



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE BIOTECNOLOGÍA

DETECCIÓN DE MICROPARTÍCULAS DE PLÁSTICO EN EL SISTEMA DE
POTABILIZACIÓN DE AGUA “MAHUARCAY” DE LA CIUDAD DE AZOGUES,
ECUADOR

Trabajo de titulación previo a la obtención
del título de Ingeniera Biotecnóloga

AUTORA: KAREN SOFÍA QUINTEROS ESPINOZA

TUTOR: ING. PABLO WILSON ARÉVALO MOSCOSO, Ph.D.

Cuenca - Ecuador

2022

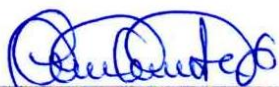
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Karen Sofía Quinteros Espinoza con documento de identificación N° 0302087671,
manifiesto que:

Soy la autora y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la
Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera
total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 27 de julio del 2022

Atentamente,



Karen Sofía Quinteros Espinoza

0302087671

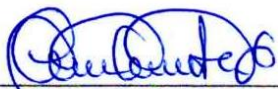
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA**

Yo, Karen Sofía Quinteros Espinoza con documento de identificación N° 0302087671, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Trabajo experimental: “Detección de micropartículas de plástico en el sistema de potabilización de agua “Mahuarca” de la ciudad de Azogues, Ecuador”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Biotecnóloga, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 27 de julio del 2022

Atentamente,



Karen Sofía Quinteros Espinoza

0302087671

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Pablo Wilson Arévalo Moscoso con documento de identificación N° 0102156957, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DETECCIÓN DE MICROPARTÍCULAS DE PLÁSTICO EN EL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA “MAHUARCAY” DE LA CIUDAD DE AZOGUES, ECUADOR, realizado por Karen Sofía Quinteros Espinoza con documento de identificación N° 0302087671, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo experimental, que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 27 de julio del 2022

Atentamente,



Ing. Pablo Wilson Arévalo, Ph. D
0102156957

DEDICATORIA

El presente trabajo le dedico a Dios por la fortaleza y la sabiduría que me ha brindado a lo largo de este trayecto, tanto en sus buenos y malos momentos para cumplir los objetivos propuestos, a mi padre Olmedo por su valentía, paciencia y apoyo incondicional, inculcándome valores los cuales sin ellos no podría llegar a donde estoy. A mis hermanas María Eugenia y Judith que han sido el pilar y mi razón para seguir adelante; en especial a mis abuelitos Libia y Dilio, mi tía Margoth que han sido mi ejemplo de superación y amor en esta vida, guiando mi camino desde niña que sin su apoyo y empeño nada de esto fuera posible; a mis amigos cercanos John C., Oswaldo V. y Cumandá T. que han sabido estar conmigo en cada momento a lo largo de este proyecto; a mis amigos y demás familiares que me han brindado todas las experiencias inolvidables en este trayecto de vida

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la Universidad Politécnica Salesiana por la acogida durante estos 5 años de grandes experiencias y conocimientos adquiridos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi tutor el Ing. Pablo Arévalo, Ph. D quien me brindó y compartió sus experiencias y conocimientos adquiridos a lo largo de su vida profesional

Agradezco de igual forma a la Empresa EMAPAL EP, al personal y profesionales por la apertura y apoyo brindado durante este proceso investigativo.

Exteriorizo mi sincero agradecimiento a la Carrera de Ingeniería en Biotecnología, por haberme dado la oportunidad de superarme académicamente y en ella a mis distinguidos docentes, quienes con su ética y profesionalismo nos han inculcado los conocimientos que nos serán útiles para fomentar adelanto a la sociedad.

Y finalmente, a aquellas personas que de una u otra forma colaboraron para concluir con éxito mi carrera universitaria y el presente trabajo, bendiciones.

CONTENIDO

RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
CAPÍTULO 1.....	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:	4
1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN:.....	6
1.3 JUSTIFICACIÓN:.....	6
1.4 LIMITACIONES:	7
1.5 OBJETIVOS:	7
1.5.1 Objetivo General:	7
1.5.2 Objetivos Específicos:	7
1.6 HIPÓTESIS:.....	8
CAPÍTULO II	9
MARCO CONCEPTUAL.....	9
2.1.1 Macroplásticos:.....	9
2.1.2 Microplástico:.....	9
2.1.3 Microplásticos primarios:	9
2.1.4 Microplásticos secundarios:.....	9
2.1.5 Fibras plásticas:	9
2.1.6 Fragmentos plásticos:	10
2.1.7 Resinas termoplásticas:.....	10
2.1.8 Resinas termofijas:	10
2.1.9 Polímero Termoplásticos:.....	10
2.1.10 Polímero Termoestables:	10
2.1.11 Elastómeros:	10
2.1.12 Polietileno:	10
2.1.13 Polietileno de alta densidad:	11
2.1.14 Polietileno de baja densidad:	11
2.1.15 Policloruro de vinilo:	11
2.1.16 Polipropileno:	11
2.1.17 Poliestireno:.....	11
2.1.18 Polietileno Tereftalato:	11
2.1.19 Poliéster:.....	12
2.1.20 Poliamidas	12
2.1.21 Polietileno clorado.....	12
2.1.22 Polietileno oxidado.....	12

2.1.23	Politetrafluoroetileno:	12
2.1.24	Etilvinilacetato:.....	12
2.1.25	Espectro:.....	13
2.1.26	Distribución de tamaño:.....	13
2.2	ESTADO DEL ARTE	13
2.3	BASES TEÓRICAS:.....	17
2.3.1	Microplásticos:	17
3.2.3	Microfiltración:.....	20
2.3.2	Microscopía óptica:	21
2.3.3	Microscopía invertida de fluorescencia	21
2.3.4	Espectroscopía:.....	21
2.3.5	Agua	22
2.3.6	Estadística de estudio:	24
2.3.6.1	ANOVA:	24
2.3.6.2	Diagrama de caja y bigotes.....	25
2.3.6.3	Verificación de los supuestos del modelo	25
CAPÍTULO III.....		27
3.1	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	27
3.1.1	ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN:	27
3.1.2	NIVEL DE INVESTIGACIÓN.	27
3.1.3	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.	27
3.1.4	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	28
3.1.5	VARIABLES.....	29
3.1.6	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	30
3.1.7	TECNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	31
3.1.8	MATERIALES.....	31
3.2	PROCEDIMIENTO	32
3.2.1	Toma de muestras.....	32
3.2.2	Extracción de microplásticos	34
3.9.3.	Técnicas para identificar microplásticos	35
3.9.3.	Análisis estadístico	36
CAPITULO IV.....		37
4.1	Caracterización de microplásticos:	37
4.1.1	Morfología de los microplásticos	37
4.1.2	Determinación de la cantidad de partículas de microplásticos.....	38
4.1.3	Determinación del tamaño de microplásticos:	41

4.1.4	Determinación de áreas de microplásticos	44
4.2	Identificación del tipo de microplástico a través de FTIR	46
4.2.1	Tipo de microplásticos.....	46
4.3	Evaluación de las etapas del sistema de potabilización	47
4.3.1	Estadística descriptiva	47
4.3.2	Normalidad:.....	48
4.3.3	Pruebas no paramétricas	49
CAPÍTULO V		52
5.1	Conclusiones	52
5.2	Recomendaciones:.....	54
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		55
ANEXOS		67
Anexo A: Fecha de toma de muestras		67
Anexo B: Metodología de extracción de microplásticos		69
Anexo C: Microplásticos observados con aumento 10x		72
Anexo D: Total de partículas encontradas por cuadrantes		74
Anexo E: Cuantificación de microplásticos en las diferentes zonas		78
Anexo F: Reportes de OMNIC Spectra		80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de operacionalización de Variables	30
Tabla 2 Materiales, equipos y reactivos a emplear para la detección de microplásticos en el sistema de agua potable.....	31
Tabla 3 Zonas y lugares de muestreo	32
Tabla 4 Número de fibras, fragmentos y concentración de plásticos encontrados en las muestras de agua de las diferentes zonas del sistema de potabilización de agua potable “Mahuarcaay”	39
Tabla 5 Rango de distribución de tamaño y forma de las partículas halladas	41
Tabla 6 Área de fragmentos encontrados en las muestras de agua del sistema de potabilización de agua “Mahucarcay”	44
Tabla 7 Porcentaje de polímero presente en el sistema de potabilización de agua “Mahuarcaay”	47
Tabla 8 Estadística descriptiva numérica de muestras clasificado por zonas	47
Tabla 9 Prueba de normalidad.....	49
Tabla 10 Prueba no paramétrica para el análisis de varianza	50
Tabla 11 Fecha de toma de muestras de las diferentes zonas	67
Tabla 12 Microplásticos encontrados en la zona de captación.....	74
Tabla 13 Microplásticos encontrados en la zona de red de distribución	75
Tabla 14 Microplásticos encontrados en la zona de domicilios	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa del área de cobertura del sistema de potabilización de agua Mahuarca y en la ciudad de Azogues	29
Figura 2 Microplástico en forma de fibra	37
Figura 3 Microplástico en forma de fragmento	38
Figura 4 Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes.	50
Figura 5 Salida de agua potable de la planta “Mahuarca”	69
Figura 6 Muestras de un litro de agua en botellas ámbar y tapadas con corcho previamente etiquetadas.....	69
Figura 7 Proceso de digestión	70
Figura 8 Equipo de filtración al vacío	70
Figura 9 Filtros secados a temperatura ambiente.....	71
Figura 10 Fragmento de microplástico en la zona de captación	72
Figura 11 Fragmento de microplástico en la zona de captación	72
Figura 12 Fibra de microplástico en la zona de domicilios	73
Figura 13 Fragmento de microplástico en la zona de red	73

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Cantidad de microplásticos en la zona de captación	78
Gráfico 2 Cantidad de microplásticos en la zona de red de distribución.....	78
Gráfico 3 Cantidad de microplásticos en la zona de domicilios.....	79

RESUMEN

Debido a las excelentes propiedades que presentan los plásticos, su fabricación y utilización ha aumentado considerablemente a partir de la década de los 50. Sin embargo, la generalización de su uso ha provocado enormes cantidades de residuos, mismos que no han sido debidamente tratados.

La contaminación ambiental ha aumentado como consecuencia que la degradación lenta de los residuos, por lo que estos son fragmentados y generalmente se encuentran en ecosistemas hídricos.

Los microplásticos (MP) se refiere a cualquier pieza de plástico de tamaño inferior a 5mm en su dimensión más larga. Su detección es compleja debido a la escasez de métodos analíticos, es por esto, que este estudio presenta como objetivo general establecer la presencia de microplásticos, mediante análisis de muestras tomadas en la red de agua potable en la zona urbana de la ciudad de Azogues ensayadas en laboratorio.

El enfoque investigativo fue cuantitativo, para ello la obtención de los datos fue directa mediante análisis por microscopía de fluorescencia y espectroscopía infrarroja (FTIR) de 60 muestras totales de agua potable, unas tomadas en la captación, otras en la red de distribución y en las redes domiciliarias.

Resultando que el estudio demuestra presencia de microplásticos en las tres zonas analizadas con mayor impacto en las redes domiciliarias, seguido de la captación y por último la red de distribución.

Palabras Clave: plástico, microplástico, microscopía, FTIR, agua potable.

ABSTRACT

Due to the excellent properties of plastics, their manufacture and use has increased considerably since the 1950's. However, their widespread use has resulted in enormous amounts of waste, which have not been properly treated.

Environmental pollution has increased as a result of the fact that waste takes years to degrade and is fragmented and generally found in water ecosystems.

Microplastics (MP) refers to any piece of plastic smaller than 5mm in its longest dimension. Their detection is complex due to the scarcity of analytical methods, which is why this study presents the general objective of establishing the presence of microplastics by analyzing samples taken from the drinking water network in the urban area of the city of Azogues and tested in the laboratory.

The research approach was quantitative, for which the data was obtained directly through fluorescence microscopy and infrared spectroscopy (FTIR) analysis of 60 total samples of drinking water, some taken in the catchment, others in the distribution network and in home networks.

As a result, the study shows the presence of microplastics in the three areas analyzed, with the greatest impact in the home networks, followed by the catchment and finally the distribution network.

Keywords: plastic, microplastic, microscopy, FTIR, drinking water

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Los desechos de plásticos favorecidos por sus características físicas y químicas, acompañados de excesiva producción, difícil reciclaje y uso desmedido, desencadena su acumulación, dando como resultado que éstos constituyan el 10% de los desechos municipales a nivel mundial (Barnes *et al.*, 2009); por otro lado, los plásticos ingresan en cantidades desorbitantes a los océanos cada año desde los ríos, estimándose entre 1,15 y 2,41 millones de toneladas (Lebreton *et al.*, 2017).

Los microplásticos son partículas sólidas, sintéticas o matrices poliméricas, de forma regular o irregular con un rango de tamaño de 1 μm – 5 mm e insolubles en agua (Frias y Nash, 2019). Por consiguiente, su origen radica en dos fuentes principales: primaria, desarrollada para ser de menor tamaño como *nurdles* o polvos, y la secundaria, resultado de la fragmentación de partículas más grandes (Thompson, 2015).

Los humanos se ven expuestos a través de los cosméticos, hábitos alimenticios, partículas de polvo y el uso de productos plásticos, lo que su aumento constante muestra efectos perjudiciales (Willis *et al.*, 2017). En consecuencia, han provocando su biodisponibilidad en la cadena alimentaria, denotando un efecto variable según el tamaño de las mismas, ya que entre más pequeñas sean las partículas, las mismas se acumulan en el propio tejido e interrumpen los procesos físicos (Campanale *et al.*, 2020).

Entonces, la contaminación se ha impuesto como una alarma social, a pesar de ello, existe déficit de estudios en aguas continentales, sin embargo en los pocos estudios existentes se ha logrado determinar que existe una contaminación mayor en áreas urbanizadas que en aquellas alejadas de los núcleos urbanos, desconociendo la

posibilidad de contaminación a través de envases alimentarios, ya sea por migración o por transferencia (Mintenig *et al.*, 2019) generando que las redes de agua potable sean objeto de investigación.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

En 2020, la producción mundial de plástico alcanzó los 367 millones de toneladas métricas (Patricio Silva, 2021). Según Geyer *et al.* (2017), el 9% de los residuos plásticos fueron reciclados, el 12% incinerados y el resto depositados en vertederos o vertidos al medio ambiente, donde está sujeta a una degradación biótica y abiótica (Andrady, 2011; Magalhães *et al.*, 2020) la misma que genera material particulado, que se transportan por el viento y el flujo de agua por su peso ligero (Law, 2017), siendo las precipitaciones, escorrentía, la infiltración y el transporte fluvial aquellas rutas principales de la tierra al agua (Rech *et al.*, 2015; van Emmerik *et al.*, 2019a).

Por lo que, se ha demostrado la ingestión y acumulación de microplásticos en cualquier nivel de organización biológica, indicando que puede transportarse por medio de la cadena alimentaria a un nivel trófico superior, es decir, el humano (Athey *et al.*, 2020; van Emmerik *et al.*, 2019b; Zhu *et al.*, 2018).

Entonces, la salud pública se ha alarmado gravemente, dado a la presencia de los microplásticos en todas las matrices ambientales y en productos de uso cotidiano; las partículas pueden ingresar por diversas vías: el contacto dérmico, exposición en el aire e ingestión. La ingestión por alimentos, es la principal vía de ingreso de los microplásticos al cuerpo, dado a la detección en varios alimentos marinos, frutas y verduras (Oliveri Conti *et al.*, 2020), sal de mesa (Iñiguez *et al.*, 2017; Karami *et al.*, 2017) y alimentos industriales y envasados (Diaz-Basantes *et al.*, 2020; Kedzierski *et*

al., 2020); aun cuando, la mayoría de los microplásticos se excreta hasta un 90% (Smith *et al.*, 2018) en las heces humanas (Schwabl *et al.*, 2019), sus consecuencias fisiopatológicas aún no están esclarecidas.

Estudios realizados en modelos animales y experimentos *in vitro* con células humanas, sugieren posibles peligros cuando los microplásticos llegan a ser ingeridos por los humanos (Campanale *et al.*, 2020; Hesler *et al.*, 2019; Lu *et al.*, 2019); aquellos efectos se clasifican como efectos físicos y químicos (Campanale *et al.*, 2020), el primero se determina como una acumulación en el organismo, dado a su forma, tamaño y concentración; sin embargo, el efecto químico se relaciona con la composición polimérica, lixiviación de aditivos químicos y la presencia de compuestos tóxicos que pueden encontrarse en la superficie de externa de los microplásticos, generando especies reactivas de oxígeno, también conocidas como ROS, (Chen *et al.*, 2017; Deng *et al.*, 2017) afectando el metabolismo de los lípidos y microbiota, induciendo a neurotoxicidad, respuestas inflamatorias e inmunológicas, efectos citotóxicos, interrupción del potencial de la membrana mitocondrial, inhibición de la actividad de unión a ATP de la membrana plasmática (Lu *et al.*, 2019).

Se ha empezado a estudiar la presencia de microplásticos en entornos terrestres y su impacto, dado a que solo se han realizado estudios en las aguas oceánicas; por otro lado, se determinó que se pueden reducir los niveles de microplásticos hasta un 83% de la media luego de un tratamiento de agua por filtración/flotación, prevaleciendo partículas menores a 50 μm (Pivokonsky *et al.*, 2018).

Analizando la situación de Azogues, Ecuador, una Empresa pública de agua potable posee 4 plantas potabilizadoras, de las cuales se destaca “Mahuarca”, la más grande que abastece a 3128 predios del casco urbano, beneficiando a aproximadamente 15000 usuarios de este servicio, por lo que se ha visto en la necesidad de la detección de

micropartículas de plástico en su sistema de potabilización con la finalidad de generar acciones correctivas dependiendo de los puntos de inflexión donde se detecten dicho material.

1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN:

¿Existe la presencia de micropartículas de plástico en el sistema de potabilización de agua “Mahuarca” en la ciudad de Azogues, Ecuador?

1.3 JUSTIFICACIÓN:

En la investigación realizada en el 2018 se concluye que cada año se produce más de 300 millones de toneladas de plástico en el mundo (Ding *et al.*, 2018), debido a que los plásticos y sus subproductos por su bajo costo son mayormente utilizados por las personas, porque brindan comodidad en la vida diaria, sin embargo, no existe un correcto manejo de los desperdicios generados por su uso indiscriminado, entonces gran cantidad de plástico se acumulan y contaminan el ambiente.

Actualmente, los residuos de plásticos son la mayor preocupación por su abundancia y persistencia en el medio ambiente (Sarria Villa y Gallo-Corredor, 2016), por lo que son difíciles de controlar, de manera que ni los procesos de tratamiento de potabilización de agua pueden hacerlo en su totalidad, convirtiéndolos en un gran problema ambiental.

Por otro lado, los microplásticos pueden generar enfermedades o efectos tóxicos en la salud de las personas por la persistencia y acumulación en el cuerpo humano tanto de, los microplásticos como de los aditivos empleados en la fabricación, debido a que el agua es utilizada para la mayor parte de procesos alimenticios.

Entonces, empleando técnicas fiables y aplicables como la microscopía invertida y espectroscopía infrarroja para la detección de microplásticos, los resultados permiten establecer una línea base con la finalidad de poder realizar una macroevaluación de la

exposición de los seres humanos de la ciudad de Azogues a dichas micropartículas, y a su vez permitir tomar acciones para frenar la generación y consumo incontrolable de plásticos y sus respectivos residuos.

1.4 LIMITACIONES:

La limitante que se presentó en el trabajo de investigación fue la dificultad de acceder a las muestras de agua, tanto en las captaciones por la lejanía de las mismas y el clima cambiante, por otro lado, la toma de muestras domiciliarias se presentó complicaciones debido a la falta de cooperación de los dueños de las viviendas o no se encontraban en las mismas o no eran beneficiarios del servicio de agua potable de la empresa con la que se trata.

1.5 OBJETIVOS:

1.5.1 Objetivo General:

Detectar micropartículas de plástico por medio de las técnicas de Microscopía Invertida de Fluorescencia y Espectroscopía Infrarroja, para el estableciendo las zonas de mayor concentración en las diferentes etapas del sistema de potabilización de agua “Mahuarca” de la ciudad de Azogues, Ecuador.

1.5.2 Objetivos Específicos:

- Determinar la cantidad, tamaño y dimensión de microplásticos presentes en el sistema de potabilización de agua “Mahuarca”, por medio de Microscopía Invertida.
- Identificar el tipo de micropartículas de plástico por medio de FTIR para el análisis de su procedencia.
- Evaluar las etapas del sistema donde se encuentra mayor concentración de microplásticos, para el establecimiento de acciones correctivas en las diferentes

etapas del sistema de potabilización de agua “Mahuarcay” en la ciudad de Azogues.

1.6 HIPÓTESIS:

Los microplásticos son detectados en el sistema de potabilización de agua “Mahuarcay” de la ciudad de Azogues, por lo que se deberá establecer acciones correctivas en las etapas implicadas.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

MARCO CONCEPTUAL

2.1.1 Macrolásticos:

Los macrolásticos con un diámetro superior a los 25 mm, son generados por las ocupaciones cotidianas del ser humano, lo que contamina el ecosistema en donde se encuentra (Romeo *et al.*, 2015).

2.1.2 Microplástico:

Los microplásticos se definen como fibras, películas, fragmentos, partículas granulares, compuestas por polímeros sintéticos (Hidalgo-Ruz *et al.*, 2012). Tienen un tamaño de partícula microscópico con un tamaño de <5mm. Cuando se encuentran en el medio ambiente, sufren degradación biótica, dado a la biodegradación de microbios; una degradación abiótica, por fotodegradación por los rayos UV, acción degradadora de olas y los vientos (Andrady, 2011)

2.1.3 Microplásticos primarios:

Son los elementos que tienen un tamaño de hasta 5 mm, su origen es por la degradación del ambiente de objetos plásticos más grandes.

2.1.4 Microplásticos secundarios:

Formados por la degradación física, biológica y química de las piezas plásticas macroscópicas y son la principal fuente de micropartículas liberadas al medio ambiente (Andrady, 2017).

2.1.5 Fibras plásticas:

Son de longitud variable y de pocas micras de grosor.

2.1.6 Fragmentos plásticos:

Su longitud y grosor es variable.

2.1.7 Resinas termoplásticas:

Son aquellos polímeros que se moldean fácilmente a altas temperaturas y someterse a altas y bajas temperaturas sin cambiar su estructura química.

2.1.8 Resinas termofijas:

Es un pre-polímero que se encuentra en estado viscoso o semi-sólido que cambia de forma irreversible a un polímero infundible e insoluble por medio del calor y un agente catalizador (*Polímeros Termofijos*, 2017).

2.1.9 Polímero Termoplásticos:

Material que en presencia de temperaturas muy altas puede volverse deformable o flexible (Díaz-Basantes *et al.*, 2020).

2.1.10 Polímero Termoestables:

Son conformables fácilmente al aplicarse temperatura y presión (Díaz, 2015).

2.1.11 Elastómeros:

Se caracterizan por ser polímeros naturales o sintéticos con la capacidad de experimentar diferentes deformaciones elásticas a temperaturas ambiente (Díaz-Basantes *et al.*, 2020).

2.1.12 Polietileno:

Es el polietileno o también conocido por sus siglas PE, es un polímero más común de los plásticos, dado a su bajo precio y facilidad en la fabricación, existen de diversas densidades ya sea de forma reticulada, lineal y ramificada (*Resinas termoplásticas*, 2021).

2.1.13 Polietileno de alta densidad:

Polímero termoplástico formado monómeros de etileno con una alta resistencia química y térmica, haciéndolos flexibles y ligeros

2.1.14 Polietileno de baja densidad:

Polímero termoplástico formado por unidades de etileno, resistentes a impactos y comparados al polietileno de alta densidad son más flexibles.

2.1.15 Policloruro de vinilo:

El PVC es un tipo de resina termoplásticas formado por cloro y carbono, con una alta versatilidad, baja densidad, alta resistencia ambiental, mecánica y a sustancias químicas como ácidos, aceites, bases y antioxidantes (*Resinas termoplásticas*, 2021).

2.1.16 Polipropileno:

El polipropileno o también conocido PP, es un polímero termoplástico que se obtiene por la polimerización del monómero de propileno, es una resina no tóxica de alta resistencia química y se moldea fácilmente, tienen resistencia a los agentes químicos, con una baja absorción de humedad, estabilidad térmica, fácil coloración y una buena resistencia a la rotura por flexión (*Resinas termoplásticas*, 2021).

2.1.17 Poliestireno:

Polímero termoplástico poliestireno o PS es un material artificial versátil obtenido por la polimerización del monómero del estireno, tiene una buena transparencia, fácil procesamiento y coloración, teniendo una baja resistencia a la intemperie (*Resinas termoplásticas*, 2021).

2.1.18 Polietileno Tereftalato:

O conocido como PET es producto muy empleado en la industria, dado a su alto brillo, fácil moldeo y resistencia(¿*Qué es el PET?*, s. f.).

2.1.19 Poliéster:

Es una resina plástica que se obtiene del petróleo a través de procesos químicos, la variante más conocida es la termoplástica formada por etilenglicol y tereftalato de dimetilo, dando lugar a fibras que se emplean en la industria textil («¿Qué es el poliéster?», 2016)

2.1.20 Poliamidas

Es uno de los termoplásticos técnicos más importantes y empleados dado a su resistencia al desgaste, buen coeficiente de fricción y propiedades de resistencia a temperatura e impactos (*Poliamida nylon PA - TECAMID / Ensinger, s. f.*).

2.1.21 Polietileno clorado

El polietileno clorado o CPE es un material que sustituyendo el cloro en la cadena principal del polietileno lineal conteniendo entre el 30 a 45% de cloro en peso, estos materiales incluyen resinas amorfas y semicristalinas, muestra resistencia al oxígeno y ozono, además de resistir a la ruptura y envejecimiento por calor (*Polietileno Clorado, 2018*).

2.1.22 Polietileno oxidado

Es empleado como elastómero y plástico, es utilizada como lubricante externo en PVC rígido y flexible (*Cera polietilénica oxidada PEO-600, de Stuktol, s. f.*).

2.1.23 Politetrafluoroetileno:

Es una resina sintética fuerte, resistente, cerosa y no flamante también es conocida por sus siglas PTFE (*El Politetrafluoroetileno, 2019*).

2.1.24 Etilvinilacetato:

El etilvinilacetato o EVA es una resina termoplástica flexible con propiedades adhesivas e impermeables, se obtienen a través de un copolímero de etileno-acetato (*Resinas termoplásticas, 2021*).

2.1.25 Espectro:

Es la representación gráfica de un conjunto de longitudes de onda distribuidas según sus intensidades de una radiación en función de la longitud de onda emitida (*Glosario: Espectro electromagnético*, s. f.).

2.1.26 Distribución de tamaño:

Es el porcentaje relativo de las partes de cada una de las distintas fracciones de tamaños representadas en una muestra (Perry, R., 2001)

Ecuación 1: Distribución de tamaño de fragmentos

$$\text{Distribución de tamaño} = \frac{(\text{largo} + \text{ancho})\mu\text{m}}{2}$$

2.2 ESTADO DEL ARTE

Bollaín y Agullo determinan la metodología general para la identificación de microplásticos en el agua del consumidor e incluso en el agua continental, basándose en varias etapas como pre-concentración a través de tamices, digestión, filtración, filtración con tamices, identificación de los microplásticos encontrados en los filtros o tamices (Bollaín Pastor *et al.*, 2019).

Un artículo publicado el 2016 por Sarria-Villa y Gallo-Corredor, concluye que el plástico brinda muchos beneficios a las personas, sin embargo, con el pasar del tiempo se van acumulando en el medio ambiente llegando así a las aguas residuales, siendo difíciles de retirar dado a su tamaño por lo que los organismos pueden alimentarse de ellos absorbiendo a las sustancias tóxicas como los PCB's, PAHs y Bisfenol-A, por lo que los riesgos aumentan siendo necesario reducir y eliminar las fuente y rutas de exposición a los microplásticos (Sarria-Villa y Gallo-Corredor, 2016)

En el año 2017, en un estudio realizado por BBC Mundo en cooperación con investigadores de la Universidad Estatal de New York y la Universidad de Minnesota,

concluyeron que existe la presencia de fibras de plástico en el agua de grifo, analizándose 159 muestras de diferentes países de los cinco continentes, dando como resultados una contaminación tanto en países de alto y bajo nivel económico, siendo el 83% de las muestras de agua contaminadas con microplásticos; adicionalmente se demostró que el país con mayor tasa de microplásticos fue Estado Unidos con 94%, seguido por Libano con 93,8% e India con 82,4% y Ecuador registró 79,2% de microplásticos en las muestras tomadas, además estudios complementarios determinaron la presencia de microplásticos en el agua embotellada y productos elaborados a partir del agua de grifo (Mundo, 2017).

Por otro lado, en una investigación se analizaron 159 muestras de agua de grifo de origen mundial correspondiendo 24 a Ecuador que han sido recolectadas entre enero y abril del 2017, dejando correr el agua de grifo durante un minuto antes de llenar la botella de 500 ml hasta el punto de desbordamiento, siendo llenada dos veces y se tiraba dos veces antes de llenarse por tercera vez y taparse con la finalidad de enjuagar la botella antes de la recolección final, siendo estas analizadas por el equipo de la Universidad de Minnesota concluyendo que existe la presencia de microplásticos en el 81% de las muestras de agua, encontrándose micropartículas en forma de fibras entre 0,1 y 5 mm de longitud (Kosuth *et al.*, 2018).

La Universidad de las Américas realizó una investigación en el 2018, en cinco puntos de muestreo tomados en días consecutivos de la cuenca alta del Rio Guayllabamba de la ciudad de Quito-Ecuador, se realizó un procesamiento de tamizado, digestión con H₂O₂, separación con fibras de vidrio y de conteo clasificándose en diferentes categorías, dando como resultado una mayor la contaminación en las cabeceras de los ríos con aumento en las zonas urbanas del Distrito Metropolitano de

Quito teniendo una concentración de 1584,23 microplásticos/m³, siendo estos resultados superiores a los registros a nivel mundial (Donoso, 2018)

Sierra, I., Chialanza, M.R., Faccio, R. *et al.* menciona que el microplástico es considerado un peligro potencial para la vida silvestre y la salud humana, por lo que los procedimientos analíticos para el monitoreo de microplásticos se basa en la separación y conteo por observación visual o alguna técnica de microscopía, acompañada con la identificación por medio de técnicas de FTIR o microscopia cofocal de Raman. Determinando una alternativa para el análisis de microplásticos en aguas residuales de Montevideo, Uruguay identificándose diferentes tipos de polímeros (Sierra *et al.*, 2020).

En la investigación realizada por Chávez (2019), se determinó la presencia de microplásticos derivado de la degradación del polietileno de alta densidad de los tanques de reserva plásticos de polietileno de alta densidad usados como reservorio del agua potable de Riobamba, donde con la ayuda de un microscopio óptico y la aplicación de rosa de bengala se realizó un análisis y cuantificación de microplásticos por 250 mL de agua potable, teniendo como resultado que tienen una presencia de microplásticos aquellos tanques con más de 5 años de vida útil. (Chávez, 2019).

Sin embargo, otro estudio analiza el empleo de la metodología que emplea rojo Nilo como un solvatocrómico para la detección de microplásticos, determinando que no es tan fiable emplearlo debido a la cantidad de falsos positivos que produce al teñir materia orgánica, por lo que la tinción con 200 uL rojo Nilo y azul de metileno al 0,1% y al 0,6% disueltos en las muestras de estudio acompañado de la microscopía de fluorescencia después de 30 minutos con una longitud de onda roja, determina que es más confiable para la detección de microplásticos debido a que el azul de metileno tiñe la materia orgánica disminuyendo los falsos positivos (Michelaraki *et al.*, 2020).

En el año 2020, el estudio realizado por Shruti y sus colaboradores analizaron en la ciudad de México 42 fuentes de agua potable de la estación del metro tomándose tres réplicas de un litro de cada punto, filtrándose a través de papel de nitrocelulosa empleando una bomba al vacío, para la visualización se empleó un microscopio de epifluorescencia con diferentes aumentos y un micro-Raman para identificar el tipo de microplásticos, dando como resultados la presencia de microplásticos en un promedio de 18 ± 7 partículas por litro en todas las muestras de agua, siendo el 69% fibras transparentes y el resto con color teniendo un tamaño entre 0,1 y 1 mm, siendo en su mayoría poliésteres y resina epoxi. (Shruti *et al.*, 2020).

Malyuskin, estudia la viabilidad de detección y cuantificación de microplásticos en el suelo y agua mediante protocolos de reflectometría de microondas de resonancia basados determinando que la espectroscopia de microondas podría ofrecer beneficios adicionales, especialmente para microplásticos in situ en tiempo real y de bajo costo (Malyuskin, 2020).

Kotsifaki, Ripken y Chormaic mencionan en su artículo de la detección de microplásticos en el océano subtropical de Okinawa, empleando una configuración de pinzas micro-Raman ópticas han logrado identificar la composición las partículas encontradas en las superficies costeras predominando el polietileno de baja densidad con un 75% de los microplásticos analizados, los más pequeños de entre $2,53 \pm 0,85 \mu\text{m}$ fueron partículas de poliestireno (Ripken *et al.*, 2021).

Vidal y Molina afirman que entre los años de 2015 y 2019 hubo un incremento en la detección de microplásticos en el agua de 114%, para detectar los microplásticos se utilizó una metodología de digestión con hipoclorito de sodio y varios tamices para la filtración o eliminación de material extra que no es el objetivo (Vidal *et al.*, 2021).

Chancari y Iannacone determinan la abundancia y características de microplásticos en sedimentos de los canales de riego en el centro de la ciudad poblado de Lima, Perú; el muestreo de cada sitio se realizó por triplicado y la separación se desarrolló por medio de una metodología de solución salina de alta densidad de cloruro de zinc, con ayuda del microscopio se determinó la existencia de una mayor abundancia en la segunda toma con $111,11 \pm 19,25$; $566,67 \pm 88,19$ y $66,66 \pm 0$ ítems/kg en peso seco, las características dominantes fueron partículas de tamaño pequeño de entre 6-1000 μm de color azul en forma de fragmento (Canchari y Iannacone, 2022).

Según el trabajo de titulación de Orozco y Flores (2022), se identificó y clasificó a microplásticos y fibras de plásticos de 72 muestras de 4 marcas de agua embotellada de la Regional 6, que están conformadas por las provincias del Azuay, Cañar y Morona Santiago del Ecuador, para ello se empleó la técnica de Lusher y el FTIR para la determinación del tipo de microplástico, obteniéndose fragmentos de 4,4 μm – 248 μm y un rango total de fibras que oscilaban entre 102,64 μm – 840,20 μm , predominando entre estos el polietileno (Flores y Orozco, 2022).

2.3 BASES TEÓRICAS:

2.3.1 Microplásticos:

Los microplásticos más frecuentes son el polietileno, incluyendo al polietileno de alta densidad y el de baja densidad, seguido por el polipropileno, el polietileno tereftalato y el policloruro de vinilo y el poliestireno (Wu *et al.*, 2016)

Los microplásticos con el tiempo pueden desembocar en cuerpos de agua y luego migrar a otros, durante este proceso se pueden desencadenar varios procesos químicos, físicos y biológicos (Cai *et al.*, 2021), según el proceso que se exponen se pueden clasificar en primarios y secundarios.

2.3.1.1 Microplásticos primarios:

Son aquellos que poseen una amplia aplicación en la vida cotidiana (Carr *et al.*, 2016), la fabricación industrial (Gregory, 1996) y la ciencia médica (Browne *et al.*, 2007); las fibras a base de nailon, acrílico y rayón son considerados microplásticos primarios (Browne *et al.*, 2011), pueden ser vertidas con facilidad al alcantarillado, pasando por un proceso de tratamiento de aguas residuales en algunos casos , quedándose en los lodos de depuradora (Zhang y Chen, 2020), fácilmente introduciéndose en cuerpos de agua (Guo *et al.*, 2020).

2.3.1.2 Microplásticos secundarios:

Dado a la mala disposición y gestión de residuos, los plásticos pueden ingresar al medio ambiente, descomponiéndose en tamaños más pequeños por la radiación ultravioleta solar, la intemperie, la abrasión mecánica y biodegradación (de Sá *et al.*, 2018), perdiendo la integridad de su estructura haciéndose de escalas microscópicas (Cole *et al.*, 2011)

Su origen radica a partir de las redes de pesca, películas, gránulos de resina industrial, lixiviados de vertederos y algunos desechos degradables (Silva *et al.*, 2021), que son degradados por la exposición a largo plazo de la radiación ultravioleta y por debajo de los 5°C.

2.3.1.3 Tipos de plásticos

Hoy en día, los polímeros en mayor abundancia y uso son el polietileno de alta densidad, polietileno de baja densidad, policloruro de vinilo, poliestireno, polipropileno y el polietileno tereftalato, constituyendo el 90% de la fabricación de plástico a nivel mundial (Rojo-Nieto y Montoto, 2017).

2.3.1.4 Rutas de migración de los microplásticos

Son generados por diversas actividades antrópicas e ingresan a los cuerpos de agua, naturalmente estos fluyen a lo largo del río, antes de llegar al océano los mismos pueden ser consumidos por organismos acuáticos y colonos, aquellos microorganismos que viven de microplásticos, dependiendo de las características o circunstancias los microplásticos pueden fluir o no (Ballent *et al.*, 2016). Considerando a los cuerpos de agua, los microplásticos que se encuentran en lagos de montañas remotas, tienen un camino más largo que viajar para llegar al océano, por lo que la concentración de microplásticos puede ser variable.

2.3.1.5 Métodos de extracción para microplásticos:

Existen varios métodos para la extracción de micropartículas de plásticos como la digestión, la misma que puede ser por reacción enzimática alcalina o ácida. La digestión es una técnica empleada para la preparación de muestras, su principio básico radica en la destrucción oxidativa de la matriz de la muestra para extraer la sustancia y posteriormente ser analizada (Acevedo, 2020)

2.3.1.5.1 Reacción alcalina:

Este método hidroliza los enlaces químicos y desnaturalizan proteínas que se encuentran en una matriz orgánica (Lusher *et al.*, 2017), a pesar de no ser tan efectivo comparado a las digestiones ácidas y generan mayor cantidad de residuos, es una técnica efectiva, con periodo de digestión corto (Dehaut *et al.*, 2016; Lusher *et al.*, 2017) y con la posibilidad de emplear FTIR, presentando una tasa de recuperación elevada (Dehaut *et al.*, 2016).

2.3.1.5.2 Reacción ácida:

Es un método utilizado por la capacidad de destruir tejidos orgánicos, aislar pellets, fibras o fragmentos de diferentes organismos. Sin embargo, el proceso de

digestión es una desventaja porque es un proceso muy agresivo produciendo daños a los polímeros en distintos grados.

Los ácidos más empleados son:

- Peróxido de hidrógeno (H_2O_2) al 15%, 30% o 35%.
- Ácido nítrico (HNO_3) al 5%, 35%, 65% o 69%.
- Ácido clorhídrico (HCl) al 5%, 37% (Dehaut *et al.*, 2016; Lusher *et al.*, 2017).

2.3.1.5.3 Reacción oxidativa:

Es empleada en los procesos digestivos que contienen material orgánico, dependiendo del material a digerir se puede emplear diferentes concentraciones: 30%, 15% o 10% (Lusher *et al.*, 2017; Stock *et al.*, 2019). Es una metodología no agresiva para la estructura de los plásticos como el polietileno, poliestireno, polipropileno, por lo que al emplear esta reacción se puede recuperar una gran cantidad de microplásticos (Avio *et al.*, 2015).

2.3.1.5.4 Método de extracción enzimática

Este método tiene como principal objetivo descomponer los tejidos blandos además de hidrolizar las proteínas, sin embargo, la utilización de soluciones homogeneizantes es muy común en este método, tales como el tapón Tris-HCl de 400 ml (Lusher *et al.*, 2017).

3.2.3 Microfiltración:

Se trata de la separación de partículas o de objetos macroscópicos por filtración frontal, donde se emplean membranas porosas artificiales para segregar a las partículas microscópicas o especies biológicas como bacterias (Gallut, 2016)

2.3.1.6 Microfiltración por filtro de nitrocelulosa

Es una técnica que se basa en la separación de fluidos, líquidos o gases; son membranas de naturaleza hidrofílica con una microestructura uniforme, permitiendo una retención de partículas buena y alta adsorción (Instrumentación Científico Técnica, s. f.)

2.3.2 Microscopia óptica:

Es empleada para conocer la microestructura de muestras biológicas e inorgánicas a través de la interacción de haz de luz, generalmente el método alcanza 1000 aumentos (Arraiza y Navarro, 2001)

2.3.3 Microscopía invertida de fluorescencia

La fluorescencia es uno de los fenómenos físicos más utilizados en microscopía biológica y analítica, sobre todo por su alto grado de sensibilidad y especificidad. La microscopía de fluorescencia permite determinar la distribución de una sola molécula, su cantidad y su ubicación dentro de una célula (*Microscopía de fluorescencia*, 2022)

Además, nos ayuda a la detección de microplásticos en una sola línea de absorción y emisión con alta sensibilidad, pero las muestras tienen que ser autofluorescentes o que estén etiquetadas con tintes fluorescentes. Un ejemplo es el tiempo Rojo de Nilo, que permite que sea una técnica favorable para el análisis de micro y nanopartículas (Lambert y Wagner, 2016), lo que adicionalmente permite teñir los microplásticos con emisiones de fluoróforos, es posible identificar su presencia en una superficie (Calvo, 2020).

2.3.4 Espectroscopía:

Es una técnica analítica que estudia e interpreta sistemas materiales por medio de la radiación electromagnética con la que interaccionan (Sancho, 2012).

2.3.4.1 Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)

El FTIR es una herramienta que se basa en los principios de espectroscopia molecular muy usada en los laboratorios, donde las moléculas absorben energía de luz en longitudes de onda específicas y el resto las atraviesa, la muestra a analizar requiere poca preparación y se puede utilizar directamente con los filtros de la membrana para identificar a los microplásticos (Recasens, 2015).

La región IR del espectro electromagnético se encuentra entre $12800-10\text{ cm}^{-1}$, se puede dividir desde el punto de vista de las aplicaciones en 3 zonas

- IR cercano (NIR): $12800-400\text{ cm}^{-1}$
- IR medio: $4000-400\text{ cm}^{-1}$
- IR lejano: $400-10\text{ cm}^{-1}$

El IR cercano requiere poca o ninguna preparación de la muestra y produce resultados cuantitativos precisos, el mismo es asociado con un espectrofotómetro visible-ultravioleta y dispositivos de fibra óptica para un análisis remoto, detectando interés en el control de procesos.

Por otro lado, el IR medio se realiza las aplicaciones analíticas tradicionales, las ventajas que presenta en su versatilidad, ya que estudia la muestra en cualquier estado en pastas, fibras, películas, polvos, disoluciones, gases o superficies.

Pero, el IR lejano solicita el uso de fuentes y materiales ópticos especiales, es empleado para investigar compuestos inorgánicos, orgánicos u organometálicos que tiene átomos pesados, masa atómica mayor a 19, para proporcionar información en estudios estructurales (Martínez, 2009).

2.3.5 Agua

El agua es una sustancia de la naturaleza, conformada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, siendo un líquido vital para el desarrollo de la vida

2.3.5.1 Agua cruda

Es aquella agua que está en la naturaleza sin ser intervenida por ningún tratamiento con la finalidad de modificar sus características («NTE INEN 1 108:2011», 2011).

2.3.5.2 Agua potable o tratada:

Aquella agua que ha sido intervenida por un tratamiento apropiado y puede ser consumida sin representar un riesgo para la salud, la misma es limpia, incolora, inodora e insabora

2.3.5.3 Planta de tratamiento de agua potable

Es un sistema de abastecimiento que en conjunto con estructuras permiten procesar el agua de tal manera que el agua cruda contaminada sea apta para el consumo humano, garantizando que sea accesible y asequible de manera continua y suficiente. Está constituido por diversas unidades como: obras de captación, línea de conducción, planta de tratamiento, tanques de almacenamiento o reserva y conexiones domiciliarias (MSP - PASSE, 2009).

- **Obra de captación:**

Es un conjunto de estructuras que permiten obtener el agua de una fuente de abastecimiento (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda., 2006), puede estar constituida por tubo, caja, canal, tanque, galería filtrante o bomba

- **Planta de tratamiento:**

Es el lugar donde se lleva a cabo diferentes acciones y procesos con la finalidad de mejorar las características físico-químicas y bacteriológicas del agua para hacerla apta para el consumo humano, (Burt *et al.*, 2012).

- **Red de distribución:**

Está constituido por un sistema de tuberías, accesorios y válvulas que permiten hacer llegar agua potable desde el tanque de reserva hasta el consumidor (MSP - PASSE, 2009).

- **Red domiciliaria:**

Es un conjunto de elementos que permiten la conducción del agua desde la red de distribución hasta el interior de la vivienda (MSP - PASSE, 2009).

2.3.6 Estadística de estudio:

Para la siguiente investigación se decidió la utilización del soporte estadístico de SPSS¹ caracterizado por ser un lenguaje de programación que permanece en un ambiente para cómputo estadístico y gráfico (Santana y Farfán, 2014). Permite al usuario escribir instrucciones u órdenes de forma organizada, además, en el análisis, procesamiento y visualización de datos

2.3.6.1 ANOVA:

El análisis de varianza (ANOVA) es una técnica central para el análisis de datos experimentales, el objetivo es probar la hipótesis de igualdad de los tratamientos con relación a la media de la correspondiente variable de respuesta (Gutiérrez y de la Vara, 2008). El ANOVA de una vía se emplea para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de tres o más grupos denominándose ANOVA de un factor entre grupos, además de encargarse de probar la hipótesis de que las medias de dos o más poblaciones son iguales, evalúa la importancia de uno o más factores (Minitab, 2022)

¹ IBM SPSS Statistics es un software empleado para el análisis estadístico de todo tipo de datos

2.3.6.2 Diagrama de caja y bigotes

Son una presentación visual empleado para comparar procesos, tratamientos y hacer un análisis por estratos, se basa en cuartiles y parte el rango de variación de los datos en cuatro grupos conteniendo 25% de las mediciones, ubicándose el 50% de los datos en el centro.

2.3.6.3 Verificación de los supuestos del modelo

La validez que se obtienen en cualquier ANOVA va a depender de que los supuestos del modelo se cumplan, los supuestos empleados son: normalidad, varianza constante e independencia, donde la respuesta debe distribuirse de una manera normal, con la misma varianza en cada tratamiento e independientes en las mediciones; se pueden emplean los residuos para comprobar los supuestos del modelo, ya que se cumplen conlleva a determinar que la muestra aleatoria tiene una distribución normal con media cero y varianza constante (Gutiérrez y de la Vara, 2008).

2.3.6.3.1 Normalidad:

Para verificar el cumplimiento del supuesto de normalidad de los residuos, los mismos deben graficarse en un diagrama x-y de manera que los valores tiendan a quedar alineados en una línea recta, si no se alinean se supone que no es correcto, esta tendencia lineal no debe ser perfecta, sino que resiste pequeñas y moderadas desviaciones al supuesto de normalidad (Gutiérrez y de la Vara, 2008).

2.3.6.3.2 Varianza constante

Para verificar la varianza constante es graficando los predichos contra los residuos, si los puntos se distribuyen de manera aleatoria en una banda horizontal si se cumple el supuesto de que los tratamientos tienen la misma varianza (Gutiérrez y de la Vara, 2008).

2.3.6.3.3 Independencia

La suposición de independencia de los residuos se verifica cuando se grafica el orden en el que se recolecta el dato contra el residuo correspondiente, si el eje horizontal correspondiente al tiempo y el vertical a los residuos, se detecta una tendencia o patrón no aleatorio claramente definido, existe una correlación entre los errores por lo que la independencia no se cumple (Gutiérrez y de la Vara, 2008).

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN:

De acuerdo con el enfoque, el presente estudio se puede determinar de tipo cuantitativo y cualitativo, dado a que el objetivo del trabajo investigativo tiene fundamento en la descripción numérica y de caracterización de la variable. Además de que, la posición del investigador es neutral, sin tomar en cuenta los valores y creencias del sujeto. En esta investigación la lógica es deductiva, de lo general a lo particular.

3.1.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN.

La metodología del presente trabajo a desarrollar contiene un nivel de investigación es exploratoria, dado a que es un tema poco estudiado o desconocido como el caso de los microplásticos en la ciudad de Azogues, además se puede determinar que es una investigación descriptiva, debido a que se pretende realizar una medición de variables de los microplásticos cuyo objetivo es observar y cuantificar la característica de un grupo sin establecer relación entre ellas, los datos o elementos ayudaran a concluir con mayor precisión la pregunta de investigación anteriormente planteada en las muestras de agua provenientes de los sistemas de potabilización de la ciudad de Azogues.

3.1.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

Se basa en un diseño documental, el cual nos permite establecer dos técnicas, el análisis de documentos el mismo que permitió identificar información sobre las técnicas de muestreo, metodología de identificación y posteriormente el análisis de contenidos, con la finalidad de establecer cuál es la técnica más apropiada. Adicionalmente se

encuentra un diseño de campo a través de la que se levanta información de las muestras tomadas por medio de la observación, pruebas de laboratorio para la determinación de tamaño y dimensión para la clasificación de microplásticos en las diferentes muestras de aguas analizadas.

3.1.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.

En el presente trabajo de investigación se trabaja con una población finita y accesible, empleando un muestreo al azar compuesto; se realizó un trabajo en conjunto con una empresa pública de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Azogues, enfocándose a la planta potabilizadora “Mahuarca”, que abastece a aproximadamente 3128 predios representando a 15640 usuarios del servicio en la zona de Uchupucún, calle Miguel Heredia y sector El Calvario.

Dentro de este sistema de potabilización se segregarán en tres zonas bien definidas, siendo estas: antes de la entrada a la planta de tratamiento “Captación”, la red de distribución “Red” y la red domiciliaria “Domicilios”; dado a la inexistencia de una norma de muestreo para el análisis de microplásticos, se ha basado en el apéndice Y de la norma técnica 1108:2011 que trata sobre el análisis microbiológico de la red de agua potable señala que se debe tomar 12 muestras por cada 5000 personas en un año, realizando un cálculo simple relacionándolo con nuestra población (15640) y el tiempo de recolección de un mes, daría como resultado que en las dos primeras zonas cada zona tomará un total de tres un mes.

En las redes domiciliarias se tomará un total de 45 muestras, esto se ha obtenido mediante el cálculo de tamaño de muestra con respecto a la población total (15640) beneficiada con el servicio de agua potable de la planta “Mahuarca”, con un nivel de confianza del 95% y un margen de error de 14,75%.

3.1.5.1 Operacionalización de variables:

En la tabla 1, se presentan las variables de la investigación dentro de una matriz de operacionalización, considerando a la variable de caracterización a los microplásticos y a la variable de interés como el agua del sistema de potabilización “Mahuarca y”.

Tabla 1

Matriz de operacionalización de Variables

Variab	Definición	Dimensión	Indicadores
Dependiente Microplásticos	Son fibras y partículas que tienen características un máximo de 5 mm	Cantidad, tamaño, forma y tipo	Número de partículas totales (fragmentos y fibras) Dimensiones Número de partícula y fibras Clase
Independiente Zonas de muestreo	Zonas en las cual se establecieron en el sistema de agua potable	Entrada de planta, red de distribución y red domiciliaria	

(Fuente: Autor, 2022)

3.1.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas utilizadas en este tema de investigación son de tipo documental, dado a que se basó en documentos dentro de bases de datos digitales como Repositorios Universitarios, Scielo, IEEE, dspace y NCBI. En conjunto, con la técnica de observación ya que se emplean instrumentos estructurados como la lista de cotejo y no estructurados como Microscopía invertida de Fluorescencia empleando el programa de NIS, espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier con OMNIC y OMNIC Specta y dispositivos fotográficos.

3.1.7 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Se emplean diferentes métodos para el procesamiento y posterior análisis de datos, por un lado con el programa de Office Excel será empleada como un apoyo para el desarrollo de tablas, dicha información servirá para el procesamiento de datos, para determinar la cantidad, concentración y rango de tamaño y dimensiones de la variable dependiente, que posteriormente será procesada a gráficas que faciliten la comprensión y herramientas complementarias para el establecimiento de una estadística descriptiva

Por otro lado, por medio del programa estadístico SPSS se empleará para el análisis de datos obtenido por medio del análisis de varianza, determinando si existe un incremento o disminución de micropartículas a lo largo del sistema de potabilización de agua potable

3.1.8 MATERIALES

La tabla 2 presenta los materiales, equipos y reactivos a emplear durante el trabajo de investigación

Tabla 2

Materiales, equipos y reactivos a emplear para la detección de microplásticos en el sistema de agua potable

Tabla 3: Materiales	Equipos	Reactivos
Matraces Erlenmeyer de 500 ml y 1000 ml	Equipo de Filtración al vacío	Peróxido de Hidrógeno al 30%
Embudo de Buchner	Microscopio invertido de fluorescencia	Agua destilada
Matraz Kitasato 1000 ml	FTIR	Agua MiliQ
Probetas de 100 ml		Rojo de Nilo
Pipetas aforadas de 10 ml y 25 ml		

Pipeta graduada de 5 ml

Cajas Petri

Pinzas metálicas

Portaobjetos

Filtros de membrana de
nitrocelulosa de 0,49 μm

Vasos de precipitación de
600 ml

Botellas de vidrio

Corchos

(Fuente: Autor, 2022)

3.2 PROCEDIMIENTO

3.2.1 Toma de muestras

3.2.1.1 Puntos de muestreos

En la tabla 3 se presentan las zonas y lugares seleccionadas para el muestreo:

Tabla 3

Zonas y lugares de muestreo

Zona	Código	Lugares	Volumen de muestra (cm ³)	N° de muestras (unidad)	Total de muestras (unidad)
Captación	C	Nudpud	1000	3	12
		Llaucay	1000	3	
		Cóndor Yacu	1000	3	
		Entrada a planta	1000	3	
Red	R	Salida de planta	1000	3	3
Domicilios	D	2 de agosto y Alfonso Iñiguez	1000	3	45
		4 Esquinas (Bayas)	1000	3	
		Vicente Quinteros (El Calvario)	1000	3	

Miguel Heredia y Julia Bravo esq.	1000	3
Telmo Vicente y Manuela Ramírez	1000	3
1ero de mayo y 6 de marzo	1000	3
1ero de mayo y 15 de noviembre	1000	3
Carlos Leonardo Urgilés y Hno. Luis Fernando Neira	1000	3
Gricelda Quezada y Carlos González	1000	3
13 de abril y Miguel Serrano Mendoza	1000	3
2 de agosto y Manuela Ramírez	1000	3
6 de marzo e Ingapirca	1000	3
Trajano Carrasco Baquero	1000	3
24 de mayo y Manuel Andrade Toledo	1000	3
Ingapirca	1000	3
Total		60

(Fuente: Autor, 2022)

3.2.1.2 Recolección de muestras

Basándonos en el protocolo implementado para analizar las diferentes muestras de agua INEN 1108, el volumen a tomar para cada muestra es de un litro, sin embargo, para evitar la contaminación cruzada se emplearon botellas de vidrio ámbar previamente etiquetadas y una tapa de corcho, las mismas que han sido anteriormente autoclavadas y lavadas con agua libre de microplásticos, debido a que en todo el trabajo de investigación se evita el contacto con plástico para omitir sesgos en los datos obtenidos;

Para la recolección de la zona de Captaciones y Red, se recogieron tres veces agua de cada punto en intervalos de 10 minutos, de los cuales se realizó su respectiva homogenización para la muestra final, en la zona de captaciones se tuvo 4 puntos de los cuales se realizó un muestro triplicado, teniendo un total de 12 muestras; por otro lado, en la zona de red se tuvo un solo punto el cual se obtuvo muestras triplicadas, teniendo un total de 3 muestras.

Para la toma de muestras de la zona de Domicilios se dejó fluir el agua del grifo por dos minutos antes de recoger la muestra correspondiente, para ello se tomaron tres

muestras de un litro cada uno, para su posterior homogenización y recolección final de un litro y sellarlo de forma inmediata de manera que se evite la exposición del aire; en esta zona se tuvo un total de 15 puntos tomando tres replicas, conformando un total de 45 muestras. Para todas las muestras las réplicas se tomaron con un intervalo de 15 días entre cada una. (Anexo A).

3.2.2 Extracción de microplásticos

3.2.2.1 Preparación de las muestras

Luego de haber sido recolectadas las muestras de cada toma, las mismas fueron llevadas al laboratorio para continuar con su proceso de preparación que consistía en obtener 250 ml de cada muestra.

3.9.2.2. Filtración y digestión.:

Para este proceso se necesitan que las muestras sean filtradas a través de un tamiz metálico de 90 μm , se colocó en un vaso de precipitación con 25 mL de peróxido de hidrógeno al 30%, se procedió a cubrir con papel aluminio y se dejó en reposo por 72 horas a temperatura ambiente.

3.9.2.3. Microfiltración

Al finalizar el proceso de digestión se procede a obtener los microplásticos para ello se empleó el equipo de filtración al vacío con filtro de membrana de nitrato de celulosa que poseen un diámetro de 47 mm, poro 0,45 μm y estéril. Al finalizar con el proceso de extracción de microplásticos de los 250 mL se colocan los filtros en cajas Petri, se los cubrió con aluminio y se los dejó secar por 24 horas a temperatura ambiente, al cabo de este tiempo se aplicó rojo Nilo, se los cubrió de igual forma y se los secó por una hora en la estufa a 60°C.

3.9.3. Técnicas para identificar microplásticos

Dado a la ausencia de un protocolo normalizado para la identificación de microplásticos, es esencial realizar un análisis visual con la finalidad de establecer la existencia de las micropartículas de plástico extraídas por la microfiltración, por lo que los procedimientos para el análisis e identificación realizado dentro de este trabajo de investigación se empleó la técnica de microscopía de fluorescencia y la espectroscopía de infrarrojo.

3.9.2.2.Observación con microscopio invertido

Seguido de la microfiltración y su respectivo uso de rojo Nilo, se empleó el microscopio invertido de fluorescencia y el software denominado NIS-Elements AR, cuyo programa nos permite determinar la cantidad, tamaño y dimensión de los microplásticos; se procedió a dividir al filtro en cuatro cuadrantes de los cuales se determinará la cantidad de partículas de microplásticos en cada uno de ellas, por medio de un barrido de izquierda a derecha en forma de zigzag con el ocular de 10x y con la fluorescencia verde de las partículas de plástico y aquellos que presentaban variaciones en la luminiscencia en estas se procedió a identificar a través de la técnica de espectroscopía infrarroja, la misma que también servirá como un método para señalar en el filtro la ubicación del microplástico con puntas de grafito.

3.9.2.3.Espectroscopia Infrarroja con Transformada de Fourier.

Posterior a la identificación y localización de los microplásticos por medio del microscopio invertido de fluorescencia, se procede al proceso de caracterización de polímeros a través de la espectroscopía del tipo FTIR (infrarroja por transformada de Fourier) con ATR (reflectancia total atenuada), que permitió obtener espectros que posteriormente el programa OMNIC Spectra compara por semejanza en sus bibliotecas

almacenadas, pudiendo de esta manera determinar el tipo de plástico del que están constituidas las micropartículas de plástico

3.9.3. Análisis estadístico

Acorde al diseño de investigación planteado en el capítulo anterior, se empleará un análisis estadístico descriptivo, por lo tanto, se sistematizó la información que se obtuvieron de cada una de las muestras, con el objetivo de que las mismas sean concretas y entendibles a primera vista a través de tablas y gráficos.

La presentación de datos para su posterior procesamiento fue realizada por medio del programa de Excel, el cual permite organizar, tabular y graficar los datos obtenidos con el programa de NIS-Elements AR, al igual el análisis de datos y los atributos principales de medidas de tendencia central se realizó con el mismo programa

Sin embargo, para las medidas de dispersión, tal como el rango, análisis de varianza, desviación estándar y coeficiente de variación se empleó el programa estadístico SPSS.

CAPITULO IV

ANÁLISIS Y RESULTADOS

Al ser evaluadas las muestras de agua de las diferentes zonas del sistema de potabilización, se puede observar la presencia de microplásticos en todas las 60 muestras, siendo las mismas caracterizadas.

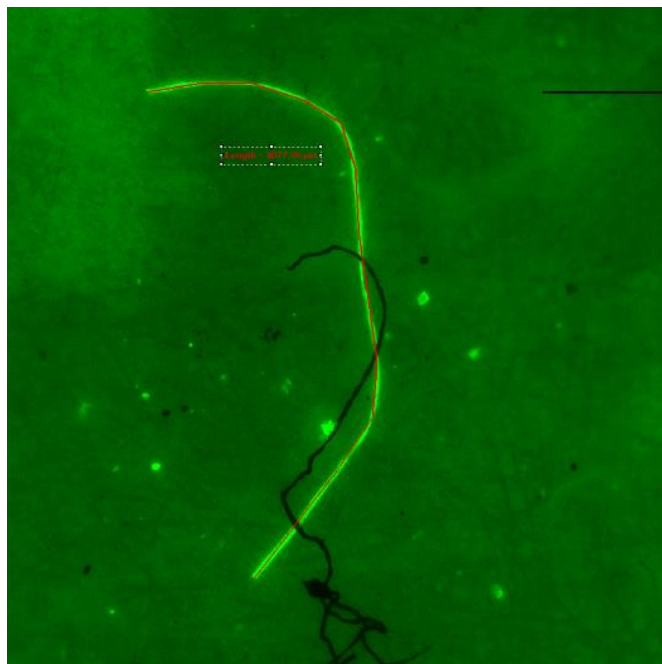
4.1 Caracterización de microplásticos:

4.1.1 Morfología de los microplásticos

El tipo de microplástico encontradas en el estudio son de la forma de fibra y de partícula, siendo su grosor y longitud muy muy variables entre ellas como se visualiza en la figura 2 y 3.

Figura 2

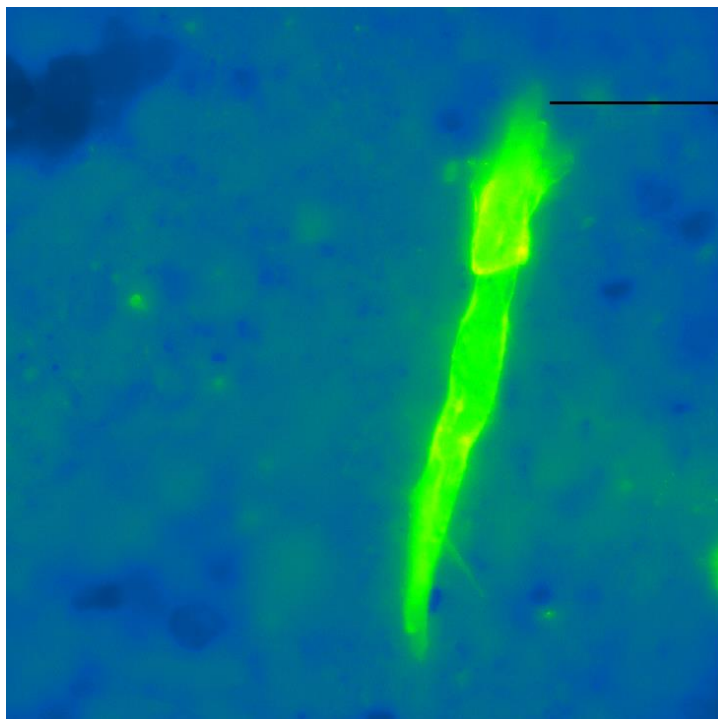
Microplástico en forma de fibra



(Fuente: Autor, 2022)

Figura 3

Microplástico en forma de fragmento



(Fuente: Autor, 2022)

4.1.2 Determinación de la cantidad de partículas de microplásticos

Dentro del proceso de observación, por medio del microscopio invertido con un enfoque de 10x, se procedió a determinar la cantidad de fibras y fragmentos en cada una de las muestras analizadas que se pueden visualizar en la tabla 4

Tabla 4

Número de fibras, fragmentos y concentración de plásticos encontrados en las muestras de agua de las diferentes zonas del sistema de potabilización de agua potable

“Mahuarca”

Zona	N° de muestra	Fibras (partículas)	Fragmentos (partículas)	Concentración (partícula/250 ml)
Captación	M 01	19	28	47
	M 02	31	159	190
	M 03	0	0	0
	M 04	8	0	8
	M 05	12	66	78
	M 06	9	33	42
	M 07	18	20	38
	M 08	30	0	30
	M 09	13	110	123
	M 10	2	0	2
	M11	20	24	44
	M 12	8	70	78
	Promedio	13,7	43,8	57,5
Red	M 01	1	0	1
	M 02	39	57	96
	M 03	12	27	39
		Promedio	17,3	28,0
Domiciliarias	M 01	10	0	10
	M 02	19	100	119
	M 03	14	2	16
	M 04	45	0	45
	M 05	25	9	34
	M 06	8	19	27
	M 07	145	0	145
	M 08	48	7	55
	M 09	0	1	1
	M 10	230	242	472
	M11	62	17	79
	M 12	0	18	18
	M 13	17	13	30
	M14	47	4	51
	M 15	19	36	55
	M 16	57	1	58

M 17	22	10	32
M 18	75	34	109
M 19	29	0	29
M 20	37	15	52
M 21	18	19	37
M 22	77	21	98
M 23	30	21	51
M 24	39	21	60
M 25	28	10	38
M 26	57	3	60
M 27	60	68	128
M 28	0	30	30
M 29	49	108	157
M 30	40	2	42
M 31	52	67	119
M 32	25	158	183
M 33	64	77	141
M 34	0	175	175
M 35	8	9	17
M 36	100	18	118
M 37	70	23	93
M 38	45	23	68
M 39	24	26	50
M 40	48	68	116
M 41	41	50	91
M 42	23	25	48
M 43	28	6	34
M 44	109	172	281
M 45	39	92	131
Promedio	44,1	40,4	84,5
Promedio total	36,8	40,2	77,0

(Fuente: Autor, 2022)

Como se puede observar en la tabla 4, existe la presencia de microplásticos en la mayoría de las muestras de agua analizadas, sin embargo, las mismas presentan cantidades que en algunos casos son significativamente diferentes una entre otra, por otro lado, en la investigación de Shen *et al.*, (2021) en su trabajo de determinación de la presencia de microplástico en el agua potable de fuentes de agua dulce en China, determino la abundancia en el agua cruda de 2753 partículas por cada litro, ajustando el parámetro de volumen a 250 ml, se adoptaría un valor de 688,25, el cual comparado al

valor obtenido en la zona de captación de la planta de “Mahuarca” que es de 57,5 partículas en 250 ml es un valor muy bajo comparado a este estudio, de igual forma los valores adoptados en el agua tratada y en el agua de grifo al ser ajustados adquieren un valor de 87,98 y 85,88 partículas por cada 250 ml, que comparado al resultado obtenido de 45,3 y 84,5, en la zona de agua tratada vemos un valor inferior al estudio de Shen (87,98) sin embargo, en la zona de agua de grifo que corresponde a nuestra zona de domicilios se puede ver un valor similar teniendo una diferencia de aproximadamente 1,3 partículas por cada 250 ml. Adicionalmente se puede mencionar que existe una disminución significativa en el tratamiento de agua de China, por lo que sus sistema de potabilización es muy eficiente y se podría tomar como un modelo de tratamiento en la planta.

De igual manera, al comparar el estudio de Pratesi *et al.*, (2021), se puede determinar que existe una relación en el agua de grifo urbana de Brasilia, Brasil y el agua de grifo de Azogues abastecido por la planta de “Mahuarca”, en el primer estudio se hallaron resultados oscilan en la zona sur con 97 ± 55 p/500 mL, mientras que en la zona norte fue de 219 ± 158 , que ajustado al volumen ocupado en la presente investigación se determina como 48,5 y 109,5 partículas/250 mL, por otro lado en la ciudad de Azogues existe un total de 84,5 p/250 mL, encontrándose esta valor dentro del máximo y el mínimo del trabajo de investigación de Pratesi.

4.1.3 Determinación del tamaño de microplásticos:

Tabla 5

Rango de distribución de tamaño y forma de las partículas halladas

Zona	N° de muestra	Fibras (μm)	Fragmentos (μm)
C	M 01	27,67 - 1327	3 - 176
	M 02	75,09 - 1488,14	20,6 - 247,37

	M 03	0	0
	M 04	124,09 - 575,39	0
	M 05	34,26 - 1847,53	6,19 - 108,35
	M 06	76,11 - 1399,24	10,33 - 131,81
	M 07	36,66 - 1004,03	20,615 - 116,16
	M 08	19,59 - 1208,46	0
	M 09	38,61 - 3395,9	13,04 - 185,815
	M 10	112,22 - 210,32	0
	M11	117,83 - 4236,19	18,06 - 115,37
	M 12	100,79 - 549,85	20,04 - 231,9
	Rango	27,67 - 4236,19	3 - 231,9
R	M 01	75,28	0
	M 02	75,64 - 3186,49	14,21 - 155,21
	M 03	27,42 - 2882,26	13,85 - 74,72
	Rango	27,42 - 3186,49	13,85 - 155,21
D	M 01	279,75 - 2601,43	0
	M 02	22,83 - 2220,06	10,44 - 163,26
	M 03	198,44 - 1246,63	53,7 - 91,4
	M 04	55,9 - 4401,83	0
	M 05	44,1 - 3148,15	31,01 - 180,56
	M 06	410,69 - 1979,32	9,21 - 185,32
	M 07	4,25 - 3827,71	0
	M 08	108,06 - 2228,97	39,1 - 190,49
	M 09	0	103,51
	M 10	46 - 3596,23	13,93 - 213,22
	M11	57,04 - 2491,8	31,855 - 168,17
	M 12	0	9,625 - 127,28
	M 13	93,19 - 3266,59	27,37 - 140,76
	M14	98,37 - 4470,5	77,53 - 163,5
	M 15	178,38 - 2546,15	6,64 - 48,64
	M 16	77,43 - 4828,3	33,29
	M 17	156,94 - 2347,97	18,03 - 123,81
	M 18	68,96 - 4752,84	4,845 - 113,77
	M 19	77,43 - 4828,3	0
	M 20	156,94 - 2347,97	13,7 - 179,53
	M 21	68,96 - 4752,84	14,95 - 84,21
	M 22	89,12 - 2918,05	19,3 - 237,53
	M 23	154,7 - 4352,27	41 - 174,85
	M 24	27,61 - 2398,42	12,51 - 157,81
	M 25	57,06 - 4168,64	32,86 - 100,6
	M 26	154,7 - 2757,39	108,51 - 136,01
	M 27	51,72 - 2647,34	7,41 - 195,91
	M 28	221,46 - 4653,89	25,41 - 169,22
	M 29	80,13 - 4988,73	14,81 - 180,27
	M 30	102,73 - 3715,47	29,89 - 172,12

M 31	35,03 - 1788,62	17,4 - 219,3
M 32	262,55 - 2253,82	19,86 - 210,42
M 33	1,33 - 2747,43	9,21 - 106,19
M 34	0	13,93 - 214,24
M 35	391,68 - 1781	25,495 - 69,79
M 36	121,77 - 4991,47	16,305 - 77,5
M 37	54,36 - 1408,23	23,33 - 161,09
M 38	55,36 - 3089,23	16,695 - 161,13
M 39	35,85 - 147,88	16,73 - 90,88
M 40	95,12 - 3903,45	10,47 - 248,97
M 41	53,48 - 2896,48	18,99 - 159,52
M 42	33,6 - 590,58	12,43 - 115,78
M 43	62,22 - 3614,56	33,79 - 100,72
M 44	41,93 - 4075,88	11,32 - 246,6
M 45	51,9 - 1942,79	12,37 - 249,44
Rango	1,33 - 4988,73	7,41 - 249,44
Promedio total	1,33 - 4988,73	3 - 249,44

(Fuente: Autor, 2022)

En la tabla 5 se puede observar que el rango promedio de fibras de las 3 zonas oscila entre 27,67 - 4236,19 μm ; 27,42 - 3186,49 μm y 1,33 - 4988,73 μm , correspondientes a la zona de captación, red y domicilios respectivamente, según Ding *et al.* (2018) considera a las fibras de microplásticos a partículas de pequeño grosor y un largo variable, pero estas siendo menores 5 mm; lo que se puede ver reflejado de igual forma en la investigación de Mukotaka *et al.* (2021) donde obtiene resultados de la cuantificación de microplásticos de agua de grifo correspondiente a 12 ciudades de 5 países con un tamaño de partícula entre 19,2 μm a 4,2 mm, encontrándose estos valores dentro del parámetro indicado por Ding *et al* en el 2018 y a la vez ajustándose al obtenido en las muestras de agua analizadas del sistema de potabilización de “Mahuarcay”.

Por otro lado, en el caso de la distribución de tamaño de los fragmentos de micropartículas en el presente estudio los rangos de las tres zonas son: 3 - 231,9 μm ; 13,85 - 155,21 μm y 7,41 - 249,44 μm ; que dado al parámetro indicado según (Flores y

Orozco (2022) indican que el tamaño de fragmentos de micropartículas debe ser menor a los 250 μm , por lo tanto, los valores obtenidos en las diferentes zonas se ajustan a encontrarse por debajo del límite determinado.

4.1.4 Determinación de áreas de microplásticos

Tabla 6

Área de fragmentos encontrados en las muestras de agua del sistema de potabilización de agua “Mahucarcay”

Zona	N° de muestra	Fragmentos (μm^2)
C	M 01	2220,0
	M 02	5127,4
	M 03	0,0
	M 04	0,0
	M 05	1051,4
	M 06	1969,2
	M 07	2554,7
	M 08	0,0
	M 09	2404,9
	M 10	0,0
	M11	1664,5
	M 12	4020,2
	Área promedio	1751,0
R	M 01	0,0
	M 02	1854,1
	M 03	689,5
		Área promedio
D	M 01	0,0
	M 02	1150,8
	M 03	3440,1
	M 04	0,0
	M 05	3706,0
	M 06	2139,9
	M 07	0,0
	M 08	4924,3
	M 09	83923,7
	M 10	1915,9
	M11	2855,7
	M 12	1356,2
	M 13	4391,9

M14	6111,1
M 15	430,9
M 16	133,2
M 17	2928,1
M 18	1218,6
M 19	0,0
M 20	3176,7
M 21	1793,8
M 22	3080,4
M 23	3190,6
M 24	2409,7
M 25	2541,3
M 26	10610,1
M 27	841,3
M 28	2936,1
M 29	1936,8
M 30	8311,3
M 31	4744,5
M 32	1293,3
M 33	847,9
M 34	2442,4
M 35	1357,6
M 36	945,5
M 37	2605,2
M 38	3632,7
M 39	1040,0
M 40	4097,2
M 41	3721,7
M 42	1103,1
M 43	2507,8
M 44	1869,1
M 45	1903,4
Área promedio	4345,9
Promedio total	3652,0

(Fuente:Autor, 2022)

En la tabla 6 se reflejan los valores dimensionales de los fragmentos de plásticos hallados en las diferentes muestras y zonas del sistema de potabilización de agua potable “Mahuarca”, sin embargo no se han hallado estudios que determinen un rango de parámetros aceptables para denominar a estas partículas como microplásticos, sin embargo por la distribución de tamaño realizado en la tabla 5 se puede inferir que esta

cantidad si está dentro de los parámetros aceptados, ya que son menores a 250 μm como asume Orozco y Flores en su investigación (Flores Calle y Orozco Gualoto, 2022).

Sin embargo, se ha visto que no se le ha dado una importancia a este parámetro del área dentro de otros estudios, pero se podría considerar de vital importancia su análisis como un indicador de calidad dentro de los análisis de agua con respecto a los microplásticos

4.2 Identificación del tipo de microplástico a través de FTIR

4.2.1 Tipo de microplásticos

Para poder identificar el tipo de microplástico presente en el sistema de potabilización de agua, primero se debía observar a través del microscopio invertido con el objetivo de poder identificar y señalar aquellas partículas mayores a los 130 μm , debido a que menores a este valor el FTIR no podía realizar un correcto análisis.

Por lo tanto, se pudo determinar el tipo de microplástico a tratar por medio del software OMNIC, generando espectros que posteriormente iban a ser comparados con el software OMNIC Spectra, dado a la mayor especificidad que aporta luego de su respectiva selección de librerías a analizar y las restas espectrales del filtro de nitrocelulosa para una mayor precisión de datos, recopilado la información se tabularon los datos de los polímeros existentes en cada muestra, mostrándose en la tabla 4 su abundancia en cada punto de muestreo.

Tabla 7

Porcentaje de polímero presente en el sistema de potabilización de agua "Mahuarca y"

Zona	Tipo de polímero								
	PTFE	PE	PET	CPE	Poliamida	Polivinil	Nylon	Celofán	Poliéster
C	2,7	41,89	25,68	14,86		5,41		5,41	4,05
R		67,74	32,26						
D		47,98	28,25		4,48	13,9	1,35	4,04	

(Fuente: Autor, 2022).

En la tabla 7 se puede reflejar la abundancia de polímeros en las diferentes zonas del sistema de potabilización de agua "Mahuarca y", el mismo que incrementa o disminuye en las diferentes zonas, sin embargo, se puede ver que PE y PET es aquel polímero que se encuentra presente en todas las fases y en mayor cantidad, lo que en el estudio de Pittroff *et al.* (2021) en el análisis de microplásticos en agua potable la mayor tipo de polímero es el PE con un $86\% \pm 111\%$ y PET $10\% \pm 25\%$, demostrando que al igual que nuestro estudio son aquellos polímeros con mayor incidencia y abundancia, deduciendo que este tipo de plástico puede provenir de envases de alimentos y las tuberías, lo que se infiere que puede existir un desgaste de la tubería que se emplea durante este sistema o una contaminación por las zonas aledañas a las captaciones las cuales por medio de la degradación biótica y abiótica pueden llegar a fuentes hídricas

4.3 Evaluación de las etapas del sistema de potabilización

4.3.1 Estadística descriptiva

Tabla 8

Estadística descriptiva numérica de muestras clasificado por zonas

Indicador	Zonas		
	Captación	Red	Domicilios
Media	56,7	45,3	84,5
Error típico	15,9	27,6	12,1

Mediana	43,0	39,0	55,0
Moda	78,0	...	119,0
Desviación estándar	54,9	47,8	81,5
Varianza de la muestra	3016,8	2286,3	6639,7
Curtosis	2,2	...	11,3
Coefficiente de asimetría	1,4	0,6	2,9
Rango	190,0	95,0	471,0
Mínimo	0,0	1,0	1,0
Máximo	190,0	96,0	472,0
Suma	680,0	136,0	3803,0
Cuenta	12,0	3,0	45,0
Nivel de confianza (95.0%)	34,9	118,8	24,5

(Fuente: Autor, 2022)

Por medio de la tabla 8 que refleja la estadística descriptiva se puede observar que el valor máximo entre las tres zonas se acentúa en la de la zona domiciliaria, mientras que la de menor valor es aquel de la red de distribución, entonces se puede inferir que existe un aumento de la concentración que puede ser dado a que en algunas muestras se encuentra una mayor cantidad de microplástico comparada a otras, comprobándose en la desviación estándar de la misma tabla.

4.3.2 Normalidad:

Seguido del análisis estadístico descriptivo se procedió al desarrollo del análisis de varianza, sin embargo, como primer paso se debe determinar la normalidad de los datos, para poder determinar la distribución de los datos, mediante el cual se plantean hipótesis para aceptarlas o rechazarlas según el resultado.

Las hipótesis planteadas son:

- Hipótesis Nulo (H_0) = Los datos tienen una distribución normal
- Hipótesis Alternativa (H_1) = Los datos no tienen una distribución normal

Por otro lado, se establece un nivel de significancia de 0,

Tabla 9*Prueba de normalidad*

Kolmogorov - Smirnov			
	Estadístico	gl	Sig
Concentración	0,188	60	0,000015

(Fuente: Autor, 2022)

La significancia en la normalidad de los datos es 0,000015 la cual nos determina rechazar la hipótesis nula, es decir acepta la hipótesis alternativa que expresa que los datos no tienen una distribución normal, por lo tanto, se procede a realizar un análisis de varianza del tipo no paramétrico dado a los resultados obtenidos.

4.3.3 Pruebas no paramétricas

La prueba paramétrica del tipo Kruskal-Wallis es un análogo de las pruebas ANOVA, que se realiza para probar si un grupo de datos provienen de una población similar. Para analizar las pruebas no paramétricas de igual forma que la prueba de normalidad se deben plantear hipótesis con un grado de significancia del 0,05, las hipótesis establecidas son:

- Hipótesis Nula (H_0): Las medianas de la población son iguales
- Hipótesis Alternativa (H_1): Las medianas de la población no son iguales

Tabla 10

Prueba no paramétrica para el análisis de varianza

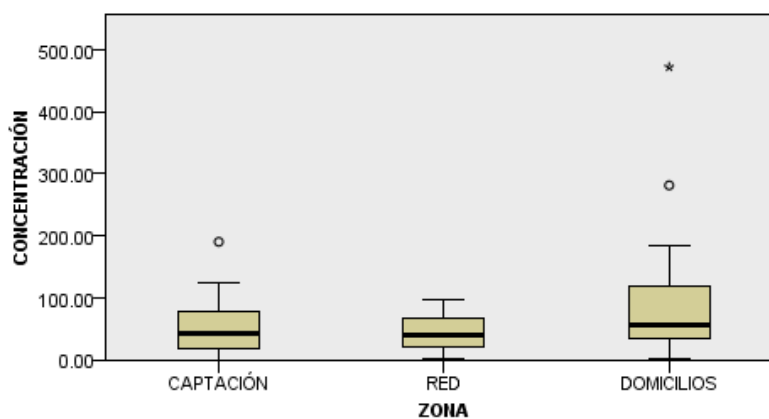
Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de concentración es la misma entre las categorías de zona	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,290	Retener la hipótesis nula

(Fuente: Autor, 2022)

Con los resultados obtenidos y visualizados en la tabla 10 se puede adoptar a la hipótesis nula como la base de la investigación, determinando que los resultados de la concentración de microplástico (fibras + fragmentos) de las muestras de agua poseen una distribución de manera que pertenecen a la misma población.

Figura 4

Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes.



(Fuente: Autor, 2022)

Por medio de la figura 4, se puede visualizar como las medianas de cada zona están relacionadas entre sí al pertenecer al mismo grupo, por ende, la hipótesis aceptada si adquiere relevancia al estar respaldada por el diagrama de caja y bigotes.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se pudo constatar que, en el sistema de potabilización de agua de Azogues, existe una mayor concentración de micropartículas de plásticos en las zonas de redes domiciliarias (84,5 partículas/250 mL) se infiere que la razón es por el desgaste de la tubería que existe en el trayecto de la salida de planta hasta llegar al usuario

La zona de menor concentración de microplásticos es en la zona de distribución, debido a las tres fuentes de agua hídrica que abastece tienen concentraciones de microplásticos diferentes, teniendo en mayor cantidad la captación de Nudpud (82,66 partículas/250 mL) debido a que es una captación cuyos sectores aledaños se encuentran sectores poblados, por lo tanto, al ingresar a la planta se da una homogenización de estas tres captaciones generando un promedio y una disminución de los valores lo que se puede considerar que la planta está eliminando ciertas partículas de un tamaño determinado por lo que disminuye la concentración en las redes de distribución

De acuerdo a nuestro estudio se estableció que la morfología de microplásticos están dentro de los parámetros de estudios anteriores realizados hasta la fecha siendo estos <5 mm en el caso de fibras y menos a 250 μm en el caso de fragmentos, lo que nuestro estudio se encuentra dentro de los límites (1,33 – 4988,73 μm en fibras y 3 – 249,44 en fragmentos).

El área de microplásticos no se han considerado importantes para los estudios anteriores, sin embargo, consideramos que es un indicador importante dentro del estudio de los microplásticos, dado a que este factor puede determinar la calidad del tratamiento de agua potable en la eficiencia de la eliminación de microplásticos

Finalmente, el tipo de microplástico encontrado en mayor abundancia es el PE y PET, un plástico fabricado con mayor intensidad dado a los múltiples usos que los mismos ofrecen, destacándose el de las tuberías y los envases alimenticios, por lo que se infiere que aquella presencia de tipo de plástico en las diferentes muestras de agua analizada puede deberse al desgaste de la tubería de las diferentes etapas que constituyen al sistema de potabilización de agua, siendo importante analizar la durabilidad y el tiempo de uso de las mismas dentro de la planta.

El tipo de microplástico se encuentra en función al sector de la zona de muestreo debido a que PTFE y CPE se encuentran en la mayor cantidad en la zona de captación, el PTFE es un tipo de plástico empleado en las uniones de la tubería, mientras tanto el CPE es un polímero empleado para disminuir el impacto de los tubos PVC mejorando su resistencia y durabilidad, por lo que se infiere que existe un desgaste en estas zonas dado a la presencia de este tipo de plástico

Se pudo determinar que las tres zonas analizadas del sistema se mantienen de igual manera en cada uno de los procesos, dado a que los recursos estadísticos permiten determinar que en cada zona existe la misma concentración de microplásticos; sin embargo se puede determinar que hay ciertas muestras de la zona domiciliaria en el que el nivel del microplásticos se encuentran fuera del promedio, esto puede ser causado a que en las redes domiciliarias se encuentran con tuberías en un proceso de deterioro.

Podemos mencionar que la presencia de plásticos en el medio ambiente se debe a un inadecuado manejo de desechos ente otros factores, de tal forma que se encuentra presentes en el recurso hídrico de los usuarios beneficiarios del servicio de agua potable “Mahuarca” de la ciudad de Azogues, Ecuador,

Por lo que, se debe mantener medidas de control en las diferentes zonas analizadas del sistema de potabilización de agua con relación a la presencia de, ya que a través de este estudio se ha determinado la presencia de el objeto de estudio, dando respuesta a nuestra pregunta de investigación

5.2 Recomendaciones:

Se debería establecer un control más adecuado de la presencia de microplásticos en las fuentes, ya que una de ellas se pudo apreciar tiene una mayor concentración que las otras 2.

Al igual que determinar si los factores climáticos pueden influenciar en la concentración final de microplásticos en las zonas de captaciones.

Se recomienda el estudio de la incidencia de la distancia en la cantidad de microplásticos en las redes de distribución y las redes domiciliarias

De igual forma sería esencial comprobar si las características físico-químicas del agua tienen relación con el desgaste de la tubería que podría ser una fuente de microplásticos en las diferentes etapas del sistema de potabilización.

Se recomienda que se realice un estudio para determinar las características de microplásticos que podrían ser eliminados en los tratamientos de potabilización

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, S. (2020). Metodologías de extracción de microplásticos en tractos gastrointestinales de *Scyliorhinus canicula* (Linnaeus, 1758). Revisión bibliográfica. [Universidad Católica de Valencia]. <https://tinyurl.com/2p833t9x>
- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596-1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
- Andrady, A. L. (2017). The plastic in microplastics: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 119(1), 12-22. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.082>
- Arraiza, N., y Navarro, A. (2001). Manual de microscopia. <http://www.asociacionmicologicamairei.com/wp-content/uploads/2019/09/mmicosco.pdf>
- Athey, S. N., Albotra, S. D., Gordon, C. A., Monteleone, B., Seaton, P., Andrady, A. L., Taylor, A. R., y Brander, S. M. (2020). Trophic transfer of microplastics in an estuarine food chain and the effects of a sorbed legacy pollutant. *Limnology and Oceanography Letters*, 5(1), 154-162. <https://doi.org/10.1002/lol2.10130>
- Avio, C. G., Gorbi, S., y Regoli, F. (2015). Experimental development of a new protocol for extraction and characterization of microplastics in fish tissues: First observations in commercial species from Adriatic Sea. *Marine Environmental Research*, 111, 18-26. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.06.014>
- Ballent, A., Corcoran, P. L., Madden, O., Helm, P. A., y Longstaffe, F. J. (2016). Sources and sinks of microplastics in Canadian Lake Ontario nearshore, tributary and beach sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 110(1), 383-395. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.037>
- Bollaín Pastor, C., Vicente Agulló, D., Bollaín Pastor, C., y Vicente Agulló, D. (2019). Presencia de microplásticos en aguas y su potencial impacto en la salud pública.

Revista Española de Salud Pública, 93.

https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstractypid=S1135-

[57272019000100012ylng=esynrm=isoytlng=es](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstractypid=S1135-57272019000100012ylng=esynrm=isoytlng=es)

Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., y Thompson, R. (2011). Accumulation of Microplastic on Shorelines Woldwide: Sources and Sinks. *Environmental Science y Technology*, 45(21), 9175-9179.

<https://doi.org/10.1021/es201811s>

Browne, M. A., Galloway, T., y Thompson, R. (2007). Microplastic—An emerging contaminant of potential concern? *Integrated Environmental Assessment and Management*, 3(4), 559-561. <https://doi.org/10.1002/ieam.5630030412>

Cai, Y., Li, C., y Zhao, Y. (2021). A Review of the Migration and Transformation of Microplastics in Inland Water Systems. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(1), 148. <https://doi.org/10.3390/ijerph19010148>

Calvo, S. (2020). Detección y caracterización por tamaños de micro y nanoplásticos en muestras de interés ambiental [Universidad de Zaragoza]. <https://zaguan.unizar.es/record/97987/files/TAZ-TFG-2020-3200.pdf>

Campanale, C., Massarelli, C., Savino, I., Locaputo, V., y Uricchio, V. F. (2020). A Detailed Review Study on Potential Effects of Microplastics and Additives of Concern on Human Health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(4), 1212. <https://doi.org/10.3390/ijerph17041212>

Canchari, F., y Iannacone, J. A. (2022). MICROPLASTICOS EN SEDIMENTOS DE CANALES DE RIEGO EN EL CENTRO POBLADO DE MADEÁN, DISTRITO DE MADEÁN, PROVINCIA DE YAUYOS, REGIÓN LIMA, PERÚ. *The Biologist*, 20(1), 85-92. <https://doi.org/10.24039/rtb20222011318>

- Carr, S. A., Liu, J., y Tesoro, A. G. (2016). Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants. *Water Research*, 91, 174-182. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.01.002>
- Cera polietilénica oxidada PEO-600, de Stuktol. (s. f.). Recuperado 14 de junio de 2022, de <https://www.plastico.com/producto-descripcion/cera-polietilenica-peo-600+Showroom30417603000996>
- Chávez, B. A. (2019). PRESENCIA DE MICROPLASTICO DERIVADO DE LA DEGRADACION DE TANQUES DE RESERVA PLASTICOS EN EL AGUA POTABLE DE RIOBAMBA. [Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/5608>
- Chen, Q., Yin, D., Jia, Y., Schiwy, S., Legradi, J., Yang, S., y Hollert, H. (2017). Enhanced uptake of BPA in the presence of nanoplastics can lead to neurotoxic effects in adult zebrafish. *Science of The Total Environment*, 609, 1312-1321. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.144>
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., y Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2588-2597. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>
- de Sá, L. C., Oliveira, M., Ribeiro, F., Rocha, T. L., y Futter, M. N. (2018). Studies of the effects of microplastics on aquatic organisms: What do we know and where should we focus our efforts in the future? *The Science of the Total Environment*, 645, 1029-1039. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.207>
- Dehaut, A., Cassone, A.-L., Frère, L., Hermabessiere, L., Himber, C., Rinnert, E., Rivière, G., Lambert, C., Soudant, P., Huvet, A., Duflos, G., y Paul-Pont, I. (2016). Microplastics in seafood: Benchmark protocol for their extraction and

- characterization. *Environmental Pollution*, 215, 223-233.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.05.018>
- Deng, Y., Zhang, Y., Lemos, B., y Ren, H. (2017). Tissue accumulation of microplastics in mice and biomarker responses suggest widespread health risks of exposure. *Scientific Reports*, 7(1), 46687. <https://doi.org/10.1038/srep46687>
- Diaz-Basantes, M. F., Conesa, J. A., y Fullana, A. (2020). Microplastics in Honey, Beer, Milk and Refreshments in Ecuador as Emerging Contaminants. *Sustainability*, 12(14), 5514. <https://doi.org/10.3390/su12145514>
- Ding, J.-F., Li, J.-X., Sun, C.-J., He, C.-F., Jiang, F.-H., Gao, F.-L., y Zheng, L. (2018). Separation and Identification of Microplastics in Digestive System of Bivalves. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 46(5), 690-697. [https://doi.org/10.1016/S1872-2040\(18\)61086-2](https://doi.org/10.1016/S1872-2040(18)61086-2)
- Donoso, J. M. (2018). Cuantificación de la presencia de microplásticos en la cuenca alta del Rio Guayllabamba [UDLA]. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/9983>
- El Politetrafluoroetileno. (2019, febrero 25). <https://todoenpolimeros.com/2019/02/25/el-politetrafluoroetileno-2/>
- Flores Calle, J. E., y Orozco Gualoto, K. G. (2022). Evaluación de la presencia de microplásticos en agua embotellada en la Regional 6. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21656>
- Gallut, P. (2016). Aislamiento y Cultivo de microorganismos asociados a oncoides de manantiales hidrotermales de Santispac, Bahía Concepción, B.C.S, Mpxico [Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.]. https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/424/1/gallut_p.pdf
- f

- Glosario: Espectro electromagnético. (s. f.). Recuperado 25 de julio de 2022, de https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/es/lamparas-bajo-consumo/glosario/def/espectro-electromagnetico.htm
- Gregory, M. R. (1996). Plastic ‘scrubbers’ in hand cleansers: A further (and minor) source for 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)
- Guo, J.-J., Huang, X.-P., Xiang, L., Wang, Y.-Z., Li, Y.-W., Li, H., Cai, Q.-Y., Mo, C.-H., y Wong, M.-H. (2020). Source, migration and toxicology of microplastics in soil. *Environment International*, 137, 105263. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105263>
- Gutiérrez, H., y de la Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos (Segunda)*. McGraw Hill.
- Hesler, M., Aengenheister, L., Ellinger, B., Drexel, R., Straskraba, S., Jost, C., Wagner, S., Meier, F., von Briesen, H., Büchel, C., Wick, P., Buerki-Thurnherr, T., y Kohl, Y. (2019). Multi-endpoint toxicological assessment of polystyrene nano- and microparticles in different biological models in vitro. *Toxicology in Vitro*, 61, 104610. <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2019.104610>
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., y Thiel, M. (2012). Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science y Technology*, 46(6), 3060-3075. <https://doi.org/10.1021/es2031505>
- Intrumentación Científico Técnica. (s. f.). Microfiltración.
- 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>

- Karami, A., Golieskardi, A., Keong Choo, C., Larat, V., Galloway, T. S., y Salamatinia, B. (2017). The presence of microplastics in commercial salts from different countries. *Scientific Reports*, 7(1), 46173. <https://doi.org/10.1038/srep46173>
- Kedzierski, M., Lechat, B., Sire, O., Le Maguer, G., Le Tilly, V., y Bruzard, S. (2020). Microplastic contamination of packaged meat: Occurrence and associated risks. *Food Packaging and Shelf Life*, 24, 100489. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100489>
- Kosuth, M., Mason, S. A., y Wattenberg, E. V. (2018). Anthropogenic contamination of tap water, beer, and sea salt. *PLOS ONE*, 13(4), e0194970. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194970>
- Lambert, S., y Wagner, M. (2016). Characterisation of nanoplastics during the degradation of polystyrene. *Chemosphere*, 145, 265-268. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.11.078>
- Law, K. L. (2017). Plastics in the Marine Environment. *Annual Review of Marine Science*, 9(1), 205-229. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010816-060409>
- Lebreton, L. C. M., van der Zwet, J., Damsteeg, J.-W., Slat, B., Andrady, A., y Reisser, J. (2017). River plastic emissions to the world's oceans. *Nature Communications*, 8(1), 15611. <https://doi.org/10.1038/ncomms15611>
- Lu, L., Luo, T., Zhao, Y., Cai, C., Fu, Z., y Jin, Y. (2019). Interaction between microplastics and microorganism as well as gut microbiota: A consideration on environmental animal and human health. *Science of The Total Environment*, 667, 94-100. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.380>
- Lusher, A., Bråte, I. L., Hurley, R., Iversen, K., y Olsen, M. (2017). Testing of methodology for measuring microplastics in blue mussels (*Mytilus* spp) and

- sediments, and recommendations for future monitoring of microplastics (R y D-project). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24399.59041>
- Magalhães, S., Alves, L., Medronho, B., Romano, A., y Rasteiro, M. da G. (2020). Microplastics in Ecosystems: From Current Trends to Bio-Based Removal Strategies. *Molecules*, 25(17), 3954. <https://doi.org/10.3390/molecules25173954>
- Malyuskin, O. (2020). Microplastic Detection in Soil and Water Using Resonance Microwave Spectroscopy: A Feasibility Study. *IEEE Sensors Journal*, 20(24), 14817-14826. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2020.3011311>
- Michelaraki, M., Joseph, O., Karnik, S., Devalla, S., Madanan, K., y Prabhu, R. (2020). Potential for Nile red dye-based analysis of microplastics from oceanic samples. <https://doi.org/10.1109/IEEECONF38699.2020.9389207>
- Microscopía de fluorescencia. (2022). Leica microsystems. <https://www.leica-microsystems.com/es/aplicaciones/ciencias-biologicas/fluorescencia/>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2006). Cartilla de operación y mantenimiento de sistema rurales de agua potable con captación superficial.
- Mintenig, S. M., Löder, M. G. J., Primpke, S., y Gerdt, G. (2019). Low numbers of microplastics detected in drinking water from ground water sources. *Science of The Total Environment*, 648, 631-635. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.178>
- MSP - PASSE. (2009). Manual de Operación y Mantenimiento—Guía para las Juntas Administradoras de Agua Potable y Saneamiento “JAAPs.
- Mukotaka, A., Kataoka, T., y Nihei, Y. (2021). Rapid analytical method for characterization and quantification of microplastics in tap water using a Fourier-transform infrared microscope. *Science of The Total Environment*, 790, 148231. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148231>

- NTE INEN 1 108:2011. (2011). En Instituto Ecuatoriano de normalización.
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1108.pdf>
- Oliveri Conti, G., Ferrante, M., Banni, M., Favara, C., Nicolosi, I., Cristaldi, A., Fiore, M., y Zuccarello, P. (2020). Micro- and nano-plastics in edible fruit and vegetables. The first diet risks assessment for the general population. *Environmental Research*, 187, 109677.
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109677>
- Patrício Silva, A. L. (2021). Future-proofing plastic waste management for a circular bioeconomy. *Current Opinion in Environmental Science y Health*, 22, 100263.
<https://doi.org/10.1016/j.coesh.2021.100263>
- Perry, R. (2001). *Manual del Ingeniero Químico* (7ma ed., Vol. 1-3).
<https://www.rachidscience.com/2020/07/manual-del-ingeniero-quimico-6ta.html>
- Pittroff, M., Müller, Y., Witzig, C., Scheurer, M., Storck, F., y Zumbülte, 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-y>
- Pivokonsky, M., Cermakova, L., Novotna, K., Peer, P., Cajthaml, T., y Janda, V. (2018). Occurrence of microplastics in raw and treated drinking water. *Science of The Total Environment*, 643, 1644-1651.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.102>
- Poliamida nylon PA - TECAMID | Ensinger. (s. f.). Recuperado 14 de junio de 2022, de <https://www.ensingerplastics.com/es-br/semielaborados/plasticos-de-ingenieria/poliamida-pa>
- Polietileno Clorado. (2018, mayo 23).
<https://todoenpolimeros.com/2018/05/23/polietileno-clorado/>

- Polímeros Termofijos. (2017, abril 24). <https://todoenpolimeros.com/2017/04/24/3209/>
- Pratesi, C., Almeida, M., Paz, G., Teotonio, M., Gandolfi, L., Pratesi, R., Hecht, M., y Zandonadi, R. (2021). Presence and Quantification of Microplastic in Urban Tap Water: A Pre-Screening in Brasilia, Brazil. *Sustainability*, 13, 6404. <https://doi.org/10.3390/su13116404>
- ¿Qué es el PET? (s. f.). Recuperado 25 de julio de 2022, de <https://www.acoplasticos.org/index.php/mnu-pre/opm-bus-pref/36-opc-fag-pre4>
- ¿Qué es el poliéster? ¿Para qué se utiliza? | Ventajas e inconvenientes. (2016, abril 14). TextilOn. <https://textilon.es/2016/04/14/el-poliester-en-prendas-deportivas-y-merchandising/>
- Rech, S., Macaya-Caquilpán, V., Pantoja, J. F., Rivadeneira, M. M., Campodónico, C. K., y Thiel, M. (2015). Sampling of riverine litter with citizen scientists— Findings and recommendations. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(6), 335. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4473-y>
- Resinas termoplásticas: Cuáles son sus aplicaciones | Polyexcel. (2021, junio 21). <https://polyexcel.com.br/es/esp-industria/resinas-termoplasticas-para-que-sirven-y-cuales-son-sus-aplicaciones/>
- Ripken, C., Kotsifaki, D. G., y Nic Chormaic, S. (2021). Analysis of small microplastics in coastal surface water samples of the subtropical island of Okinawa, Japan. *The Science of the Total Environment*, 760, 143927. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143927>
- Royo-Nieto, E., y Montoto, T. (2017). Basuras marinas, plásticos y microplásticos: Orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global. <https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/56275/2/informe-basuras-marinas.pdf>

- Romeo, T., Pietro, B., Pedà, C., Consoli, P., Andaloro, F., y Fossi, M. C. (2015). First evidence of presence of plastic debris in stomach of large pelagic fish in the Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 95(1), 358-361. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.04.048>
- Sarria Villa, R. A., y Gallo-Corredor, A. (2016). La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Microplásticos.
- Schwabl, P., Köppel, S., Königshofer, P., Bucsics, T., Trauner, M., Reiberger, T., y Liebmann, B. (2019). Detection of Various Microplastics in Human Stool. *Annals of Internal Medicine*, 171(7), 453-457. <https://doi.org/10.7326/M19-0618>
- Shen, M., Zeng, Z., Wen, X., Ren, X., Zeng, G., Zhang, Y., y Xiao, R. (2021). Presence of microplastics in drinking water from freshwater sources: The investigation in Changsha, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(31), 42313-42324. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13769-x>
- Shruti, V. C., Pérez-Guevara, F., y Kutralam-Muniasamy, G. (2020). Metro station free drinking water fountain- A potential «microplastics hotspot» for human consumption. *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)*, 261, 114227. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114227>
- Sierra, I., Chialanza, M. R., Faccio, R., Carrizo, D., Fornaro, L., y Pérez-Parada, A. (2020). Identification of microplastics in wastewater samples by means of polarized light optical microscopy. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(7), 7409-7419. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07011-y>
- Silva, A. L. P., Prata, J. C., Duarte, A. C., Soares, A. M. V. M., Barceló, D., y Rocha-Santos, T. (2021). Microplastics in landfill leachates: The need for reconnaissance studies and remediation technologies. *Case Studies in Chemical*

- and Environmental Engineering, 3, 100072.
<https://doi.org/10.1016/j.cscee.2020.100072>
- Smith, M., Love, D. C., Rochman, C. M., y Neff, R. A. (2018). Microplastics in Seafood and the Implications for Human Health. *Current Environmental Health Reports*, 5(3), 375-386. <https://doi.org/10.1007/s40572-018-0206-z>
- Stock, F., Kochleus, C., Bänisch-Baltruschat, B., Brennholt, N., y Reifferscheid, G. (2019). Sampling techniques and preparation methods for microplastic analyses in the aquatic environment – A review. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 113, 84-92. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.01.014>
- Thompson, R. C. (2015). Microplastics in the Marine Environment: Sources, Consequences and Solutions. En M. Bergmann, L. Gutow, y M. Klages (Eds.), *Marine Anthropogenic Litter* (pp. 185-200). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_7
- van Emmerik, T., Tramoy, R., van Calcar, C., Alligant, S., Treilles, R., Tassin, B., y Gasperi, J. (2019a). Seine Plastic Debris Transport Tenfolded During Increased River Discharge. *Frontiers in Marine Science*, 6. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fmars.2019.00642>
- van Emmerik, T., Tramoy, R., van Calcar, C., Alligant, S., Treilles, R., Tassin, B., y Gasperi, J. (2019b). Seine Plastic Debris Transport Tenfolded During Increased River Discharge. *Frontiers in Marine Science*, 6. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fmars.2019.00642>
- Vidal, L., Sandoval, A. E. M., y Duque, G. (2021). Incremento de la contaminación por microplásticos en aguas superficiales de la bahía de Buenaventura, Pacífico colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 50(2), 113-132. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2021.50.2.1032>

- Willis, K. A., Eriksen, R., Wilcox, C., y Hardesty, B. D. (2017). Microplastic Distribution at Different Sediment Depths in an Urban Estuary. *Frontiers in Marine Science*, 4. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fmars.2017.00419>
- Wu, W.-M., Yang, J., y Criddle, C. S. (2016). Microplastics pollution and reduction strategies. *Frontiers of Environmental Science y Engineering*, 11(1), 6. <https://doi.org/10.1007/s11783-017-0897-7>
- Zhang, Z., y Chen, Y. (2020). Effects of microplastics on wastewater and sewage sludge treatment and their removal: A review. *Chemical Engineering Journal*, 382, 122955. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.122955>
- Zhu, D., Bi, Q.-F., Xiang, Q., Chen, Q.-L., Christie, P., Ke, X., Wu, L.-H., y Zhu, Y.-G. (2018). Trophic predator-prey relationships promote transport of microplastics compared with the single *Hypoaspis aculeifer* and *Folsomia candida*. *Environmental Pollution*, 235, 150-154. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.12.058>

ANEXOS

Anexo A: Fecha de toma de muestras

Tabla 11

Fecha de toma de muestras de las diferentes zonas

Información general	
Provincia:	Cañar
Ciudad:	Azogues
Número de muestras:	20
Datos de las muestras	
Muestra zona C	Fecha de toma
1	4-may
2	19-may
3	1-jun
4	4-may
5	19-may
6	1-jun
7	4-may
8	10-apr
9	1-jun
10	4-jun
11	10-may
12	1-jun
Muestra zona R	Fecha de toma
1	4-may
2	10-may
3	1-jun
Muestra zona D	Fecha de toma
1	7-may
2	7-may
3	7-may
4	7-may
5	7-may
6	7-may
7	7-may
8	7-may
9	7-may
10	7-may
11	7-may
12	7-may

13	7-may
14	7-may
15	7-may
16	22-may
17	22-may
18	22-may
19	22-may
20	22-may
21	22-may
22	22-may
23	22-may
24	22-may
25	22-may
26	22-may
27	22-may
28	22-may
29	22-may
30	22-may
31	5-jun
32	5-jun
33	5-jun
34	5-jun
35	5-jun
36	5-jun
37	5-jun
38	5-jun
39	5-jun
40	5-jun
41	5-jun
42	5-jun
43	5-jun
44	5-jun
45	5-jun

(Fuente: Autor, 2022)

Anexo B: Metodología de extracción de microplásticos

Figura 5

Salida de agua potable de la planta “Mahucarcay”



(Fuente: Autor, 2022)

Figura 6

Muestras de un litro de agua en botellas ámbar y tapadas con corcho previamente etiquetadas



(Fuente: Autor, 2022)

Figura 7

Proceso de digestión



(Fuente: Autor, 2022)

Figura 8

Equipo de filtración al vacío



(Fuente: Autor, 2022)

Figura 9

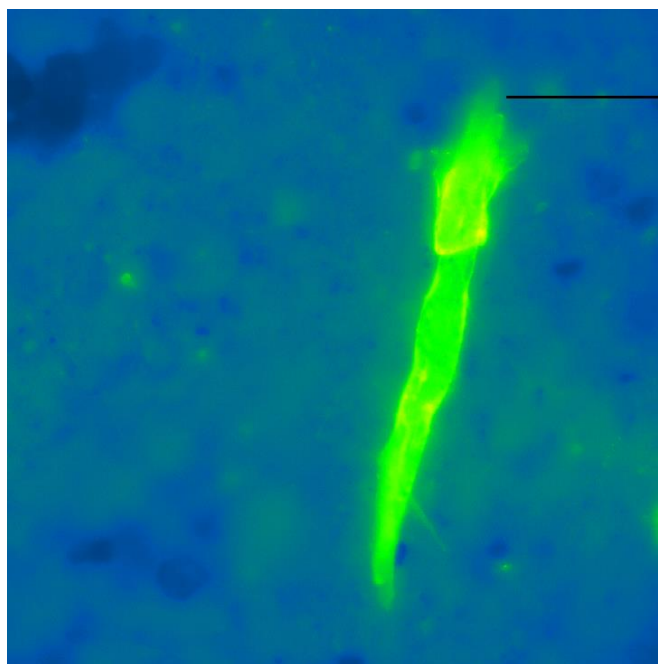
Filtros secados a temperatura ambiente



(Fuente: Autor, 2022)

Anexo C: Microplásticos observados con aumento 10x**Figura 10**

Fragmento de microplástico en la zona de captación



(Fuente: Autor, 2022)

Figura 11

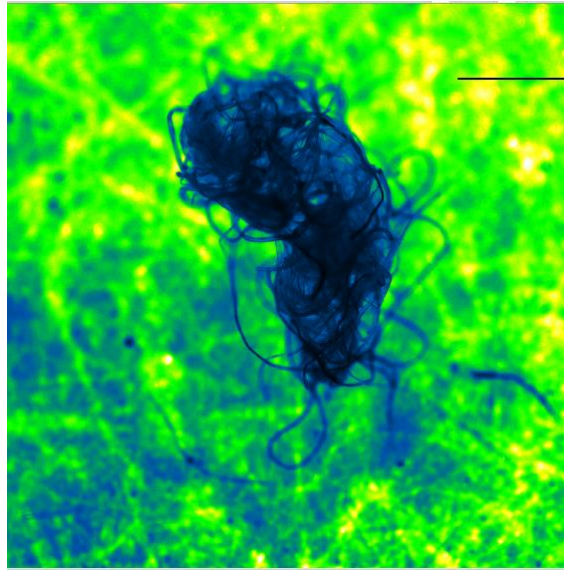
Fragmento de microplástico en la zona de captación



(Fuente: Autor, 2022)

Figura 12

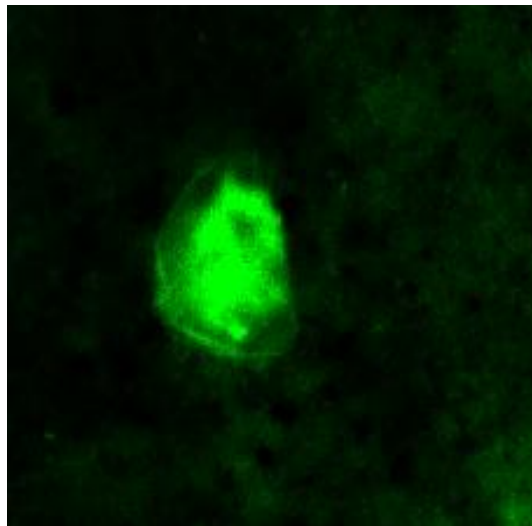
Fibra de microplástico en la zona de domicilios



(Fuente: Autor, 2022)

Figura 13

Fragmento de microplástico en la zona de red



(Fuente: Autor, 2022)

Anexo D: Total de partículas encontradas por cuadrantes

Tabla 12

Microplásticos encontrados en la zona de captación

Muestras en la Zona de Captación											
MUESTRAS	Fragmentos					Fibras					Total de partículas
	Cuadrantes				Total de fragmentos	Cuadrantes				Total de fibras	
	1	2	3	4		1	2	3	4		
1	10	4	8	6	28	8	4	5	2	19	47
2	25	33	21	80	159	14	6	7	4	31	190
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	1	2	2	3	8	8
5	17	15	11	23	66	2	2	3	5	12	78
6	13	6	3	11	33	12	8	3	10	33	66
7	11	5	3	1	20	11	5	1	1	18	38
8	0	0	0	0	0	13	5	10	2	30	30
9	10	30	61	9	110	47	55	6	4	110	220
10	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	2
11	3	2	17	2	24	9	7	5	9	20	44
12	20	4	14	32	70	6	5	27	32	70	140

(Fuente: Autor, 2022)

Tabla 13*Microplásticos encontrados en la zona de red de distribución*

Muestras en la Zona de Red												
MUESTRAS	Fragmentos					Fibras					Total de partículas	
	Cuadrantes				Total de fragmentos	Cuadrantes				Total de fibras		
	1	2	3	4		1	2	3	4			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
2	25	11	17	4	57	20	4	7	8	39	96	
3	15	5	3	4	27	12	5	6	4	27	54	

(Fuente: Autor, 2022)

Tabla 14*Microplásticos encontrados en la zona de domicilios*

Muestras en la Zona de Domicilios											
MUESTRAS	Fragmentos					Fibras					Total de partículas
	Cuadrantes				Total de fragmentos	Cuadrantes				Total de fibras	
	1	2	3	4		1	2	3	4		
1	0	0	0	0	0	4	2	3	1	10	10
2	19	15	29	37	100	2	1	1	15	19	119
3	0	0	0	2	2	1	0	0	1	2	4
4	0	0	0	0	0	8	6	8	23	45	45
5	5	0	0	4	9	6	3	10	6	25	34
6	4	6	3	5	19	6	7	3	3	19	38
7	0	0	0	0	0	25	33	40	47	145	145
8	2	3	2	0	7	11	9	3	25	48	55
9	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	2
10	41	45	31	25	142	115	36	51	28	230	372
11	2	3	10	2	17	43	11	4	4	62	79
12	4	5	3	6	18	4	5	3	6	18	36
13	3	5	2	3	13	4	5	3	5	17	30
14	3	0	1	0	4	21	4	15	7	47	51
15	2	2	10	22	36	4	1	10	21	36	72
16	0	0	0	1	1	1	2	21	33	57	58
17	0	3	5	2	10	13	4	3	2	22	32
18	16	3	4	11	34	12	4	5	13	34	68
19	0	0	0	0	0	16	5	3	5	29	29

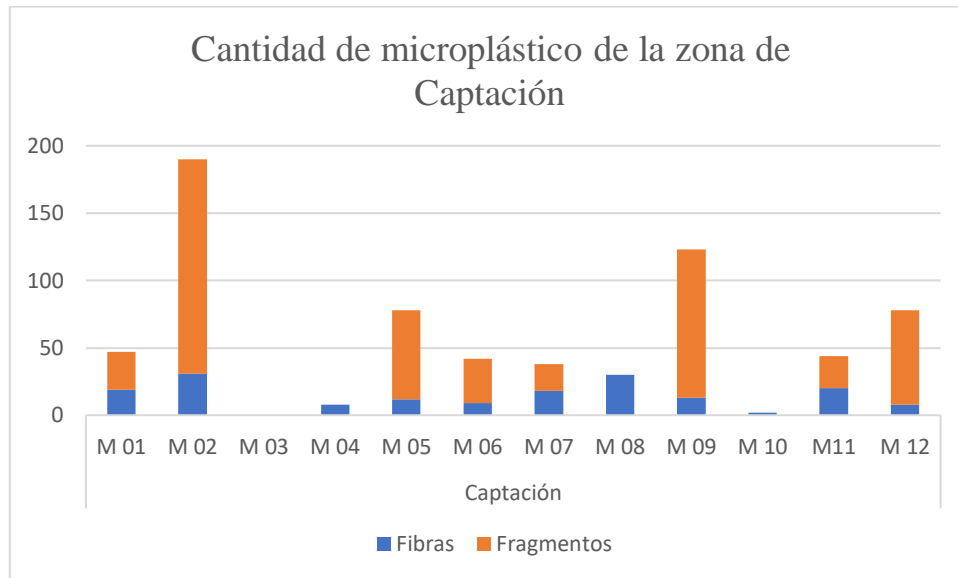
20	3	5	5	2	15	22	7	3	5	37	52
21	2	5	3	9	19	5	6	5	3	19	38
22	0	5	3	13	21	3	11	39	24	77	98
23	5	4	9	3	21	4	8	19	1	30	51
24	3	7	2	9	21	2	5	10	4	21	42
25	2	5	2	1	10	12	5	9	2	28	38
26	2	1	0	0	3	10	9	6	32	57	60
27	8	20	31	9	68	4	5	22	37	68	136
28	8	5	3	14	30	0	0	0	0	0	30
29	6	31	47	23	107	23	7	2	17	49	156
30	0	1	0	1	2	1	0	0	1	2	4
31	25	20	5	17	67	35	3	11	3	52	119
32	26	50	38	44	158	2	0	7	16	25	183
33	23	36	9	9	77	0	8	44	25	77	154
34	68	51	22	34	175	0	0	0	0	0	175
35	1	1	3	4	9	4	3	0	1	8	17
36	3	4	7	4	18	2	5	7	4	18	36
37	12	7	1	3	23	23	39	2	6	70	93
38	13	4	3	3	23	7	11	5	22	45	68
39	7	11	3	5	26	6	8	7	5	26	52
40	16	3	21	34	68	23	9	12	4	48	116
41	6	3	11	30	50	14	5	10	7	41	91
42	4	5	8	8	25	5	11	3	6	25	50
43	2	0	0	4	6	12	5	6	5	28	34
44	22	51	38	61	172	44	6	24	35	109	281
45	27	33	15	24	92	13	10	47	22	92	184

(Fuente: Autor, 2022)

Anexo E: Cuantificación de microplásticos en las diferentes zonas

Gráfico 1

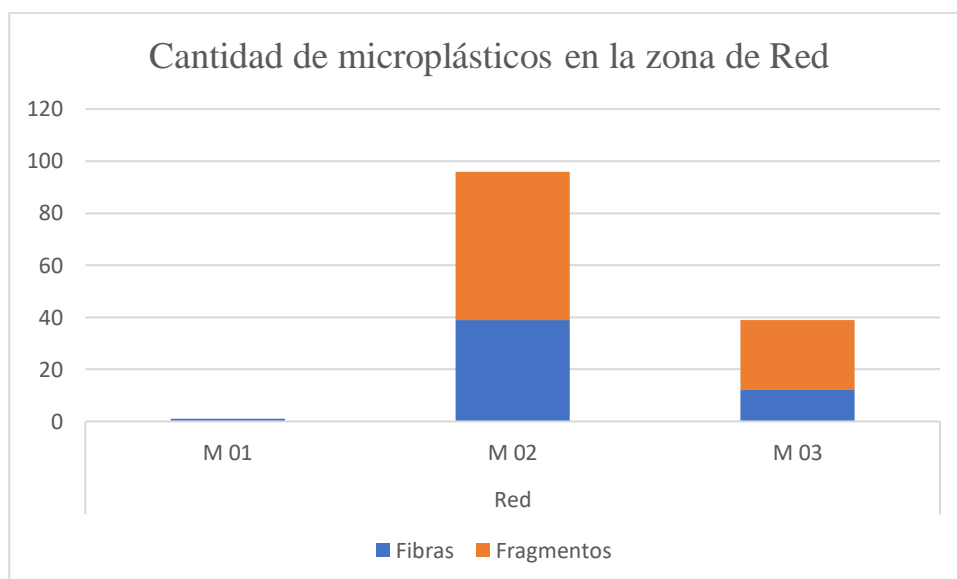
Cantidad de microplásticos en la zona de captación



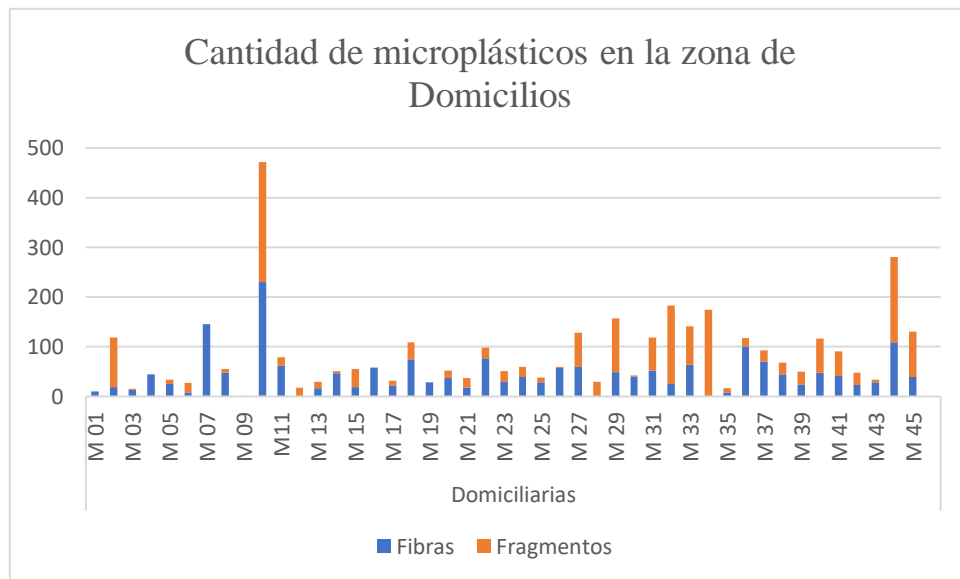
(Fuente: Autor, 2022)

Gráfico 2

Cantidad de microplásticos en la zona de red de distribución



(Fuente: Autor, 2022)

Gráfico 3*Cantidad de microplásticos en la zona de domicilios*

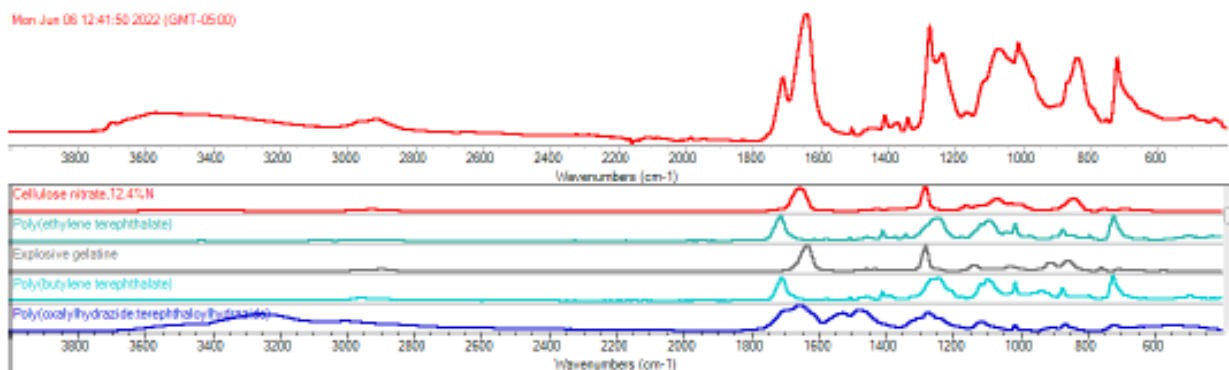
(Fuente: Autor, 2022)

Anexo F: Reportes de OMNIC Spectra

Reportes Zona de Captación

Spectrum Search Results

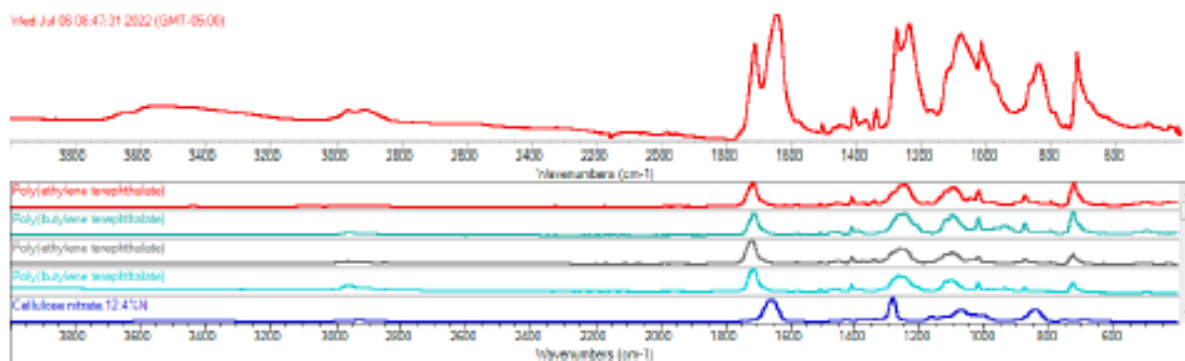
Mon Jan 06 12:41:59 2022 (GMT-05:00)



	Match	Title	Range	Folder	Filename	Index
1	59.01	Cellulose nitrate,12.4%N	4000.0-400.0	HR Hummel Polymer and Additives	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 06.lbd	757
2	52.10	Poly(ethylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 64.lbd	57
3	51.92	Explosive gelatine	4000.0-400.0	HR Hummel Polymer and Additives	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 06.lbd	779
4	46.98	Poly(butylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 64.lbd	40
5	45.00	Poly(oxalylhydrazide:tere phthaloylhydrazide)	4000.0-400.0	HR Hummel Polymer and Additives	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 06.lbd	369

Spectrum Search Results

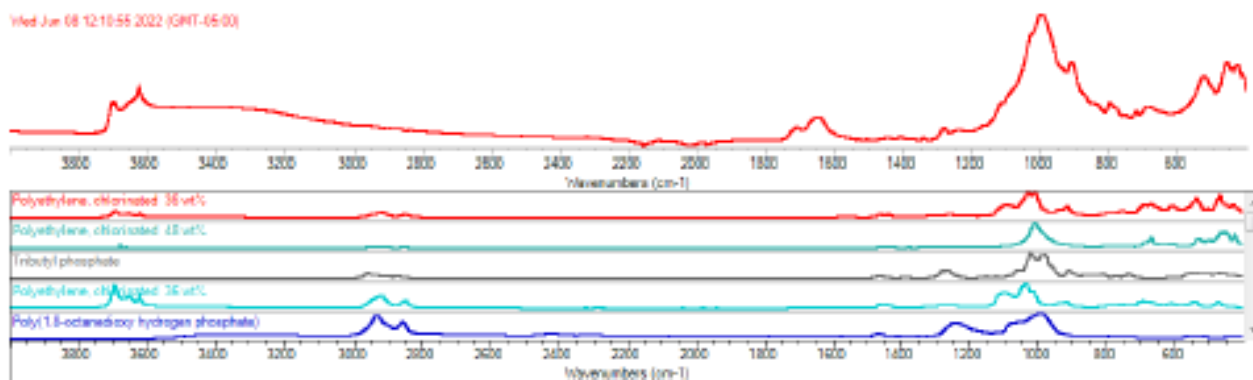
Wed Jul 06 08:47:31 2022 (GMT-05:00)



	Match	Title	Range	Folder	Filename	Index
1	66.45	Poly(ethylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 64.lbd	57
2	59.06	Poly(butylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 64.lbd	40
3	58.73	Poly(ethylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR - corrected	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 65.lbd	57
4	56.03	Poly(butylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR - corrected	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 65.lbd	40
5	47.96	Cellulose nitrate, 12.4%N	4000.0-400.0	HR Hummel Polymer and Additives	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 06.lbd	757

Spectrum Search Results

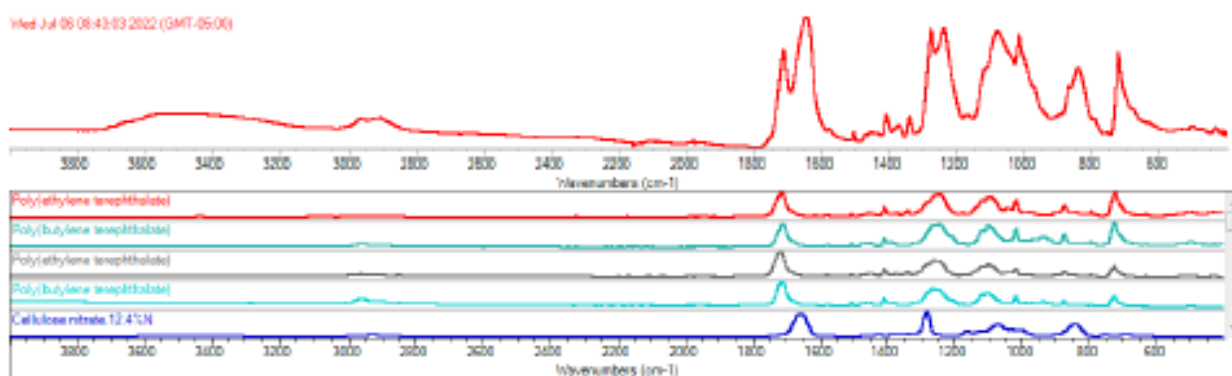
Wed Jun 08 12:10:55 2022 (GMT-05:00)



	Match	Title	Range	Folder	Filename	Index
1	40.04	Polyethylene, chlorinated 36 wt%	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR	c:\my documen ts\omnic libs\sea4 64.lbd	51
2	36.55	Polyethylene, chlorinated 48 wt%	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR	c:\my documen ts\omnic libs\sea4 64.lbd	53
3	33.83	Tributyl phosphate	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR	c:\my documen ts\omnic libs\sea4 64.lbd	168
4	30.20	Polyethylene, chlorinated 36 wt%	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR - corrected	c:\my documen ts\omnic libs\sea4 65.lbd	51
5	28.03	Poly(1,8-octanedioxy hydrogen phosphate)	4000.0-400.0	HR Hummel Polymer and Additives	c:\my documen ts\omnic libs\sea4 06.lbd	911

Spectrum Search Results

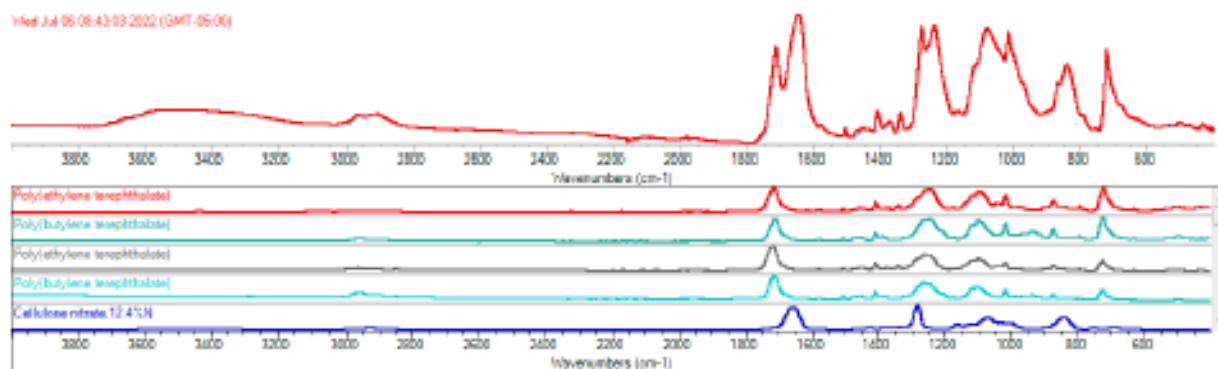
Wed Jul 06 08:43:03 2022 (GMT-05:00)



	Match	Title	Range	Folder	Filename	Index
1	66.79	Poly(ethylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 64.lbd	57
2	59.25	Poly(butylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 64.lbd	40
3	58.04	Poly(ethylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR - corrected	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 65.lbd	57
4	55.33	Poly(butylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR - corrected	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 65.lbd	40
5	49.28	Cellulose nitrate, 12.4%N	4000.0-400.0	HR Hummel Polymer and Additives	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 06.lbd	757

Spectrum Search Results

Wed Jul 06 08:43:03 2022 (GMT-05:00)

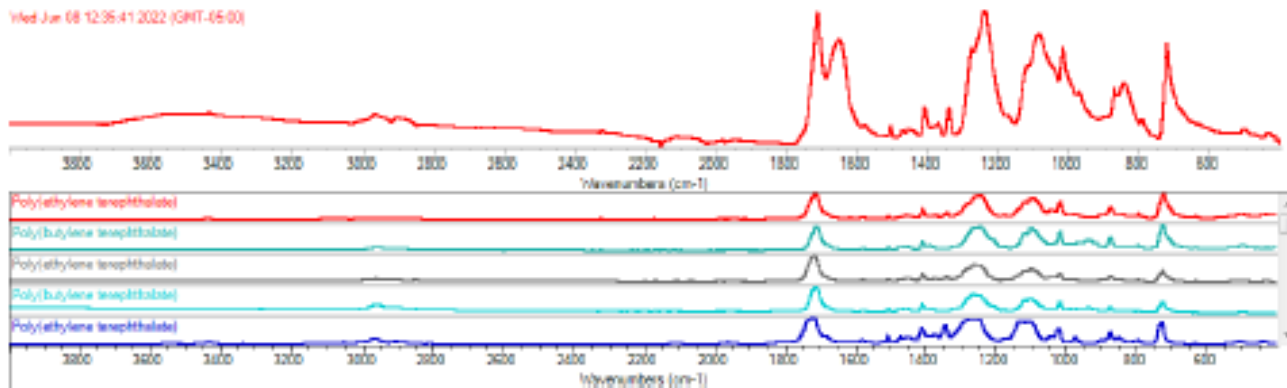


	Match	Title	Range	Folder	Filename	Index
1	66.79	Poly(ethylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 64.lbd	57
2	59.25	Poly(butylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 64.lbd	40
3	58.04	Poly(ethylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR - corrected	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 65.lbd	57
4	55.33	Poly(butylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR - corrected	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 65.lbd	40
5	49.28	Cellulose nitrate,12.4%N	4000.0-400.0	HR Hummel Polymer and Additives	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 06.lbd	757

Reportes de la zona de distribución

Spectrum Search Results

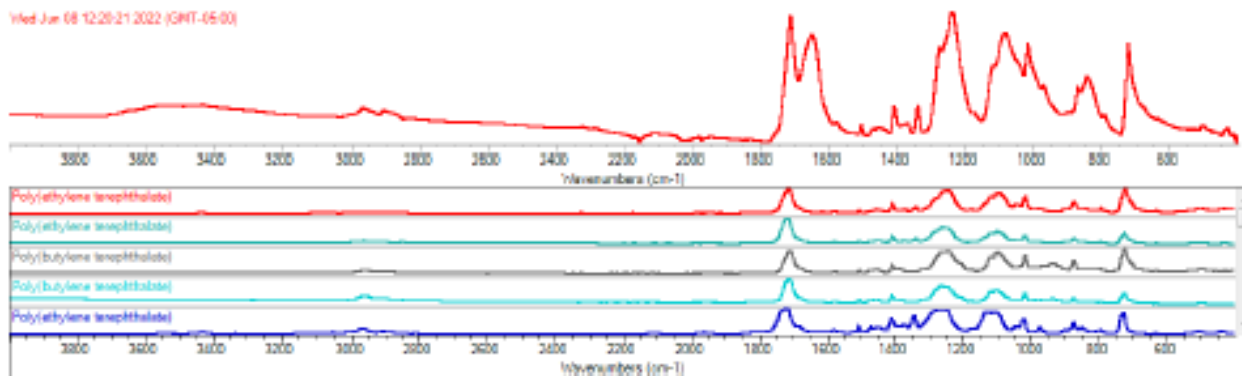
Wed Jun 08 12:35:41 2022 (GMT-05:00)



	Match	Title	Range	Folder	Filename	Index
1	80.83	Poly(ethylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR	c:\my documen ts\omnic libs\sea4 64.lbd	57
2	71.94	Poly(butylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR	c:\my documen ts\omnic libs\sea4 64.lbd	40
3	71.57	Poly(ethylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR - corrected	c:\my documen ts\omnic libs\sea4 65.lbd	57
4	68.34	Poly(butylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR - corrected	c:\my documen ts\omnic libs\sea4 65.lbd	40
5	51.35	Poly(ethylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Hummel Polymer and Additives	c:\my documen ts\omnic libs\sea4 06.lbd	543

Spectrum Search Results

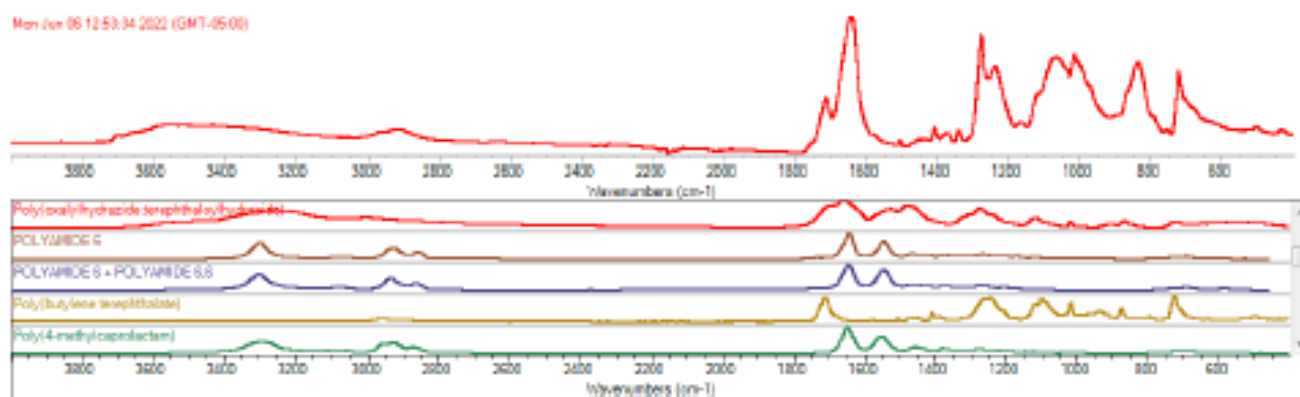
Wed Jun 08 12:29:21 2022 (GMT-05:00)



	Match	Title	Range	Folder	Filename	Index
1	79.05	Poly(ethylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 64.lbd	57
2	70.49	Poly(ethylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR - corrected	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 65.lbd	57
3	70.36	Poly(butylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 64.lbd	40
4	67.14	Poly(butylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR - corrected	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 65.lbd	40
5	49.54	Poly(ethylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Hummel Polymer and Additives	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 06.lbd	543

Spectrum Search Results

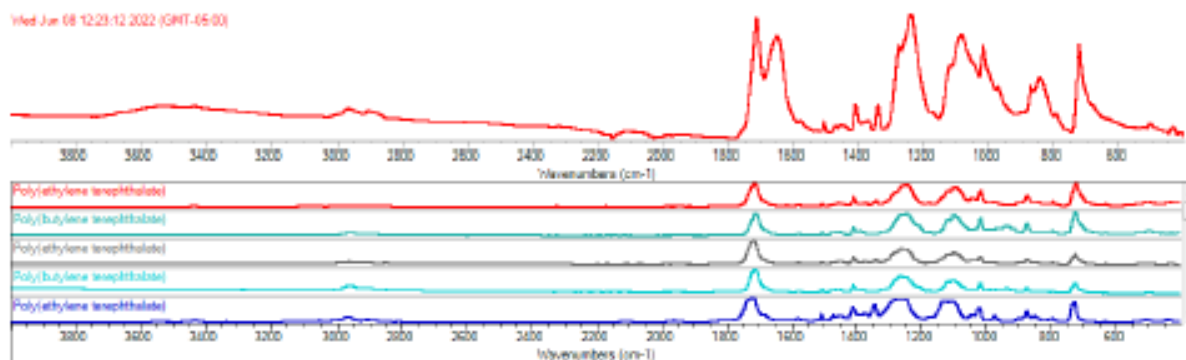
Mon Jun 06 12:53:34 2022 (GMT+05:00)



	Match	Title	Range	Folder	Filename	Index
5	42.49	Poly(oxalylhydrazide:terephthaloylhydrazide)	4000.0-400.0	HR Hummel Polymer and Additives	c:\my documents\omnic\libs\sea406.lbd	369
6	40.83	POLYAMIDE 6	4000.0-447.5	Hummel Polymer Sample Library	c:\my documents\omnic\libs\sea006d.lbd	1
7	40.50	POLYAMIDE 6 + POLYAMIDE 6,6	4000.0-447.5	Hummel Polymer Sample Library	c:\my documents\omnic\libs\sea006d.lbd	28
8	40.34	Poly(butylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR	c:\my documents\omnic\libs\sea464.lbd	40
9	40.17	Poly(4-methylcaprolactam)	4000.0-400.0	HR Hummel Polymer and Additives	c:\my documents\omnic\libs\sea406.lbd	907

Spectrum Search Results

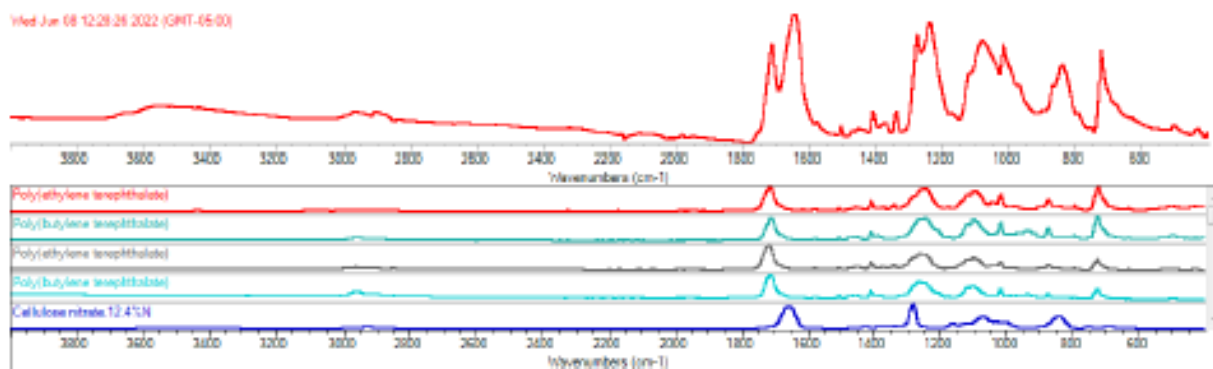
Wed Jun 08 12:23:12 2022 (GMT-05:00)



	Match	Title	Range	Folder	Filename	Index
1	79.37	Poly(ethylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 64.lbd	57
2	70.68	Poly(butylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 64.lbd	40
3	70.46	Poly(ethylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR - corrected	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 65.lbd	57
4	67.35	Poly(butylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR - corrected	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 65.lbd	40
5	49.91	Poly(ethylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Hummel Polymer and Additives	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 06.lbd	543

Spectrum Search Results

Wed Jun 08 12:28:26 2022 (GMT-05:00)

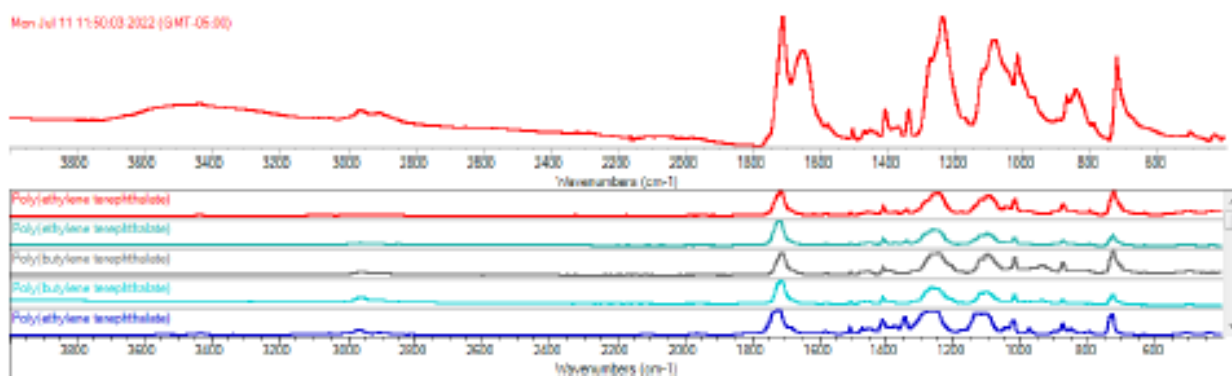


	Match	Title	Range	Folder	Filename	Index
1	66.85	Poly(ethylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 64.lbd	57
2	59.87	Poly(butylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 64.lbd	40
3	58.91	Poly(ethylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR - corrected	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 65.lbd	57
4	56.41	Poly(butylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR - corrected	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 65.lbd	40
5	45.68	Cellulose nitrate,12.4%N	4000.0-400.0	HR Hummel Polymer and Additives	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 06.lbd	757

Reporte de zona de domicilios

Spectrum Search Results

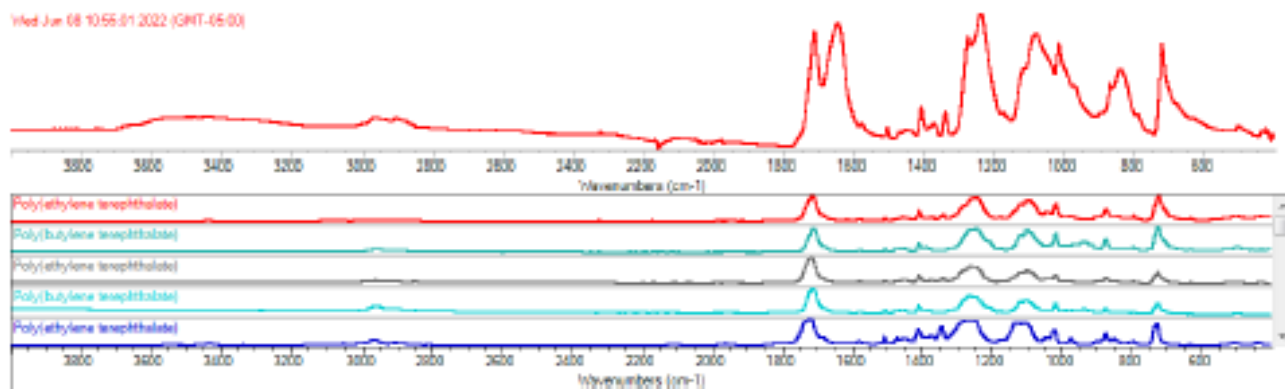
Mon Jul 11 11:50:03 2022 (GMT-05:00)



	Match	Title	Range	Folder	Filename	Index
1	81.72	Poly(ethylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR	c:\my documents\omnic\libs\sea464.lbd	57
2	74.59	Poly(ethylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR - corrected	c:\my documents\omnic\libs\sea465.lbd	57
3	72.67	Poly(butylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR	c:\my documents\omnic\libs\sea464.lbd	40
4	70.74	Poly(butylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR - corrected	c:\my documents\omnic\libs\sea465.lbd	40
5	52.60	Poly(ethylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Hummel Polymer and Additives	c:\my documents\omnic\libs\sea406.lbd	543

Spectrum Search Results

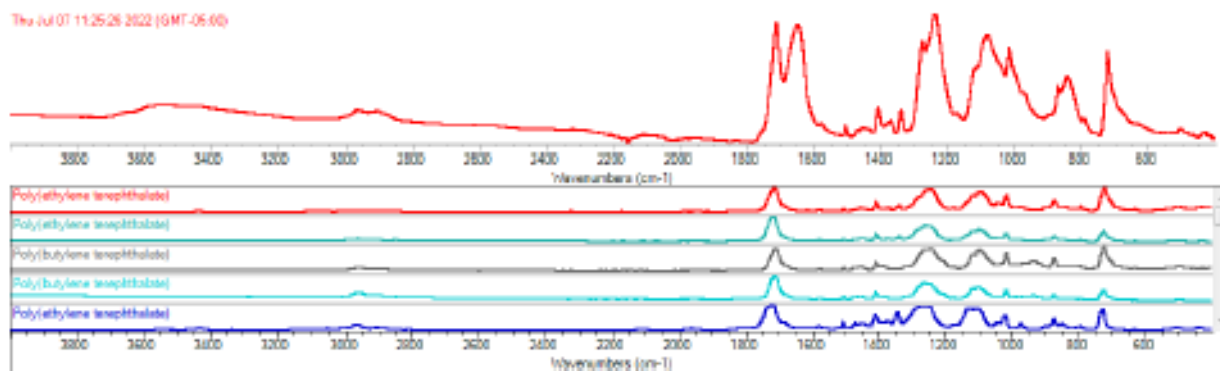
Wed Jun 08 10:55:51 2022 (GNT-05-03)



	Match	Title	Range	Folder	Filename	Index
1	73.91	Poly(ethylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 64.lbd	57
2	66.21	Poly(butylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 64.lbd	40
3	65.07	Poly(ethylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR - corrected	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 65.lbd	57
4	62.33	Poly(butylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR - corrected	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 65.lbd	40
5	45.15	Poly(ethylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Hummel Polymer and Additives	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 06.lbd	543

Spectrum Search Results

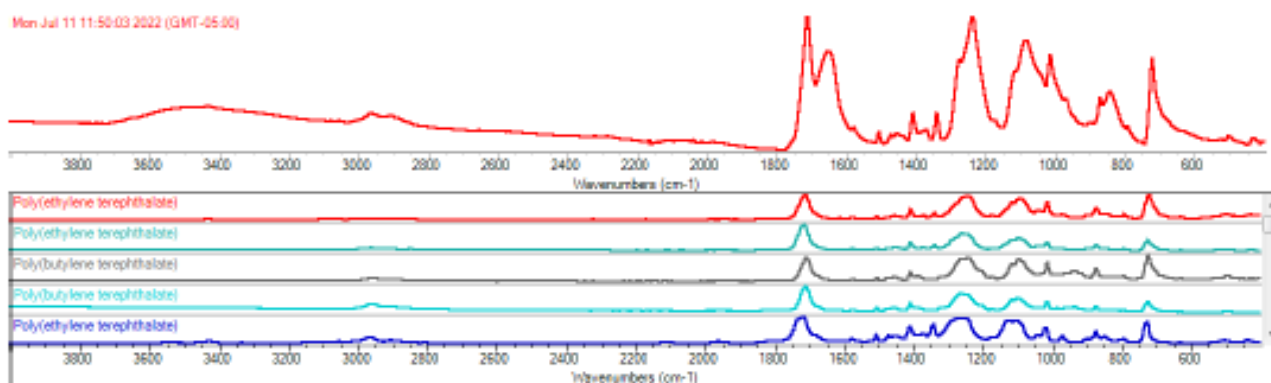
Thu Jul 07 11:25:28 2022 (GMT-05:00)



	Match	Title	Range	Folder	Filename	Index
1	75.66	Poly(ethylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR	c:\my documents\omnic\libs\sea464.lbd	57
2	67.67	Poly(ethylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR - corrected	c:\my documents\omnic\libs\sea465.lbd	57
3	66.81	Poly(butylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR	c:\my documents\omnic\libs\sea464.lbd	40
4	63.93	Poly(butylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR - corrected	c:\my documents\omnic\libs\sea465.lbd	40
5	47.70	Poly(ethylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Hummel Polymer and Additives	c:\my documents\omnic\libs\sea406.lbd	543

Spectrum Search Results

Mon Jul 11 11:50:03 2022 (GMT-05:00)



	Match	Title	Range	Folder	Filename	Index
1	81.72	Poly(ethylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 64.lbd	57
2	74.59	Poly(ethylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR - corrected	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 65.lbd	57
3	72.67	Poly(butylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 64.lbd	40
4	70.74	Poly(butylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Specta Polymers and Plasticizers by ATR - corrected	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 65.lbd	40
5	52.60	Poly(ethylene terephthalate)	4000.0-400.0	HR Hummel Polymer and Additives	c:\my documen ts\omnic\ libs\sea4 06.lbd	543