Agua MiliQ
Pinza metálica		
Cubre objetos		
Porta objetos		
Caja Petri		
Vaso de precipitación de 100mL y 500mL		
Culer		
Guantes		
Frascos esterilizados (Muestras)		
Pipetas 5mL		

Fuente: Elaboración propia.

4.3 METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE MICROPLÁSTICOS

Se describen los procedimientos utilizados para determinar el tamaño y el tipo de microplásticos presentes en el sistema de Riego Machángara. A continuación, se detalla cada uno de estos procedimientos:

4.3.1 GEORREFENCIACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

Se utilizó un Sistema de Información Geográfica (SIG), para la georreferenciación del Sistema de Riego Machángara. Las coordenadas se detallan en la tabla 4. En la figura 1 se encuentra el mapa de los sectores y en la figura 2 los puntos de la toma de muestras del sistema de riego Machángara.

Tabla 4. Coordenadas del Sistema de Riego Machángara.

Sistema de Riego Machángara		Coordenadas	
CANAL		X	Y
P1		721700.463	9682449.20
P2		722792.776	9686392.53
P3		722792.77	9686392.53
P4		722998.10	9686736.31
P5		722984.88	9687283.09
P6		722645.33	9687641.1
P7		721401.15	9690302.72
P8		721927.43	9689472.84
P9		721909.42	9689454.04
P10		724119.39	9682134.37

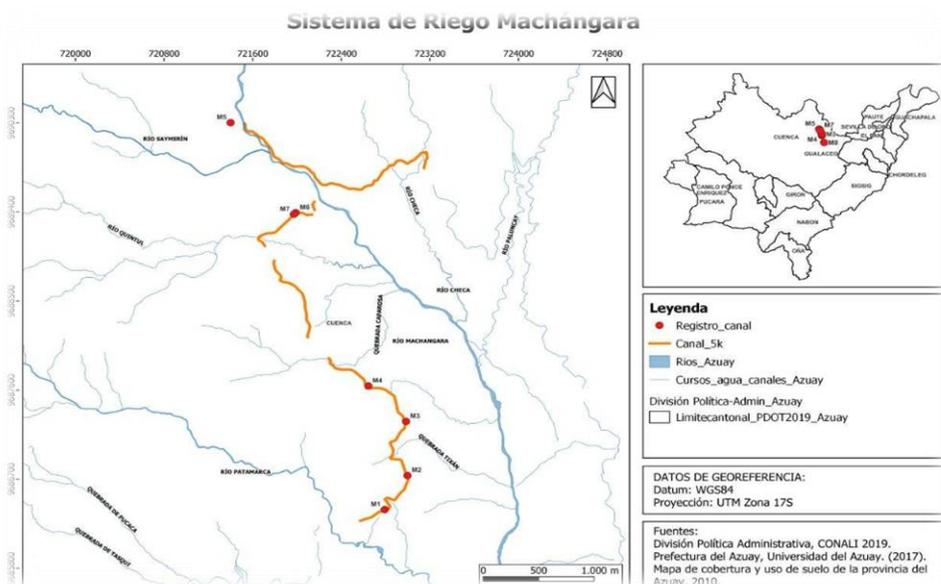
Fuente: Elaboración propia.

Figura 1. Ubicación del Sistema de Riego Machángara, cantón Cuenca, Azuay



Fuente: Autor (2023).

Figura 2. Puntos de muestreo de sistema de riego Machángara.



Fuente: Autor (2023).

4.3.2 TOMA DE MUESTRAS

La muestra empleada en esta investigación se compone con periodicidad de intervalos de tiempo fijos de 10 minutos. Se llevó a cabo en diferentes zonas del sistema de Riego Machángara ubicado en el, en cantón Cuenca en la provincia del Azuay. Este sistema tiene una extensión de 17 km, abastece a aproximadamente 140.000 habitantes de la ciudad de Cuenca y se riegan alrededor de 1300 hectáreas, beneficiando a aproximadamente a 3100 agricultores; distribuidos en 17 tomas que atraviesa en las parroquias Chiquintad, Sinincay, Octavio Cordero, como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Zonas y Lugares de muestreo

Zona	Código	Lugares	Volumen de la muestra L	N muestra	Total, de Muestra
Captación	C	Chalud- Saymirin	1	3	9
		Labrados	1	3	
		Entrada a la planta	1	3	
Canal de Riego	C.R	Salida de la planta	1	3	27
		Chiquintad	1	3	

		Tixan	1	3	
		Sifón	1	3	
		Mayancela	1	3	
		Pueblo Sinincay	1	3	
		N. Horizonte de Miraflores	1	3	
		Cruze de Miraflores	1	3	
		Santa Fe	1	3	
Predios	P	Chicta Rumi	1	3	9
		Yanatura	1	3	
		Pumayunga	1	3	
				Total	45

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3 PERIODO Y FRECUENCIA DE MUESTREO

Para la recolección de muestras se aplicaron las directrices establecidas por la normativa ecuatoriana (INEN 2226:2013, SECCIÓN 4.1.9.5), identificando puntos clave en el sistema de riego, como la captación, Canal de Riego y Predios. Este proceso tuvo como inicio el 28 de junio del 2023 y finalizó el 28 de julio del 2023, previamente esterilizadas conforme con la normativa INEN 2176 el protocolo de recolección implicó tomar tres muestras de 1 litro cada una, con intervalos de 10 minutos, seguido de un proceso de homogenización para obtener una muestra compuesta con una capacidad volumétrica de 1000ml. En cada punto de muestreo en tres lugares designados para la investigación, resultando 9 muestras en la zona de captación, mientras que en el canal de riego se recolectaron 27 muestras y en la zona final se tomaron 9 muestras. El periodo dedicado a la recolección de muestras abarcó un intervalo de 30 días.

4.3.4 TRANSPORTE, ETIQUETADO Y ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

La normativa INEN 2169, establece pautas claras para el traslado y manipulación de las muestras recolectadas, especificando que deben guardarse en recipientes ámbar previamente esterilizado, garantizando la calidad de las muestras, además se aplicó la

normativa INEN 2176 para la codificación y rotulado de las muestras, las mismas que indica incluir información crucial como el número de muestra, fecha, hora y punto de muestra descritos en coordenadas geográficas. Según la normativa INEN 2169, se almacenaban las muestras en un lugar donde no se expone directamente a la radiación solar a temperatura ambiente. Este enfoque garantiza condiciones adecuadas para la integridad de las muestras durante el periodo entre la recolección y el análisis.

4.4 METODOLOGÍA PARA LA EXTRACCIÓN DE MICROPLÁSTICOS

4.4.1 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

Después de la recolección de las muestras, se trasladaron al laboratorio para iniciar la siguiente fase del proceso. Se llevó a cabo un tamizado y cada una de las muestras de 1L utilizando un tamiz de acero con una malla de 90 μm . Posteriormente, se empleó una probeta para transferir con precisión de 250mL de cada muestra a un vaso de precipitación.

4.4.2 DIGESTIÓN

Una vez se realizó el proceso de tamización se adiciono 25mL de peróxido de hidrogeno al 30% v/v a cada vaso de precipitación, con el objetivo de descomponer el material orgánico que podría interferir con la identificación y cuantificación de los microplásticos. Continuamente, se etiquetaron los envases y se envolvió con papel aluminio dejando reposar 72 horas a temperatura ambiente.

4.4.3 MICROFILTRACIÓN AL VACÍO

Tras completarse el periodo de las 72 horas, se dio por terminado el proceso de digestión y se procedió a filtrar utilizando un equipo de filtración al vacío equipado con un filtro de membra de politetrafluoroetileno (PTFE) de un diámetro de 47mm. Por

último, los filtros se dispusieron en las cajas Petri y posteriormente se cubrió con papel aluminio dejando secar a temperatura ambiente de aproximadamente de (16 °C) durante 24 horas y se procedió a etiquetar.

4.4.4 TINCIÓN DE LAS MUESTRAS CON ROJO DE NILO:

Finalmente, se roseó con la tinción de rojo de Nilo de manera uniforme en todo el papel filtro para que cubra por completo. Una vez que se colocó la solución se procedió a tapar las cajas Petri con aluminio y luego se llevó a un ambiente oscuro durante 30 minutos con el objeto de que no se destruyan las partículas fluorescentes.

ug → miligramos

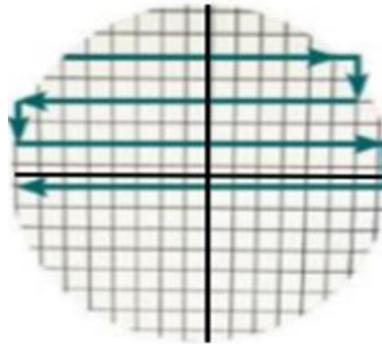
1ug → 0.001miligramos de Rojo de Nilo

4.5 METODOLOGÍA DE CARACTERIZACIÓN DE MICROPLÁSTICO

4.5.1 OBSERVACIÓN EN EL MICROSCOPIO INVERTIDO

Inicialmente, se colocó los filtros de membrana de politetrafluoroetileno en el microscopio invertido, utilizando dos portaobjetos con un lente de 10x, a través del software denominado NIS- Elements AR. Esto con el propósito de determinar la cantidad, tamaño y dimensión de los microplásticos presentes. Por otro parte, el filtro se dividió en cuatro cuadrantes y se colocó como guía un punto inicial, alternando en cada cuadrante, de tal manera que, se garantice la precisión del conteo. Además, se realizó un barrido de izquierda a derecha, al llegar al final se baja y se prosigue el análisis de derecha a izquierda. Este método de búsqueda en paralelo o zig zag asegura la total revisión de la muestra y una forma efectiva de no perder la orientación como se visualiza en la Figura 3.

Figura 3. Filtro con barrido en zig zag



Fuente: LIBERA (2018).

Adicional, la distribución de tamaño de partículas es muy variable, sin embargo, se realizó un cálculo de rango. De esta manera, es posible determinar los tamaños de las partículas entre los valores mínimos y máximos. Tal como se detalla en las ecuaciones 2 y 3, que expone la distribución de tamaños de fibras y fragmentos, respectivamente.

Ecuación 2. Distribución de tamaño de fibras

$$\text{Distribución de tamaño de fibras} = \frac{(l \text{ arg } o + \text{ ancho}) \mu\text{m}}{2}$$

Es la proporción relativa, expresada en porcentaje, de cada una de las diferentes fracciones de tamaño presentes en una muestra (Perry, 2001).

Dónde:

l= longitud

a= Ancho

Ecuación 3. Distribución del tamaño de fragmentos

$$\text{Distribución de tamaño de fragmentos} = \frac{(x_{\text{max}} + y_{\text{min}})}{2}$$

Se obtuvo el rango de las partículas, las mismas que se encuentran en un rango de 1 μm a 250 μm (Perry, 2001).

Dónde:

xmax= valor máximo en la dimensión

y min= valor mínimo en la dimensión

Posteriormente, se utilizó la punta del grafito para señalar visualmente la ubicación de los microplástico, trazando formas circulares. Los resultados de este procedimiento se observa en la figura 4.

Figura 4. Filtro marcado con Grafito



Fuente: Autor (2023).

4.6 METODOLOGÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL MICROPLÁSTICO

4.6.1 ESPECTROMETRÍA INFRARROJO CON TRANSFORMADA DE FOURIER

Se colocó la muestra en el equipo de espectroscopía Infrarroja Transformada de Fourier (FTIR), con una longitud de onda de 4000 a 500 cm^{-1} que permite visualizar estructura

química de microplástico. Posteriormente, se utilizó el programa OMINIC Spectra, el mismo que se comparó con la biblioteca almacenada y se determinó que tipos de microplásticos se encuentran en las muestras presente en el Sistema de Riego Machangara, cantón Cuenca, Azuay.

4.7 METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS EN EL SISTEMA DE RIEGO

En esta investigación, se implementó una metodología documental que involucró la elaboración de fichas técnicas de información antropogénica mediante análisis documental relevante. Se validó a través de visitas de campo (Anexo 10).

La metodología consistió en realizar una revisión bibliográfica exhaustiva en diferentes documentos como: el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del cantón Cuenca y los registros históricos relevantes del sistema de Riego Machángara. Posteriormente, se realizó una visita de campo para la verificación de dicha información mediante fichas de información antropogénica que detallan las principales actividades económicas que se observa alrededor del sistema de riego. Se abarcan aspectos como actividades agrícolas, ganaderas, silvicultura, actividades forestales y aspectos relacionados con la generación de residuos sólidos y posibles fuentes que podrían contribuir a la contaminación.

Dentro de cada ficha del anexo 16 se consideran los siguientes ítems: impactos visuales, riesgos presentes, entorno, y la existencia de residuos. Este enfoque permitió obtener información contextual y proporcionó datos valiosos para identificar riegos de contaminación de microplásticos en el Sistema de Riego Machángara.

El Sistema de Riego Machángara, se encuentra ubicado en el cantón de Cuenca, en las parroquias Chiquintad y Sinincay con una extensión de 17km. Su entorno físico se caracteriza por la serranía ecuatoriana, presentando un clima frío a una temperatura que oscilan entre 10°C a 22°C, y una altitud entre los 2570-2714 msnm. Al norte limita

por el canal principal de Machángara; al sur colinda con las zonas urbanas de la ciudad de Cuenca; al este con el Río Machángara; y, al oeste con la quebrada de Milchichig. Este sistema cuenta con un total 32 tomas, siendo 17 tomas destinadas exclusivamente para fines agrícolas.

Este proceso tenía como objeto identificar los potenciales riesgos de contaminación por microplásticos, que consiste en sistematizar la información obtenida de las fichas que se realizó en las 17 tomas del sistema de Riego Machángara. Los ítems que se consideran son: los impactos visuales, riesgos presentes, entorno y residuos.

Desarrollo:

1. En las coordenadas 724119.39E y 96899454.044N 17M, se encuentra la zona de captación conocida como Saymirin, toma uno, en donde se origina el flujo de agua que alimenta al Sistema de Riego Machángara. Se identifica diversos factores de riesgo, entre ellos se destacan la quema páramos y la tala indiscriminada de árboles en extensas áreas de vegetación nativa (Figura 5). Durante la observación, se evidenció la presencia de materiales inflamables (botellas de gasolina, aceites, lubricantes) las cuales se encontraban bajo la estructura de madera. Estos impactos ejercen efectos directos en el funcionamiento del ecosistema, dando lugar a consecuencias como la erosión de suelo y la contaminación de los recursos hídricos. Así mismo, en la segunda toma, conocida como Chalud, se identificaron características similares en el entorno el lugar, estos hallazgos resalta la necesidad de abordar de manera urgente la problemática para reservar la integridad del medio ambiente y, por ende, el Sistema de Riego Machángara y mitigar los impactos negativos al ecosistema.

Figura 5. Zona de Saymirin



Fuente: Autor (2023).

2. En las coordenadas 721700.46E y 96822449.2N 17M, se encuentra a toma tres ubicada en la zona de labrados que está conectada directamente con la toma cuatro y cinco identificado como la entrada y salida de la planta (Saymirin) en las coordenadas 722998.10E y 9686736.31N 17M. Se observó pocos residuos sólidos (fundas y botellas plásticas). Sin embargo, de acuerdo con la información proporcionada por Sonano (2020) el 10 de abril del 2020, se produjo un deslizamiento de la zona de Saymirin. Esto ha generando múltiples consecuencias en el canal principal, este evento tuvo un impacto directo en la planta Tixan, afectando al suministro de agua, tanto como en consumo humano como para riego cultivos. En las zonas altas el relieve es muy irregular (figura 6), ya que las quebradas son encajonadas y cuando llega el verano, el agua se filtra y ocurre estos desastres naturales.

Figura 6. Canal principal de la Zona de Saymirin



Fuente: Autor (2023).

3. En las coordenadas 722645.33E y 9687641.1N 17M, se encuentra la toma seis, ubicada en la zona Chiquintad se ve gravemente afectado por la contaminación (figura 7), debido a que el canal de riego o capa freática se encuentra cerca de la superficie terrestre; lo que provoca la acumulación de desechos. El agua se recoge principalmente de la lluvia y las vías carecen de un sistema de drenaje adecuado, lo que resulta que viertan de manera directa al canal debido a la ausencia de un colector. Además, en lugar presenta construcciones de viviendas, lo que en consecuencia no existe un sistema de alcantarillado adecuado para las aguas residuales, por lo que, se descargan directamente en el canal, transportando contaminantes al sistema de riego (PDOT Cuenca, 2022).

Figura 7. Zona de Chiquintad contaminada



Fuente: Autor (2023).

4. En las coordenadas 721927E y 9689472N Y 17M, se encuentran las tomas ocho y nueve, ubicadas en las zonas Tixan y Sirfón, habitadas aproximadamente por 245 habitantes. Se dedican principalmente a la agricultura y ganadería, por lo que el uso de plaguicidas y diferentes productos químicos, sin un plan de manejo ambiental, transportan directamente al canal. Asimismo, se observó que le canal se encontraba taponado por diferentes desechos sólidos, tomando en cuenta que estos elementos se encuentran expuestos a condiciones extremas, como: la exposición a la radiación solar y la lluvia. Estos factores de riesgo causan la degradación y alteración de las propiedades físicas y químicas de los plásticos, por lo que dichas circunstancias se identifican como las principales fuentes de contaminación de microplásticos en el Sistema de Riego Machángara (Guevara, 2020).
5. En continuación con el recorrido del sistema de Riego de Machángara nos dirigimos a las coordenadas 724119E y 9682134.37N 17M, se encuentran las tomas diez, once, doce y trece ubicadas en las zonas de Mayancela, pueblo de Sinincay, Nuevo Horizonte de Miraflores y Santa Fe, que cuentan con aproximadamente 534 usuarios. Estas áreas han experimentado un crecimiento significativo en su zona

urbana, lo que ha generado un riesgo de contaminación para el canal de riego (figura 8), a razón de la construcción de viviendas, puentes, etc. En estos lugares se están reduciendo las áreas de cultivo y comprometiendo la estabilidad del terreno, llegando a afectar la infraestructura del canal. También, existe factores de contaminación en la zona como industrias y la urbanización (PDOT Cuenca, 2022).

Figura 8. Zona de Mayancela



Fuente: Autor (2023).

6. En las coordenadas 719892E y 9626826N 17M se encuentran las tomas catorce, quince, dieciséis y diecisiete situadas en las zonas Chicta Rumi, Yanatura y Pumayunga, albergan, aproximadamente 250 habitantes. Aquí, la actividad económica principal es la agricultura. Estas áreas enfrentan una considerable contaminación de lavanderías de automóviles, por lo que no se emplea un plan de manejo ambiental, encontrándose residuos de aceites en el agua del canal, así como, residuos de fundas, envoltura, materia orgánica y recipientes de caucho (figura 9). Estos elementos pueden ser fuentes potenciales de contaminación de microplásticos.

Figura 9. Zona Yanatura



Fuente: Autor (2023).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 TAMAÑO DE MICROPLÁSTICOS

El tipo de microplásticos encontrados en las muestras recolectadas del sistema de Riego Machángara, Cuenca, tiene forma de fragmentos y fibras, como se detallan los siguientes resultados:

5.1.1 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LAS FIBRAS

En la presenta investigación se detectó la presencia de fibras y fragmentos, a través del microscopio invertido, los mismos que presentaban una variabilidad, como se puede apreciar en la por lo que en la tabla 6. Inicando las dimensiones de las fibras con la asistencia del software NIS-Elements AR (figura 10).

Tabla 6. Tamaño de la Fibras

Nro. de muestra	Nro. de muestras	(Fibras μm)	Promedio	Rango
M1	M1.1	134.4	378.814	47,9-1398,24
		47.9		
		134.54		
		178.99		
	M1.2	1398.24	12.658	1,43-23,56
		23.56		
		15.92		
		12.15		
	M1.3	10.23	13.34	1,54-18,47
		1.43		
		1.54		
		12.34		
M2	M2.1	17.56	50.444	9,78-145,32
		18.47		
		16.79		
		17.54		
		11.69		

		67.89		
		145.32		
		9.78		
		17.89		
		78.98		
	M2.2	145.96	122.634	
		235.67		
		134.67		17,89-235,67
		167.67		
		456.67		
	M2.3	16.89	133.714	
		11.56		
		15.78		11,56-456,67
		5678.98		
		345.16		
	M3.1	14.89	1215.336	
		23.67		
		13.98		13,98-5678,98
		18.76		
		37.82		
M3	M3.2	134.67	519.292	
		167.21		
		2238		18,76-2238
		11.45		
		19.98		
	M3.3	9.38	603.81	9,38-2967,67
		10.57		
		2967.67		
		2345.2		
		14.67		
	M1.1	1457	777.332	
		12.9		
		56.89		12,9-2345,2
		13.78		
		11.89		
M1	M1.2	167.97	1092.218	
		689.45		
		4578		13,78-689,45
		9.37		
		17.89		
	M1.3	1085.78	320.976	
		467.97		
		23.87		9,37-1085,78

		113.43		
		17.67		
	M2.1	4718.13	975.338	
		10.06		
		17.4		17,4-4718,13
		56.76		
M2	M2.2	27.06	25.292	
		12.08		
		22.67		
		7.89		7,89-56,76
		10.06		
	M2.3	4918.5	1098.018	
		456.8		
		78.97		
		25.76		10,06-4918,5
		47.3		
	M3.1	12.98	185.084	
		9.5		
		165.67		
		689.97		9,5-689,97
		19.8		
M3	M3.2	485.28	384.106	
		23.98		
		156.87		
		1234.6		19,8-1234,6
		222.99		
	M3.3	172.56	504.61	
		1628.65		
		485.87		
		12.98		12,98-1628,65
		10.56		
	M4.1	67.87	136.822	
		456.32		
		135.76		
		13.6		10,56-456,32
		10.56	461.592	
M4		145.7		10,56-1672
	M4.2			
		1672		
		456.1		
		23.6		
	M4.3	19.56	331.204	
		13.9		9,78-1456

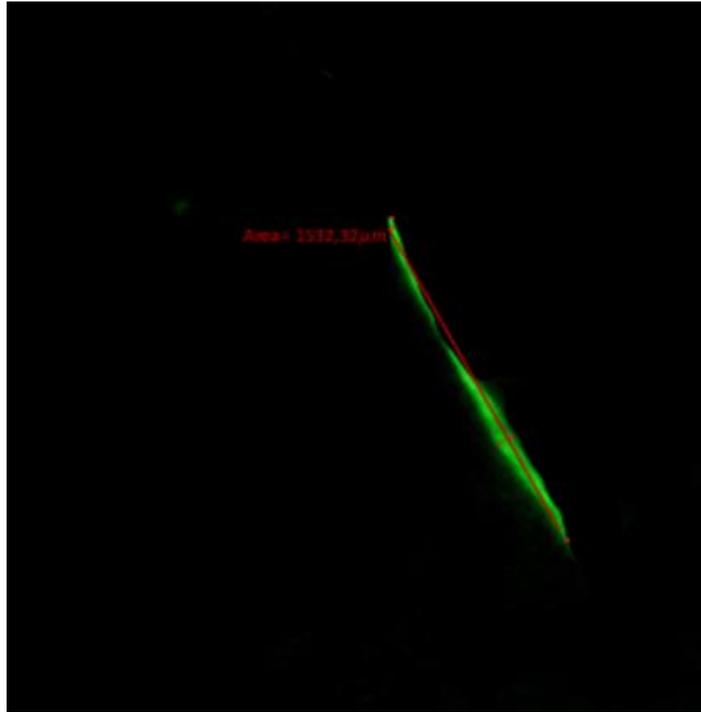
		9.78		
		1456		
		156.78		
		67.58		
		23.78		
	M5.1	1234.89	759.14	
		2345.78		
		123.67		23,78-2345,78
		17.06		
M5	M5.2	4719.7	1277.78	
		7.57		
		1617.5		
		27.07		17,06-4719,7
		11.96		
		9.39		
	M5.3	1065.7	756.55	
		2238.9		
		456.8		9,39-2238,9
		28.8		
		1987.9		
	M6.1	1627.56	912.606	
		906.72		
		12.05		12,05-1987,9
M6		17.98		
		1678.92		
	M6.2	345.78	415.476	
		23.03		
		11.67		11,67-1678,92
		12.06		
		465.87		
	M6.3	4657.9	1359.714	
		1616.87		
		45.87		12,06-4657,9
		13.96		
		4567.98		
	M7.1	2343	1423.194	
		167.98		
M7		23.05		13,96-4567,98
		12.01		
		3556.1		
	M7.2	675	942.76	
		124.82		
		345.87		12,01-3556,1

		25.16		
		4567		
	M7.3	34.87		
		13.46		
		450.45	1018.188	13,46-450,45
		27.06		
		457.9		
	M8.1	2273.12		
		1234		
		12.08	800.832	12,08-2273,12
		34.87		
		56.74		
M8	M8.2	106.86	384.088	
		365.97		
		1356		34,87-365,97
		12.03		
		10.76		
	M8.3	1454.97		
		345.76		
		235.86	411.876	10,76-1454,97
		123.76		
		12.06		
	M9.1	345.8		
		1568.9		
		2873.7	984.844	12,06-2873,7
		18.96		
		45.87		
M9	M9.2	906.8		
		23.87		
		10.67	201.234	10,67-906,8
		12.06		
		1786.65		
	M9.3	24.76		
		12.98		
		145.87	396.464	12,06-1786,65
		15.08		
		54.87		
	M1.1	124.76		
		4567.8		
M1		12.5	955.002	12,5-4567,8
		123.98		
	M1.2	45.86		
		1567.98	367.712	34,87-1567,98

		34.87		
		65.87		
		11.05		
		34.98		
	M1.3	1567.98		
		3467.45		
		123.87	1041.066	11,05-3467,45
		12.89		
		10.76		
	M2.1	1567.89		
		2367.98		
		456.98	883.3	10,76-2367,98
		145.87		
		567.87		
M2	M2.2	10.87		
		2567.8		
		87.67	676.016	10,87-2567,8
		122.98		
		13.8		
	M2.3	3456		
		2345.8		
		165.78	1220.872	13,8-3456
		10.78		
		2345.8		
	M3.1	16.4		
		264.6		
		2365.8	1000.676	10,78-2365,8
		12.89		
		10.8		
M3	M3.2	345.76		
		234.98		
		1756.8	472.246	10,8-345,76
		34.89		
		23.98		
	M3.3	1568.7		
		234.76		
		2454.8	863.426	23,98-2454,8

Fuente: Autor (2023).

Figura 10. Dimensión de la Fibra



Fuente: Autor (2023).

En el presente trabajo de titulación, se identificó de fibras en las muestras tomadas del Sistema de Riego Machángara. Por esta razón, se realizaron los siguientes análisis estadísticos utilizando el software R-studio:

Se evaluó la normalidad de los datos recolectados mediante la prueba estadística Shapiro Wilks bajo un valor de significancia de 0.05. Tras realizar el respectivo análisis el resultado arrojó un valor de 0.0749, es decir aceptando hipótesis Nula y rechazando hipótesis Alternativa, siendo mayor al valor de significancia. Por tanto, no hay diferencia estadística significativa en el tamaño de la fibra (tabla 7 y figura 11) donde se expone los datos recolectados que cuentan con una distribución normal.

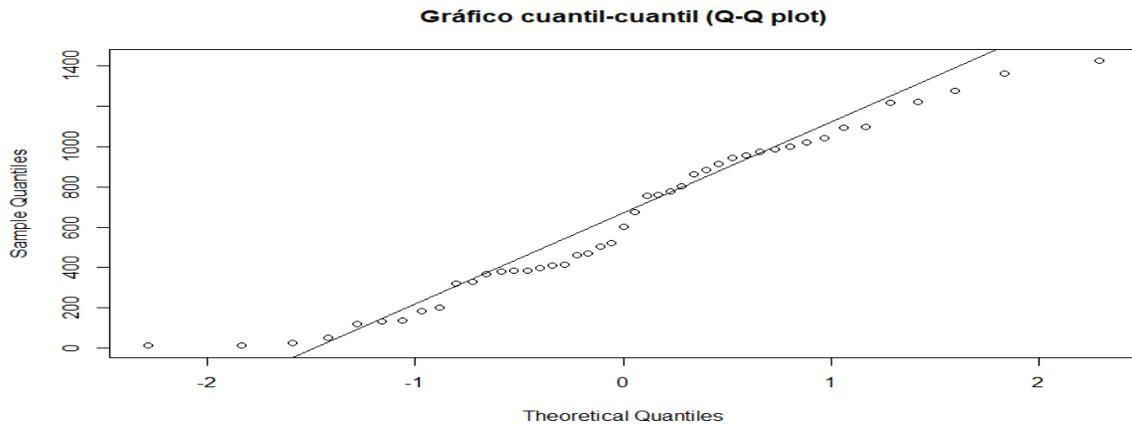
Tabla 7. Cálculo del test de Shapiro Wilks en el programa R-studio.

Shapiro Wilks normality test	
	W
	p- value
Captación	

Canal de R	0.95444	0.0749
Predio	0.05	

Fuente: Autor (2023).

Figura 11. Prueba paramétrica de Shapiro Wilk



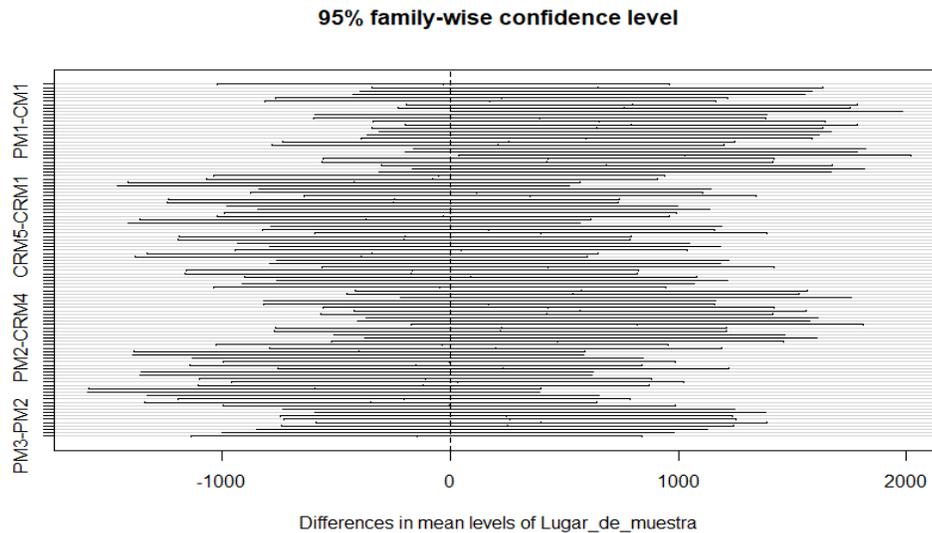
Fuente: Autor (2023).

Posteriormente se evaluó la diferencia entre las medias de los grupos mediante el análisis de varianza (ANOVA) rigiéndose bajo un nivel de significancia (α) igual a 0.05 y con las siguientes hipótesis:

- Hipótesis Nula (H_0): No existe diferencia estadística significativa en los tamaños de las fibras.
- Hipótesis Alternativa (H_1): Existe diferencia estadística significativa en los tamaños de las fibras.

Al realizar los cálculos de la tabla de ANOVA, se puede definir que el valor de p es de 0.4047, siendo mayor que el nivel de significancia de 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis Nula y rechaza la hipótesis Alternativa. Se validaron los resultados obtenidos mediante la evaluación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de los residuos de ANOVA, en ambos casos se aceptó H_0 . A continuación se realizó una prueba de Tukey de análisis de comparaciones múltiples entre los grupos (figura 12).

Figura 12. Prueba de Tukey.



Fuente: Autor (2023).

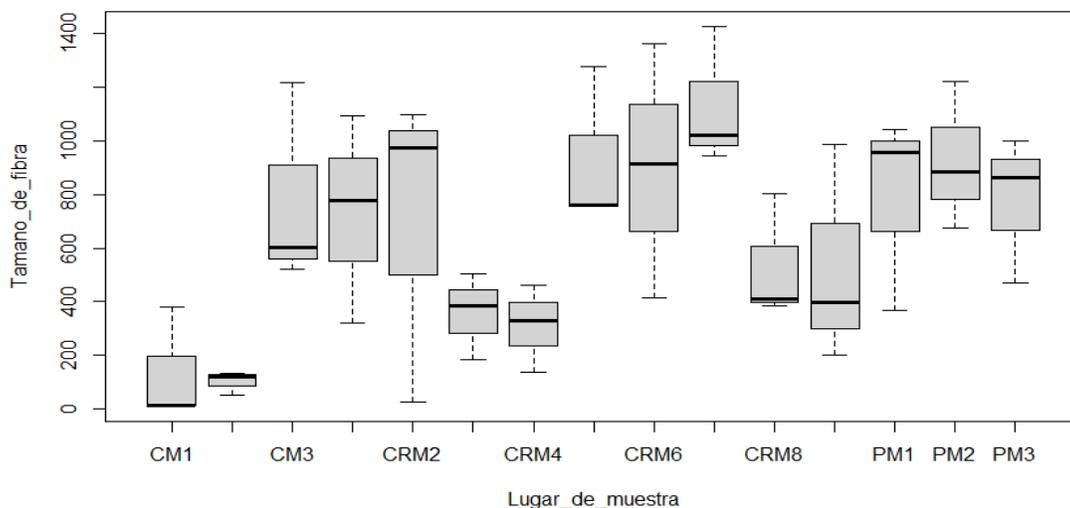
De acuerdo los anteriores análisis, se demuestra la existencia de microplásticos. Sin embargo, entre las fibras y fragmentos se puede visualizar la variabilidad entre 1,43-47197, en el rango de los tamaños de las fibras entre los puntos, permitiendo una fácil comprensión entre los diferentes puntos de muestreo, por lo que se generó un diagrama de cajas y bigotes.

En la figura 13, se observa que los puntos de monitoreos: CRM2, CRM6 y PM1 presentan mayor variabilidad en los tamaños de fibras respectivamente, los mismo que superan a las zonas de “Captación”, debido a que las cajas de desplazan hacia el límite superior, no obstante, también existe algunos valores con menor variabilidad de tamaños de fibras, debido a que las cajas se desplazan al límite inferior.

Es así que, en las tres zonas denominadas, Captación, Canal de Riego y Predios, se obtuvo valores que oscila entre 9,38 – 4678,98 (μm); 7,89-4918,5 (μm); 10,76-3467,45 (μm), similar que el estudio de (Schawbl et al., 2019) que analizaron que el rango de fibras de las muestras obtenidas del sistema de Riego de Santa Isabel tiene un promedio entre 135,54 (μm) hasta 980,89(μm), por lo que se llegó a la conclusión que se encuentra en el rango establecido (< 5mm). De la misma forma, el estudio de Pratesi

etl al. (2021) señala que en la jondanda First International Workshop on the occurrence effects and fate og microplastics marine deberis, en el año 2008 se acordó el rango del tamaño aceptable de los micro plásticos comprendidos es entre 100nm hasta (< 5mm).

Figura 13. Diagrama de Cajas y Bigotes



Fuente: Autor (2023).

Sin embargo, en el estudio de Ribeiro et al. (2019), se observaron datos significativos en relación con las fibras con un promedio total de $382\ 017,4 \pm 59\ 973,3\ \mu\text{m}$, dentro de este conjunto. De igual forma, el estudio de Mukotaka et al. (2021), se realizó en agua de grifo obteniendo como resultado con un tamaño que oscila entre $19.2\ \mu\text{m}$ a 4.2mm , valores que se encuentran dentro del parámetro indicado por Schawbl et al. (2019) y a la vez los resultados analizados en el sistema de Riego de Machángara.

5.1.2 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE FRAGMENTOS

En la tabla 8, se evidencia el rango general del tamaño para los fragmentos obteniendo valores que oscila entre $1,23 - 245\ (\mu\text{m})$; $1,34 - 238,08\ (\mu\text{m})$ y $1,5 - 138,08\ (\mu\text{m})$. La dimensión del fragmento se visualiza en la figura 14.

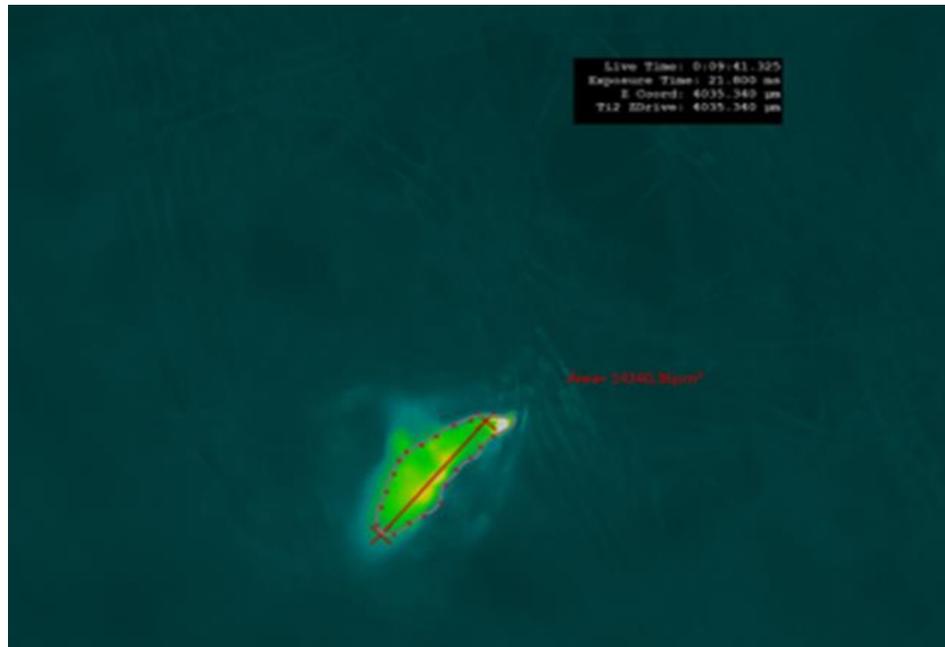
Tabla 8. Tamaño de fragmentos en los puntos de muestreo

Zona	Nro. de muestra	Ancho	Largo	Rango
		Fragmentos (μm)		
C	M1	1.23	76.63	39.545
		10.3	21.43	21.015
	M2	2.54	134	69.54
		10.32	345	182.82
		2.54	30	17.54
	M3	20	56.8	48.4
		1.54	15.98	9.53
		28.89	68.76	63.27
	RANGO			
C.R	M1	28.89	76.98	67.38
		1.34	43.7	23.19
		1.67	28.54	15.94
	M2	3.87	34.36	21.05
		5.76	23.38	17.45
		9	56	37
	M3	15.86	45.78	38.75
		23.08	58.4	52.28
		2.76	67.54	36.53
	M4	1.54	78.65	40.865
		3.43	65.87	36.365
		5.87	25.76	18.75
	M5	4.65	45.05	27.175
		13.65	65.43	46.365
		26.97	47.86	50.9
	M6	18.95	35.86	36.88
		1.75	34.76	19.13
		23.08	238.08	142.12
M7	6	34.97	23.485	
	7.8	37.65	26.625	
	17.87	145.76	90.75	
M8	20.4	54.87	47.835	
	10.65	56.87	39.085	
	3.76	25.76	16.64	
M9	4.65	35.76	22.53	
	6.35	45.65	29.175	
	24.57	35.32	42.23	
RANGO				
P	M1	26.97	238.08	146.01
		5.75	25.76	18.63
		14.87	76.96	53.35

		1.5	45.75	24.375
M2		8.76	43.76	30.64
		1.67	29.67	16.505
		3.67	120	63.67
M3		18.95	110	73.95
		2.02	56.87	30.455

Fuente: Autor (2023).

Figura 14. Dimensión de un fragmento

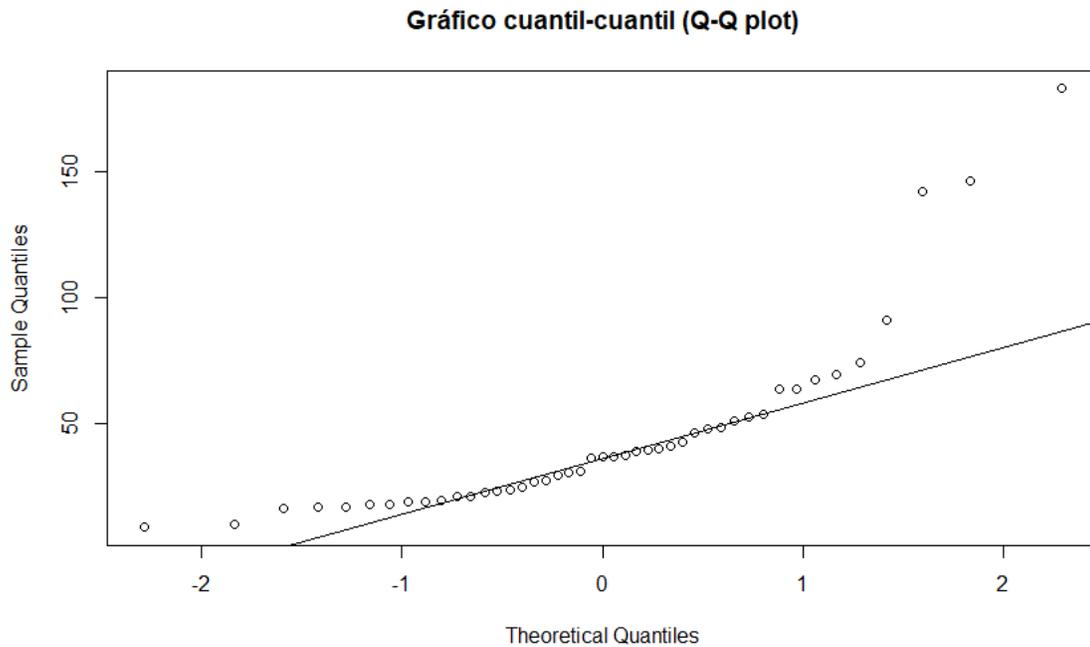


Fuente: Autor (2023).

En la investigación realizada mediante el microscopio invertido se determinó la presencia de fragmentos en los puntos de muestreo, debido a que se realizó los siguientes análisis estadísticos:

Se realizó la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis debido a que los datos no tuvieron distribución normal mediante la prueba de Shapiro-Wilks. El valor p determinado por la prueba de Kruskal-Wallis fue de 0.7954, quiere decir que es mayor al nivel de significancia de 0.05 (figura 15).

Figura 15. Prueba paramétrica de Kruskal- Wallis

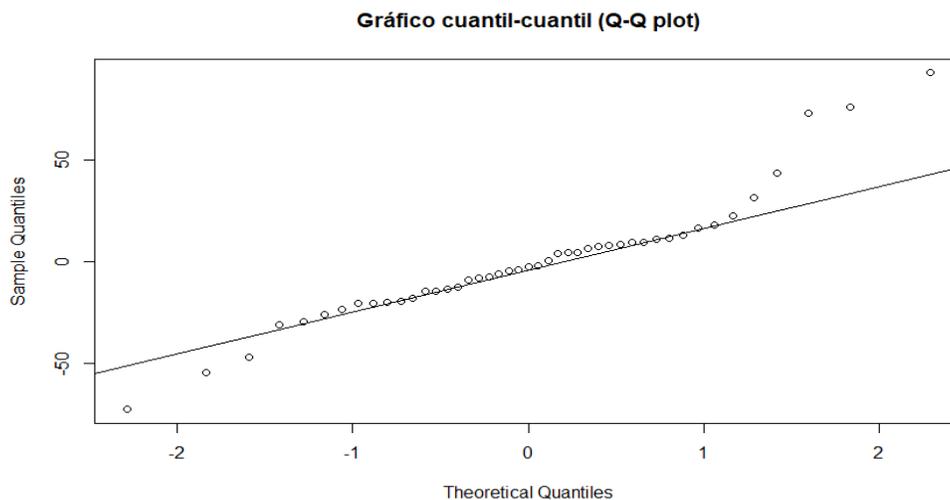


Fuente: Autor (2023).

En tal sentido, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa, por lo tanto, los valores cumplen con la distribución normal por lo que se procedió con la evaluación de las medias mediante el análisis de varianza (ANOVA), como se puede visualizar en la figura 16, planteando las siguientes hipótesis:

- Hipótesis Nula= Tamaño de fragmentos de micro plásticos son estadísticamente iguales en todos los puntos de muestreo
- Hipótesis Alternativa (H1): Tamaño de fragmentos de microplásticos no son estadísticamente iguales en todos los puntos de muestreo.

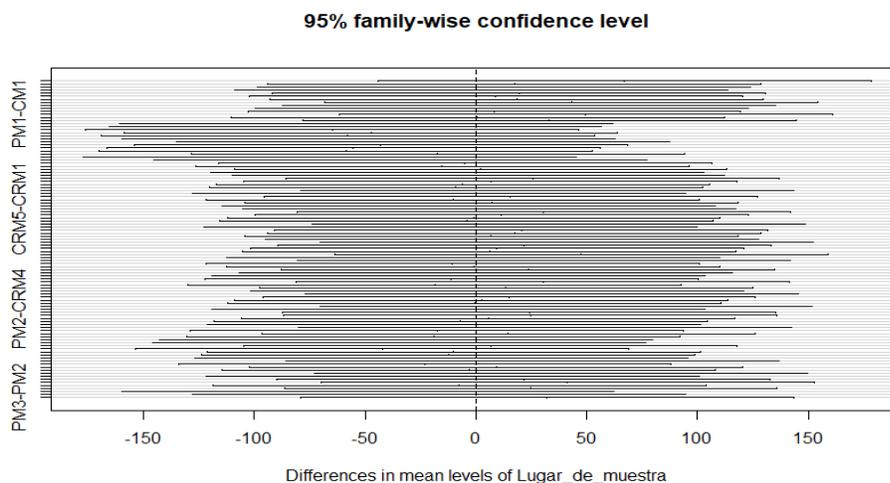
Figura 16. Datos del tamaño de fibras de los microplásticos mediante Anova



Fuente: Autor (2023).

Posteriormente, se realizó un análisis de ANOVA, dando como resultado un valor de p de 0.639, siendo mayor que el valor de significancia de 0.05. Por lo tanto, se acepta la hipótesis Nula y rechaza la hipótesis Alternativa. A continuación, se realizó una prueba de Tukey para realizar comparaciones múltiples entre los grupos (figura 17).

Figura 17. Prueba Tukey

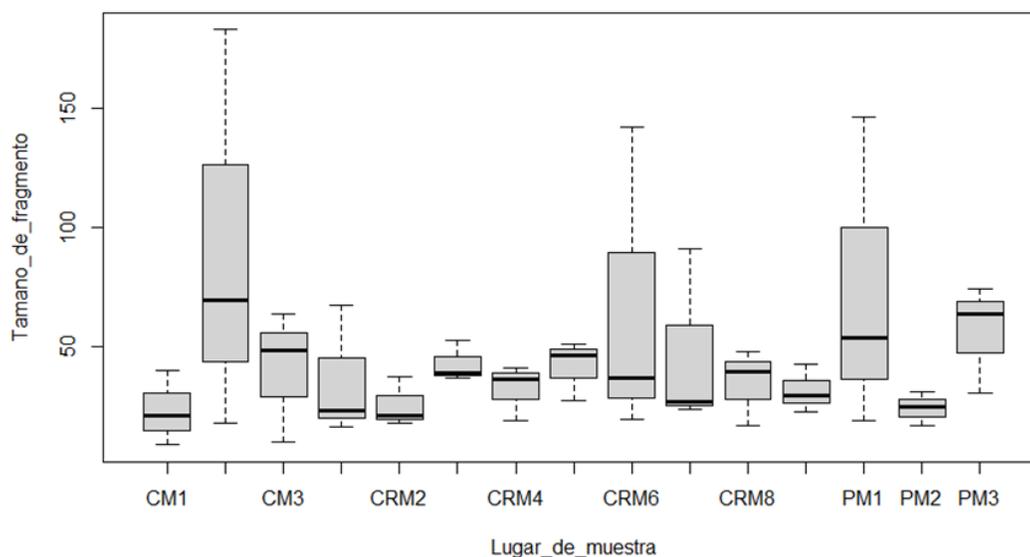


Fuente: Autor (2023).

De acuerdo los anteriores análisis, se demuestra la existencia de microplásticos. Sin embargo, entre las fibras y fragmentos se puede visualizar la variabilidad en el rango de los tamaños de las fibras entre los puntos, permitiendo una fácil comprensión entre los diferentes puntos de muestreo, por lo que se generó un diagrama de cajas y bigotes.

En la figura 18, se puede visualizar el Diagrama de Cajas, en donde los puntos de monitoreos; CRM2, CRM6 y PM1 presentan mayor variabilidad en los tamaños de fibras respectivamente, los mismo que superan a las zonas de “Captación”, debido a que las cajas se desplazan hacia el límite superior, no obstante, también existe algunos valores con menor variabilidad de tamaños de fibras, debido a que las cajas se desplazan al límite inferior. Es así que, en las tres zonas denominadas, Captación, Canal de Riego y Predios con medias de 245, 138 y 238, respectivamente, debido a que las cajas se desplazan hacia el límite superior. No obstante, existe algunos valores con menor variabilidad de los tamaños de los fragmentos debido a que las cajas se desplazan al límite inferior, es así que el rango obtenido de las muestras es de 1 hasta 245 μm .

Figura 18. Diagrama de Cajas y Bigotes



Fuente: Autor (2023).

Por otro lado, en la tabla 8 se indica sobre el tamaño de los fragmentos presentes en el agua del sistema de riego recolectadas en las tres zonas como Captación, Canal de Riego y Predios, obteniendo valores que oscila entre 1,23 - 245 (μm); 1,34 - 238,08 (μm) y 1,5 - 138,08 (μm), de la misma manera que la investigación de Shen et al. (2021), el promedio estándar es menor a los 250 (μm), por lo que se concluye que los valores obtenidos en nuestra investigación se encuentran debajo del límite determinado, al igual que el estudio de Quillupangui et al. (2019) indica que el rango de tamaño de las partículas encontradas en el sistema de agua, son de forma alargadas, estrechas y de forma de espiral ya que su distribución varía entre los valores 5,82 μm - 3049,03 μm .

Además, en la tesis llevada a cabo por Flores et al. (2022), se detalla sobre las técnicas que emplearon, entre las cuales se destacan la microscopía invertida de Fluorescencia y FTIR. Estas técnicas fueron utilizadas para analizar muestras en las botellas de agua de la región 6, en donde se determinaron los rangos de tamaño de las fibras y fragmentos, oscilan entre 102,64 μm a 840,20 μm para fragmentos y con respecto a las fibras 4,4 μm y 248,29 μm , estos resultados se compararon con los estándares de investigación, que establecen que el rango para los fragmentos debe ser menores a 250 μm y para las fibras son menores a 5 mm. En consecuencia, los hallazgos cumplen con la investigación establecida.

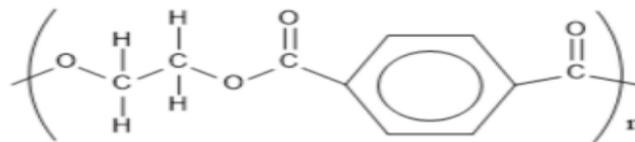
5.2 IDENTIFICACIÓN DE MICROPLÁSTICO

5.2.1 TIPO DE MICROPLÁSTICOS

Para identificar qué tipo de microplásticos se utilizó el equipo FTIR, a una escala de absorbancia desde 4000 hasta 6000 cm^{-1} con 4 m^{-1} considerando que las partículas deben ser mayores a los 150 (μm), debido a que, es más favorable que se encuentre dentro del rango de detección del analizador de reflectancia total atenuado ART. En tanto, se procedió con la lectura de cada muestra, y se compararon con la biblioteca Software OMNIC Spectra, para la identificación del tipo de polímero. A continuación, se detalla lo observado en el equipo:

En la figura 19, se visualiza en la banda de tensión con intensidad en 1713 cm^{-1} correspondientes al enlace carbonilo ($\text{C}=\text{O}$) y la del metileno en las bandas de 1458 cm^{-1} y movimientos de tensión presentes entre $1000\text{-}1100\text{ cm}^{-1}$ por los enlaces del anillo aromático, y las bandas de tensión de enlaces $\text{C}-\text{H}$ a $2800\text{-}2900\text{ cm}^{-1}$; representantes al grupo funcional del polímero PET. No obstante, pueden existir otros compuestos con las mismas bandas.

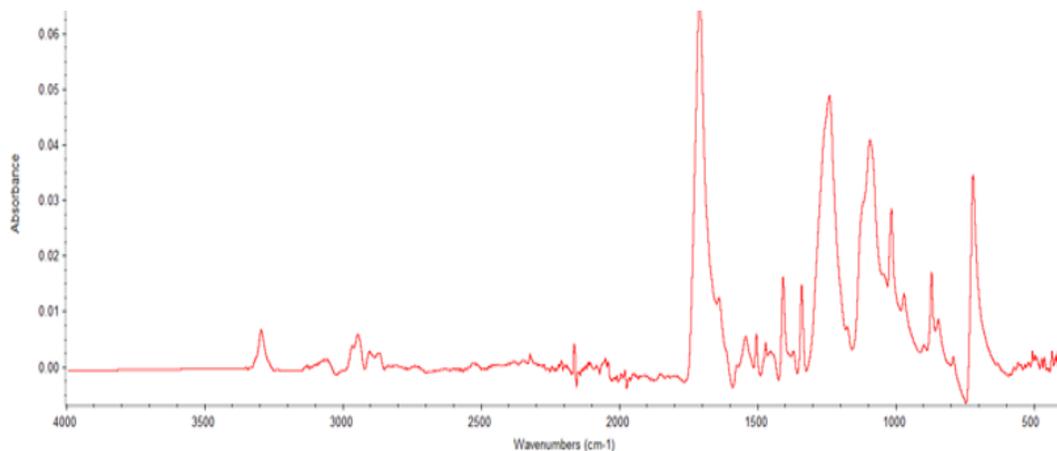
Figura 19. Grupo funcional del polietileno tereftalato (PET).



Fuente: Guevara (2020).

En la figura 20 se observa el espectro infrarrojo del grupo funcional del polímero PET.

Figura 20. El espectro infrarrojo del grupo funcional del polímero PET

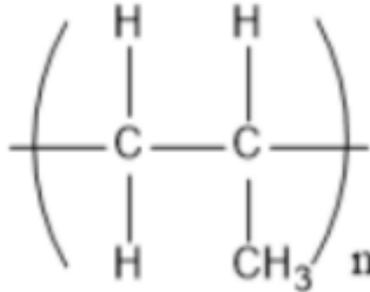


Fuente: Autor (2023).

En la figura 21 se observa en la banda de tensión con intensidad en 2916.77 cm^{-1} y 949.44 cm^{-1} correspondientes a las bandas de tensión de los enlaces $\text{C}-\text{H}$, y movimientos de tensión en $1375,15\text{ cm}^{-1}$ y $1442,87\text{ cm}^{-1}$ por lo que debido a las bandas

correspondan a C-C y a movimientos de flexión de CH₃ entre 1200 -100 cm⁻¹, representando al polipropileno (PP)

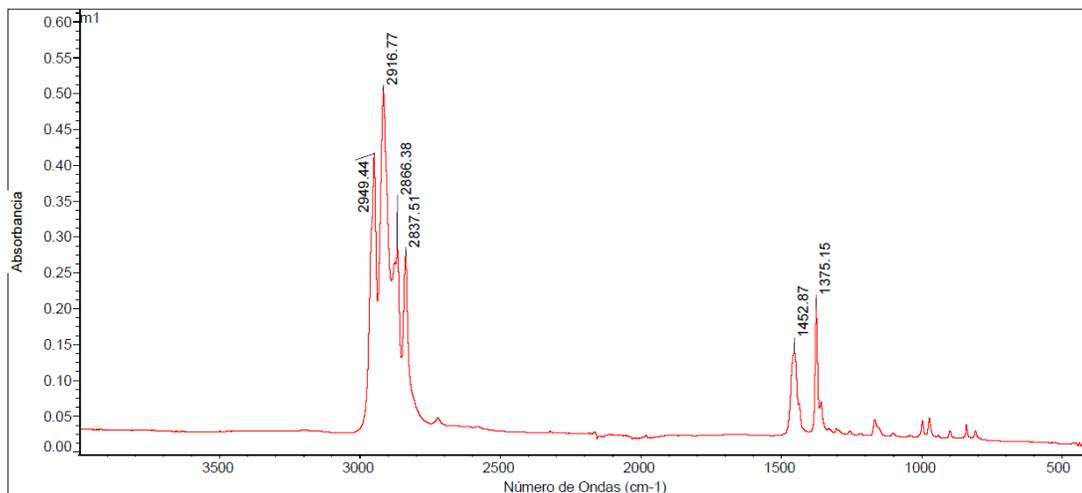
Figura 21. Grupo funcional del polipropileno (PP).



Fuente: Guevara (2020).

En la figura 22 se observa el espectro infrarrojo del grupo funcional del polipropileno.

Figura 22. El espectro infrarrojo del grupo funcional del PP



Fuente: Autor (2023).

Según las tomas de muestras, detalladas en las tablas 6 y 8, se encontró que los polímeros que se identificaron en las zonas del Sistema de Riego Machángara son ocho: polipropileno, polietileno, poliéster, polipropileno atactin, polipropileno atactic, polietileno tereftalato, polietileno clorado (CPE) y el polietileno amorphous. De acuerdo

al análisis estadístico, las muestras colectadas indican que el polímero con mayor concentración es el Polietileno tereftalato (PET) con un 60%. Seguido del polipropileno (PP), representando 31% lo que demuestra que el desarrollo de las industrias de plástico y las políticas del mal manejo de la conservación del ambiente no son implementadas.

Estos hallazgos concuerdan con las investigaciones de Almaiman et al (2021) en Arabia Saudita, donde se analizaron un total de 30 muestras de botellas de agua, utilizando un equipo FITR, en dicho estudio, se detectó la presencia de microplásticos en 17 de las muestras recolectadas, identificando que los polímeros de mayor concentración son PET con un 87% ,PE con un 26% y PS con un 17%.

Así mismo, de acuerdo con los análisis realizados por Pittoff et al. (2021) indican que los polímeros que mayor se encuentran en las muestras son PE con un 86% y PET 10%, demostrando que al igual que este estudio, son los polímeros con mayor incidencia y abundancia. En tanto, se deduce que este tipo de plástico se encuentra en envases, embalajes de alimentos y medicamentos.

Por otro lado, en los estudios de Jiménez (2021) menciona que el análisis de muestras de agua de lluvia, mediante técnica de FTIR, se observó la presencia de polímeros como el polietileno de alta densidad y el polipropileno.

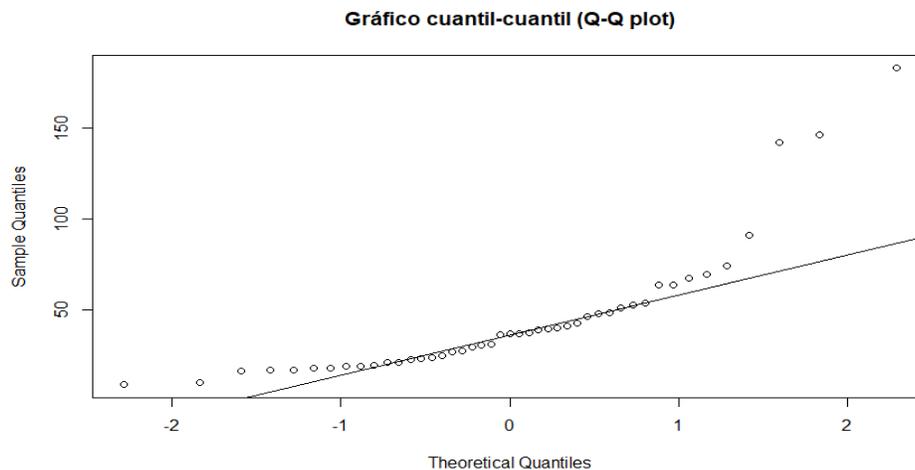
5.3 CANTIDAD DE PARTÍCULAS DE MICROPLÁSTICO

En la presente investigación se determinó la presencia de microplásticos mediante el empleo de la técnica de microscopía de fluorescencia y la espectroscopía de infrarrojo como se visualiza en la tabla 8, a través de los siguientes un análisis estadísticos:

Con los datos recolectados se realizó una prueba de la distribución normal de los valores mediante la prueba estadística no paramétrica de Kruskal Wallis (figura 23), obteniendo

un valor de 0.8874, siendo mayor al nivel de significancia de 0.05. Por lo que, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa, así, los valores cumplen con la distribución normal.

Figura 23. Prueba paramétrica Kruskal Wallis



Fuente: Autor (2023).

Se procedió a realizar una prueba de variación de medias mediante el método estadístico ANOVA, planteando las siguientes hipótesis:

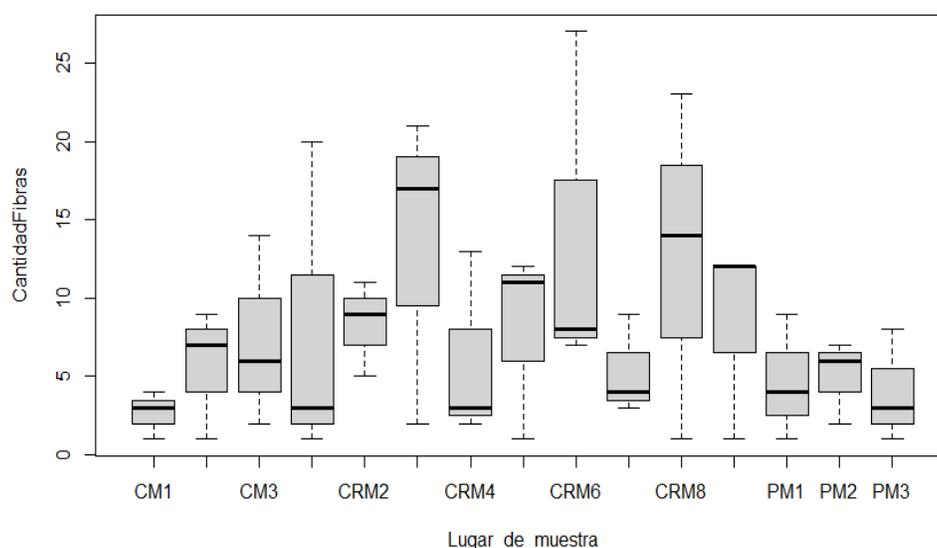
- Hipótesis Nula (H_0) = La cantidad de microplásticos son estadísticamente iguales en todos los puntos de muestreo.
- Hipótesis Alternativa (H_1) = Las cantidad de microplásticos no son estadísticamente iguales en todos los puntos de muestreo

Obteniendo como resultado el valor de p de: 0.688, siendo mayor que el valor de significancia de 0.05. Entonces, se acepta la hipótesis Nula y rechaza la hipótesis Alternativa. Por ende, a continuación se realizó una prueba de Tukey para realizar comparaciones múltiples entre los grupos.

Además, se realizó un diagrama de cajas y bigotes (figura 24) donde se observa que los puntos de monitoreo de CRM3, CRM6 Y CRM8 presentaron la mayor c cantidad de

partículas en un Litro de muestra. Además, con medianas de 21, 24 y 27 respectivamente. Los cuales superan a los puntos de muestreos de la zona de Captación y Predios, lo que es congruente con los resultados obtenidos en los anteriores apartados. Asimismo, sus medias se encuentran en un rango de 0 a 27 partículas, por lo que se demuestra que existen mayoritariamente menor cantidad de microplásticos debido al deslizamiento de las cajas hacia el límite inferior, sin embargo, no queda absuelto que la cantidad de microplásticos.

Figura 24. Diagrama de cajas y bigotes



Fuente: Autor (2023).

También, se desplazan las cajas hacia el límite superior, de tal manera que la distribución de la concentración de microplásticos del Sistema de Riego Machángara se encuentran un promedio de 19 partículas por Litro de muestra. De la misma forma, en los estudios de Brahney (2022) en agua embotellada, encontraron microplásticos en las muestras teniendo un promedio de 132 microplásticos por litro. Asimismo, en el estudio de Quinteros (2022) señala que en la mayoría de sus muestras contiene microplásticos, con un resultado de 77, 0 partículas/L. Además, las investigaciones de Pratesi et al. (2021) revelan que el 100% de las muestras tomadas del agua de grifo urbana en Brasil,

contienen microplásticos con un valor de 219 partículas/L en la zona de norte y en cambio en la zona sur 97 partículas/L.

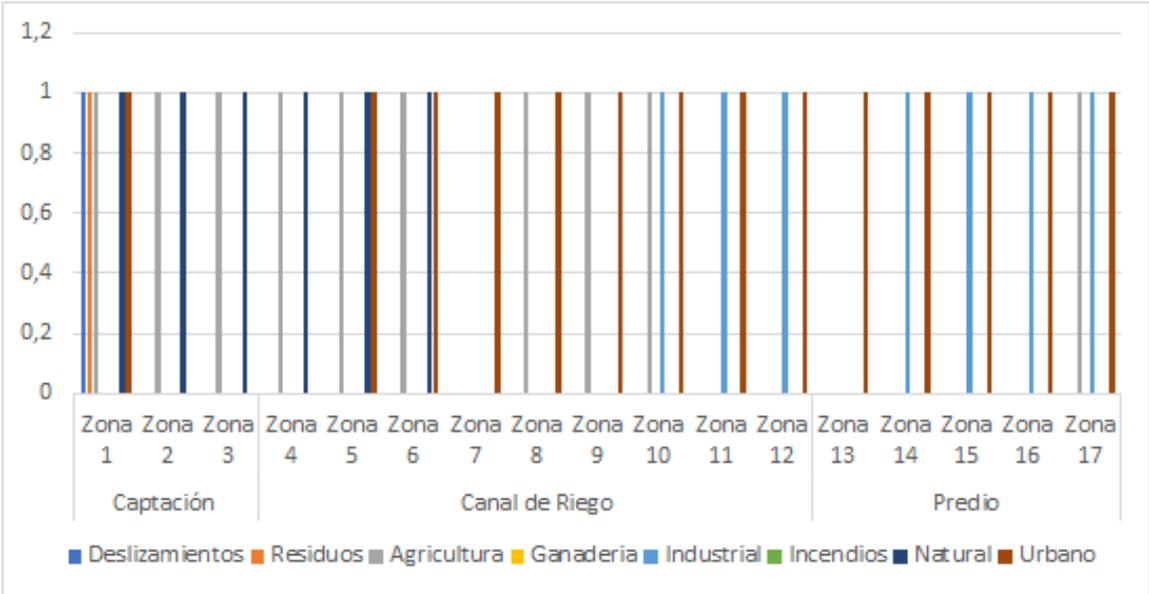
El estudio realizado por Shen et al. (2021), reveló que el 100% de sus muestras contienen microplásticos de 2753 partículas por cada litro en agua cruda. De manera similar el estudio de Pittroff et al. (2021), evaluaron la presencia de microplásticos en la planta de Mahuarcay, encontrando una cantidad de 57,5 partículas en L. Al comparar estos resultados con el presente estudio, se observa una diferencia, ya que los resultados de esta investigación indican que tiene una cantidad de 19 partículas por litro.

5.4 ANÁLISIS ANTROPOGÉNICOS

Se realizó un análisis general mediante las fichas técnicas, considerando los factores observados en las tomas de las zonas en donde pasa el canal de riego. Para evaluar estos factores, se asignaron valores del 1 al 5, donde indica que 1 es de menor riesgo y 5 es de riesgo mayor, por lo tanto, se puede indicar que los mismos problemas poseen todas las zonas identificadas como: Captación, Canal de Riego y Predio. Por lo tanto, las zonas uno, dos y tres se identificaron diversos riesgos, como: movimientos de masa indicativos de que el terreno es inestable, las actividades de tala y quema de árboles y en los márgenes del canal la presencia de material inflamable, desechos sólidos y residuos de tala de arboles.

En las zonas denominado Canal de riego, se encuentran las tomas cuatro, cinco, seis, siete, ocho, nueve, diez y once. Se registran riesgos asociados a las actividades, como: la agricultura, ganadería e industriales, llevadas a cabo para el sustento de las familias. Por último, en la zona de denominada Predio, se observó residuos sólidos, restos orgánicos de animales y residuos de neumáticos. Así, se concluye que la zona de mayor riesgo es la denominada Canal de Riego, donde se concentran diversas actividades humanas y se evidencia múltiples impactos ambientales. Se tabuló las fichas técnicas obteniendo como resultado lo expuesto en la figura 25.

Figura 25. Información antropogénico de las zonas del Sistema de Riego Machángara



Fuente: Autor (2023).

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

En el presente estudio se detectó la presencia de microplásticos en el sistema de Riego Machángara, en las tres zonas identificadas de: “Captación”, “Canal de Riego” y “Predio”. Mediante el análisis se determinó que todas las muestras contienen microplásticos, siendo los fragmentos y las fibras los más frecuentes. Se determinó que la cantidad de microplásticos es de 19 partículas/ L. Asimismo, se observó a través del microscopio invertido el rango de fibras entre 7,89- 4918,5 (μm) y para fragmentos de 1,23- 245 (μm). Es decir, que los datos de este estudio se encuentran dentro de los límites, lo que significa que, para fibras es menor a 5 mm y en caso de fragmentos es menor de 250 (μm). En tanto, se indica que, si existe presencia de microplásticos en el canal, pero, estadísticamente no existe diferencia significativa, ya que las condiciones presentan diferentes problemáticas.

También, se determinó a través de la metodología FTIR, se pudo identificar diferentes tipos, tomando en cuenta que el que se encuentra en mayor cantidad, es el tereftalato de polietileno PET y el polipropileno PP, provenientes de la degradación de plásticos, que son utilizados por la sociedad como los recipientes de alimentos y de limpieza, por lo que infiere en estas zonas la presencia de estos tipos de microplásticos. Se observó que los microplásticos encontrados fueron el polímero Polietileno tereftalato (PET), presenta la concentración más elevada con un 60%, seguido el polipropileno (PP), representando 31%, teniendo en cuenta que el sistema se encuentra expuesto a diferentes tipos de contaminación.

Finalmente, se logró identificar los posibles riesgos de contaminación por microplásticos mediante la revisión bibliográfica y la corroboración de la misma a través de la elaboración de fichas técnicas de información antropogénica. Esto se llevó a cabo

considerando la situación específica de cada zona muestreada. Se determinó que estas zonas presentan diversas actividades productivas e industriales, las cuales contribuyen al problema en el canal de riego. Por consiguiente, los análisis realizados en la investigación confirman la presencia de microplásticos en el Sistema de Riego Machángara. En consecuencia, se concluye que es imperativo fomentar la conciencia entre los usuarios del sistema para la preservación de los recursos hídricos.

6.2 RECOMENDACIONES

Realizar investigaciones más exhaustivas para evaluar los posibles impactos en la salud humana, derivados de la ingestión de estos microplásticos, a través del recurso hídrico.

Evaluar la cantidad y tipo de micro plástico presentes en el suelo de los predios de los usuarios que se benefician con el sistema de Riego Machángara.

Realizar un análisis para determinar como la presencia de micro plásticos, podrían estar afectando al crecimiento de las especies vegetales en los predios de los usuarios del sistema de Riego Machángara.

Verificar que el origen de las partículas de microplásticos presentes en la zona de Canal de Riego, con el objetivo de obtener una mejor comprensión de la fuente de en este lugar.

Mejorar la infraestructura del canal de riego con el fin de evitar su exposición al medio ambiente y prevenir diversos tipos de contaminación.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acuerdo Ministerial 097-A. (2019).

Austen, K., MacLean, J., Balanzategui, D. y Hölker, F. (2022). Microplastic inclusion in Birch Tree Roots. *Sciences of The Total Environment*, 808, 152085. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152085>

Alfaro. (2019). Estudio de microplásticos en el archipiélago de Galápagos, con el objeto de determinar la presencia de diferentes tipos de microplásticos en la precipitación pluvial urbana. 225. <https://cutt.ly/OmUjiG9>.

Barbolla-Sala, M.E., & Garrido-Pérez, S.M.G. (s.f). Calidad del agua en Tabasco. 9.

Beltrán M., & Marcilla, A. (2019). Tecnología de polímeros. Procesado y propiedades. Universidad de Alicante. <https://bit.ly/2W1zNHT>.

Beltrán, M. (2019). Tecnología de polímeros, procesado y propiedades. Universidad de Alicante. <https://bit.ly/2W1zNHT>

Bernal, S., y Caruzo, P. (2023). *Determinación de la presencia de microplásticos en el agua superficial de la quebrada Yumantay, Ucayali 2022* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali]. http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/6613/B9_2023_UNU_AMBIENTAL_2023_T_SUSY-BERNAL_PABLO-CARUZO_V1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Bikker, J., Lawson, J., Wilson, S., & Rochman, C. (2020). Microplastics and other anthropogenic particles in the surface waters of the Chesapeake Bay. *Marine Pollution Bulletin*, 156, 1-27. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111257>

Bumrah, G., & Sharma, R. (2016). Raman spectroscopy – Basic principle, instrumentation and selected applications for the characterization of drugs of abuse. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 6(3), 209-215. <https://doi.org/10.1016/j.ejfs.2015.06.001>

Calvache, C, M, L., Quilachamin, D, F, S., Lema, M.S. J (2019). Análisis de las propiedades mecánicas en el hormigón de resistencia de 21 MPA y 25 MPA. Mediante la adición de material poliamida 6 desechado en los laboratorios de máquinas herramientas de la universidad politécnica salesiana 121.

Calvo Sergio. (2020). Detección y Caracterización por tamaño de micro y nano plásticos en muestras de interés Ambiental.

Carbajal Azcona, A, Gonzales Fernández, M. (2018). Propiedades y funciones biológicas del agua, <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-Carbajal-Gonzalez-2012-IS>

Carrillo Quintero, A. (2019). Indicadores de cantidad y calidad del agua consumida en la ciudad de Riobamba. Universidad Nacional de Chimborazo.

Castañeda, G., Gutiérrez, A.F., Nacaratte, F., & Manzano, C. A. (2020). Micro plásticos 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

Castañeta, G., Gutiérrez, A. F., Nacaratte, F., Manzano, C.A. (2020). Micro plásticos un contaminante que crece en todas las esferas ambientales, sus características y posibles riesgos para la salud pública, *Revista Boliviana de Química*, 37(3), 169-175.

- Chávez Carrillo, B. A. (2019). Presencia de micro plásticos derivador de la degradación de taques de reserva plásticos en el agua potable de Riobamba. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/5608>
- Chávez, B, 2019.Presencia de Micro plásticos Derivado de la degradación de los tanques de reserva plásticos en el agua de riego. Unach, 1-69.
- Christie-Oleza, G. E.-C. G. G. C. T. A. C.-O. A. (2017). Lost, but found with Nile red; a novel method to detect and quantify small microplastics (20 μm –1 mm) in environmental samples. *Environmental Science and Technology*. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b04512>.
- Corradini, F., Casado, F., Leiva, V., Huerta-Lwanga, E., & Geissen, V. (2021); Microplastics occurrence and frequency in soils under different uses on a regional scale. *Science of The Total Environment*, 752, 141917. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.141917>.
- Dehaut, A., Cassone, A., Frere, L., Hermabessiere, L., Himber, C., Rinnert, E., Riviere, G., Lamber, C., Soudant, P., Huvet, A., Duflos, G. y Pont, I. (2016). Microplastics in seafood: Benchmark protocol for their extraction and characterization. *Environmental Pollution*, 215, 223-233. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.05.018>
- Duane Priddy, John Scheirs (2003). *Modern Styrenic Polymers: Polystyrene and styrene copolymers*. Ed. John Wiley and sons Ltd.
- Duane Priddy, John Scheirs (2003). *Modern Styrenic Polymers: Polystyrene and styrene copolymers*. Ed. John Wiley and sons Ltd.
- Flores, J. y Orozco, K. (2022). Evaluación de la presencia de micro plásticos en agua embotellada en la regional 6 (Tesis de grado- Universidad Politécnica Salesiana). <https://n9.cl/uxych>

- Gómez Fernández, P. (2019). Diseño de un sistema de regeneración de agua incluyendo separación e identificación de micro plásticos (Q diseño 1000m3/d). <https://riunet.upv.es/handle/10251/128776>
- Gómez, S., y Vélez, S. (2023). *Presencia de microplásticos en la playa de San Jacinto de la provincia de Manabí - Ecuador* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/2081/1/TIC_IA35D.pdf
- Gregory, M. R. (2013). Plastic scrubbers in han cleansers: A further (and minor) source of marine pollution identified. *Marine Pollution Bulletin*, 32(12), 867-871. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(96\)00047-1](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(96)00047-1)
- Gutiérrez, H., y de la Vara R, (2010). *Análisis y diseño de experimentos (Segunda)*. Mc. Graw Hill.
- Hajibabaei, M., Nazif, S., & Tavanaei Sereshgi, F. (2018). Life cycle assessment of pipes and piping process in drinking water distribution networks to reduce environmental impact. *Sustainable Cities and Society*, 43, 538–549. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.09.014>
- INEN. (2011). INEN NTE 1108:2011. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1108.pf>
- Iñiguez, M. E., Conesa, J. A., y Fullana, A. (2017). Microplastics in Spanish Table Salt. *Scientific Reports*, 7(1), 8620. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-09128-x>
- Koelmans, A. A., Mohamed Nor, N.H., Hermsen, E., Kooi, M., Mintenig, S.M., & De France, J. (2019). Microplastics in freshwaters and drinking water: Critical review and assessment of data quality. *Water Research*, 155, 410-422. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.02.054>

- Li, J., Liu, H., & Paul Chen, J (2018). Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods of microplastics detection. *Water Research*, 137, 362-374. <https://doi.org/10.1016/j.waters.2017.12.056>
- LIBERA, (2019). Impacto del Abandono del Plástico en la Naturaleza. https://proyectolibera.org/dondeacabalabasuraleza/img/Impacto-de-los-pl%C3%A1sticos-abandonados_LIBERA-def-1.pdf
- López del Valle, G. (2023). *Estudio de presencia de micro plásticos en la columna de agua de arroyo Moreno, Boca del río, Veracruz* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México]. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TESO1000848075/3/0848075.pdf>
- Lusher, A., Welden, N., Sobral, P., & Cole, M. (2017). Sampling, isolating and identifying microplastics ingested by fish and invertebrates. *Analytical methods*, 9(9), 1346-1360. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2017/AY/C6AY02415G>
- Maluskin, O. (2020). Microplastics Detection in Soil and Water Using Resonance Microwave Spectroscopy: A Feasibility Study. *IEEE Sensors Journals*, 20(24), 14817-148226. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2020.3011311>
- Marson, S., Welch, V. G., & Neratko, J. (2019). Synthetic polymer contamination in bottled water. *Frontiers in chemistry*, 6-407.
- Martines Garcia, A. D. (2019). Análisis y caracterización de micro plásticos presentes en limpiadores faciales y su impacto sobre el medio ambiente. Evolución. Universidad Politécnica de Cartagena.
- Miller, M., Kroon, F., & Motti, C. (2017). Recovering microplastics from marine samples: A review of current practices. *Marine Pollution Bulletin*, 123(1-2), 6-18. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.08.058>

Mills, R. (2018, octubre 23). Fundamentos del análisis FTIR. <https://www.fossanalytics.com/es-ar/news-articles/technologies/a-short-intro-to-ftir-analysis>.

Mintenig, S.M., Loder, M.G.J., Prompke, S., y Gerdt, G. (2019). Low numbers of microplastics detected in drinking water from ground water sources. Science of the total Environment, 648, 31-635. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.178>.

Morales, P. A. (2011). Síntesis de poliestireno de alto impacto (HIPS) a partir de diferentes iniciadores multifuncionales: efecto de la estructura y del contenido de oxígeno activo del iniciador. Revista Iberoamericana de Polímeros, 12, 107-115.

Morales, P. A. (2011). Síntesis de poliestireno de alto impacto (HIPS) a partir de diferentes iniciadores multifuncionales: efecto de la estructura y del contenido de oxígeno activo del iniciador. Revista Iberoamericana de Polímeros, 12, 107-115.

Muhlschlegel, P., Hauk, A., Walter, U & Gorokhova, E. (2017). Lack of evidence for microplastic contamination in honey. Food Additives & Contaminants: Part A. Recuperado el 18 de abril de 2018, de <http://osw.usial.es/enseanzas-tecnicas/materiales-ii/contenidos/PLASTICOS.pdf>

Noria. (2017). Espectrometría infrarroja por Transformadas de Fourier. Norian Latin América. <http://noria.mx/lublearn/espectrometria-infrarroja-por-transformadas-de-fourier/>.

NTE INEN 1 108:2011. (2011). En Instituto Ecuatoriana de normalización. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1108.pdf>.

NTE INEN 2497. (2019). No Titule. In Norma Técnica Ecuatoriana (2009th ed., p. 17).
Quito, Ecuador

OPS, OMS, Ministerio de Salud Pública (2019). Guía rápida para la vigilancia sanitaria del agua.

Ogonowski, M., Gerdes, Z& Gorokhova, E. (2018). What we Know and what we think we know about microplastics effects effects-A critical perspective. Elsevier: ScienceDirect. Pags.1,42-43

Orellana, G. & Vivar, A. (2022). *Detección de micropartículas de plástico en el sistema de potabilización de agua Tomebamba, Cuenca-Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana].

Paredes, J., Sánchez, A., Ordoñez, K., y Palo, M. (2017). Caracterización de Microplásticos en los Recursos Hidrobiológicos del Lago Titicaca. *Fondo Semilleros de Investigación*.
https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12920/9479/INFORMACION_PÓSTER_18.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pazos, R. S (2021). Estudio de micro plásticos en la columna de agua, desmientto intermareal y biota residente en la costa del estudio del Rio la Plata (Franja Costera Sur). Universidad Nacional de La Plata.

Pittroff, M., Muller, YWitzig. C., Scheurer, M., Storck, F., y Zumbulte, N. (2021). Microplastic analysis in drinking water based on fractionated filtration sampling and Raman microspectroscopy. *Environmental Science and Pollution Research*, 28. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12467>

Pittroff, M., Muller, Y., Witzig, C., Scheurer, M., Storck, F., y Zumbulte, N. (2021). Microplastic analysis in drinking water based of fractionated filtration sampling

and Raman microspectroscopy. *Environmental Science and Pollution Research*, 28. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12467-y>.

Pivokonsky, M., Cermakova, L., Novotna, K., Peer, P., Cajtaml, T., y Janda, V. 2018. Occurrence og microplastics in raw and treated drinking wáter. *Science oh The Total Environment*, 643. 1644-1641. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.102>.

Pratesi, C., Almeida, M., Paz, G., Teotonio, M., Gandolfi, L., Pratesi, R., Hecht, M., y Zandonadi, R. (2021). Presence and Quantification og Microplastic in Urban Tap Water: A Pre-Screeing in Brasilia, Brazil *Sustainability*, 13, 6404. <https://doi.org/10.3390/su13116404>.

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

Quinteros, S. (2022). Detección de micro plásticos en el sistema de potabilización de agua Mahuarcay de la ciudad de Azogues, Ecuador. Tesis de grado- Universidad Politécnica Salesiana). <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23401/1/UPS-CT010067.pdf>

Raugusa, A., Svelato, A., Santacroce, C., Catalano, P., Notarstefano, V., Carnevali, O., Papa, F., Rongioletti, M., Baiocco, F., Draghi, S., D Amore, E., Rinaldo, D., Matta, M. y Giorgini, E (2021). Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. *Environment International*, 146. <https://doi.org/10.1019/j.envint.2020.106274>

Rezaei, M., Riksen, M. J. P. M., Sirjani, E., Sameni, A., & Geissen, V. (2019). Wind erosion as a driver for transport of light density microplastics. *Science of The Total Environment*, 669, 273–281. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.382>

Riolau, G. E. (2012). Heterogeneous Polymer Systems. IV. Mechanism of Rubber Particle Formation in Rubber-Modified Vinyl Polymers. *JOURNAL OF POLYMER SCIENCE*, 4, 1595-1607.

Riolau, G. E. (2012). Heterogeneous Polymer Systems. IV. Mechanism of Rubber Particle Formation in Rubber-Modified Vinyl Polymers. *JOURNAL OF POLYMER SCIENCE*, 4, 1595-1607.

Rojo Nieto, E., & Montoto, T. (2018). Basuras marinas, plásticos y microplásticos. España. Retrieved from [https://www.mapama.gob.es/es/ceneam/recursos/pag-web/basuras-marinas-37 plasticos-microplasticos.aspx](https://www.mapama.gob.es/es/ceneam/recursos/pag-web/basuras-marinas-37-plasticos-microplasticos.aspx).

Rojo Nieto, E., & Monto, T. (2017). Basuras Marinas, Plásticos y Microplásticos. Creative commons. <https://www.ecologistasenaccin.org/wp-content/uploads/adjuntos-sPIP/pdf/informe-basuras-marianas.pdf>

Rojo, N. E., & Montoto, M. T. (2017). Basuras marinas, plásticos y micro plásticos: orígenes,

Sailema, D. (2021). *Determinación de microplásticos en la precipitación pluvial urbana de la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi, periodo 2020-2021* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi].

Sarria-Villa, R., y Gallo-Corredor, J. (2016). La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Micro plásticos. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 8(1), 21-27. <https://jci.uniautonoma.edu.co/2016/2016-3.pdf>

Sharma, G., & Ghosh, C. (2019) Microplastics: An Unsafe Pathway from Aquatic Environment to Health-A Review. *Emerging Issues in Ecology and Environmental Science*, 67-72. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-99398-0-5>.

- She, M., Zeng, Z., Wen, X., Ren, X., Zeng, G., Zhang, Y., y Xiao, R. (2021). Presence of microplastics in drinking water from freshwater sources: Then investigation in Changsha, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(31), 42313-424324. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13769-x>
- Shwabl, P., Koppel, S., Konihshofer, P., Bucsics, T., Trauner, M., Reberger, T., y Liebmann, B. (2019). Detection of Varius Microplastics in Human Stool. *Annals og Internal Medicine*, 171(7), 453-457- <https://doi.org/10.7326/M19-0618>
- Solano P., 2019., La Organización social y la participación comanditaria como eje central en la transferencia de los sistemas de riego, proyecto sistema Riego Machángara. <https://www.consejodelmachangara.com.ec>
- Thomas Maes, Rebecca Jessop, Nikolaus Wellner, K. H. & A. G. M. (2021). A rapid-screening approach to detect and quantify microplastics based on fluorescent tagging with Nile Red. *Scientific Reports*.
- Vidal, L. Snadoval, A y Duqye, G (2021). Incremento de la contaminación de microplasticos en aguas superficiales del sistema de Riego Machángara, 50 (2), 113-137. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/1968/1/thg420.pdf>
- Wang, J., Tan, Z., Peng, J., Qiu, Q., & Li, M. (2020). The behaviors of microplastics in the marine environment. *Marine Environmental Research*, 113, 7–17. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.10.014>
- Zbyszewski, M., & Corcoran, P. L. (2011). Distribution and Degradation of Fresh Water Plastic Particles Along the Beaches of Lake Huron, Canada. *Water Air Soil Pollut*, 220, 365–372. <https://doi.org/10.1007/s11270-011-0760-6>

Zhanga, J., Zhanga, C., Dengc, Y., Wanga, R., Maa, E., & Wanga, J. (2019). Microplastics in the surface water of small-scale estuaries in Shanghai. *Marine Pollution Bulletin*,149. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110569>

8. ANEXOS

Anexo 1. Límites permisibles de calidad de Agua para el Sistema de Riego

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y grasas	Película Visible		Ausencia
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico	As	mg/l	0,1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	2,0
Cobalto	Co	mg/l	0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,2
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Cromo	Cr ⁺⁶	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Huevos de parásitos			Ausencia
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,5
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	3
pH	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	5,0
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0,1

Fuente: Acuerdo Ministerial 097-A (2019)

Anexo 2. Parámetros de los niveles de la calidad de Agua para el sistema de Riego

PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	GRADO DE RESTRICCIÓN *		
		Ninguno	Ligero Moderado	Severo
<u>Salinidad: (1)</u>	<u>milimhos/cm</u>	<u>0,7</u>	<u>0,7-3,0</u>	<u>>3,0</u>
<u>CE (2) SDT</u>	<u>mg/l</u>	<u>450</u>	<u>450-2000</u>	<u>>2000</u>
<u>3)</u>				
<u>Infiltración: (4)</u>				
<u>RAS=0-3yCE=</u>		<u>0, 7</u>	<u>0, 7-0,2</u>	<u><0,2</u>
<u>RAS=3-6yCE=</u>		<u>1,</u>	<u>1, 2-0,</u>	<u><0,3</u>
<u>RAS=6-</u>		<u>2</u>	<u>3,1,9 0</u>	<u><0,5</u>
<u>RAS=12-</u>		<u>2,9</u>	<u>2,9-1,3</u>	<u><1,3</u>
<u>20yCE=</u>		<u>5,0</u>	<u>5,0-2,9</u>	<u><2,9</u>
<u>Toxicidad por Iones</u>	<u>meq/l</u>	<u>3,0</u>	<u>3,0-9,0</u>	<u>≥9</u>
<u>Específicos (5) Sodio:</u>	<u>meq/l</u>	<u>3,0</u>	<u>3,0</u>	<u>≥10</u>
<u>Riego superficial RAS (6)</u>	<u>meq/l</u>	<u>4,0</u>	<u>4,0-10,0</u>	<u>≥10</u>
<u>Aspersión</u>	<u>meq/l</u>	<u>3,0</u>	<u>3,0 0,7-</u>	<u>>3</u>
<u>Cloruros:</u>	<u>mg/l</u>	<u>0,7</u>	<u>3,0</u>	
<u>Riego superficial</u>				
<u>Aspersión</u>				
<u>Boro:</u>				
<u>Efectos misceláneos (7)</u>				
<u>Nitrógeno (N NO₃)</u>	<u>mg/l</u>	<u>5,0</u>	<u>5,0-30,0</u>	<u>≥30</u>
<u>Bicarbonato (HCO₃) Solo</u>				
<u>Aspersión</u>	<u>meq/l</u>	<u>1,5</u>	<u>1,5-8,5</u>	<u>>8,5</u>
<u>pH</u>	Rango normal		<u>6,5-8,4</u>	

* Es el grado de limitación, que indica el rango de factibilidad para el uso del agua en riego.

(1) Afecta a la disponibilidad de agua para los cultivos
 (2) CE =Conductividad eléctrica del agua de riego (1milimhos/cm=1000micromhos/cm)
 (3) SDT = Sólidos disueltos totales
 (4) Afecta a la tasa de infiltración del agua en el suelo
 (5) Afecta a la sensibilidad de los cultivos
 (6) RAS, relación de absorción de sodio ajustada
 (7) Afecta a los cultivos susceptibles

Fuente: INEN (2011)

Anexo 3. Fecha de toma de Muestras

Zona	N de muestras	Fecha
C	M1.1	28/06/2023
	M1.2	28/06/2023
	M1.3	28/06/2023
	M2.1	28/06/2023
	M2.2	28/06/2023
	M2.3	28/06/2023
	M3.1	28/06/2023
	M3.2	28/06/2023
	M3.3	28/06/2023
C.R	M1.1	09-jul
	M1.2	09-jul
	M1.3	09-jul
	M2.1	09-jul
	M2.2	09-jul
	M2.3	09-jul
	M3.1	09-jul
	M3.2	09-jul
	M3.3	09-jul
	M4.1	09-jul
	M4.2	09-jul
	M4.3	09-jul
	M5.1	09-jul
	M5.2	09-jul
	M5.3	09-jul
	M6.1	09-jul
	M6.2	09-jul
	M6.3	09-jul
	M7.1	09-jul
	M7.2	09-jul
	M7.3	09-jul
	M8.1	09-jul
	M8.2	09-jul
	M8.3	09-jul
M9.1	09-jul	
M9.2	09-jul	
M9.3	09-jul	
P	M1.1	10/07/2023
	M1.2	10/07/2023
	M1.3	10/07/2023
	M2.1	10/07/2023

	M2.2	10/07/2023
	M2.3	10/07/2023
	M3.1	10/07/2023
	M3.2	10/07/2023
	M3.3	10/07/2023

Fuente: Autor (2023)

Anexo 4. Colecta Muestras



Fuente: Autor (2023)

Anexo 5. Sistema de Riego Machángara



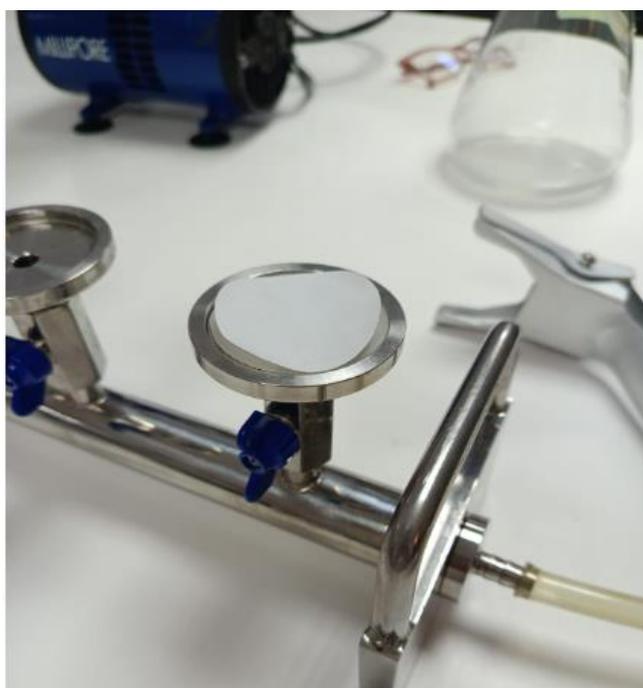
Fuente: Autor (2023)

Anexo 6. Levantamiento de Información: Predios



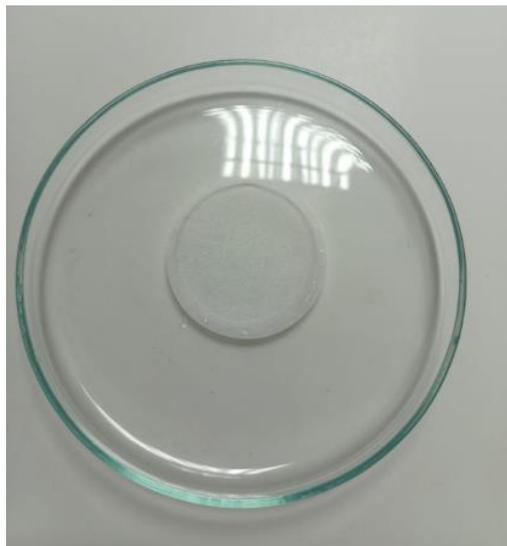
Fuente: Autor (2023).

Anexo 7. Filtración al vacío



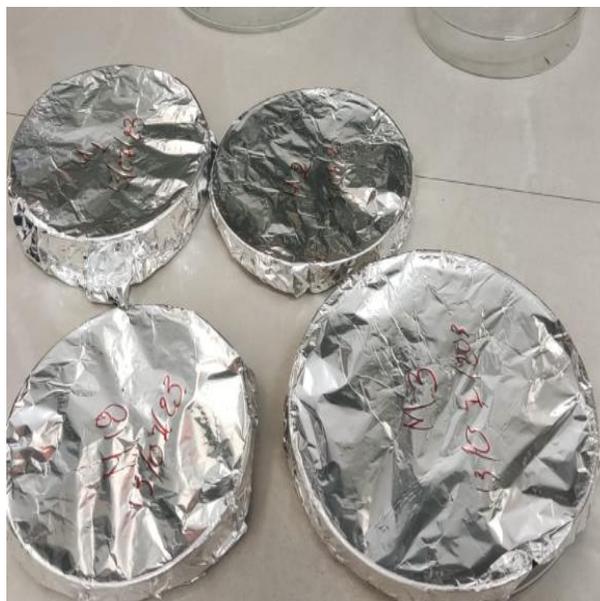
Fuente: Autor (2023).

Anexo 8. Colocación del papel filtro en caja Petri, para el secado



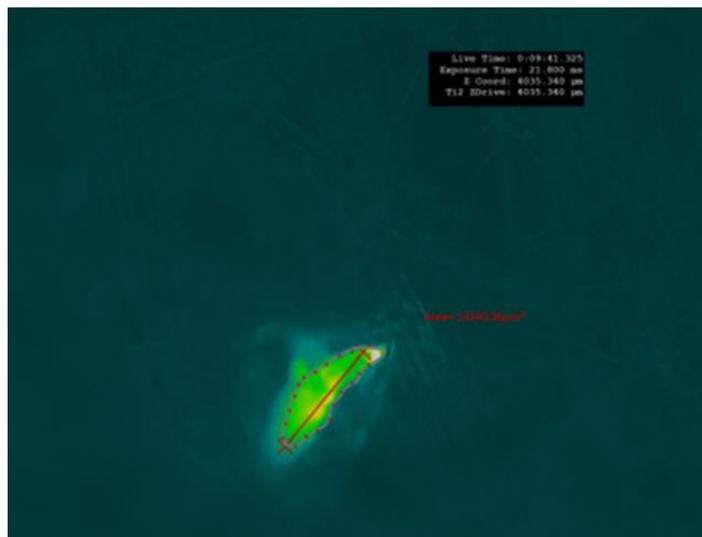
Fuente: Autor (2023).

Anexo 9. Filtros secados a temperatura ambiente



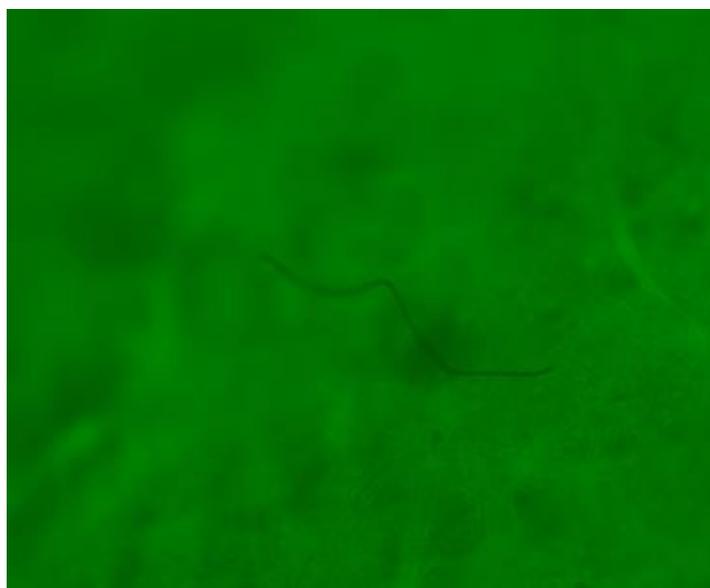
Fuente: Autor (2023).

Anexo 10. Fragmento de microplastico en la zona de captación



Fuente: Autor (2023).

Anexo 11. Fibra de microplastico en la zona de canal de Riego.



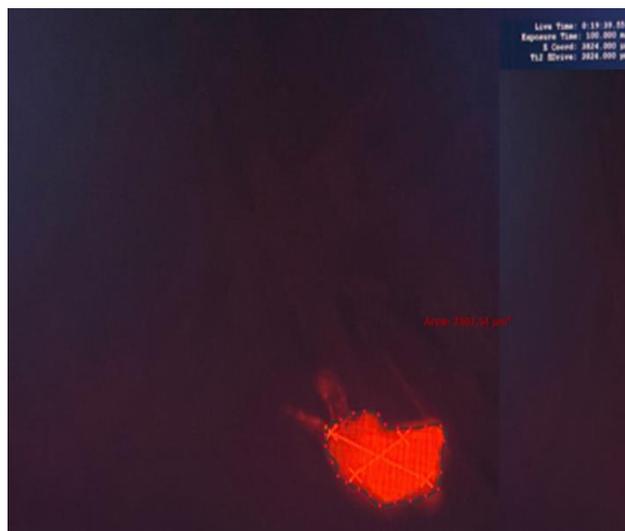
Fuente: Autor (2023).

Anexo 12. Fibra en la zona de parcelas



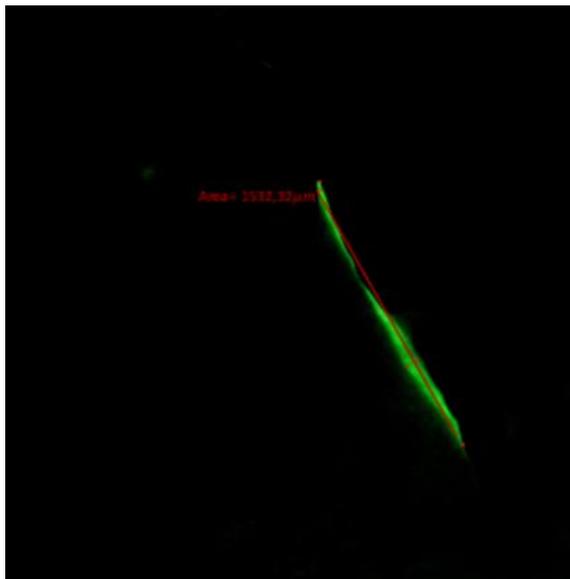
Fuente: Autor (2023).

Anexo 13. Fragmento en la zona de parcelas.



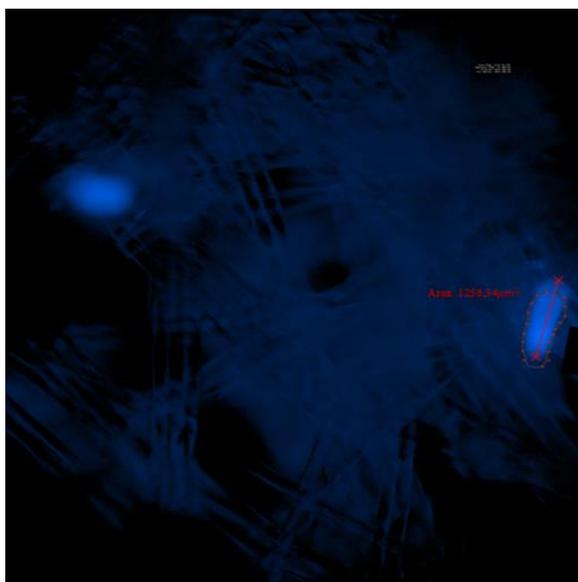
Fuente: Autor (2023).

Anexo 14. Fibra en la zona de parcerlas.



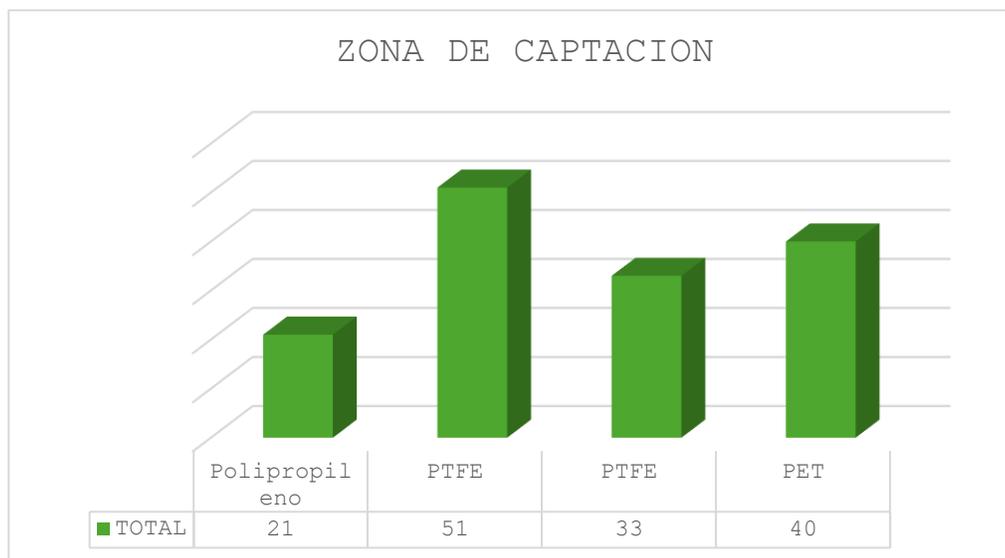
Fuente: Autor (2023).

Anexo 15. Fragmento en la zona de canal de riego.



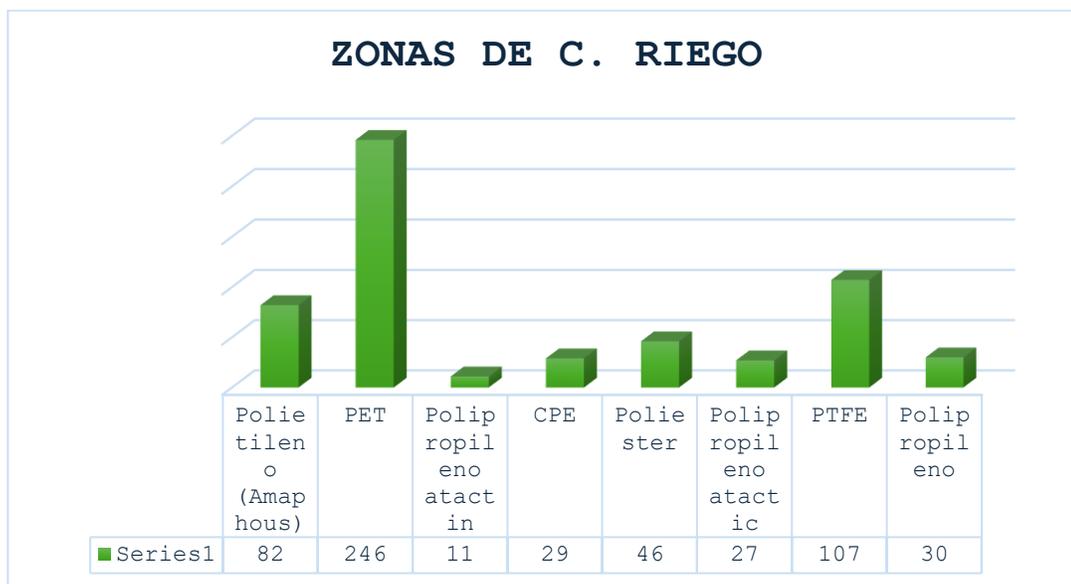
Fuente: Autor (2023).

Anexo 16. Porcentaje de Microplásticos encontrados en las zonas de captación.



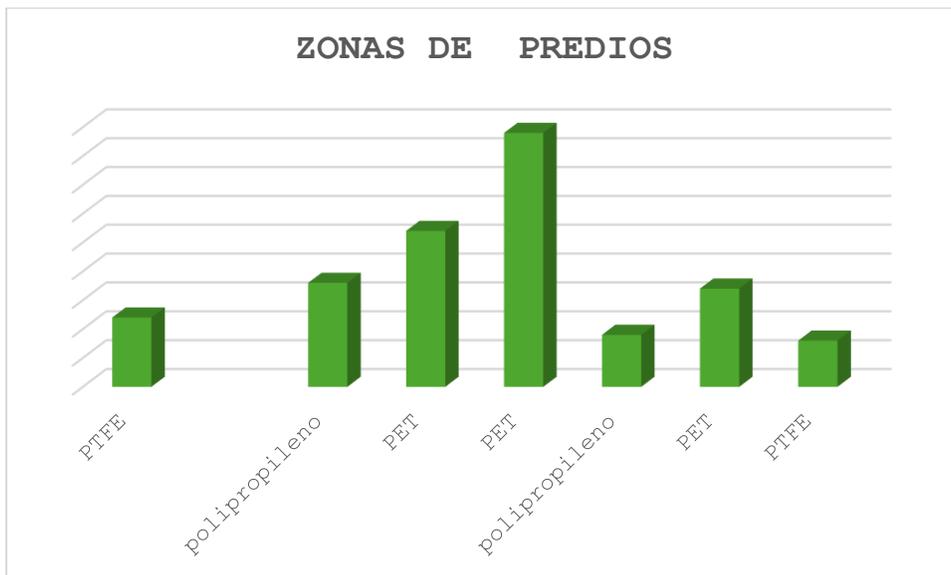
Fuente: Autor (2023).

Anexo 17. Porcentaje de Microplásticos encontrados en las zonas de canal de riego.



Fuente: Autor (2023).

Anexo 18. Porcentaje de Microplásticos encontrados en las zonas de predios.



Fuente: Autor (2023).

Anexo 19. Tamaño fibras: Prueba de Shapiro Wilks normality test

Tamano_de_fibra groups		
1423.194	1423.194	a
1359.714	1359.714	a
1277.78	1277.780	a
1220.872	1220.872	a
1215.336	1215.336	a
1098.018	1098.018	a
1092.218	1092.218	a
1041.066	1041.066	a
1018.188	1018.188	a
1000.676	1000.676	a
984.844	984.844	a
975.338	975.338	a
955.002	955.002	a
942.76	942.760	a
912.606	912.606	a
883.3	883.300	a
863.426	863.426	a
800.832	800.832	a
777.332	777.332	a
759.14	759.140	a
756.55	756.550	a
676.016	676.016	a
603.81	603.810	a
519.292	519.292	a
504.61	504.610	a
472.246	472.246	a
461.592	461.592	a
415.476	415.476	a
411.876	411.876	a
396.464	396.464	a
384.105	384.105	a
384.088	384.088	a
378.814	378.814	a
367.712	367.712	a
331.204	331.204	a
320.976	320.976	a
201.234	201.234	a
185.084	185.084	a
136.822	136.822	a
133.714	133.714	a
122.634	122.634	a
50.444	50.444	a
25.292	25.292	a
13.34	13.340	a
12.658	12.658	a

Fuente: Autor (2023).

Anexo 20. Porcentaje de polímeros encontrados en las zonas de muestreo

Zonas de Muestreo	PP	CPE	PET	Polietileno (Amaphous)	PTFE	Poliester	Polipropileno atactin	Polipropileno atactic
Captación	1,86%		16,88%		0,46%			
Canal de Riego	22,38%	0,65%	35,47%	16,82%	5,66%	3,02%	1,25%	0,60%
Predio	31,00%		60,09%		11,60%			

Fuente: Autor (2023).

Anexo 21. Tabla de datos de las fichas de información antropogénica

		Deslizamientos	Residuos	Agricultura	Ganadería	Industria	Incendios	Natural	Urbano
Captación	Zona 1	x	x	x				x	x
	Zona 2			x				x	
	Zona 3			x				x	
Canal de Riego	Zona 4			x				x	
	Zona 5			x				x	
	Zona 6			x				x	x
	Zona 7								x
	Zona 8			x					x
	Zona 9			x					x
	Zona 10			x		x			x
	Zona 11					x			x
	Zona 12					x			x
Predio	Zona 13								x
	Zona 14					x			x
	Zona 15					x			x
	Zona 16					x			x
	Zona 17			x		x			x

Fuente: Autor (2023).

Anexo 22. Ficha Técnica para el levantamiento antropogénico.

INFORMACIÓN ANTROPOGENICA				
FECHA:		HORA:		
PROVINCIA		CANTÓN:		
JUNTA DE AGUA		PARROQUIA:		
RESPONSABLE DEL MUESTREO				
PUNTO DE MUESTREO				
NUMERO DE TOMA:				
Impactos Visibles				
Riesgos Presentes	Agrícola	Industrial	Urbano	Natural
Entorno				
Meteorológica				
Tipo de Residuos				
OBSERVACIONES				

Fuente: Autor (2023).

Anexo 23. Normativa INEN 2176



Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2176:2013
Primera revisión

AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO

Primera Edición

WATER QUALITY. SAMPLING. GUIDANCE ON SAMPLING TECHNIQUES

First Edition

DESCRIPTORES: Agua, calidad, muestreo, equipo de muestreo, condiciones generales.
AL 01.09:203
CDU: 614.777:620.113
CIIIU: 4100
ICS: 13.060.01

5.1.5 Equipo de muestreo para análisis microbiológico

5.1.5.1 Para la mayoría de muestras, son adecuadas las botellas de vidrio o de plástico esterilizado (ver 5.1.2.4). Para recoger muestras bajo la superficie del agua, como en lagos y reservorios, están disponibles varios mecanismos para muestreo de profundidad y son convenientes los equipos de muestreo descritos en 5.1.3.2.b.

5.1.5.2 Todos los equipos que se usen, incluida la bomba y el equipo de bombeo, deben estar libres de contaminación y no deben introducir nuevos microorganismos.

5.1.6 Equipo y técnicas de muestreo para análisis de radioactividad

5.1.6.1 Dependiendo del objetivo y de las regulaciones legales nacionales, la mayoría de las técnicas de muestreo y el equipo disponible para el muestreo de aguas y aguas residuales para análisis químico se aplican generalmente para la medición de radioactividad.

5.1.6.2 Las muestras se deben recoger en botellas plásticas, previamente lavadas con detergente y enjuagadas con agua destilada y ácido nítrico diluido (1 + 1).

5.1.7 Equipo de muestreo para gases disueltos (y material volátil)

5.1.7.1 Las muestras adecuadas para la determinación exacta de gases disueltos, se deben obtener solamente con un equipo que recoja la muestra por desplazamiento de agua, antes que de aire, desde el equipo de muestreo.

5.1.7.2 Si se usan sistemas de bombeo para la recolección de muestras de gases disueltos, es indispensable que el agua sea bombeada en la misma dirección que la presión aplicada, para que no haya una caída significativa más abajo de la presión atmosférica. La muestra debe ser bombeada directamente dentro de la botella de almacenamiento o análisis, dejándola sifonar con una cantidad igual de por lo menos tres veces su volumen antes de tapar la botella o de iniciar el análisis.

5.1.7.3 Si se aceptan resultados aproximados, las muestras para la determinación de oxígeno disuelto se pueden recoger usando una botella o una cubeta. El error introducido a estas determinaciones debido al contacto entre la muestra y el aire varía con el grado de saturación del gas en el agua.

5.1.7.4 Cuando las muestras son recogidas en una botella desde un grifo o a la salida de la bomba, se recomienda el uso de un tubo flexible e inerte, el cual introduzca directamente el líquido al fondo de la botella, para asegurar que el líquido sea desplazado desde el fondo y que ocurra una mínima aireación.

6. ROTULADO

6.1 El origen de las muestras, las condiciones bajo las cuales han sido recogidas deben ser anotadas y esta información ser adherida a la botella inmediatamente luego de ser llenada. Un análisis de agua es de valor limitado si no está acompañado por la identificación detallada de la muestra.

6.2 Los resultados de cualquier análisis realizado en el sitio, también se deben incluir en un informe anexo a la muestra. Las etiquetas y los formatos deben llenarse al momento de la recolección de la muestra.

6.3 Debe incluirse al menos los siguientes datos en el informe de muestreo:

- a) localización (y nombre) del sitio del muestreo, con coordenadas (lagos y ríos) y cualquier información relevante de la localización;
- b) detalles del punto de muestreo;
- c) fecha de la recolección;
- d) método de recolección;
- e) hora de la recolección;

Fuente: Autor (2023).