



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Ingeniería Ambiental

TEMA:

**“EVALUACIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN SEDIMENTO DEL RÍO MILAGRO -
ZONA CENTRO”**

AUTORES:

Ailyn Abarca Tiahuaro

Kevin Mejia Espinoza

TUTOR ENCARGADO:

ING. JEAN CARLO ANDRADE

Guayaquil-Ecuador

Agosto, 2023

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

Nosotros, **Ailyn Nicolle Abarca Tiahuaro** con documento de identificación N° 0940811961
y **Kevin Jesus Mejia Espinoza** con documento de identificación N° 0941361909;
Nosotros, **Ailyn Nicolle Abarca Tiahuaro** con documento de identificación N° 0940811961
expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad
y **Kevin Jesus Mejia Espinoza** con documento de identificación N° 0941361909;
Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de los cuales
manifestamos que:

autora del trabajo experimental: "EVALUACIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN
SEDIMENTO DEL RÍO MILAGRO - ZONA CENTRO", el cual ha sido desarrollado para
Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos 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.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que
hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad
Guayaquil, 11 de agosto del año 2023

Guayaquil, 11 de agosto del año 2023

Atentamente,

Ailyn Abarca

Ailyn Nicolle Abarca Tiahuaro

0940811961

Kevin Mejia

Kevin Jesus Mejía Espinoza

0941361909

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

Nosotros, **Ailyn Nicolle Abarca Tiahuaro** con documento de identificación No **0940811961** y **Kevin Jesus Mejia Espinoza** con documento de identificación No. **0941361909**, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo experimental: "EVALUACIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN SEDIMENTO DEL RÍO MILAGRO - ZONA CENTRO", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: **Ingeniería Ambiental**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Guayaquil, 11 de agosto del año 2023

Atentamente,

Ailyn Abarca

Ailyn Nicolle Abarca Tiahuaro

0940811961

Kevin Mejia

Kevin Jesus Mejia Espinoza

0941361909

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Ing. Jean Carlo Andrade Tobar** con documento de identificación N°**1003281225**, docente de la **Universidad Politécnica Salesiana** declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “EVALUACIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN SEDIMENTO DEL RÍO MILAGRO - ZONA CENTRO” realizado por **Ailyn Nicolle Abarca Tiahuario** con documento de identificación N° **0940811961** y por **Kevin Jesus Mejia Espinoza** con documento de identificación N° **0941361909**, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de trabajo Experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 11 de agosto del año 2023

Atentamente,



Ing. Jean Carlo Andrade Tobar

1003281225

AGRADECIMIENTO

Agradezco desde lo más profundo de mi corazón a mis padres, Aníbal y Raquel, por ser mi fuerza y mi motivación en cada paso que doy.

Ailyn Abarca T.

AGRADECIMIENTO

A Dios, quien me abrió todos los caminos para llegar hasta el día de hoy, de forma muy especial a mi madre Florencia Espinoza, quien constantemente me motiva para convertirme en alguien mejor, gracias por todos esos consejos y por esas largas noches en la cual te quedabas acompañándome hasta que termine mis tareas, a mi padre Walter Mejía por su incondicional apoyo y comprensión.

A mis hermanas Michelle y Brenchy por creer en mí y motivarme en cada uno de mis sueños.

Agradezco a todos los maestros que me han acompañado durante mi etapa universitaria, en especial a mi tutor Ing. Jean Carlo Andrade por su incondicional apoyo y paciencia para que este trabajo sea de calidad.

Agradezco a la directora de carrera Ing. Carmen Palacios por estar siempre dispuesta a ayudarme y guiarme durante mi carrera.

Kevin Mejia E.

DEDICATORIA

Mi proyecto de tesis se lo dedico a todas las personas que me han ayudado durante esta época universitaria, en especial a mi maestro y amigo Virgilio Ordoñez, con el cual siento profunda admiración y respeto por ser un profesional excepcional y un ser humano cálido y bondadoso.

Ailyn Abarca T.

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a Dios por brindarme la sabiduría para culminar este proceso, y de manera especial a Florencia Espinoza, mi madre que es mi pilar en mi vida, a mi padre Walter Mejía por su apoyo incondicional sus consejos y motivación.

Kevin Mejía E

RESUMEN

Los microplásticos han emergido como una preocupación significativa debido a su constante descomposición y producción sin regulación. La mayoría de los estudios se han focalizado en los océanos, donde se ha comprobado su efecto perjudicial. Ha comenzado a ser contemplada la posibilidad de que los ríos tengan un papel significativo como fuentes de microplásticos. Se ha empezado a considerar que los ríos podrían ser fuentes importantes de microplásticos. Aunque hay pocos estudios a nivel global sobre ríos, estos plantean desafíos debido a las características particulares de las partículas, como su tamaño, color y cantidad.

Por este motivo, el propósito del estudio es identificar la existencia, cantidad y grado de contaminación de microplásticos en el río Milagro, que se encuentra en la localidad del mismo nombre. Para extraer los microplásticos, se empleó el método de filtración al vacío en muestras de sedimento. A través del uso de un microscopio estereoscópico, se encontró que ciertos lugares, como el punto 2 cerca del Parque de Los Jubilados, presentaban una mayor cantidad de microplásticos, llegando a 117 partículas por kilogramo de sedimento. Además, se observó que el color predominante de los microplásticos era el blanco.

ABSTRACT

Microplastics have emerged as a significant concern due to their continuous degradation and unregulated production. The majority of analyses have been focused on oceans, where their negative impact has been evidenced. Consideration has been given to rivers as potentially significant sources of microplastics. Despite limited global studies on rivers, they pose challenges due to the specific characteristics of the particles, such as their size, color, and quantity.

For this reason, the study aims to determine the presence, concentration, and level of microplastic contamination in the Milagro River, located in the city of the same name. To extract microplastics, the vacuum filtration method was employed on sediment samples. Through the use of a stereoscopic microscope, it was found that certain locations, such as point 2 near the Jubilados Park, exhibited a higher quantity of microplastics, reaching 117 particles per kilogram of sediment. Additionally, the predominant color of the microplastics was observed to be white.

Índice de Contenido

RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
Índice de Figuras	xiii
Índice de Tablas.....	xv
INTRODUCCION.....	1
1.1 PROBLEMA DE ESTUDIO.....	2
1.2 JUSTIFICACION	3
1.3 DELIMITACION.....	4
1.4 DELIMITACION TEMPORAL.....	6
1.5 OBJETIVOS.....	6
1.5.1 Objetivo general.....	6
1.5.2 Objetivos Específicos	7
1.5.3 Marco Hipotético.....	7
CAPITULO II.....	8
2.1 Marco Teórico	8
2.1.1 Antecedente del microplastico	8
2.1.2 Plástico y su producción.....	9
2.1.3 Microplásticos	11
2.1.4 Microplásticos y su efecto en la fauna	12
2.1.5 Microplásticos y su efecto en la salud humana.....	13
2.1.6 Microplásticos y su efecto en aguas.....	14

2.1.7	Microplásticos y su efecto en sedimentos	14
2.1.8	Milagro y sus límites.....	15
2.1.9	Actividades productivas de Milagro	16
2.1.10	Contaminación del Rio Milagro.....	17
2.2	MARCO LEGAL	18
CAPITULO III.....		20
3	Metodología	20
3.1	Tipos de investigación	20
3.2	Método de la investigación	20
3.3	Análisis de laboratorio.....	22
3.4	Diagrama de flujo de la metodología aplicada.....	29
CAPITULO IV		30
4	ANALISIS DE RESULTADOS.....	30
5	CONCLUSIONES	38
6	RECOMENDACIONES	39
7	BIBLIOGRAFÍA.....	41
8	ANEXOS	45

Índice de Figuras

Figura 1 Mapa Satelital Rio Milagro por Google Earth	5
Figura 2 Tipo de plásticos	10
Figura 3 Comercio de Milagro en zona centro.	17
Figura 4 Puntos elegidos para el muestro.	21
Figura 5 Muestreo para recolección de muestras de sedimentos	22
Figura 6 Vasos de precipitado con solución salina	23
Figura 7 Muestras de sedimento en proceso de secado.	25
Figura 8 Uso de bomba al vacío Gast	27
Figura 9 Microscopio estereoscópico Boeco BSZ-405.....	28
Figura 10 Clínica Santa Inés, punto 3.	31
Figura 11 Parque ubicado cerca del punto 4.	32
Figura 12 Gráfico de porcentaje de pigmentación de microplásticos por colores.....	37
Figura 13 Colocando muestra de sedimento en vaso de precipitado.	45
Figura 14 Proceso de secado de sedimento en estufa.....	45
Figura 15 Pulverización de muestra de sedimento para luego ser tamizado.....	46
Figura 16 Proceso de extracción de micro plásticos	46
Figura 17 Muestreo de sedimento con draga Van Veen.....	47
Figura 18 Pesaje con balanza de agua salina.....	47
Figura 19 Fibra de microplástico p1	48
Figura 20 Fibra de microplástico p2	48

Figura 21 Fibra de microplástico p3	49
Figura 22 Partícula de microplástico p4	49
Figura 23 Partícula de microplástico p5	50
Figura 24 Muestreo en orillas del Rio Milagro.	50

Índice de Tablas

Tabla 1 Puntos de muestreo y sus coordenadas geográficas.....	5
Tabla 2 Tabla del peso de partículas por kilogramo de las muestras de sedimento	33
Tabla 3 Tamaño máximo y mínimo de microplásticos en sedimentos.....	35
Tabla 4 Pigmentación de microplásticos sus porcentajes	36

INTRODUCCION

En recientes períodos, los microplásticos han adquirido una importancia significativa, al transformarse en una considerable fuente de contaminación global debido a sus elevadas concentraciones y a su habilidad para interactuar y perdurar en el entorno ambiental. Su origen se atribuye a una gestión deficiente en el manejo de residuos urbanos, prácticas industriales inadecuadas y uso indiscriminado. Se conoce que desde hace más de dos décadas han estado presentes en productos de limpieza, sin embargo, en la actualidad su uso se ha extendido para brindar exfoliación, agregar color y textura a los productos.

Estas partículas son imperceptibles a simple vista para el ojo humano ya que son diminutos fragmentos de materiales plásticos, específicamente menores o iguales a 5 mm, que es el parámetro dado por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) para clasificarlo y definirlo como microplásticos. Los microplásticos se presentan en una variedad de formas en el entorno, como esferas, cuentas, pellets, espuma, fibras, fragmentos y escamas. Estas formas son resultado de la estructura original de los plásticos primarios, su proceso de degradación y las condiciones de erosión a las que han estado expuestos.

Aparte de los efectos medioambientales, los microplásticos generan consecuencias directas en los seres vivos, ya sea mediante la ingesta o debido a su toxicidad. Asimismo, pueden operar como portadores de especies invasoras y absorber sustancias contaminantes como BPCs, HAPs o DDT en su superficie, amplificando su efecto tóxico por los componentes intrínsecos como plastificantes, aditivos y metales pesados, entre otros.

1.1 PROBLEMA DE ESTUDIO

Los medios de comunicación, incluyendo periódicos y programas informativos, frecuentemente transmiten informaciones impactantes sobre la ubicuidad de los microplásticos en el mundo: innumerables micropartículas de plástico que son invisibles para el ojo humano, pero que están siendo cada vez más identificadas, cuantificadas y documentadas por equipos de investigación científica. Estas investigaciones están demostrando la presencia y el impacto de los microplásticos en playas, océanos, lagos, ríos, en la cadena alimentaria y hasta en la placenta humana (Lizano, 2019).

La cantidad de estas microesferas en los océanos está en aumento. La ONU anunció en 2017 que la cifra llega a 51.000 millones de partículas microplásticas en el mar, una cantidad 500 veces superior al número de estrellas en nuestra galaxia. Los microplásticos hallados en el océano pueden ser ingeridos por criaturas marinas. Estos fragmentos de plástico se acumulan en sus organismos y tienen la posibilidad de llegar a los seres humanos a través de la cadena alimentaria. Además, estas partículas también están presentes en alimentos y bebidas como cerveza, miel y agua de grifo (Europeo, 2018).

La complejidad del dilema relacionado con los microplásticos radica en la dificultad para evaluar su extensión a nivel amplio y el perjuicio que pueden generar en los ecosistemas acuáticos. A diferencia de los macroplásticos, cuyo impacto es notorio – causando deformaciones, asfixia y trastornos orgánicos y de comportamiento, por ejemplo –, los efectos de los microplásticos son menos evidentes.

Una solución significativa para abordar este problema radica en la eliminación de los microplásticos del entorno y en la implementación de pautas para garantizar que el plástico en uso no termine en cualquier lugar, sino que sea reciclado o gestionado adecuadamente.

1.2 JUSTIFICACION

En el transcurso del año 2018, los microplásticos fueron identificados como el material más perjudicial. Debido a que sigue habiendo una considerable falta de comprensión sobre este tema en la población, este escrito se propone ahondar en qué son exactamente y por qué su impacto en el entorno y la vida animal puede ser tan nocivo (CEREM, 2019).

Considerando las fuentes de donde provienen, es evidente que en la actualidad los microplásticos están siendo liberados en cantidades cada vez mayores en las aguas residuales, lo que resulta en la contaminación de suelos, sedimentos y los propios cuerpos de agua (AMBARPLUS, 2020)

La identificación de la existencia de microplásticos es de considerable importancia, ya que nos brinda una comprensión del alcance del problema y su influencia tanto en el entorno como en la salud de las personas. Por medio de la determinación de microplásticos, se puede estimar la existencia y concentración de estas partículas en diferentes fuentes y entornos, como por ejemplo océanos, ríos, suelos, sedimentos y organismos vivos.

Además, la determinación de microplásticos resulta fundamental para la evaluación del riesgo ambiental y para la planificación del sistema de mitigación. Al conocer la cantidad y el tipo de microplásticos existentes en diferentes entornos, podemos determinar las principales fuentes y programar medidas preventivas y de reducción. Así mismo, la evaluación del riesgo para la salud humana es esencial para poner en marcha las medidas de protección guiadas a la población propensos a estar en contacto con esos contaminantes.

Por último, la determinación de microplásticos adquiere importancia al monitorear el éxito de las medidas de mitigación y reducción implementadas. Al medir la cantidad de microplásticos presentes en diversos entornos después de la implementación de medidas de

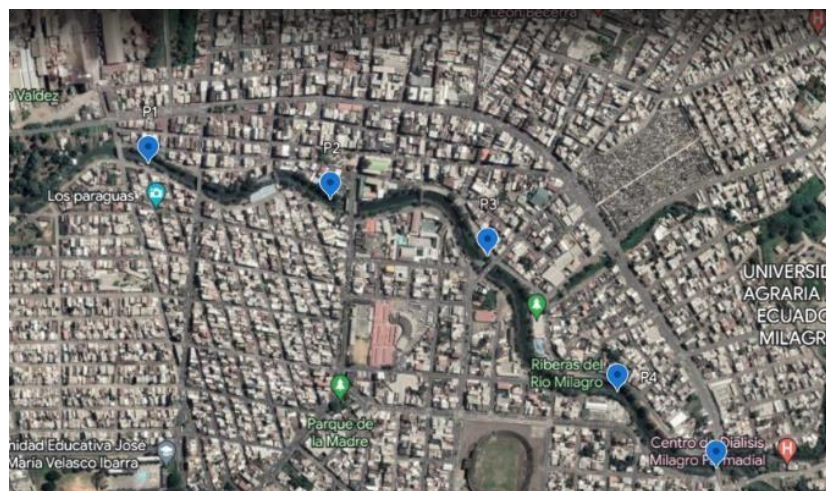
mitigación, podemos evaluar su efectividad y realizar los ajustes necesarios para mejorar su eficacia.

En resumen, la determinación de microplásticos resulta crucial para comprender la magnitud del problema, evaluar el riesgo ambiental y desarrollar estrategias de mitigación y reducción. Constituye una herramienta esencial para garantizar la protección a largo plazo del medio ambiente y la salud humana.

1.3 DELIMITACION

La ubicación del punto del muestreo está localizada en la provincia del Guayas, en la ciudad de Milagro, en la zona centro, escogiendo estos sitios por la información obtenida en investigaciones ya realizadas sobre la gran demanda de actividad comercial registrada en dichos lugares, tomando en cuenta 2 kilómetros del afluente.

El río Milagro está rodeado de vegetación con sectores intervenidos por construcciones de casas o plantaciones, Tiene una longitud de 49,5 km y un ancho máximo de 10 m., con características como riberas bajas con poca pendiente, presencia de rocas pequeñas y maleza. desembocando en el río Guayas y atravesando la zona central poblada en donde se registra unidades educativas, centros médicos, parques deportivos y recreacionales, entre otros, siendo esta área un lugar estratégico para tomar las muestras correspondientes.

Figura 1*Mapa Satelital Rio Milagro por Google Earth**Nota: Puntos elegidos para el muestreo***Tabla 1***Puntos de muestreo y sus coordenadas geográficas.*

Estación	Referencia	Utm
P1	Hospital Sergio Pérez Conto	655706.533E 9764515.577N 17M
P2	Parque de los Jubilados	656278.455E 9764544.322N 17M
P3	Clínica Santa Inés	656726.069E 9764481.086N 17M
P4	Centro de Diálisis Renal Pro	657171.97E 9764014.883N 17M
P5	Unidad Educativa San Antoni	656799.699E 9764331.693N 17M

Realizado por: Los Autores

1.4 DELIMITACION TEMPORAL

La siguiente investigación tendrá una duración de 4 meses desde mayo de 2023 a agosto de 2023, de los cuales los primeros meses corresponderán a la fase de planificación de la investigación y revisión del marco teórico, una segunda fase correspondiente a la fase de campo y una tercera fase correspondiente al análisis de microplástico en el laboratorio, análisis de los datos y elaboración de la tesis; el muestreo puntual de las aguas y sedimentos en el río Milagro se realizara el 28 de julio de 2023 y el análisis de microplásticos en el laboratorio culminará el 30 de julio de 2023.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo general

Determinar la presencia y concentración de microplásticos en el sedimento del Río Milagro con la finalidad de comprender el nivel de contaminación por microplásticos en el ecosistema acuático y su área circundante en la zona Centro.

1.5.2 Objetivos Específicos:

- Detallar las principales actividades antrópicas que se fomentan en la zona centro del Río Milagro.
- Describir la estructura, densidad relativa, tamaño y pigmentación de microplásticos presentes en las muestras de sedimento colectadas en la zona de estudio del Río Milagro.
- Presentar los datos obtenidos del método analítico más adecuado para la investigación y realizar un estudio de los resultados.

1.5.3 Marco Hipotético

- La concentración de microplásticos en el sedimento del Río Milagro en la zona central es alta.
- Las actividades antrópicas generadas en los alrededores del Río Milagro afectan en la cantidad de microplásticos presentes en las muestras de sedimento.

CAPITULO II

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Antecedente del microplástico.

Aunque el conocimiento científico de los microplásticos se sitúa en la década de los 70, no es hasta 2004 cuando se acuñó el término, gracias a la investigación realizada por el profesor de biología marina y, desde 2018, director de la Universidad de Plymouth, Richard Thompson, junto a investigadores de Southampton, ambas universidades de Reino Unido (DKV, 2022).

Debido a la demanda de plásticos, la producción de éstos ha aumentada dramáticamente en los últimos 65 años. En 1950 se producían alrededor de 2 millones de toneladas de plástico en el mundo, pero en 2015 se llegó a producir 381 millones de toneladas, incrementado casi en 200 veces la producción. De éstos, el 50% de plásticos son desechables o de un solo uso generando un crecimiento exponencial en la cantidad global de residuos plásticos en el mundo (Castañeta, 2020).

Todo comenzó cuando Thompson, siendo estudiante, participaba en campañas de limpieza de playa promovidas por la UK Marine Conservation Society. Así, se dio cuenta de que, en general, se estaban pasando por alto grandes cantidades de pequeños fragmentos de plástico, centrándose mayormente en la recogida de los grandes (DKV, 2022). Un tiempo después, una vez convertido en docente, solicitó a los estudiantes que viajaran a la costa y buscaran el cuerpo de plástico de menor tamaño que logaran encontrar.

Luego de observar las muestras de arena, se descubrió la existencia de pequeñas partículas de plástico, algunas de las cuales eran más pequeñas que el grosor de una hebra de cabello. Fue así como lo nombraron microplásticos.

Otro científico, Charles Moore, al aventurarse por el vórtice subtropical del Pacífico norte, se asombró cuando encontró en el mar una isla artificial al que denominó como un “basurero flotante” donde se observaban botellas, envoltorios, contenedores, bolsas, pañales entre otros que parecía no tener fin y estimo que hacia el año 2050 habría más plástico que peces en el mar, llegando a tener aproximadamente 12.000 millones de toneladas de desechosplásticos (DKV, 2022).

2.1.2 Plástico y su producción.

Los plásticos son derivados de materiales orgánicos, naturales, como la celulosa, el carbón, el gas natural, la sal y, por supuesto, el petróleo (Europe, 2020). En este sentido, existen tres categorías generales: a) Plásticos naturales: aquellos productos de la naturaleza que pueden ser moldeados mediante calor, por ejemplo, algunas resinas de árboles, b) plásticos semisintéticos: aquéllos que derivan de productos naturales y que han sido modificados o alterados mediante la mezcla con otros materiales, c) plásticos sintéticos: aquéllos derivados de alterar la estructura molecular de materiales a base de carbono (petróleo crudo, por lo general, carbón o gas) (Pérez, 2014).

Su creciente producción y uso amenazan con contaminar cada rincón del planeta, especialmente los mares, destino final de muchos de ellos, donde perjudican seriamente la salud de los ecosistemas acuáticos y la supervivencia de las especies que los pueblan (Greenpeace, 2022).

Este tipo de plásticos (que engloba envases y artículos desechables como bolsas, pajitas y cubiertos que se usan una vez y luego se tiran) representa la mayor categoría de aplicación de los plásticos y supone un tercio de todo este material que se consume en el mundo (HAZ, 2023).

Además, casi todos los plásticos de un solo uso contienen aditivos químicos que mejoran el rendimiento y la estética, varios de los cuales se sabe que son perjudiciales para la salud (con un enorme coste social) y muchos más cuya toxicidad potencial se desconoce (HAZ, 2023).

En cuanto a la producción, los datos por región arrojan una alta competitividad internacional, donde China se mantiene como el máximo productor con 24% del total. Si se toma en cuenta que Japón y el resto de Asia contribuyen en conjunto con 21%, el continente asiático se está configurando como la región más importante del mundo en este rubro.

Mientras tanto, Europa y América del Norte, con 20% del total de la producción cada una, representan 40% del total (Pérez, 2014).

Se pueden dividir en seis categorías: 1. Polietileno, incluido el polietileno de baja densidad (PEBD), el polietileno lineal de baja densidad (PELBD) y el polietileno de alta densidad (PEAD), 2. Polipropileno (PP), 3. Policloruro de vinilo (PVC), 4. Poliestireno sólido (PS) y expandido (PS-E), 5. Polietileno tereftalato (PET), 6. Poliuretano (PUR).

Figura 2

Tipo de plásticos.



Realizado por Ecología Verde.

2.1.3 Microplásticos

Se trata de pequeñas partículas sintéticas que provienen de derivados del petróleo. Son difícilmente degradables y su origen se encuentra en la actividad industrial y el consumo doméstico, estando presente en detergentes, dentífricos, en productos de la piel como exfoliantes y protectores solares e incluso en muchas fibras sintéticas de ropa, entre otros.

Puesto que estos productos son de consumo diario y siempre se usan en contacto con el agua, los microplásticos que contienen se vierten a un ritmo constante en nuestras aguas residuales (Abbas, 2021).

Aunque no existe consenso sobre a partir de qué tamaño puede considerárseles microplásticos, la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) utiliza el parámetro de menos de cinco milímetros de diámetro para clasificarlos (RTVE, 2019).

La presencia de los microplásticos es prácticamente invisible al ojo humano, y es por eso que la mayoría de la población no se hace cargo de lo perjudiciales que pueden llegar a ser para aquellos seres que los ingieran, desde invertebrados hasta peces, aves y mamíferos acuáticos. Estos residuos llevan acumulándose de manera descontrolada en el medio ambiente desde hace cuatro décadas, y representan más del 50% de los millones de toneladas de plástico que se vierten anualmente al mar (Abbas, 2021).

Las fuentes de microplásticos en el medio ambiente incluyen los productos plásticos primarios (originales) y/o productos secundarios (derivados de la degradación de las fuentes primarias). La mayoría de los microplásticos presentes en los sistemas acuáticos son derivados de fuentes secundarias, aunque se han encontrado esferas de microplásticos en muestras de agua tomadas en los Grandes Lagos de EEUU, los cuales son comparables en composición a los encontrados en exfoliantes faciales (Sarria-Villa, 2016).

Los microplásticos primarios se consideran como aquellos que, después de su uso, llegan al medio natural en su forma original, es decir, en el mismo estado en el que se han sintetizado. Este tipo, se encuentra mayoritariamente en forma de gránulo (microesferas) por lo que una vez se usan, se cuelan por el desagüe y debido a su pequeño tamaño, se pierden entre los filtros y no se tratan en las depuradoras. Un buen ejemplo serían las partículas que están en los geles exfoliantes y las pastas de dientes (Abbas, 2021).

Los microplásticos secundarios se originan a partir de la degradación de grandes objetos de plástico, como bolsas, botellas o redes de pesca. Representan entre el 69% y el 81% de microplásticos que se encuentran en los océanos (RTVE, 2019).

2.1.4 Microplásticos y su efecto en la fauna.

Estimaciones del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente calculan que en el año 2050 habrá más plásticos que peces en los océanos, con consecuencias negativas hacia los ecosistemas marinos (CINVESTAV, 2023).

Todas las especies de flora y fauna acuática son susceptibles a la acumulación e ingesta de microplásticos, los cuales son potencialmente tóxicos porque durante su manufactura o depósito en mares absorben una serie de sustancias y toxinas que afectan la salud y reproducción de los organismos (Mexico, 2022).

El estudio revela que la mayor ingestión de plásticos por fauna marina a nivel mundial se centra en el Mediterráneo y el océano Pacífico y varía en función de las especies y las diferencias de color y tipo de polímeros prevalentes (Adetunji, 2021).

En las tortugas marinas: Se pueden encontrar fácilmente plásticos blancos (66,60 %), fibras (54,54 %) y polímeros de baja densidad o LDPE (39,09 %).

En cetáceos: Blancos (38,31 %), fibras (79,95 %) y poliamidas (49,60 %).

En peces: Transparentes (45,97 %), fibras (66,71 %) y polímeros de poliéster (36,20%).

En la actualidad, los estudios enfocados en determinar la presencia de plástico o microplásticos en el ambiente marino demuestran que estos residuos han permeado en el ecosistema y en toda la red trófica sin ninguna distinción de filo (algas, invertebrados, peces, aves, mamíferos y reptiles), cuenca oceánica o hábitat (costero, oceánico, bentónico o pelágico) (Martagón, 2022).

Las secuelas pueden verse reflejados en cambios observados a nivel bioquímico incluyendo la generación de especies químicas reactivas, el incremento en los indicadores de estrés oxidativo, modificaciones en la transcripción y expresión genética, daño al material genético, alteraciones en funciones corporales debido a interrupciones hormonales, e incluso influencias en aspectos poblacionales, como la posibilidad de sobrevivir, las tasas de reproducción y el desarrollo.

2.1.5 Microplásticos y su efecto en la salud humana.

El consumo de alimentos que poseen microplásticos está considerada la principal vía de exposición humana. Los microplásticos, tras su administración oral, alcanzan el sistema gastrointestinal produciendo una respuesta pro-inflamatoria y con ello, un cambio en el metabolismo de los microbios intestinales (Martagón, 2022).

También la inhalación, puede provocar problemas respiratorios y otros problemas de salud, aunque se están realizando investigaciones para determinar el alcance de estos impactos (Scanco, 2023).

Los estudios con cultivos de células humanas, en roedores y especies acuáticas indican el paso de microplásticos desde la cavidad intestinal a los sistemas linfático y circulatorio, lo

que provoca exposición sistémica y acumulación en tejidos que incluyen hígado, riñón y cerebro. Las partículas más pequeñas (Vizcaino, 2021).

Una vez que entran en contacto con las capas de revestimiento de los pulmones o el intestino, o después de ser absorbidos, los microplásticos pueden presentar un efecto tóxico físico, químico y microbiológico, con la gran posibilidad de acumular daños irreversibles a lo largo del tiempo.

2.1.6 Microplásticos y su efecto en aguas.

Un estudio publicado en 2017 mostraba que 10 ríos eran la fuente de entre el 88% y el 95% del total de los desechos plásticos transportados por los ríos a océanos. Pero los ríos no son la fuente principal de todo el plástico en las aguas oceánicas. El resto proviene de la basura arrojada directamente al mar, los desechos abandonados en la playa o de la actividad pesquera y marina (Aqua, 2021).

Los arroyos y nacientes de caudal más lento arrastran más microplásticos y lo hacen durante más tiempo: 8 % de partículas de plástico ingresan a estos sedimentos de río por kilómetro; las condiciones de caudal lento podrán mantenerlas allí por hasta 7 años. Esto indica que las tormentas e inundaciones, que se están volviendo más graves y frecuentes como resultado del cambio climático, podrían desencadenar la liberación de millones de fragmentos de microplásticos acumulados en los sedimentos de ríos (Asher, 2022), debido a que los plásticos no se degradan, permanecen en el ambiente de agua dulce durante mucho tiempo, hasta que son arrastrados por el flujo del río (PACKMAN, 2022).

2.1.7 Microplásticos y su efecto en sedimentos.

A pesar de que el fondo marino se considera el sumidero final de los microplásticos que flotan en la superficie marina, se desconoce la evolución histórica de esta fuente de contaminación en el compartimento sedimentario y, en concreto, la tasa de secuestro y

enterramiento de los microplásticos más pequeños en el fondo oceánico (BARCELONA, 2022).

Sabemos que los microplásticos enterrados en sedimentos pueden interactuar con la biota bentónica. Estos contaminantes también pueden usarse potencialmente como un marcador cronológico de registros sedimentarios. Como tales, los microplásticos pueden ser efectivos como rastreadores temporales; sin embargo, no se ha explorado su conservación y degradación en los sedimentos (Suarez, 2023).

A falta de una degradación más significativa de los microplásticos después de quedar atrapados en los sedimentos indica que estos microplásticos siguen estando disponibles para la vida en el fondo marino, especialmente para los organismos que excavan. Esta disponibilidad podría tener el potencial de permitir que los microplásticos se desplacen a lo largo de la cadena alimentaria, contaminando posiblemente niveles superiores en esa cadena.

2.1.8 Milagro y sus límites.

Se localiza a una distancia de 45 km de Guayaquil. Su altitud varía entre 8 y 15 metros sobre el nivel del mar. La temperatura promedio anual se sitúa en torno a los 25°C y la cantidad anual de lluvia alcanza los 1361 mm.

El territorio está dividido en parroquias, tanto urbanas como rurales, que están representadas por las Juntas Parroquiales ante el Municipio de Milagro.

En la zona administrativa urbana, la población asciende a 113,508 habitantes, mientras que, en todo el cantón, incluyendo las áreas rurales, la cifra total de habitantes es de 166,634.

Parroquias urbanas: Camilo Andrade Manrique, Chirijos, Coronel Enrique Valdez C., Ernesto Seminario Hans.

Parroquias rurales: Santa Rosa de Chobo, Mariscal Sucre, Roberto Astudillo, 5 de junio.

2.1.9 Actividades productivas de Milagro.

Las empresas de Milagro han ido evolucionando satisfactoriamente ya que han sido ejemplo de inversión para otras. Según el Censo Económico realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador en el 2010, en Milagro existen 5099 establecimientos comerciales; aproximadamente el 90% corresponde a la microempresa (Moreira, 2020).

En 1884, se constituye en Milagro el Ingenio Valdez, a partir de este año se podría decir que transcurrieron aproximadamente 90 años en de las principales empresas de la región eran los ingenios azucareros, alrededor de los cuales generaban actividades comerciales en su mayoría de carácter informal, dedicadas al ofrecimiento de bienes y servicios con el fin de satisfacer las necesidades de los empleados de esta importante industria (Guevara, 2011).

Entre las más importantes de nuestra ciudad podemos mencionar Disensa, Procandinos, Codana, Devies Corp., Valdez, Adelca, entre otras. En la ciudad de Milagro no existe una base de datos analítica que permita a emprendedores y Pymes tomar decisiones referentes a la manera que deben distribuir sus recursos, y por qué fomentarse a nivel empresarial ¿Cómo? ¿Dónde? y ¿Cuándo invertir? (coste de oportunidad), por lo que esta investigación justifica su desarrollo aportando no sólo a la ciudad sino también al país y a la región (Moreira, 2020).

El grado de formación académica de los microempresarios, ha mejorado, sin embargo, uno de los mayores problemas que se presentan es el trabajo demasiado individual, las labores y negociaciones las realizan sin convenios o acuerdos con otros negocios que tengan afinidad en algún campo o área de intervención (Moreira, 2020).

Figura 3

Comercio de Milagro en zona centro.



2.1.10 Contaminación del Río Milagro

En Milagro, provincia del Guayas, Ecuador, se observa un elevado nivel de contaminación del río que lleva su nombre, debido a la falta de implementación de sistemas de gestión ambiental y prevención que permitan el control y manejo adecuado del río y sus condiciones naturales. La generación de desechos y descarga de efluentes, en especial sanitarios e industriales, es un proceso que se incrementa día a día, provocando graves problemas ecológicos, ya que los lugares donde son depositados son focos permanentes de contaminación, esto afecta la vegetación y fauna y, en general, atenta contra el ser humano y el medio ambiente (Fernández-Ronquillo, 2016).

Todo esto trae como consecuencia enfermedades las mismas que pueden ser leves o graves, ya que mediante esta contaminación estamos dañando el medio ambiente el mismo que nos ofrece diversidad de ecosistemas. Una de las fuentes de trabajo que han evolucionado en la ciudad de Milagro ha sido el reciclaje del cartón y plástico ayudando en gran parte a evitar la contaminación ambiental (Yagual, 2018).

2.2 MARCO LEGAL

Constitución de la República del Ecuador.

Artículo 14.

Que, el artículo 14 de la Constitución de la República del Ecuador, reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados; (ECUADOR, 2008).

Acuerdo Ministerial 19.

Artículo 16

Art. 16.- Los consumidores y generadores de residuos plásticos, deben considerar acciones preliminares de separación en la fuente y de recolección o entrega selectiva. Los residuos plásticos recolectados se podrán tratar por vías de: reuso, tratamiento, descomposición, y disposición final adecuada (019, 2014).

Acuerdo Ministerial 19.

Artículo 21.

Art. 21.- Fomentar a nivel nacional la creación de centros de acopio con áreas destinadas al acondicionamiento, estableciendo una red nacional de mancomunidades para el tratamiento y reaprovechamiento de residuos plásticos. Los centros de acopio deben disponer de un lugar con las condiciones mínimas siguientes:

Proteger de la disposición directa con la intemperie, de la luz solar y del agua, cuando el material va permanecer almacenado durante periodos mayores a 4 meses;

Contar con la circulación de aire o ventilación suficiente para evitar la acumulación de gases tóxicos;

Disponer de elementos para la prevención y control de incendios conforme las normas aplicables;

Contar con un lugar que sea fácilmente accesible para todos los vehículos de transporte, especialmente de los bomberos;

Contar con la señalización respectiva de los productos almacenados, especificando el material, medidas de seguridad asociadas a sus características, restricción de acceso y capacidad máxima de almacenamiento (019, 2014).

Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones.

Artículo 2323.

Que, el artículo 232 del Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones, establece, que se entenderán como procesos productivos eficientes el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto; 9 adoptadas para reducir los efectos negativos y los daños en la salud de los seres humanos y del medio ambiente. Estas medidas comprenderán aquellas cuyo diseño e implementación permitan mejorar la producción, considerando el ciclo de vida de los productos, así como el uso sustentable de los recursos naturales; (CODIGO ORGANICO DE LA PRODUCCION, 2015).

CAPITULO III

3 Metodología

3.1 Tipos de investigación.

Investigación aplicada

El trabajo actual pertenece al ámbito de la investigación aplicada, ya que involucró la recolección de muestras de sedimentos en la zona, abarcando un total de 5 estaciones en las áreas sedimentarias del Río Milagro.

Investigación experimental

Con el propósito de llevar a cabo la investigación, se aplicaron los métodos experimentales empleados en investigaciones anteriores para lograr una precisa identificación de la composición y cantidad de microplásticos en los sedimentos. Estos procedimientos incluyeron técnicas de laboratorio como la microfiltración al vacío y la observación a través de microscopía estereoscópica.

3.2 Método de la investigación

Cada segmento de río entre las estaciones de muestreo fue explorado con el propósito de identificar potenciales fuentes de contaminación. Los sedimentos del Río Milagro constituyen la unidad central de análisis en este estudio. Se llevó a cabo una recolección de muestras en puntos específicos a lo largo de una distancia de 2 km siguiendo un enfoque de muestreo puntual y transversal. En cada área de investigación, se seleccionaron 5 ubicaciones para el muestreo, y en cada ubicación se ejecutaron 3 tomas replicadas a diferentes profundidades en el rango de (0-20 cm) para cada muestra recopilada. En total, se adquirieron 15 muestras, considerando que se investigan dos componentes específicos (sedimentos).

Figura 4

Puntos elegidos para el muestreo.



Fuente: Google Earth..

Recolección de sedimentos.

Se seleccionó con precisión una draga Van Veen, una herramienta de recolección de sedimentos altamente especializada con una capacidad de 400 cm², garantizando así la eficiencia y efectividad del proceso de muestreo. Esta elección meticulosa refleja un enfoque deliberado en la calidad y exactitud de los resultados.

En un esfuerzo por garantizar la representatividad de las muestras, se procedió con extremo cuidado a recolectar un total de 15 muestras de sedimentos. Estas muestras, valiosas piezas de la investigación, fueron manipuladas con la mayor atención y cariño. Para mantener su integridad, cada muestra fue cuidadosamente depositada en bolsas plásticas ziploc, cada una de ellas identificada minuciosamente con etiquetas claras y legibles, permitiendo una trazabilidad sin ambigüedades en todo momento.

Figura 5

Muestreo para recolección de muestras de sedimentos.



Fuente: Los autores

3.3.1 Análisis de laboratorio

Preparación de solución de NaCl.

Se etiquetó con precisión un vaso de precipitados de 500 ml, demostrando una atención meticulosa a cada detalle del procedimiento. Acto seguido, se procedió a la meticulosa preparación de una solución de NaCl. Con extrema precisión, se tomaron 150 gramos de cloruro de sodio, cuya cantidad fue medida con un nivel de exactitud sobresaliente. De manera análoga, se midieron rigurosamente 500 ml de agua destilada con una probeta de 1 litro, asegurando una medida impecable y sin margen de error.

Estos dos componentes de vital importancia fueron hábilmente unidos en el vaso de precipitados previamente marcado, con el propósito de generar una solución salina de máxima

calidad. La fusión de estas sustancias fue llevada a cabo con una destreza excepcional, garantizando una mezcla homogénea y uniforme. Para lograr esta homogeneidad, se empleó una varilla de vidrio seleccionada con esmero para realizar una agitación constante y precisa durante un período de 10 minutos.

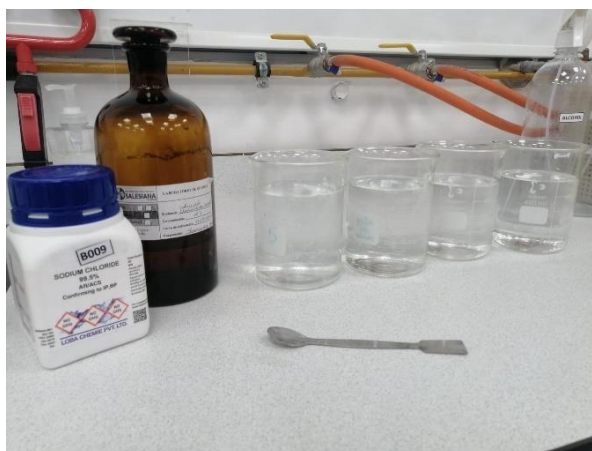
Una vez alcanzada la uniformidad deseada en la solución, se procedió a sellar el vasode precipitados con un nivel de atención y cuidado que caracterizó todo el proceso. El sellado se

logró utilizando papel de aluminio, aplicando una técnica meticulosa para asegurar la hermeticidad del contenedor. Con el objetivo de permitir que las interacciones y reacciones adecuadas se desarrollaran plenamente, el vaso de precipitados cuidadosamente sellado se dejó en reposo durante un período calculado con precisión, que se extendió a lo largo de 1 hora.

En todo momento, cada paso de este proceso estuvo respaldado por una meticulosa atención a los detalles y una ejecución impecable, garantizando resultados de la más alta calidad y confiabilidad.

Figura 6

Vasos de precipitado con solución salina.



Fuente: Los autores

Secado y tamizado de sedimentos.

En relación a las muestras de sedimentos, se llevó a cabo un minucioso proceso de secado utilizando una sofisticada estufa Binder, ubicada en el laboratorio altamente equipado de Química. Las muestras fueron sometidas al meticuloso método de secado durante un prolongado lapso de 72 horas, manteniendo una temperatura constante y precisa de 75°C para garantizar la evaporación completa de la humedad.

Tras la etapa de secado exhaustivo, se procedió con el siguiente paso de manera meticulosa. Los sedimentos ya completamente desprovistos de humedad fueron sometidos a un proceso de trituración con el máximo cuidado, asegurando la

homogeneidad de la muestra. Para el proceso de separación de los componentes de menor tamaño y, con un propósito específico de realce, se utilizó un tamiz especialmente confeccionado en acero inoxidable, caracterizado por una abertura de malla de dimensiones precisas de 5 mm, lo que contribuyó de manera significativa a mejorar la visualización de los microplásticos presentes.

En un paso subsiguiente, se llevó a cabo la meticulosa medición de una cantidad exacta de 20 g de los sedimentos que ya habían pasado por el riguroso proceso de desecación, utilizando con precisión una balanza analítica altamente calibrada. Estos 20 g de sedimento, tras la medición, fueron transferidos con suma destreza y meticulosidad a un recipiente de precipitación, preparado para el siguiente paso del proceso.

En pos de aislar y concentrar los microplásticos presentes en las muestras, se ejecutó un procedimiento de alta precisión. En este paso crítico, se añadieron con precisión y meticulosidad 100 ml de una solución de NaCl a las muestras de sedimentos. Siguiendo este proceso, se procedió a una agitación rigurosa y constante durante un intervalo de tiempo

calculado con precisión, establecido en 15 minutos. Dicha agitación fue realizada con una varilla de vidrio cuidadosamente seleccionada para garantizar la homogeneidad y la exposición efectiva de los microplásticos.

Posteriormente, se llevó a cabo una operación de cobertura del recipiente de precipitación con una técnica meticulosa, utilizando papel de aluminio para sellar herméticamente el contenido. Este sello aportó las condiciones óptimas para el siguiente paso del proceso: un periodo de reposo que se extendió a lo largo de dos días completos. Durante este tiempo, se permitió que los microplásticos presentes en las muestras se aislaran y se concentraran de manera adecuada, posibilitando así una evaluación precisa en las etapas posteriores del análisis.

Figura 7

Muestras de sedimento en proceso de secado.



Fuente: Los Autores

Extracción de microplásticos

Para llevar a cabo el proceso de extracción de la muestra de manera precisa y efectiva, se implementaron una serie de pasos y herramientas especializadas. Se utilizó un montaje consistente en un matraz de kitasato de 500 ml, al cual se conectó una manguera de silicona

que estaba directamente vinculada a una bomba al vacío Gast. La elección de esta configuración tenía un propósito claro y definido: asegurar la extracción óptima de la muestra en cuestión. La utilización de una bomba al vacío permitía controlar y regular con precisión la velocidad y la presión, lo que resultaba fundamental para asegurar la correcta recolección de los componentes a analizar.

Un componente esencial de este proceso fue el embudo de filtración magnético, especialmente diseñado para acomodar filtros de membrana de 47 mm y con una capacidad total de 500 ml. Este embudo proporcionó un entorno controlado y confiable para llevar a cabo la filtración de la muestra. Este paso fue crucial, ya que permitió una separación eficiente entre la parte líquida y los microplásticos presentes, garantizando que las partículas de interés pudieran ser aisladas de manera efectiva para su posterior análisis.

Dentro de este embudo de filtración, se dispuso un filtro de membrana fabricado en nitrato de celulosa con un tamaño de poro específico de $0.45 \mu\text{m}$. La elección de este material y tamaño de poro fue estratégica, ya que permitió retener de manera efectiva los microplásticos mientras dejaba pasar el líquido sin dificultades. Esta etapa de filtración, ejecutada con precisión utilizando una pinza metálica, fue cuidadosamente conducida para asegurar que las partículas de interés quedaran atrapadas en el filtro, mientras que el líquido pasaba a través de él.

Posteriormente, se realizó la transferencia de los filtros de membrana utilizados a una placa petri de material plástico que había sido previamente marcada. Esta acción fue realizada con el apoyo de una pinza metálica, asegurando la manipulación adecuada y la colocación exacta de los filtros en la placa petri. Una vez en la placa, los filtros fueron dispuestos para su secado, un proceso esencial que permitió eliminar la humedad y preparar las muestras para su análisis subsiguiente.

En conjunto, cada paso de este proceso fue meticulosamente planeado y ejecutado con herramientas especializadas, garantizando así la precisión y la integridad de la extracción y preparación de la muestra para un análisis detallado y exhaustivo de los microplásticos presentes.

Figura 8

Uso de bomba al vacío Gast.



Fuente: Los Autores

Para un análisis riguroso de los microplásticos presentes en las muestras, se empleó el microscopio estereoscópico Boeco BSZ-405, con una ampliación de 10x. Este enfoque instrumental proporcionó la capacidad de examinar minuciosamente las partículas a una escala que revela incluso los detalles más pequeños. Esta elección instrumental refleja un compromiso con la precisión y la exhaustividad en la identificación y caracterización de los microplásticos en estudio.

En el proceso de identificación, se llevó a cabo una cuidadosa revisión de partículas orgánicas que podrían haber escapado al tamizado inicial. Este paso adicional fue implementado con la intención de garantizar la integridad del análisis, excluyendo cualquier posibilidad de contaminación o distorsión de los resultados. Al excluir estas partículas orgánicas, se logra un nivel de confiabilidad aún mayor en la identificación y cuantificación de los microplásticos presentes en las muestras.

Además, el análisis de las partículas microplásticas fue llevado a cabo mediante un enfoque multifacético, basado en atributos clave como la forma, el color y el tamaño. Estos criterios de evaluación, esenciales para la caracterización precisa, fueron abordados utilizando el Software BOECOWIN PC.

Este software proporciona una plataforma de análisis sofisticada que facilita la comparación y el contraste de las características visuales de las partículas. La incorporación de un enfoque de software no solo aumenta la objetividad y la uniformidad en el análisis, sino que también agiliza el proceso de examen, permitiendo una evaluación más eficiente de la vasta cantidad de partículas en cuestión.

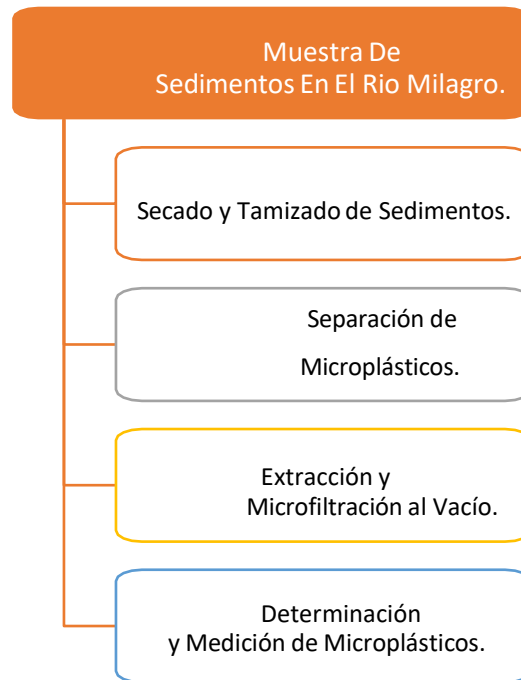
Figura 9

Microscopio estereoscópico Boeco BSZ-405.



Fuente: Los Autores

3.4 Diagrama de flujo de la metodología aplicada.



CAPITULO IV

4 ANALISIS DE RESULTADOS

4.1 Actividades antrópicas realizadas en la ciudad de Milagro zona centro.

El estudio realizado identificó una variedad de actividades humanas en la zona central del Río Milagro. Entre estas actividades, destaca la actividad comercial, la cual se concentra en lugares cercanos a instituciones educativas como el punto 5, referente a la Unidad Educativa San Antonio, seleccionada para el muestreo, así como los puntos 1 Hospital Sergio Pérez Conto, 3 Clínica Santa Inés y 4 Centro de Diálisis Renal Pro, donde se encuentran centros de salud tanto públicos como privados. Estos lugares se caracterizan por tener un alto flujo de personas, incluyendo pacientes, visitantes, estudiantes, profesores y padres de familia.

La actividad comercial en las proximidades de estos lugares busca satisfacer las necesidades de las personas que frecuentan dichos centros, ofreciendo productos y servicios convenientes, como por ejemplo la venta de comida. Sin embargo, esta concentración de actividad comercial también tiene un impacto negativo en términos de contaminación visual y ambiental, esta última mostrándose en forma de desechos y emisiones derivadas de la preparación y venta de alimentos u otros productos.

Figura 10

Clínica Santa Inés, punto 3.



Fuente: *Los Autores*

El punto 2, el Parque de Los Jubilados, el punto más crítico con referencia al alto nivel de partículas encontrados en la muestra, cuenta con actividades recreativas, teniendo en cuenta que a su alrededor consta de zonas residenciales. Siendo las más relevantes al analizar las muestras con más determinación de microplásticos, la actividad comercial.

Figura 11

Parque ubicado cerca del punto 4.



Fuente: Radio La Voz de Milagro

4.2 Cuantificación de microplásticos

El análisis del tamaño de los microplásticos revela información de suma relevancia, ya que proporciona una visión detallada y exhaustiva de las características intrínsecas de cada muestra. Esta meticulosa observación no solo simplifica la interpretación de los datos derivados de cada medición, sino que también desempeña un papel esencial en la derivación de conclusiones sustanciales. En particular, la detección de microplásticos y la comprensión de sus dimensiones tienen implicaciones de gran envergadura, que abarcan desde la evaluación de la calidad del agua hasta las posibles repercusiones en los ecosistemas y las especies que coexisten en el mismo entorno.

En resumen, el análisis de tamaño de los microplásticos dio como resultado que en el punto 2, el Parque de los Jubilados tiene mayor cantidad de microplásticos, con 117 partículas por kilogramo, liderando la tabla. Los otros puntos oscilan entre 103 a 89 partículas por kilogramo.

Tabla 2

Tabla del peso de partículas por kilogramo de las muestras de sedimento.

Estaciones de muestreo	Nombre del sitio	Partículas/kg
P1	Hospital Sergio Pérez Conto	95
P2	Parque de los Jubilados	117
P3	Clínica Santa Inés	103
P4	Centro de Diálisis Renal Pro	89
P5	Unidad Educativa San Antonio	90

Fuente: Los Autores

4.3 Cantidades detectadas de microplásticos en muestras de sedimento.

La elevada concentración de microplásticos en el punto de muestreo P2 se atribuye a la intensa actividad deportiva que prevalece en ese sitio durante los fines de semana. Esta dinámica provoca una acumulación significativa de desechos, dado que los residentes locales generan residuos plásticos en gran medida sin aplicar el manejo adecuado. Es importante resaltar que este contexto de actividad recreativa, aunque enriquecedor para la comunidad en

términos de salud y bienestar, lamentablemente conlleva una preocupante falta de control en la gestión de los residuos generados.

En lo que respecta al punto de muestreo P3, es evidente que la concentración sustancial de microplásticos también es resultado directo de su entorno. La presencia de una clínica de atención médica privada, junto con farmacias circundantes, da lugar a un flujo constante de transeúntes y pacientes. Este tránsito humano, en combinación con la dinámica de atención médica, se traduce en la generación continua de residuos plásticos. Esta situación, que podría ser pasada por alto debido a su carácter aparentemente menos impactante, posee un efecto acumulativo que contribuye de manera alarmante a la contaminación de este punto.

El reconocimiento y análisis de estas causas subyacentes nos permiten comprender con mayor profundidad la raíz de la problemática de microplásticos en los puntos de muestreo P2 y P3. A partir de esta comprensión, se abren oportunidades para implementar soluciones enfocadas y estratégicas que aborden directamente las fuentes de contaminación. Al considerar tanto el aspecto recreativo como el de atención médica en el diseño de medidas de mitigación, se podrá trabajar de manera más efectiva hacia la reducción de la acumulación de microplásticos en estos lugares críticos. En última instancia, el objetivo es no solo preservar el medio ambiente local, sino también promover un cambio cultural en la gestión responsable de los desechos, tanto en actividades recreativas como en contextos de atención médica.

4.4 Tamaño de microplásticos en sedimentos.

Se identificó una elevada concentración de microplásticos en el punto de muestreo P2 y eso se atribuye a la intensa actividad deportiva que prevalece en ese sitio durante los fines de semana. Esta dinámica provoca una acumulación significativa de desechos, dado que los residentes locales generan residuos plásticos en gran medida sin aplicar el manejo adecuado. Es importante resaltar que este contexto de actividad recreativa, aunque enriquecedor para la

comunidad en términos de salud y bienestar, lamentablemente conlleva una preocupante falta de control en la gestión de los residuos generados.

Tabla 3

Tamaño máximo y mínimo de microplásticos en sedimentos

Estaciones de muestreo	Nombre del sitio	Maximo(mm)	Minimo(mm)
P1	Hospital Sergio Pérez Conto	1,490	0,548
P2	Parque de los Jubilados	2,567	1,879
P3	Clínica Santa Inés	1,300	1,112
P4	Centro de Diálisis Renal Pro	1,804	1,560
P5	Unidad Educativa San Antonio	1,786	1,457

Fuente: Los Autores

4.5 Pigmentación de microplásticos encontrados en sedimento.

En los sedimentos con un total de 494 ejemplares, se pudo encontrar microplásticos depigmentación blanca, siendo estos lo más predominantes con un 65.43% del total, otras piezas

de microplásticos más comunes fueron de pigmentación azul con un 15.77 %, amarilla 12.10%. y otros 3.45%.

Tabla 4

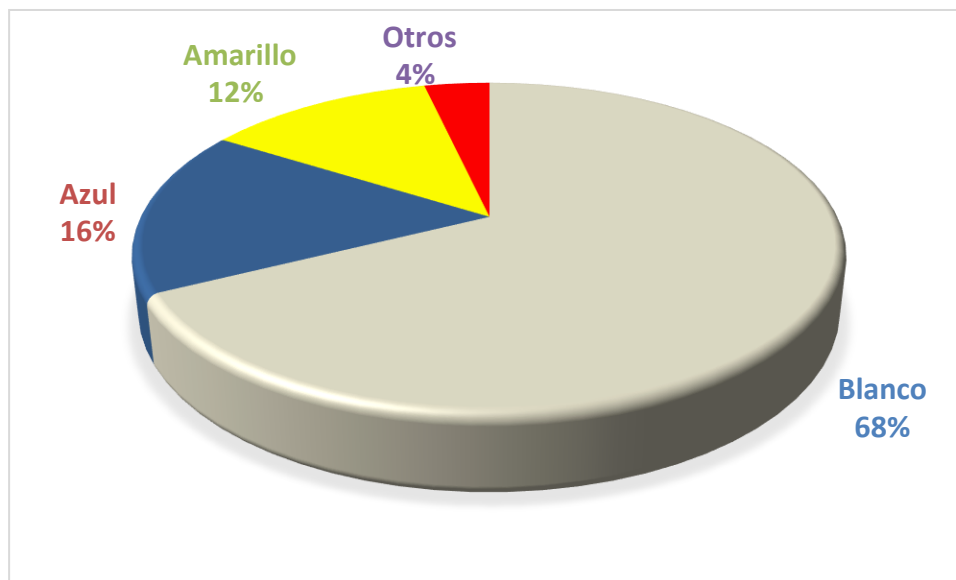
Pigmentación de microplásticos sus porcentajes.

Pigmentación	P1		P2		P3		P4		P5	
	(95)	%	(117)	%	(103)	%	(89)	%	(90)	%
Blanco	4	56.84%	3	70.94%	6	73.78%	7	52.80%	2	68.88%
Azul	6	16.84%	7	14.52%	0	9.70%	8	20.22%	5	16.66%
Amarillo	5	15.78%	3	11.11%	2	11.65%	2	13.48%		7.77%
Otros	0	1.05%		3.41%		4.85%	0	1.12%		6.66%

Fuente: Los Autores

Figura 12

Gráfico de porcentaje de pigmentación de microplásticos por colores.



Fuente: Los Autores

5 CONCLUSIONES

En el estudio realizado se identificaron varias las actividades antrópicas de la zona central del Río Milagro, determinándose la presencia de una intensa actividad comercial, hospitalarias, recreativas, educativas y viviendas, teniendo una correlación directa entre las actividades antrópicas en la zona y la presencia de microplásticos, respaldando la hipótesis de que las actividades humanas están contribuyendo a la contaminación del río.

Durante el proceso de investigación se estableció la descripción del tamaño de los microplásticos en las muestras, así tenemos: que el sedimento en el punto 2 situado en el Parque de Los Jubilados, es el más crítico, se encontraron micro plásticos de mayor tamaño, con un máximo de 2,567 mm y un mínimo de 1,879 mm. En los demás puntos del estudio se encontraron valores entre 1,804 mm a 0,548mm. También se estableció una alta proporción de microplásticos de pigmentación blanca, que representa el 65.43% del total, lo que concluye que este tipo de microplásticos es el que predomina en la zona de estudio. El tiempo para la realización del proyecto de investigación experimental no fue el óptimo para poder profundizar en temas como densidad relativa y estructura del microplástico.

El método analítico en el cual se implementó el uso del microscopio estereoscópico fue de los más acertados ya que permitió una observación más detallada y precisa de las partículas de microplástico, con mayor resolución en comparación con otros métodos visuales.

También los pasos de preparación involucrados son más sencillos a comparación de métodos más avanzados, siendo un éxito al momento de aplicarlo a la investigación.

6 RECOMENDACIONES

Para fortalecer aún más estas acciones y lograr un impacto significativo en la preservación de los ecosistemas acuáticos y la conciencia ambiental, es crucial considerar una serie de pasos adicionales:

Establecer alianzas estratégicas con instituciones educativas, centros de investigación y organizaciones ambientales para llevar a cabo investigaciones interdisciplinarias en áreas poco exploradas. Estos estudios podrían abarcar desde la calidad microbiológica del agua hasta el análisis de contaminantes emergentes, permitiendo una comprensión más completa de la salud de los cuerpos de agua y sus implicaciones.

Implementar programas de capacitación para docentes y estudiantes en todos los niveles educativos, incorporando contenido relacionado con la problemática del plástico y la importancia de su reducción, reutilización y reciclaje. Esto podría incluir la creación de materiales didácticos atractivos y la organización de charlas y talleres prácticos para fomentar una mentalidad ecoamigable desde temprana edad.

Colaborar con medios de comunicación locales y nacionales para difundir mensajes claros y accesibles sobre la amenaza de los microplásticos y la necesidad de tomar medidas inmediatas. Mediante campañas publicitarias, programas de televisión y plataformas en línea, se podría llegar a un público más amplio y generar un mayor compromiso social.

Organizar eventos comunitarios, ferias ambientales y jornadas de limpieza de playas y ríos, involucrando a ciudadanos de todas las edades en acciones concretas para reducir la contaminación plástica. Estas iniciativas no solo promoverán la participación ciudadana, sino que también servirán como oportunidades educativas y de concienciación.

Fomentar la investigación científica orientada a comprender mejor los efectos de los microplásticos en la salud humana y la vida marina. Estos estudios podrían ayudar a respaldar

argumentos sólidos y a informar políticas públicas para abordar esta problemática desde un enfoque basado en evidencia.

Establecer incentivos y regulaciones que promuevan la reducción del uso de plásticos de un solo uso en la comunidad y la industria. Esto podría incluir políticas de responsabilidad extendida del productor, impuestos a productos plásticos y subsidios a alternativas más sostenibles.

En conjunto, estas medidas ampliarán la efectividad de los esfuerzos actuales y contribuirán a un cambio positivo en la forma en que tratamos nuestros recursos acuáticos y la importancia que damos a la protección del medio ambiente en general.

7 BIBLIOGRAFÍA

019, A. M. (2014). *Título IV*. Quito: Lexis Finder.

Abbas, N. (2021). Qué son los microplásticos: definición y tipos. *Abbas*, 53.

Adetunji, J. (21 de abril de 2021). El plástico envenena y mata a la fauna de los océanos. *THE CONVERSATION*, 21.

AMBARPLUS. (20 de 09 de 2020). *Microplásticos ¿Qué son? ¿Qué productos los contienen?*

Obtenido de Ambarplus: <https://ambarplus.com/microplasticos/>

Aquae, F. (2021). Los ríos, fuente de plásticos hacia el mar. *Aquae*, 54.

Asher, C. (2022). La invasión del plástico: las micropartículas también se acumulan en sedimentos de los ríos. *Mongabay*, 47.

BARCELONA, U. A. (2022). Los microplásticos depositados en los fondos marinos se han triplicado en 20 años. *UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BARCELONA*, 6.

Castañeta, G. (2020). *MICROPLÁSTICOS: UN CONTAMINANTE QUE CRECE EN TODAS LAS ESFERAS AMBIENTALES, SUS CARACTERÍSTICAS Y POSIBLES RIESGOS PARA LA SALUD PÚBLICA POR EXPOSICIÓN*. San Andres: Revista Boliviana de Química.

CEREM. (2019). MICROPLÁSTICOS, LA PALABRA DEL AÑO. *CEREM*, 69.

CINVESTAV. (2023). La contaminación por microplásticos afecta a la fauna marina. *CINVESTAV*, 50.

CODIGO ORGANICO DE LA PRODUCCION, C. E. (2015). *CODIGO ORGANICO DE LA PRODUCCION, COMERCIO E INVERSIONES, COPCI*. Quito: Lexis Finder.

DKV. (14 de junio de 2022). *Microplásticos, todo lo que deberías saber de ellos*. Obtenido de Microplásticos, todo lo que deberías saber de ellos: <https://dkv.es/corporativo/blog-360/medioambiente/contaminacion/microplasticos#:~:text=Los%20micropl%C3%A1sticos%20secundarios%20representan%20entre,botellas%20o%20redes%20de%20pesc> a.

ECUADOR, C. D. (2008). *CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR*. Quito: Pitak Kanchik.

Europe, P. (2 de 3 de 2020). *CÓMO SE FABRICA EL PLÁSTICO*. Obtenido de Plastics Europe: <https://legacy.plasticseurope.org/es/about-plastics/what-are-plastics/how-plastics-are-made#:~:text=Para%20fabricar%20pl%C3%A1stico%20se%20utilizan,formar%20cadenas%20largas%20de%20pol%C3%ADmeros>.

Europeo, P. (2018). Microplásticos: causas, efectos y soluciones. *Noticias Parlamento Europeo*, 200.

Fernández-Ronquillo, M. (2016). Percepción de la población sobre los niveles de contaminación ambiental del Río Milagro y grado de conocimiento preventivo social sobre el efecto de su carga contaminante. *Ciencia Unemi*, 21.

Greenpeace. (2022). Plásticos. *Greenpeace*, 6.

Guevara, J. F. (2011). Situación Comercial de la Ciudad de Milagro. *Revista Ciencia UNEMI*, 58.

HAZ. (2023). La producción de plásticos de un solo uso aumenta en medio de la crisis climática. *HAZ*, 36.

Lizano, E. (2019). Contaminacion por microplastico. *CIENCIA*, 100.

Martagón, V. L. (2022). Biomarcadores. *REVISTA CIENCIA*, 34.

Mexico, R. C. (3 de abril de 2022). *Microplásticos en agua y en organismos*. Obtenido de

Ciencia: [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/ediciones-](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/ediciones-antteriores/edicion-actual/321-contaminacion-por-microplasticos/937-microplasticos-en-agua-y-en-organismos#:~:text=Una%20gran%20cantidad%20de%20residuos%20pl%C3%A1sticos%20llega%20a,a%20partir%20de%20)

[antteriores/edicion-actual/321-contaminacion-por-microplasticos/937-microplasticos-](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/ediciones-antteriores/edicion-actual/321-contaminacion-por-microplasticos/937-microplasticos-en-agua-y-en-organismos#:~:text=Una%20gran%20cantidad%20de%20residuos%20pl%C3%A1sticos%20llega%20a,a%20partir%20de%20)

[en-agua-y-en-](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/ediciones-antteriores/edicion-actual/321-contaminacion-por-microplasticos/937-microplasticos-en-agua-y-en-organismos#:~:text=Una%20gran%20cantidad%20de%20residuos%20pl%C3%A1sticos%20llega%20a,a%20partir%20de%20)

[organismos#:~:text=Una%20gran%20cantidad%20de%20residuos%20pl%C3%A1stic](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/ediciones-antteriores/edicion-actual/321-contaminacion-por-microplasticos/937-microplasticos-en-agua-y-en-organismos#:~:text=Una%20gran%20cantidad%20de%20residuos%20pl%C3%A1sticos%20llega%20a,a%20partir%20de%20)

[os%20llega%20a,a%20partir%20de%](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/ediciones-antteriores/edicion-actual/321-contaminacion-por-microplasticos/937-microplasticos-en-agua-y-en-organismos#:~:text=Una%20gran%20cantidad%20de%20residuos%20pl%C3%A1sticos%20llega%20a,a%20partir%20de%20)

Moreira, M. F. (2020). ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ECONÓMICO-FINANCIERO DE LOS. *Revista ECA Sinergia*, 3.

PACKMAN, A. (2022). Microplásticos pasan años en lechos de ríos antes de llegar al mar.

Cienciaplus, 5.

Pérez, J. P. (2014). La industria del plástico en México y el mundo. *Banco Mex*, 4.

RTVE. (2019). ¿Qué son los microplásticos y qué medidas se pueden adoptar para reducirlos?

RTVE, 23.

Sarria-Villa, R. A. (2016). La gran problemática ambiental de los residuos plásticos:

Microplásticos. *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca*, 32.

Scanco. (2023). ¿Cuál es el impacto de los microplásticos en la salud y el medio ambiente?

Scanco, 40.

Suarez, N. (2023). Los microplásticos enterrados en sedimentos marinos pueden interactuar

con la biota bentónica. *RETEMA*, 98.

Vizcaino, A. (2021). Microplásticos y salud humana. *El Diario*, 34.

Yagual, F. E. (2018). ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Y SUS REPERCUSIONES EN LA CIUDAD DE MILAGRO – ECUADOR. *Caribeña de Ciencias Sociales*, 55.

8 ANEXOS***Figura 13***

Colocando muestra de sedimento en vaso de precipitado.

***Figura 14***

Proceso de secado de sedimento en estufa.



Figura 15

Pulverización de muestra de sedimento para luego ser tamizado.



Figura 16

Proceso de extracción de micro plásticos.



Figura 17

Muestreo de sedimento con draga Van Veen.



Figura 18

Pesaje con balanza de agua salina.



Figura 19

Fibra de microplástico p1.

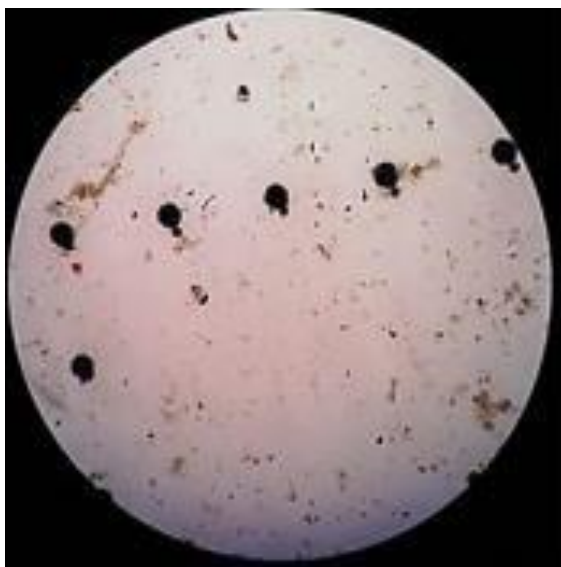


Figura 20

Fibra de microplástico p2.



Figura 21

Fibra de microplástico p3.

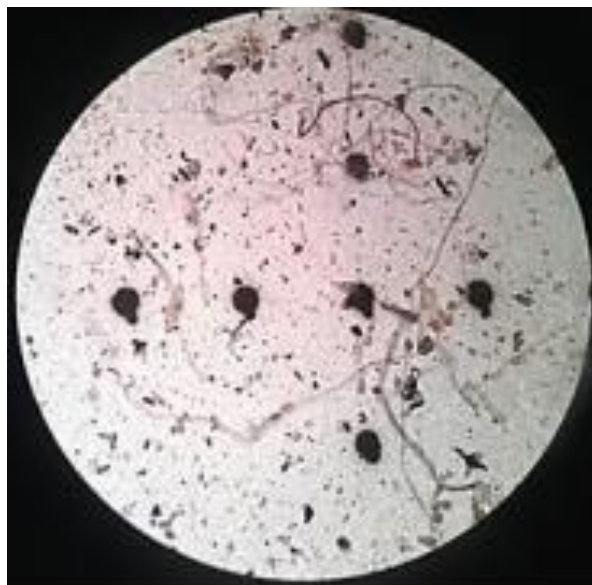


Figura 22

Partícula de microplástico p4.



Figura 23

Partícula de microplástico p5.

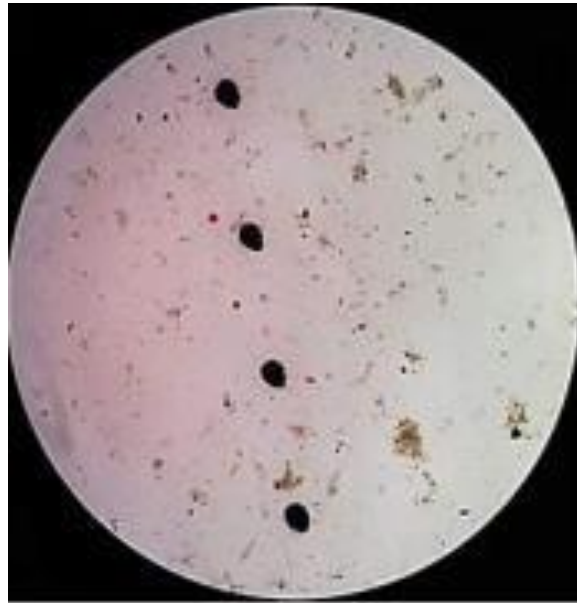


Figura 24 Muestreo en orillas del Rio Milagro.



