



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

**DISEÑO DE UN DISPOSITIVO PARA LA REMOCIÓN DE  
MICROPLÁSTICOS EN RÍOS**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO QUÍMICO**

**AUTOR:**

**BRAYAN STEVE MONTESDEOCA TORRES**

Riobamba – Ecuador

2023



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

**DISEÑO DE UN DISPOSITIVO PARA LA REMOCIÓN DE  
MICROPLÁSTICOS EN RÍOS**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO QUÍMICO**

**AUTOR: BRAYAN STEVE MONTESDEOCA TORRES**

**DIRECTOR: Ing. Carlos Alcibar Medina Serrano**

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, **Brayan Steve Montesdeoca Torres**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Brayan Steve Montesdeoca Torres, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 13 de abril de 2023



**Brayan Steve Montesdeoca Torres**  
**171868326-9**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO DE UN DISPOSITIVO PARA LA REMOCIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN RÍOS**, realizado por el señor: **BRAYAN STEVE MONTESDEOCA TORRES**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de integración curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Daniel Antonio Chuquin Vasco <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-04-13
Ing. Carlos Alcívar Medina Serrano <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-04-13
Dr. Jorge Efren Silva Yumi <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-04-13

## **DEDICATORIA**

El presente Trabajo de Integración curricular va dedicado en especial a Dios, ya que me ha brindado la sabiduría, la protección y la salud necesaria durante todos los años de la carrera, a mis padres Myriam Torres y Jorge Montesdeoca que han sido el pilar fundamental durante toda mi vida, gracias por su cariño incondicional y mano dura soy el hombre que soy y les debo todo lo que logrado, a mi hermano Emilio que adoro con todo mi corazón, a mi abuelita Martha Morocho por ser parte de este camino y estar pendiente de mi en todo momento, ya que ella soñaba con verme culminar mis estudios, y por ultimo pero no menos importante a mi enamorada Anaís Jara que amo con todo mi corazón y con la que he compartido todos estos años de carrera y ha sido esas personas que en los momentos buenos y malos siempre ha estado para mí, este trabajo es para ustedes, muchas gracias por ser parte de mi vida los amo.

Brayan

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi tutor el Ing. Carlos Medina y a mi asesor el Dr. Jorge Silva, que gracias a su paciencia y enseñanzas me han permitido desarrollar el Trabajo de Integración Curricular y debido a sus aportes el trabajo ha logrado sus objetivos, a mi maestro el Ing. Daniel Chuquin que ha sido de gran ayuda durante el proceso y facilitó información para lograr culminar mi proyecto, agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Facultad de Ciencias por brindar todas las facilidades para que el proyecto se desarrolle y por ultimo pero no menos importante agradezco a mis padres por dar todo el apoyo económico necesario para que el proyecto culmine y tenga los resultados esperados.

Brayan

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
SUMMARY.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1. Antecedentes.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. Planteamiento del problema.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3. Justificación.....</b>	<b>3</b>
<b>1.4. Objetivos.....</b>	<b>4</b>
<b>1.4.1. <i>Objetivo general</i>.....</b>	<b>4</b>
<b>1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>.....</b>	<b>4</b>

### CAPÍTULO II

<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. Antecedentes investigativos.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2. Referencias teóricas.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2.1. <i>Microplástico</i>.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2.2. <i>Tipos de microplástico</i>.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.2.1. <i>Microplásticos primarios</i>.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.2.2. <i>Microplásticos secundarios</i>.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.3. <i>Efectos del microplástico en el medio ambiente</i>.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.4. <i>Microplástico en entornos acuáticos</i>.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2.4.1. <i>Microplástico en sistemas de agua dulce</i>.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2.4.2. <i>Microplástico en sistemas marinos</i>.....</b>	<b>9</b>

2.2.5.	<i>Efectos del microplástico en los seres humanos</i> .....	10
2.2.6.	<i>Características de los ríos ecuatorianos</i> .....	10
2.2.7.	<i>Soluciones para mitigar los efectos del microplástico</i> .....	11

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	15
3.2.	<b>Ingeniería del del proyecto</b> .....	16
3.2.1.	<i>Tipo de estudio</i> .....	16
3.2.2.	<i>Metodología</i> .....	16
3.2.2.1.	<i>Métodos</i> .....	16
3.2.2.2.	<i>Esquema metodológico</i> .....	18
3.3.	<b>Técnicas</b> .....	18
3.3.1.	<i>Revisión de patentes</i> .....	19
3.4.	<b>Variables del diseño</b> .....	19
3.4.1.	<i>Selección de la malla</i> .....	19
3.4.2.	<i>Materiales utilizados en la construcción del equipo</i> .....	19
3.4.3.	<i>Propiedades de los materiales</i> .....	21
3.4.3.1.	<i>Malla Mesh 80</i> .....	21
3.4.3.2.	<i>Bolas de madera de teca</i> .....	21
3.4.3.3.	<i>Acero A304</i> .....	22
3.5.	<b>Diseño del dispositivo</b> .....	22
3.5.1.	<i>Parámetros de diseño</i> .....	23
3.5.1.1.	<i>Área total del dispositivo</i> .....	23
3.5.1.2.	<i>Capacidad máxima del dispositivo</i> .....	23
3.5.1.3.	<i>Recolección de microplástico en el río Chibunga</i> .....	23
3.5.1.4.	<i>Porcentaje de remoción del dispositivo</i> .....	25
3.6.	<b>Funcionamiento del dispositivo</b> .....	25

### CAPÍTULO IV

4.	<b>RESULTADOS</b> .....	26
4.1.	<b>Resultado de la búsqueda de patentes</b> .....	26

<b>4.2.</b>	<b>Análisis granulométrico para la selección de la malla</b> .....	27
<b>4.3.</b>	<b>Descripción de los elementos del dispositivo de remoción</b> .....	28
<b>4.3.1.</b>	<b><i>Cuerpo principal (Cónico)</i></b> .....	29
<b>4.3.2.</b>	<b><i>Malla filtrante</i></b> .....	29
<b>4.3.3.</b>	<b><i>Bolas de madera</i></b> .....	30
<b>4.3.4.</b>	<b><i>Varillas de acero inoxidable 3/16"</i></b> .....	30
<b>4.4.</b>	<b>Diseño y planos del dispositivo</b> .....	31
<b>4.5.</b>	<b>Área total del dispositivo</b> .....	33
<b>4.6.</b>	<b>Capacidad máxima del dispositivo</b> .....	33
<b>4.7.</b>	<b>Resultados de la recolección de microplástico en el río Chibunga</b> .....	34
<b>4.8.</b>	<b>Porcentaje de remoción del dispositivo</b> .....	34
<b>4.9.</b>	<b>Validación económica del proyecto</b> .....	35
<b>4.9.1.</b>	<b><i>Análisis de costos</i></b> .....	35
<b>4.10.</b>	<b><i>Análisis e interpretación de resultados</i></b> .....	35
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	37
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	38

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-3:</b> Datos de localización y coordenadas geográficas de la ESPOCH .....	15
<b>Tabla 2-3:</b> Características de los materiales.....	20
<b>Tabla 3-3:</b> Propiedades de la malla Mesh 80 .....	21
<b>Tabla 4-3:</b> Propiedades de la madera de teca.....	21
<b>Tabla 5-3:</b> Propiedades del acero A304 .....	22
<b>Tabla 6-3:</b> Características geográficas .....	24
<b>Tabla 7-3:</b> Características río Chibunga “Sector Parque Ecológico”.....	24
<b>Tabla 1-4:</b> Análisis granulométrico.....	27
<b>Tabla 2-4:</b> Resultados de la recolección .....	34
<b>Tabla 3-4:</b> Costo de materiales para la construcción del dispositivo .....	35
<b>Tabla 4-4:</b> Especificaciones técnicas del dispositivo .....	36

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-2:</b>	Tamaño del microplástico.....	6
<b>Ilustración 2-2:</b>	Microplástico .....	6
<b>Ilustración 3-2:</b>	Tipos de microplástico.....	7
<b>Ilustración 4-2:</b>	Efectos del microplástico.....	9
<b>Ilustración 5-2:</b>	Nanotubo de carbono .....	11
<b>Ilustración 6-2:</b>	Celdas de electrocoagulación de microplástico .....	12
<b>Ilustración 7-2:</b>	Dispositivos recolectores de microplástico.....	12
<b>Ilustración 8-2:</b>	Dispositivos de separación y recolección de microplástico.....	13
<b>Ilustración 9-2:</b>	Dispositivos de separación y recolección de microplástico.....	13
<b>Ilustración 10-2:</b>	Dispositivo de recolección de microplástico en la superficie del agua.....	14
<b>Ilustración 1-3:</b>	Esquema metodológico para el diseño del dispositivo .....	18
<b>Ilustración 2-3:</b>	Localización del río Chibunga.....	24
<b>Ilustración 1-4:</b>	Diagrama de columnas de número de patentes.....	26
<b>Ilustración 2-4:</b>	Diagrama pastel de patentes encontradas por año .....	26
<b>Ilustración 3-4:</b>	Diagrama de columnas de los países de publicación de las patentes.....	27
<b>Ilustración 4-4:</b>	Cuerpo del dispositivo .....	29
<b>Ilustración 5-4:</b>	Malla Mesh 80.....	29
<b>Ilustración 6-4:</b>	Bolas de madera de teca.....	30
<b>Ilustración 7-4:</b>	Varillas de acero inoxidable.....	30
<b>Ilustración 8-4:</b>	Vista frontal del dispositivo.....	31
<b>Ilustración 9-4:</b>	Vista lateral del dispositivo.....	31
<b>Ilustración 10-4:</b>	Vista superior del dispositivo.....	32
<b>Ilustración 11-4:</b>	Vista completa del dispositivo.....	32

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** MICROPLASTICO EMPLEADO PARA LOS DIFERENTES ANÁLISIS

**ANEXO B:** ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

**ANEXO C:** PLANO COMPLETO DEL DISPOSITIVO

**ANEXO D:** DISPOSITIVO DE REMOCIÓN DE MICROPLÁSTICO

**ANEXO E:** FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO EN EL RÍO CHIBUNGA

**ANEXO F:** PESAJE DEL MICROPLÁSTICO RECOLECTADO

## RESUMEN

El presente Trabajo de Integración Curricular tuvo como objetivo el diseño de un dispositivo empleando SolidWorks y el cual permitió la remoción de microplástico en ríos del Ecuador, puesto que la mayoría de estos cuerpos de agua se han visto afectados por este contaminante plástico, afectando diversos ecosistemas y teniendo consecuencias graves tanto en la salud de animales y personas. Se realizó un análisis en diferentes bases de datos de patentes y se precisó su diseño, determinando la forma, tamaño, materiales y malla filtrante que se definió por una prueba granulométrica, en la que se empleó microplástico y se estableció el Mesh 80 con una abertura de malla de 0.19 mm. En cuanto a los materiales que se emplearon, el cuerpo cónico del dispositivo fue de acero inoxidable que cumplió con la normativa de la Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales (ASTM). Se colocaron esferas de madera en la parte superior del mismo para lograr que el dispositivo flote y mantenga su posición en el río. Una vez que se realizaron todas las pruebas se determinó que el dispositivo tuvo un área total de 60 cm<sup>2</sup>, un diámetro de 25 cm, un ancho de 27 cm, una longitud de 40 cm y un peso de 1.15 kg y un porcentaje de remoción de microplástico en ríos del 83.16%, prueba que se realizó en el río Chibunga que determinó su eficiencia y resistencia a la hora de ponerlo en funcionamiento. Se concluye que el dispositivo cumplió con los requerimientos deseados que son la remoción de microplástico en ríos y la correcta resistencia al estar sumergido en el agua. Se recomienda colocar una red de dispositivos a lo largo del río con el fin de maximizar la recolección de microplástico en toda la extensión que posea el río a descontaminar.

**Palabras clave:** <DISEÑO>, <DISPOSITIVO>, <REMOCIÓN MICROPLÁSTICO>, <RÍOS>, <CONTAMINACIÓN>, <SALUD HUMANA>.

0723-DBRA-UPT-2023



## ABSTRACT

The aim of this work was the design of a device using SolidWorks, which allowed the removal of microplastics in rivers in Ecuador, since most of these bodies of water have been affected by this plastic pollutant, affecting various ecosystems and having serious consequences on the health of both animals and people. An analysis was made in different patent databases and its design was specified, determining the shape, size, materials and filtering mesh that was defined by a granulometric test, in which microplastic was used and Mesh 80 was established with a mesh opening of 0.19 mm. As for the materials used, the conical body of the device was made of stainless steel that complied with the American Society for Testing and Materials (ASTM) standards. Wooden spheres were placed on top of it to make the device float and maintain its position in the river. Once all the tests were carried out, it was determined that the device had a total area of 60 cm<sup>2</sup>, a diameter of 25 cm, a width of 27 cm, a length of 40 cm and a weight of 1.15 kg and a percentage of microplastic removal in rivers of 83.16%. This test was carried out in the Chibunga River, which determined its efficiency and resistance when it was put into operation. It is concluded that the device fulfilled the desired requirements, which are the removal of microplastics in rivers and the correct resistance when submerged in water. It is recommended to place a network of devices along the river in order to maximize the collection of microplastics in all the extension of the river to be decontaminated.

**Key words:** <DESIGN>, <DISPOSITIVE>, <MICROPLASTIC REMOVAL>, <RIVERS>, <CONTAMINATION>, <HUMAN HEALTH>.

0723-DBRA-UPT-2023



Dra. Nanci Margarita Inca Ch. Mgs.  
0602926710

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, hablar de microplástico no es ninguna novedad, ya que sabemos que este material está invadiendo ríos, océanos y muchos de los alimentos, como son las diferentes especies de pescado y mariscos. Diversos grupos de científicos buscan hoy en día, que el microplástico se considere como un nuevo contaminante atmosférico, debido a que recientes estudios han demostrado que el microplástico puede ser transportado en la lluvia, el aire y la nieve como los contaminantes tradicionales.

La gran problemática de este fenómeno surge debido a que por las diversas características que posee el microplástico, todos los seres vivos respiramos, bebemos y convivimos con este agente más de lo que pensamos. Los efectos que el microplástico posee en lo seres humanos no se conocen con claridad, pero se cree que no son nada positivos, debido a que es un agente externo y se ha podido determinar que en otras especies como son los peces causa diversos impactos, tales como, bloqueos internos y lesiones en el tracto digestivo (Martínez 2020).

Por lo general, el microplástico, está constituido de partículas plásticas con un intervalo de tamaño que va de 1 mm hasta máximo los 5 mm. Estos se han formado por la degradación que sufre el plástico con el pasar de los años y de los diversos agentes físicos y químicos que se encuentran en el entorno. Dichas partículas provienen de diversas fuentes, las cuales son empleadas a diario por millones de personas alrededor del planeta como son botellas, bolsas plásticas, contenedores de alimentos, telas, tuberías plásticas, productos de cuidado personal, etc., (Villa y Gallo 2016).

Estudios realizados por Vethaak (2022), profesor emérito de ecotoxicología de la universidad libre de Ámsterdam, en los países bajos, ha logrado demostrar la existencia de microplástico en la sangre de las personas, aun no se ha demostrado el riesgo que existe a ciencia cierta, pero si debiéramos estar preocupados ya que este agente no debería encontrarse en nuestra sangre, y que a futuro pueda causar nuevas enfermedades o agravar las ya existentes.

Encontrar el diseño de un dispositivo que permita la remoción del microplástico presente en ríos y además posea características únicas e innovadoras, que permitan mitigar los efectos que provocan estos agentes indeseables. Teniendo como resultado cientos de especies que habitan en los diferentes ríos contaminados y que además sirven de alimentos para cientos de familias que estarían en contacto directo con el microplástico.

# CAPÍTULO I

## 1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA

### 1.1. Antecedentes

El conocimiento que se tiene del microplástico se sitúa en la década de los 70, pero no es hasta el año de 2004 cuando se acuñó el término, todo esto debido a la investigación realizada por el profesor de biología marina y director de la universidad de Plymouth, Richard Thompson. En una de las diversas limpiezas de playas en las que participaba se dio cuenta de la presencia de grandes cantidades de pequeños fragmentos de plástico que después de un arduo análisis se los denominó como microplástico (Peeken 2022).

El microplástico se ha convertido en un reto importante para las ciencias encargadas del estudio del medio ambiente en la última década, puesto que han llamado toda la atención mundial en su condición de contaminantes emergentes, debido a sus diferentes interacciones. La persistencia en el medio ambiente y además de su aparición debido a la deficiente gestión que existe en el tratamiento de los residuos que son generados en todas las ciudades y las malas prácticas industriales, hacen al microplástico uno de los contaminantes más peligrosos (Manzano 2020, p. 160-175).

Existen distintas características que permiten determinar y catalogar a una partícula como microplástico, según Gelb (2014, pp. 29–33) son materiales sintéticos, partículas sólidas, su tamaño es menor a 5 mm, son insolubles en agua y no son degradables. Por este motivo su impacto en el medio ambiente es de relevancia y se ha convertido en un problema en todo el planeta, además de que son escasos los dispositivos que se dedican a la remoción de este agente en los diferentes entornos.

### 1.2. Planteamiento del problema

El microplástico es un componente que a nivel global está irrumpiendo todos los ríos, mares, océanos y muchos de los alimentos que consumimos a diario como son las diferentes especies de pescado y mariscos.

Diversos científicos buscan hoy en día que el microplástico se considere un nuevo contaminante atmosférico, debido a que recientes estudios han demostrado que estos pueden ser transportados en la lluvia, el aire y la nieve, por lo tanto, este fenómeno se relaciona con las personas más de lo que pensamos, aun no se conoce a ciencia cierta los efectos que causa en el cuerpo humano, pero se cree que no son positivos (Villa y Gallo 2016, p. 1-8).

El microplástico por lo general se constituye de partículas plásticas con un tamaño no mayor a los 5 mm, las cuales incluyen fragmentos que proceden de la degradación de plásticos voluminosos, hechos de polietileno provenientes de botellas o bolsas plásticas, poliestireno empleado en la fabricación de contenedores de alimentos, nylon, polipropileno que es materia prima elemental para la creación de telas entre otros materiales para la elaboración de plástico (Eroski Consumer 2020).

Según Touma (2021, p. 3) Ecóloga de la Universidad de Barcelona explica que la falta de tratamientos de aguas residuales es un enorme problema en el Ecuador. Debido a que el microplástico llega a los diferentes ríos y por consecuencia a los océanos, afectando gravemente a la biodiversidad acuática.

Diferentes métodos se han empezado a considerar para la remoción de microplástico de las fuentes de aguas residuales, en las cuales se ha empleado distintos métodos electroquímicos, como la electrocoagulación. La problemática surge ya que hoy en día no existe un dispositivo capaz de remover directamente el microplástico de los ríos o diferentes cuerpos de agua, que con el pasar del tiempo han acumulado este agente negativo en sus superficies, por ello la idea de diseñar un dispositivo que mitigue los efectos que poseen estos sobre los ríos y que además sería un aporte fundamental para combatir la contaminación ambiental.

### **1.3. Justificación**

Los seres humanos hemos producido alrededor de 7,200 millones de toneladas métricas de plástico desde la década de los 50, siendo solo el 9,1% de los residuos plásticos reciclado, del 90,9% restante que termina en vertederos de basura y en el medio ambiente, por consiguiente, este agente contaminante se disuelve en micropartículas que contaminan el aire y el agua, dañando las diferentes fuentes de agua y en última instancia, son ingeridas por los seres humanos (Cifuentes Miguel 2021, p. 4).

Ecuador posee diversas fuentes hídricas como lo son ríos, arroyos, lagos y mares, los cuales son contaminados por un sin número de aguas residuales que provienen de las diferentes ciudades, por lo tanto, contaminan directamente a estos cuerpos de agua con diversos agentes patógenos. Entre los principales que se han podido encontrar son el microplástico, como resultado de estudios realizados se pudo determinar que hasta la lluvia puede contener microplástico (Cardona 2021, pp. 1-22).

Es de suma importancia dar relevancia a este tema, puesto que, si no se actúa a tiempo, ante este tipo de contaminación los efectos que puede provocar en contra de nosotros mismo empeoraran, puesto que el agua es un elemento vital en nuestra vida y su contaminación perjudica a todos (Villa, Gallo José 2016, pp. 1-7).

El presente proyecto técnico busca encontrar un diseño de dispositivo que remueva, se adapte y capte la mayor cantidad de microplástico presente en los ríos y otros cuerpos de agua, resultando una idea novedosa en el país, que se ha visto afectado por este mal global. Conociendo que la mayoría de los ríos ecuatorianos tienen su desembocadura con las diversas playas, llevando grandes cantidades de microplástico, de esta manera la limpieza de estas fuentes hídricas, ayuda a reducir la contaminación presente en los mismos.

## **1.4. Objetivos**

### ***1.4.1. Objetivo general***

Diseñar un dispositivo empleando software, el cual permita la remoción de microplástico en ríos del Ecuador.

### ***1.4.2. Objetivos específicos***

- Identificar las diferentes variables de diseño, analizando las características que posee el dispositivo, con el fin de facilitar su eficiencia.
- Dimensionar el dispositivo de remoción de microplásticos, empleando los diferentes cálculos de ingeniería y dar a conocer las características del diseño.
- Realizar la validación económica del diseño propuesto, utilizando los diversos métodos de análisis, para determinar la viabilidad del proyecto.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes investigativos

En la actualidad hablar de microplástico no es ninguna novedad, a nivel mundial sabemos que este agente perjudicial para el medio ambiente está invadiendo los ríos, océanos y los diferentes cuerpos de agua existentes. Muchos de los alimentos que cada día consumimos como, son las diferentes especies de pescados y mariscos se han contaminado de microplástico, resultado de todo esto diversos grupos científicos han buscado la forma de eliminar el microplástico de los diferentes cuerpos de agua.

Según Shaobin Wang (2019), catedrático de Ingeniería Química de la universidad de Adelaida, nos explica que las nano capas de carbono son lo suficientemente dinámicas y estables, de tal forma que permiten descomponer estos microplásticos en compuestos que no representan como tal una amenaza para los diferentes ecosistemas acuáticos. Es por esto por lo que para eliminar el microplástico como tal, se han empleado químicos de corta duración, conocidos como especies reactivas de oxígeno, que liberan reacciones en cadena, que dividen las diversas moléculas que constituyen el microplástico en fragmentos diminutos e inofensivos que se disuelven en agua. Este método tiene cierta problemática provocada debido a sustancias reactivas de oxígeno, que producen ciertos contaminantes por sí mismo.

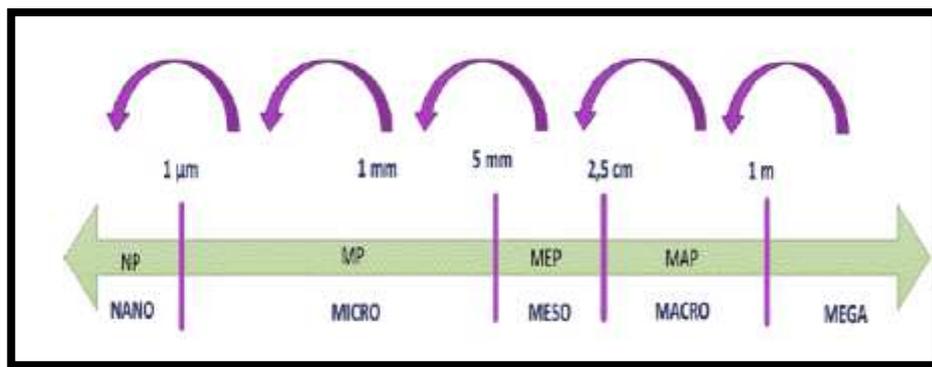
Existen diversos tratamientos para la remoción de microplásticos presentes en el agua, uno de ellos es la suspensión sintética monodispersa, que según Kiendrebeogo Marthe (2020, pp. 1-15) investigadora del Instituto Nacional de investigaciones Científicas (INRS) de Canadá. Se preparó una solución sintética con agua destilada y poliestireno comercial, además de adicionar una intensidad de corriente, el cual provoco la degradación o eliminación parcial del microplástico, otros resultados obtenidos fueron, que el microplástico se rompe en partículas más pequeñas y se degradaron en productos gaseosos, demostrando así que el tratamiento es prometedor para descontaminación del agua con presencia de microplástico.

Los autores Jian Rijin y Zhang Chunfang (2020) de la Universidad de Zhejiang proponen un dispositivo para eliminar partículas de microplástico en un cuerpo de agua cuya recolección es sencilla. El dispositivo comprende un marco de cuerpo principal, un marco de soporte y un marco de radios con diferentes filtros que recogen el microplástico, este dispositivo se emplea principalmente en ambientes de maricultura, dicho dispositivo posee un gran nivel de captación de microplástico, lo idóneo sería que adaptabilidad sea mucho mayor puesto que la problemática del microplástico se encuentra en la mayoría de los medios acuáticos.

## 2.2. Referencias teóricas

### 2.2.1. Microplástico

Son partículas de origen sintético provenientes de derivados del petróleo, con un tamaño entre los 5 mm y un tercio de milímetro, los cuales son producto de la fragmentación por acción del sol, procesos de foto degradación y además de diferentes factores climáticos, se cree que alrededor del 5% de todos los plásticos termina en los diferentes cuerpos de agua existentes a nivel global.



**Ilustración 1-2:** Tamaño del microplástico

**Fuente:** Castañeta et al. 2020

El microplástico puede estar constituido en distintos tipos de plásticos como son poliestireno (PET), polietileno (PE), Polipropileno (PP), entre otros, los cuales provienen de productos conocidos, tales como exfoliantes, pasta dentífrica, productos de limpieza que poseen microesferas plásticas. Otro de los mayores contribuyentes para la propagación del microplástico en fuentes acuáticas son los pellets de resina que son empleados a manera de materia prima para la producción de productos de plástico (Conde Elena 2019, p. 1).

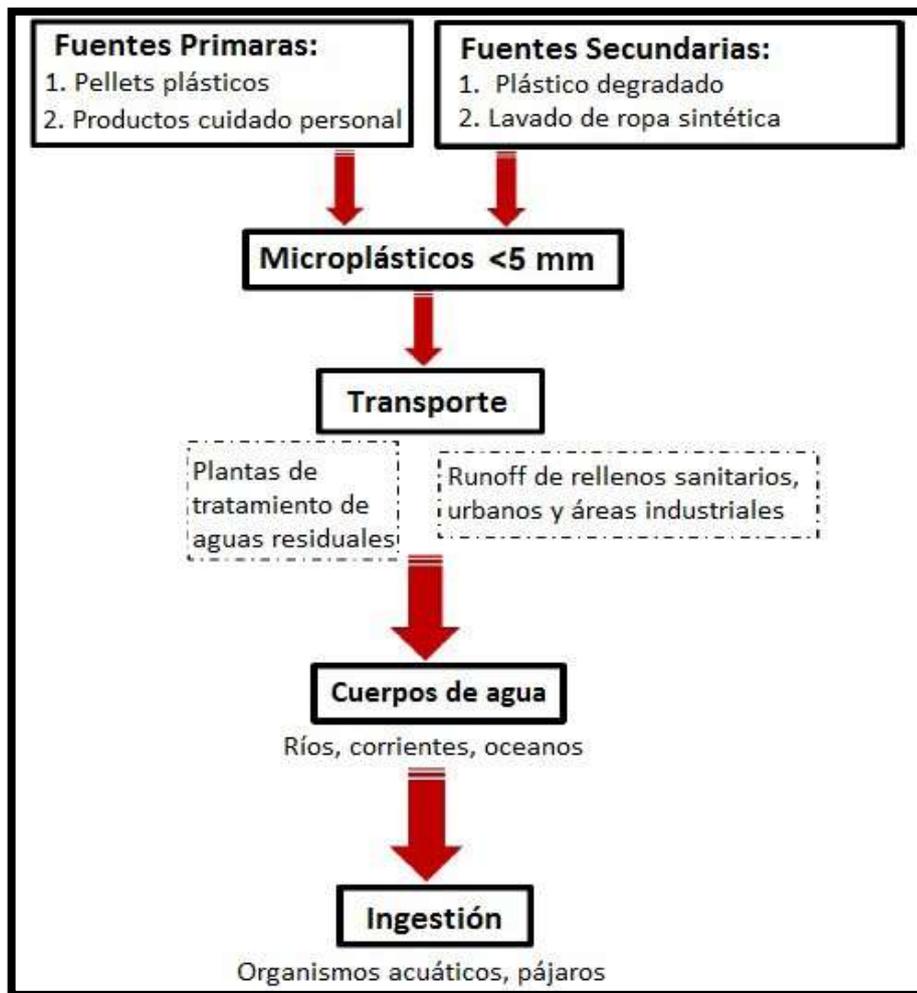


**Ilustración 2-2:** Microplástico

**Fuente:** Laura Parker 2022

### 2.2.2. Tipos de microplástico

Los tipos de microplásticos se agrupan dependiendo del tamaño que poseen y la procedencia que tienen los mismos, el microplástico ha sido clasificado como primario y secundario como se detalla en la siguiente ilustración:



**Ilustración 3-2:** Tipos de microplástico

Fuente: Sarria Rodrigo, Gallo José 2016

#### 2.2.2.1. Microplásticos primarios

Son plásticos los cuales su principal característica es que poseen un tamaño menor de 5mm, los están constituidos por pellets industriales, además de residuos plásticos incluidos en productos empleados para el cuidado personal tales como crema de dientes, productos para el cuidado de la piel y geles de baños. Constituyen la mayor cantidad de productores de microplástico al medio ambiente, los microplásticos primarios son empleados debido a su bajo costo y para sustituir ingredientes naturales costosos (Sarria Rodrigo, Gallo José 2016, pp. 1-7).

#### *2.2.2.2. Microplásticos secundarios*

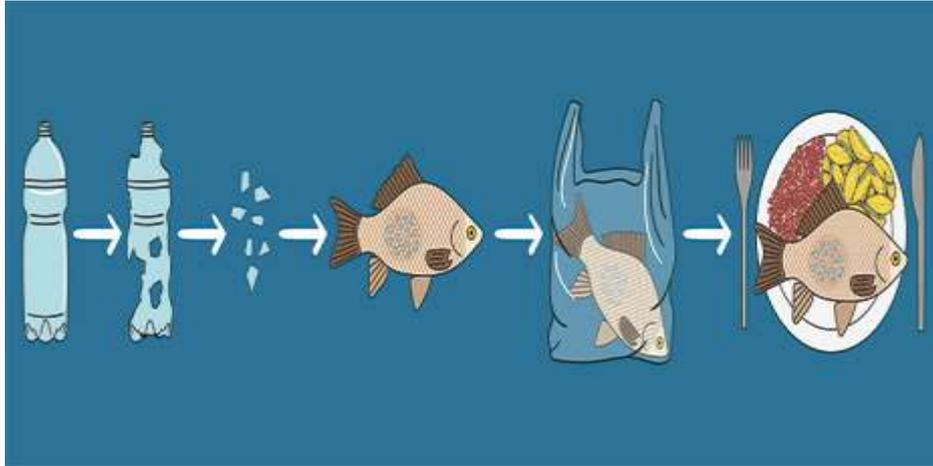
Este tipo de microplástico se forma por la degradación física o química (acción mecánica, calor, luz UV, oxidación), fenómenos biológicos como consecuencia de que algunos plásticos se ven afectados por la biodegradación de bacterias y por último la degradación selectiva de productos plásticos que en su mayoría son empleados para la elaboración de productos textiles y el lavado de ropa sintética. Otras fuentes de microplásticos secundarios se deben al desgaste de neumáticos o los provenientes de rellenos sanitarios, plantas de tratamientos y vertederos de basura entre otros (Rodrigo Sarria, José Gallo 2016).

#### *2.2.3. Efectos del microplástico en el medio ambiente*

Las diversas utilidades que posee el microplásticos, como material liviano, duradero, versátil y transparente, han provocado que se produzcan aproximadamente de 200 millones de toneladas de plástico por año, de las cuales 15 millones alcanzan a ríos y océanos, como resultado de esto se provoca daños irreparables a estos ecosistemas, afectando a organismo con capacidad limitada de adaptación, como lo son la mayoría de especies acuáticas y terrestres diversos estudios han encontrado presencia de microplástico en estos. Provocando afección en su salud y cambios en su comportamiento. Se cree que desde el 2015 se han originado 7200 millones de toneladas métricas de plástico, de las cuales 6200 toneladas métricas se han transformado en desechos, y tan solo un 9,5% ha sido reciclado (Giráldez et al. 2020, p. 1-8).

El efecto que causan los microplásticos para la salud de las personas aun no es conocido a ciencia cierta, pero se cree que los impactos de este fenómeno a la larga resultarían más negativos de lo que se piensa, puesto que estamos en contacto con este fenómeno todos los días en nuestra vida cotidiana (Giráldez Lisandro et al. 2020).

En gran parte de las acciones antropogénicas ocurren en tierra firme, resultaría lógico esperar que la cantidad de contaminación por microplástico sea en la parte terrestre del planeta, pero no es así. Los plásticos de cualquier tamaño llegan al mar transportados por ríos, aguas residuales, el viento, o a través de las diferentes acciones que realizan los seres humanos como la pesca, el transporte marítimo, el turismo y la acuicultura (Ríos María et al. 2020, p. 10).



**Ilustración 4-2:** Efectos del microplástico

Fuente: kontsumo bide 2021

#### **2.2.4. Microplástico en entornos acuáticos**

##### **2.2.4.1. Microplástico en sistemas de agua dulce**

Los ríos juegan un papel vital en la conducción del microplásticos hacia sus desembocaduras aguas abajo, se cree que alrededor de 2,45 millones de toneladas de plástico llegan anualmente al océano y mares a través de los ríos de todo el mundo, es por esto, que es de suma importancia su remoción en estos sistemas (Edo 2020).

Este agente plástico se ha detectado en los diferentes sistemas de agua, alrededor de todo el mundo, la distribución del microplástico en ríos, lagos, lagunas y los diferentes cuerpos de agua dulce se da como resultado de la población humana, densidad, proximidad de centros urbanos y las condiciones hidrológicas y meteorológicas (Padilla Adrián 2020, pp. 12-13).

En Wuhan (China), la gran parte de microplástico encontrado fue en la superficie del lago Bei obteniendo aproximadamente (89926 ítems/m<sup>3</sup>) y del lago Huanzi (8650 ítems/m<sup>3</sup>), dichos lagos están situados en el centro de la ciudad densamente poblados, debido a las diferentes actividades antropogénicas que contribuyen al aumento de microplástico. Diversas investigaciones muestran que el microplástico está presente en la gran mayoría de fuentes de agua dulce alrededor del mundo (Padilla Adrián 2020, p. 13).

##### **2.2.4.2. Microplástico en sistemas marinos**

Por sus características el microplástico se encuentra muy extendido en los sistemas marinos, tanto en la columna de agua, en las costas como en los sedimentos submareales, es por esto por lo que es consumido por una gran cantidad de seres vivos, principalmente por los de niveles inferiores como invertebrados o peces pequeños (Ríos et al. 2020, p. 7).

Múltiples formas marinos ingieren, ya sea de manera voluntaria o involuntaria al confundirlos con alimentos, el microplástico tiene un alto impacto tróficas, pudiendo causar impactos negativos tanto químicos como físicos a estas especies marinas (Ríos et al. 2020, p. 8).

Se han encontrado alrededor de 650 mil piezas de microplástico por kilómetro cuadrado, imposibles de limpiar. El consumo del mismo ha ocasionado la muerte de millones de aves y alrededor de 140 mil mamíferos marinos de 450 especies diferentes, como resultado de esto se han encontrado peces envenenados con microplástico y que a su vez son consumidos por el hombre (Lavayen 2021).

#### ***2.2.5. Efectos del microplástico en los seres humanos***

Los microplásticos ingresan a la cadena alimentaria de los seres humanos a través del consumo de mariscos y productos provenientes de diferentes animales terrestres, provocando impactos en la salud humana. Todo esto se relaciona por la composición toxica de ciertos químicos que se manejan en la fabricación de plástico, no se conoce a ciencia cierta los efectos del microplástico, pero se cree que es el causante de ciertas afecciones como lo son la irritación respiratoria, disnea, tos, obesidad, enfermedades cardiovasculares, asma y cáncer (Karbalaeei Saul 2018, p. 6).

La ingesta de microplástico puede causar ciertas variaciones en los cromosomas, lo cual provoca esterilidad, sobrepeso y cáncer, en las mujeres los químicos presentes en el microplástico, puede ser el causante de cáncer de seno. Es evidente que todas las personas en el mundo están expuestas al microplástico debido a que este tiene una alta incidencia en los mariscos, representando así una amenaza a la seguridad alimentaria (Sharma y Chatterjee 2017, p. 23).

El consumo excesivo de plástico y su naturaleza persistente provocan una exposición directa y creciente de las personas a los microplásticos, en condiciones de concentración alta o susceptibilidad individual. Se cree que los microplásticos son causantes de lesiones inflamatorias, provenientes del potencial de superficie para interactuar con los tejidos, otras enfermedades que pueden ser causante de la ingesta directa o indirecta del microplástico son las enfermedades neurodegenerativas, trastornó en el sistema inmune de las personas además de varios tipos de cáncer (Prata et al. 2020, p. 15).

#### ***2.2.6. Características de los ríos ecuatorianos***

La mayoría de los ríos ecuatorianos empiezan en las montañas, es decir su inicio es en la región andina y convergen en el océano pacifico o en el río amazonas y sus mayores afluentes, el Ecuador posee una rica red hidrográfica constituido por alrededor de 2000 ríos y arroyos.

- **Vertiente Pacífico:** se originan en la cordillera de los andes, son los más extensos y caudalosos de la región litoral, una de sus principales características es que acrecientan su

caudal con las lluvias o a medida que acumulan aguas de sus diferentes afluentes, entre los principales tenemos: el río Mataje, río Santiago, río Esmeraldas, río Guayas, río Túmbez entre otros.

- **Vertiente de las amazonas:** Son los ríos más extensos y de caudales elevados del Ecuador y descargan directamente en el margen izquierdo del Amazonas, a estos ríos de los clasifica en dos grupos los que se ocasionan en los andes y los de la llanura de bajo oriente, de los cuales conocemos como principales a los siguientes: río Pastaza, río Santiago y el río Chinchipe (Edupepedia 2015).

### 2.2.7. Soluciones para mitigar los efectos del microplástico

Se han analizado diferentes métodos para la remoción de microplástico, de los cuales diversos estudios, analizan la eliminación o la retención parcial de este agente, en las plantas que se dedican a tratar aguas residuales o directamente colocando diferentes dispositivos para su remoción en ríos, lagos, lagunas y océanos del mundo.

A continuación, se muestran diversos métodos para la remoción del microplástico:

- **Nanotubo de carbono para la remoción de microplástico:** Es un proceso que previene la ingesta de microplástico y arsénico con la finalidad de evitar enfermedades futuras, su principal función es la retención del microplástico y arsénico por su pared sencilla de grafito (Concepción y Gonzalo 2019, p. 5).

El nanotubo de carbono está compuesto por una o varias capas cilíndricas sólido, cuya extensión es mayor que su diámetro, con el propósito de captar la mayor cantidad de microplástico (Vargas Santos, Allison Daniela 2022, p. 30).



**Ilustración 5-2:** Nanotubo de carbono

**Fuente:** Vargas Santos, Allison Daniela 2022

- **Electrocoagulación para la eliminación de microplástico en aguas residuales:** Se utiliza un reactor de electrocoagulación, que se ajusta a los beneficios de la coagulación convencional y a los procesos electroquímicos para la separación de partículas contaminantes, disueltas o emulsionadas en el agua empleando una corriente eléctrica, que induce a la desestabilización coloidal para su posterior remoción (Peláez Simón 2020).



**Ilustración 6-2:** Celdas de electrocoagulación de microplástico

Fuente: Peláez Simón 2020

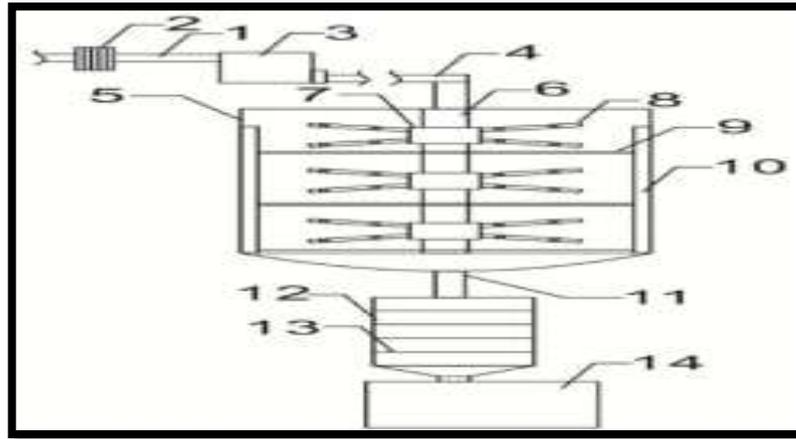
- **Red de dispositivos eléctricos “Skimmer Seabin”:** El método consiste en lanzar 18 dispositivos recolectores, en toda la extensión del río, además posee la capacidad de eliminar hasta 3000 libras de desechos marinos al año, en las cuales se puede filtrar gasolinas, aceites y retener el microplástico. Estos dispositivos han sido colocados en el río Tennessee y se espera que para los próximos años se pueda implementar en diferentes ríos del mundo, los cuales se han visto afectados por el microplástico (Vende Tobías 2022).



**Ilustración 7-2:** Dispositivos recolectores de microplástico

Fuente: Vende Tobías 2022

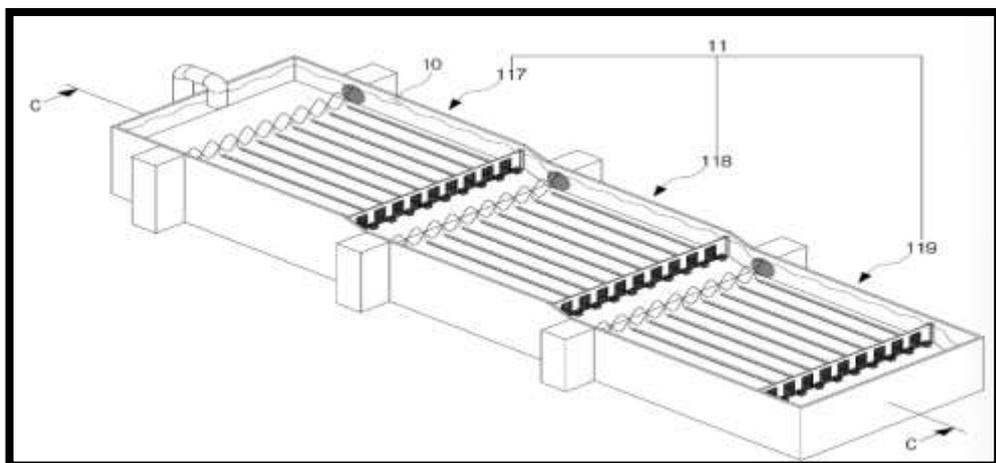
- Dispositivo de separación y recogida de microplástico:** Este modelo de recolección de microplástico comprende un dispositivo de filtrado primario y secundario conectado a un tanque que permite la retención completa del microplástico presente en los diferentes cuerpos de agua. Este diseño es sumamente efectivo ya que posee un bajo costo de producción, su adaptabilidad a los medios acuáticos y su practicidad para recolectar los desechos plásticos entre ellos uno de los contaminantes más representativos en estos últimos años como lo es el microplástico (Xiao Yu et al. 2021).



**Ilustración 8-2:** Dispositivos de separación y recolección de microplástico

Fuente: Xioa Yu et al. 2021

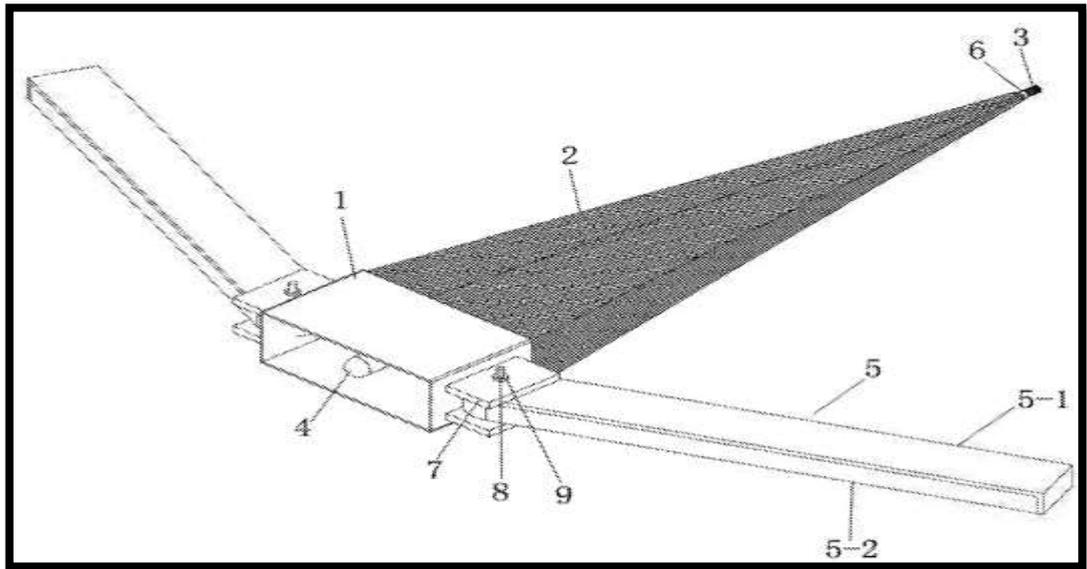
- Método de filtrado de microplástico mediante ondas ultrasónicas:** El método presentado permite la remoción de microplástico mediante ultrasonidos, dicho método resulta una forma económica y eficiente a este grave problema ambiental. El dispositivo permite la separación mediante ondas estacionarias formadas por un elemento ultrasónico que permite que empleando menos filtros una mayor retención de microplástico (Kim 2021).



**Ilustración 9-2:** Dispositivos de separación y recolección de microplástico

Fuente: Kim Suk Gon 2021

- **Dispositivo de recolección de microplástico en la superficie del agua:** El equipo incorpora una caja de alimentación de los diferentes agentes contaminantes, una red de arrastre y una bolsa de red, el cual permite la recolección de acuerdo con el tamaño de partícula requerido, como resultado de esto el dispositivo puede ser aplicable a diferentes tipos de cuerpos de agua, permitiendo así la precisión en la recolección de microplástico (Sui, Liu y Zhang 2019).



**Ilustración 10-2:** Dispositivo de recolección de microplástico en la superficie del agua

Fuente: Sui Yanming, Liu Yimeng, Zhang Bianbian 2019

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Localización del proyecto

El presente proyecto técnico fue realizado en la Provincia de Chimborazo, en la ciudad de Riobamba, en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Escuela de Ingeniería Química de la facultad de Ciencias.

**Tabla 1-3: Datos de localización y coordenadas geográficas de la ESPOCH**

<b>Límites de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo</b>	Norte: Limita con el Barrio 24 de mayo y la Av. Canónigo Ramos.
	Sur: Limita con la Av. Pedro Vicente Maldonado y el Barrio de los Maestros.
	Este: Limita con la Av. 11 de noviembre.
	Oeste: Limita con la Av. Bypass.
<b>Rango Altitudinal</b>	Está ubicada a 2754 m.s.n.m (metros sobre el nivel del mar)
<b>Localizaciones coordenadas UTM</b>	17M 758393.95 m UTM 9817026.05 m S
<b>Localizaciones coordenadas geográficas</b>	78°40'39.24" de longitud occidental y a 1°39'14.58" de latitud sur
<b>Clima</b>	Temperatura promedio de 15° C

Fuente: Google Maps 2022

Realizado por: Montesdeoca, Brayan. 2023

## **3.2. Ingeniería del del proyecto**

### **3.2.1. Tipo de estudio**

El presente trabajo de integración curricular tiene como propósito el diseño y construcción de un dispositivo que permita la remoción de microplástico en ríos, este equipo se realizó en acero inoxidable y bolas de madera de teca, siguiendo las normas ASTM que corresponde a cada uno de los materiales. Este proyecto es de tipo técnico y se desarrolló con la recopilación de datos de determinadas patentes y fuentes bibliográficas, relacionadas con el diseño del dispositivo, el cual tiene como operación unitaria primordial el filtrado, además de los métodos de investigación tanto deductivo, inductivo y experimental.

Para el diseño del dispositivo de remoción de microplástico, se consideró ciertos parámetros en este caso, la selección de la malla que debe adecuarse al tamaño del microplástico para una mejor retención del mismo, por consiguiente, se aplicaron los diversos cálculos ingenieriles y la revisión bibliográfica, que permitieron tener como resultado el dimensionamiento del equipo.

### **3.2.2. Metodología**

Con la finalidad de alcanzar los objetivos del proyecto técnico, se aplicaron los métodos de investigación correspondiente, los cuales son: deductivo, inductivo y experimental, para lograr el diseño y construcción optimo del dispositivo, se analizó los materiales de construcción en base a la normativa ASTM correspondiente y la validación del equipo, todo esto con la finalidad de que el proyecto se desarrolle de forma sistemática y organizada.

#### **3.2.2.1. Métodos**

Para el presente trabajo de integración curricular, los principales fundamentos son los métodos teóricos y experimentales, siendo el punto de partida la revisión de patentes de diseños de equipos que permitan la remoción de microplástico en los diferentes cuerpos de agua que existen, las cuales proporcionan aspectos de suma importancia al momento de definir el diseño, en la parte experimental. Para la selección de la malla filtrante, se realizó una prueba granulométrica, para así seleccionar la malla que mejor se ajuste al tamaño que posee el microplástico, con el fin de obtener como resultado el diseño y construcción del dispositivo presentado en este proyecto.

- Método deductivo

Este método nos ayuda con los principales fundamentos teóricos, que se deben tomar en cuenta para la aplicación del diseño de un dispositivo para la remoción de microplástico en ríos, empezando por la revisión bibliográfica y luego la experimentación, con la finalidad de tomar en cuenta todas las variables, parámetros y operaciones que intervienen al momento de diseñar y construir el dispositivo.

- Método inductivo

Mediante la aplicación de este método, se busca conocer y adecuar los diferentes requerimientos para el dimensionamiento del dispositivo de remoción de microplástico, para lo cual se da comienzo a la revisión de patentes de diferentes dispositivos cuyo propósito fue seleccionar una idea de diseño que resulte innovadora a los diferentes diseños ya propuestos, y luego determinar cuáles son los materiales que mejor se acoplen y así tener como resultado la construcción del dispositivo de remoción de microplástico.

- Método experimental

La metodología experimental en este proyecto es de suma importancia ya que permite obtener datos más reales, basándose en normas de calidad y pruebas experimentales para seleccionar la base del dispositivo que es la malla. Estos datos fueron de suma importancia, ya que permiten el análisis de los parámetros con los que debe funcionar el dispositivo, en este caso la capacidad de filtrado que posea y su adaptación a los diferentes ríos y otros indicadores primordiales que conforman el dispositivo.

### 3.2.2.2. Esquema metodológico



**Ilustración 1-3:** Esquema metodológico para el diseño del dispositivo

**Realizado por:** Montesdeoca, Brayan. 2023

### 3.3. Técnicas

Para el diseño de un dispositivo de remoción de microplástico en ríos, se comenzó aplicando una técnica de investigación documental o bibliográfica con el fin de analizar dispositivos construidos previamente y así garantizar lo innovador del proyecto, como consiguiente una vez revisado los diferentes dispositivos. Se determinó que emplear una malla filtrante en el dispositivo es una de las mejores opciones para así remover el microplástico, por ello se debe realizar una serie de pruebas granulométricas para seleccionar la malla que mejor se adapte al tamaño de partícula deseado.

### **3.3.1. Revisión de patentes**

En el presente proyecto técnico, para el diseño de un dispositivo que permita la remoción de microplástico en ríos se emplearon diferentes bases de datos, para la investigación se tomaron en cuenta los siguientes criterios de búsqueda: Bases de datos, las patentes deben estar correctamente validadas, año de creación del dispositivo, país de creación del dispositivo y sus diferentes diseños.

Para afirmar la efectividad de la búsqueda de patentes en las bases de datos ya indicadas, se utilizaron las siguientes palabras claves en español y en inglés: “Dispositivo para la remoción de microplástico” y “microplastic device remove”.

Con el fin de delimitar los resultados de la búsqueda, se empleó los diferentes filtros que nos facilitan las páginas dedicadas a la búsqueda de patentes, se delimitaron los años, colocando así desde el año 2013 al 2022.

Una vez realizada la búsqueda de patentes en las bases de datos, en total se encontraron 10 artículos colocados de la siguiente manera: 3 patentes en Google patent, 5 patentes en Espacenet, 1 patente en Patentscope y 1 patente en Latipat, como resultado del total de patentes encontradas se descartaron un aproximado de 50 patentes que no tenían relación acerca de lo buscado y otras que no cumplían con los parámetros antes mencionados.

## **3.4. Variables del diseño**

### **3.4.1. Selección de la malla**

Para la selección de la malla, se tomaron 600 gramos de microplástico de diferentes tamaños, se procedió a realizar el análisis granulométrico por tamizado, empleando 8 tamices empezando por el tamiz N°5, 10, 35, 60, 80, 120, 230 y el fondo, que en este caso nos permitió conocer cuál es el tamiz que retiene la mayor cantidad de microplástico y que mejor se adapta al tamaño que este posee. Por las diversas fuentes bibliográficas que existen conocemos que el tamaño que este posee es de 1-5 mm, todo esto con la finalidad de determinar el Mesh adecuado para la selección de la malla con la que contara el dispositivo.

### **3.4.2. Materiales utilizados en la construcción del equipo**

Los materiales empleados para la construcción del equipo cuentan con propiedades únicas y específicas que cumplen las normas ASTM, con el fin de lograr que el dispositivo elaborado sea óptimo y cumpla con eficiencia el objetivo esperado, tal y como se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 2-3:** Características de los materiales

Material	Descripción	Características
<b>Malla Mesh # 80</b>	Es una malla tejida en alambre de acero inoxidable correspondiente a la norma ASTM / AISI 304 formando orificios de abertura constante para controlar la granulometría de pequeños solidos u objetos extraños.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excelente formalidad.</li> <li>• Apariencia estética.</li> <li>• Resistencia a la corrosión.</li> <li>• Prevención de la contaminación de productos.</li> <li>• Resistencia a la oxidación.</li> <li>• Facilidad de limpieza.</li> <li>• Alta resistencia y bajo peso.</li> <li>• Buena resistencia y estabilidad a temperaturas criogénicas.</li> </ul>
<b>Bolas de madera de teca</b>	Circunferencias de 6 cm de diámetro, resistentes al agua, correspondiente a la norma ASTM D143, permiten que el dispositivo flote en el agua.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es recto, ondulado y su textura es gruesa y áspera.</li> <li>• Durabilidad alta. Muy buena resistencia a la humedad y al ataque de hongos e insectos.</li> <li>• Posee una alta resistencia a la humedad y a los insectos.</li> </ul>
<b>Placas de acero 304</b>	Permiten la soldadura de la malla a un cuerpo fijo y corresponden a la norma ASTM / AISI 304 y tiene como objetivo brindar resistencia y dureza al dispositivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acero inoxidable austenítico, aleado con cromo y níquel con un bajo contenido de carbono, lo que permite una buena resistencia a la corrosión. Además, no es templable ni magnético.</li> </ul>
<b>Varillas de acero inoxidable 3/16"</b>	Sirven de soporte para las bolas de madera, que permiten que el equipo flote.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia a la oxidación.</li> <li>• Alta resistencia y bajo peso</li> <li>• Buena resistencia y estabilidad a temperaturas criogénicas.</li> </ul>

Realizado por: Montesdeoca, Brayan, 2023

### 3.4.3. Propiedades de los materiales

#### 3.4.3.1. Malla Mesh 80

La malla en calidad AISI 304 funciona como filtro para retener el microplástico, su tamaño de malla la hace idónea para retener este agente (Impronox 2021).

**Tabla 3-3:** Propiedades de la malla Mesh 80

<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>Ø Hilo</b>	0,14	mm
<b>Abertura</b>	0,19	mm
<b>Área libre</b>	31,40	%
<b>Peso</b>	0,78	kg/m <sup>2</sup>

Fuente: Impronox 2021

Realizado por: Montesdeoca, Brayan. 2023

#### 3.4.3.2. Bolas de madera de teca

Las bolas de madera de teca permiten que el dispositivo flote y mantenga la posición horizontal, que es la deseada para el correcto funcionamiento del dispositivo y cuya principal propiedad es la resistencia a la humedad (Gabarro 2019).

**Tabla 4-3:** Propiedades de la madera de teca

<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Contenido de humedad	12	%
Peso por unidad de volumen	610	kg/m <sup>3</sup>
Densidad	450	kg/m <sup>3</sup>
Coefficiente de contracción volumétrico - madera semidura	0,33	%
Dureza (Chaláis-Meudon) - madera semidura	4,10	-
Resistencia a flexión estática	1,02	kg/cm <sup>3</sup>
Módulo de elasticidad	110000	kg/cm <sup>3</sup>
Resistencia a la compresión	630	kg/cm <sup>3</sup>

Fuente: Gabarro 2019

Realizado por: Montesdeoca, Brayan. 2023

### 3.4.3.3. Acero A304

La principal propiedad que posee este material es que es de carácter inoxidable austenítico y su forma laminar los hacen uno de los más empleados en la industria (Metalistería 2021).

**Tabla 5-3:** Propiedades del acero A304

Propiedad	Valor	Unidad
Densidad	7,93	g/cm <sup>3</sup>
Punto de Fusión	1398-1454	°C
Calor Específico	500	J/(kg x K) a 20 °C
Resistividad eléctrica	0,73	μΩ x m (20 °C)
Permeabilidad magnética	1,02 (Aproximado)	-
Modulo elástico	193	Gpa (28 x 106 psi)
Difusividad térmica	3,84	mm <sup>2</sup> /s
Coefficiente de conductividad térmica	16,32 21,5 (500 °C)	-
Coefficiente de dilatación lineal	17,2 (0-100 °C) 17,8 (0-300 °C) 18,4 (0-500 °C)	-

Fuente: Metalistería 2021

Realizado por: Montesdeoca, Brayan. 2023

## 3.5. Diseño del dispositivo

Para el diseño del dispositivo de remoción de microplástico en ríos, se tomó en cuenta todas las partes que constituyen el dispositivo y que además cumplen funciones en específico para su correcto funcionamiento, en la cual se empleó SolidWorks que es una herramienta útil para la creación digital del diseño del dispositivo.

### 3.5.1. *Parámetros de diseño*

#### 3.5.1.1. *Área total del dispositivo*

Tomando en cuenta que la forma del dispositivo es cónica se toma en cuenta la siguiente fórmula para el cálculo del área.

$$\text{Área} = \pi \times r \times (r + g)$$

Donde:

r: radio

g: generatriz

#### 3.5.1.2. *Capacidad máxima del dispositivo*

Para conocer la capacidad máxima de retención de microplástico del dispositivo, se debe realizar el cálculo del volumen, empleando la siguiente fórmula.

$$V = \frac{Ab \times h}{3}$$

Donde:

Ab: área de la base

h: altura

#### 3.5.1.3. *Recolección de microplástico en el río Chibunga*

Para la puesta a prueba del dispositivo se colocó el mismo en el río Chibunga sector Parque Ecológico situado a pocos metros de la avenida 9 de octubre y cuya ubicación y condiciones climáticas se detallan en la tabla 6-3 y que además posee ciertas características que se muestran en la tabla 7-3. Se procedió a realizar pruebas controladas con microplástico es decir, se colocó 100gr de este contaminante y se mezcló con agua, después se colocó el dispositivo 100 metros abajo y se lanzó la muestra al agua y se esperó una hora para retirar el dispositivo, dicha prueba se realizó 5 veces para garantizar la eficiencia del mismo.

**Tabla 6-3:** Características geográficas

<b>Provincia</b>	Chimborazo
<b>Cantón</b>	Riobamba
<b>Parroquia</b>	Maldonado
<b>Longitud</b>	1°41'19" S
<b>Latitud</b>	78°39'02" W
<b>Rango altitudinal</b>	2742 m.s.n.m
<b>Clima al realizar la prueba</b>	Soleado
<b>Temperatura</b>	20 ° C

Fuente: Google Maps 2022

Realizado por: Montesdeoca, Brayan. 2023



**Ilustración 2-3:** Localización del río Chibunga

Fuente: Google Maps 2022

Realizado por: Montesdeoca, Brayan. 2023

**Tabla 7-3:** Características río Chibunga “Sector Parque Ecológico”

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Longitud	38	km
Ancho	4,56	m
Caudal	2,16	m <sup>3</sup> /s
Profundidad	1,32	m

Fuente: Toapanta 2022

Realizado por: Montesdeoca, Brayan. 2023

#### 3.5.1.4. Porcentaje de remoción del dispositivo

Una vez obtenidos los datos y con el fin de determinar si el dispositivo es eficiente y su capacidad de remoción es la adecuada se toma en cuenta la siguiente ecuación.

$$\% \text{ remoción} = \frac{m_{sal}}{m_{ent}} \times 100\%$$

Donde:

$m_{ent}$  = Masa de entrada

$m_{sal}$  = Masa de salida

### 3.6. Funcionamiento del dispositivo

Para el correcto funcionamiento del dispositivo y que su rendimiento sea el adecuado se tomó en cuenta la dirección y el caudal del río, puesto que la disposición del mismo es horizontal y es opuesta a la dirección que lleva el caudal del río, permitiendo así que la malla filtrante retenga el microplástico. Tomando en cuenta lo descrito por Ramírez (2010, p. 4) en su artículo “Métodos de recolección”, que nos indica que la mayoría de dispositivo que existen o métodos de remoción de micro invertebrados en ríos así lo realizan.

El dispositivo estará sujeto a las orillas del río, empleando una cuerda con el largo suficiente para que el mismo quede situado en el centro del río, lugar en el cual es más factible la recolección de estos agentes contaminantes. Otro factor para tomar en cuenta es el caudal que posee el río ya que en temporadas lluviosas este aumenta y no permite una correcta remoción del microplástico, además de traer consigo basura que podría afectar al dispositivo.

Para evidenciar el correcto trabajo del dispositivo, se colocó el mismo en el río Chibunga, y se realizaron recolecciones controladas de microplástico cada hora con el propósito de retener la mayor cantidad de microplástico posible y poder determinar el porcentaje de retención que posee la malla filtrante.

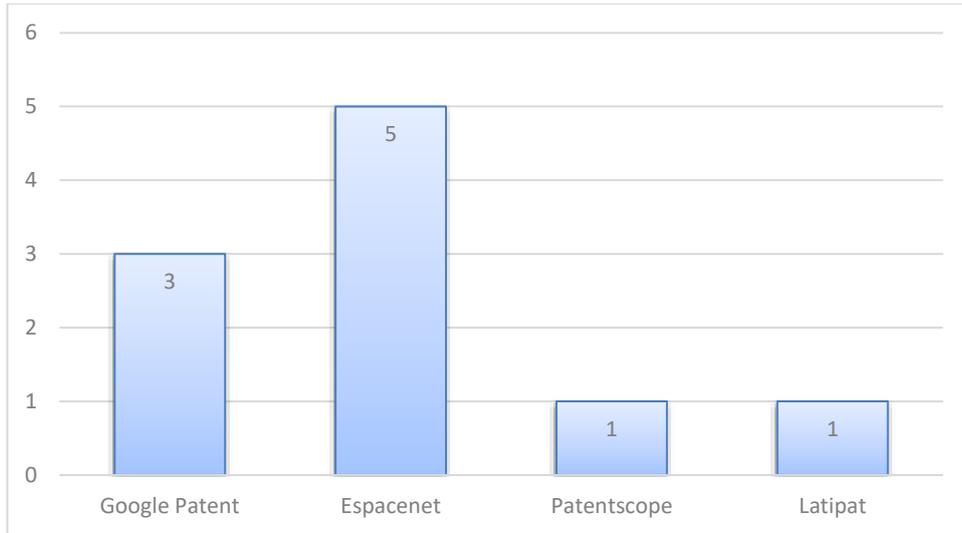
Para mejorar y garantizar que el microplástico se recoja en su mayoría, se debe colocar una serie de dispositivos a lo largo del río, colocados a una distancia prudente, uno consecutivamente del otro, permitiendo así que su rendimiento mejore significativamente.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

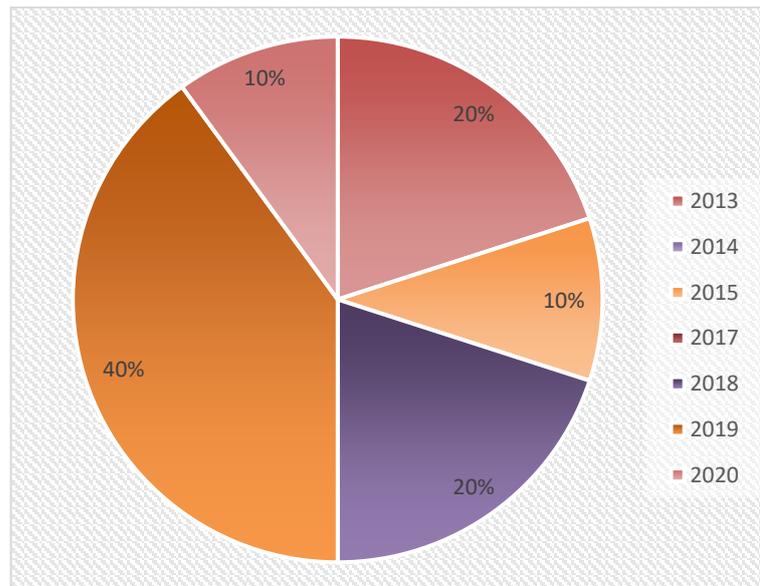
#### 4.1. Resultado de la búsqueda de patentes

Para presentar la información se emplearon graficas estadísticas que organizan la información: por año de publicación de la patente, país de creación del dispositivo y base de datos empleada.



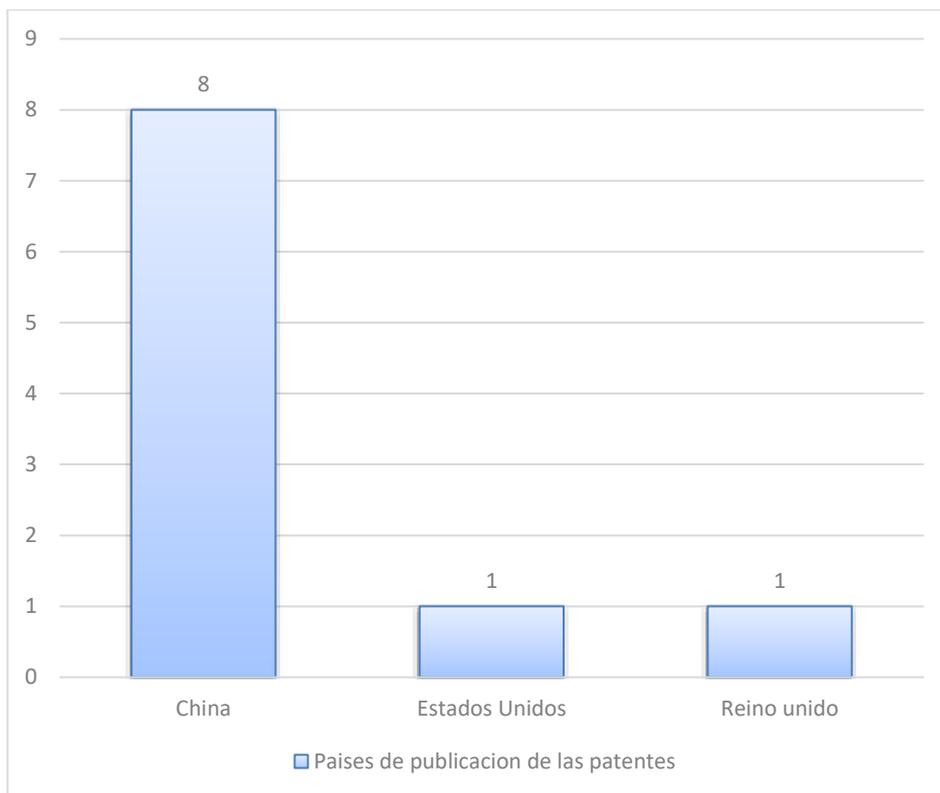
**Ilustración 1-4:** Diagrama de columnas de número de patentes

Realizado por: Montesdeoca, Brayan, 2023



**Ilustración 2-4:** Diagrama pastel de patentes encontradas por año

Realizado por: Montesdeoca, Brayan, 2023



**Ilustración 3-4:** Diagrama de columnas de los países de publicación de las patentes

**Realizado por:** Montesdeoca, Brayan, 2023

Como resultado del estudio del arte, se encontró un dispositivo que se adapta mejor a la idea principal del proyecto, el cual es un “Dispositivo de recolección de microplástico en aguas poco hondas de lagos y ríos” tal como indica su creador Qian, Ziqian (2019), dicha invención hace referencia a un equipo compuesto por una malla dispuesta de forma cónica de un Mesh que se adapta al tamaño del microplástico.

#### 4.2. Análisis granulométrico para la selección de la malla

Para la selección de la malla con la que contara el dispositivo se realizó una prueba granulométrica y se obtuvieron los siguientes resultados, explicados en la siguiente tabla.

**Tabla 1-4:** Análisis granulométrico

Abertura de malla		Peso	% Parcial	% Acumulado retenido	% Acumulado pasante
Tamiz N°	um (d)	w (g)	f(xi)	G(xi)	$F(xi)=100-G(xi)$

5	4000	20,51	3,43	3,43	96,57
10	2000	10,52	1,78	5,19	94,80
35	500	35,40	5,92	11,11	88,81
60	250	96,62	16,17	27,29	72,70
<b>80</b>	177	<b>260,52</b>	<b>43,62</b>	70,91	29,06
120	125	96,43	16,14	87,05	12,94
230	63	36,82	6,16	93,21	6,78
Fondo - 230	-63	40,50	6,78	100	
<b>TOTAL</b>		<b>597,23</b>	<b>100</b>		

Realizado por: Montesdeoca, Brayan, 2023

- **Tamiz con mayor peso acumulado:** Tamiz N° 80
- **Peso total retenido:** 260,5 g
- **Porcentaje acumulado:** 43,62 %

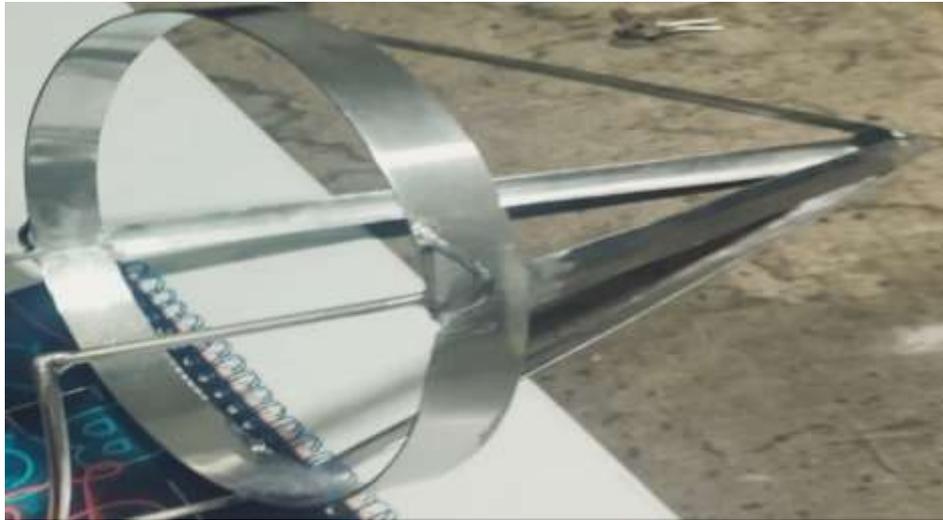
La malla seleccionada con la que constara el equipo es la de Mesh 80.

#### 4.3. Descripción de los elementos del dispositivo de remoción

El dispositivo está constituido de diferentes materiales como es la malla filtrante, las bolas de madera, las varillas y las láminas de acero inoxidable, todos estos materiales cumplen con las diferentes normativas respectivas al material y permiten el correcto funcionamiento y la resistencia del mismo.

#### **4.3.1. *Cuerpo principal (Cónico)***

La estructura del dispositivo está constituida de láminas de acero inoxidable 304, que brindan la resistencia suficiente y la forma cónica al mismo.



**Ilustración 4-4:** Cuerpo del dispositivo

**Realizado por:** Montesdeoca, Brayan, 2023

#### **4.3.2. *Malla filtrante***

Es el componente principal del dispositivo y cumple la función primordial del mismo que es retener el microplástico en su interior, la malla es de Mesh 80, acero inoxidable 304, que le brinda la resistencia suficiente a las condiciones que fue sometida.



**Ilustración 5-4:** Malla Mesh 80

**Realizado por:** Montesdeoca, Brayan, 2023

#### 4.3.3. *Bolas de madera*

Se colocan 6 bolas de madera que poseen un diámetro de 6 cm y permiten que el dispositivo flote y mantenga la posición horizontal deseada para filtrar el microplástico en ríos.



**Ilustración 6-4:** Bolas de madera de teca

Realizado por: Montesdeoca, Brayan, 2023

#### 4.3.4. *Varillas de acero inoxidable 3/16"*

Las varillas de acero inoxidable están colocadas en la parte delantera y trasera del dispositivo y permiten el soporte de las bolas de madera.

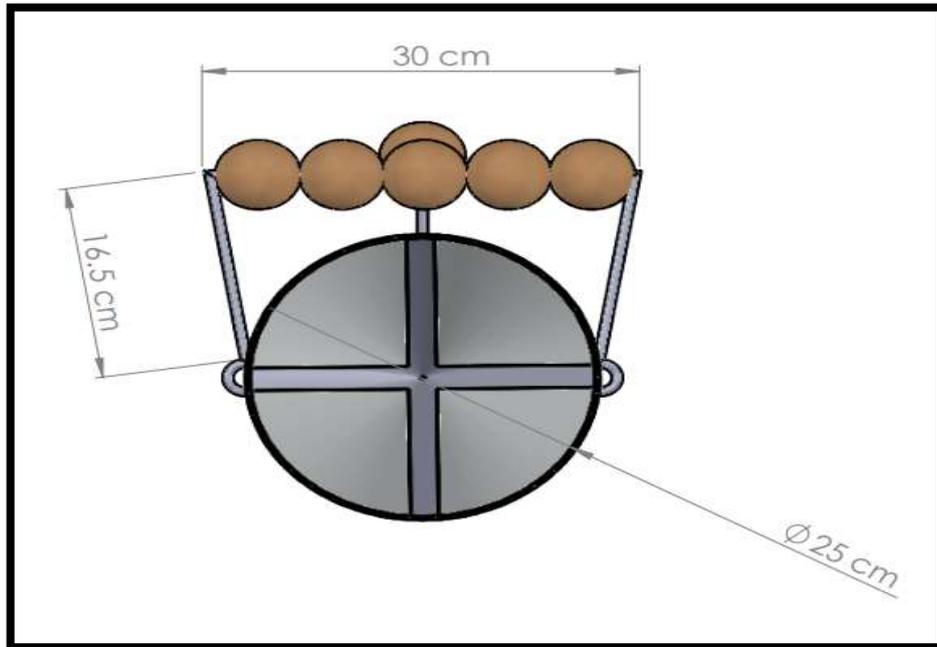


**Ilustración 7-4:** Varillas de acero inoxidable

Realizado por: Montesdeoca, Brayan, 2023

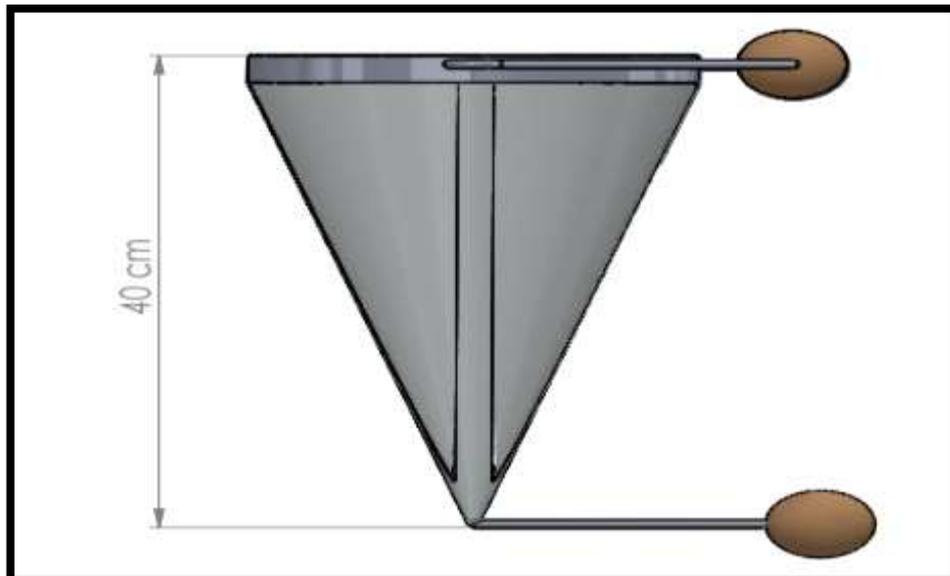
#### 4.4. Diseño y planos del dispositivo

El diseño del dispositivo se realizó en SolidWorks, con la finalidad de mostrar claramente cada una de las partes y dimensiones que posee el dispositivo de remoción de microplástico.



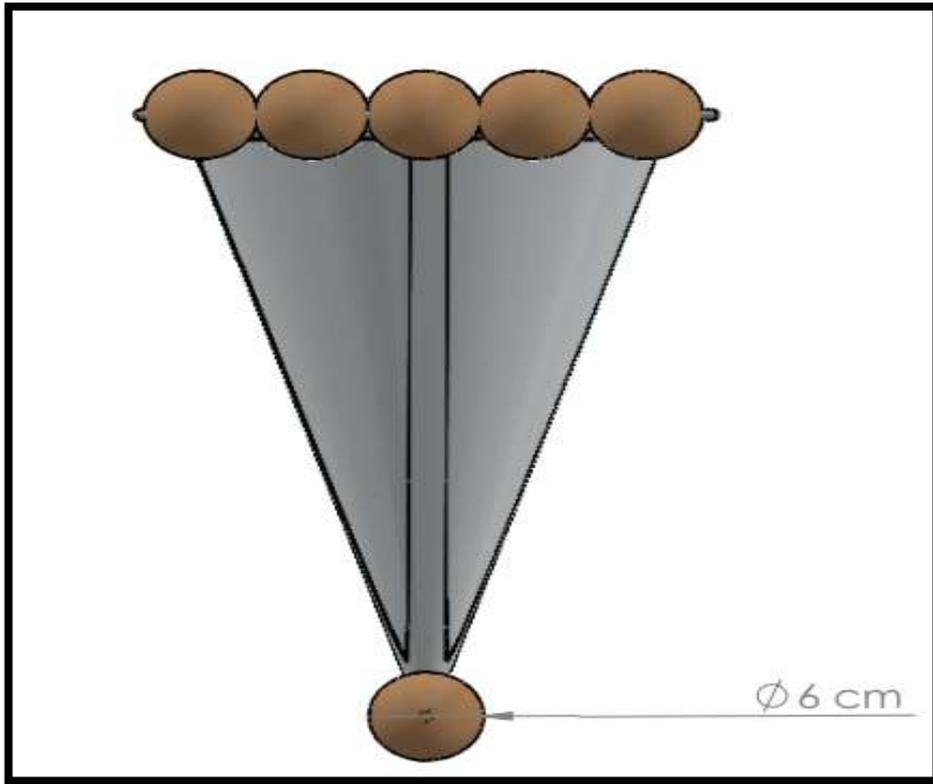
**Ilustración 8-4:** Vista frontal del dispositivo

**Realizado por:** Montesdeoca, Brayan, 2023



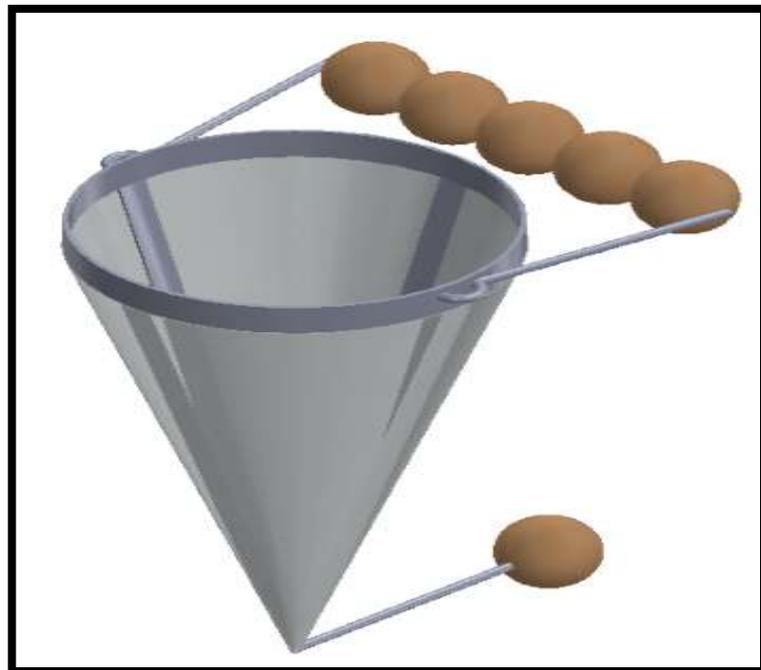
**Ilustración 9-4:** Vista lateral del dispositivo

**Realizado por:** Montesdeoca, Brayan, 2023



**Ilustración 10-4:** Vista superior del dispositivo

Realizado por: Montesdeoca, Brayan, 2023



**Ilustración 11-4:** Vista completa del dispositivo

Realizado por: Montesdeoca, Brayan, 2023

#### 4.5. Área total del dispositivo

$$\text{Área} = \pi \times r \times (r + g)$$

Donde:

r: radio

g: generatriz

$$\text{Área} = \pi \times 0,25 \text{ m} \times (0,25 + 0,51 \text{ m})$$

$$g = \sqrt{0,25^2 \text{ m} + 0,48^2 \text{ m}}$$

$$g = 0,51 \text{ m}$$

$$\text{Área} = \pi \times 0,25 \text{ m} \times (0,25 + 0,51 \text{ m})$$

$$\text{Área} = 0,60 \text{ m}$$

$$\text{Área} = 0,60 \text{ m} \approx 60 \text{ cm}$$

#### 4.6. Capacidad máxima del dispositivo

$$V = \frac{Ab \times h}{3}$$

Donde:

Ab: área de la base

h: altura

$$V = \frac{Ab \times 40}{3}$$

$$Ab = \pi \times r^2$$

$$Ab = \pi \times (12,5)^2$$

$$Ab = 490,87 \text{ cm}^2$$

$$V = \frac{490,87 \text{ cm}^2 \times 40 \text{ cm}}{3}$$

$$V = 6544,93 \text{ cm}^3 \approx 6,54 \text{ l}$$

#### 4.7. Resultados de la recolección de microplástico en el río Chibunga

Después de haber realizado las pruebas en el río Chibunga se obtuvieron los siguientes resultados como se indica en la siguiente tabla.

**Tabla 2-4:** Resultados de la recolección

Número de repetición	Masa inicial	Unidad	Masa final	Unidad
1	100	g	79,40	g
2	100	g	87,42	g
3	100	g	89,39	g
4	100	g	76,89	g
5	100	g	82,70	g
Total	100	g	415,80	g
Promedio			83,16	g

Realizado por: Montesdeoca, Brayan, 2023

#### 4.8. Porcentaje de remoción del dispositivo

$$\% \text{ remoción} = \frac{m_{sal}}{m_{ent}} \times 100\%$$

Donde:

$m_{ent}$  = Masa de entrada

$m_{sal}$  = Masa de salida

$$\% \text{ remoción} = \frac{83,16 \text{ g}}{100 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\text{Eficiencia de remoción} = 83,16\%$$

La eficiencia de remoción es del 83.16% debido a que ciertas partículas de microplástico se sumergían dentro del río Chibunga y no llegaban al dispositivo, el ancho del río y la corriente del mismo hacían que el microplástico tome otra dirección y no termine dentro de la malla filtrante, todos estos factores provocaron que el 16.84% de microplástico restante no se ha filtrado. Tomando en cuenta la eficiencia del dispositivo, demuestra que su uso en estos cuerpos de agua es positivo, ayudando a filtrar el microplástico que se encuentra presente y de esta manera reducir la contaminación que estos poseen.

#### 4.9. Validación económica del proyecto

##### 4.9.1. Análisis de costos

Para realizar la validación económica del proyecto, se tomó en cuenta los diferentes gastos que se tuvieron a la hora de construir el dispositivo, los cuales se detallan en la siguiente tabla.

**Tabla 3-4:** Costo de materiales para la construcción del dispositivo

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario (\$)</b>	<b>Valor total (\$)</b>
Malla Mesh 80	1	35	35
Placas de acero inoxidable 304	1	5	5
Bolas de madera de teca	6	5	30
Varillas de acero inoxidable 3/16"	1	5	5
Mano de obra	1	40	40
<b>Total</b>			<b>115</b>

Realizado por: Montesdeoca, Brayan, 2023

#### 4.10. Análisis e interpretación de resultados

Luego de realizar la construcción del dispositivo, se realizaron diferentes pruebas para determinar las características y la funcionalidad del mismo, se pudo determinar una altura de 40 cm, un ancho de 27 cm, un área total de 60 cm y un peso 2,53 lb. La estructura final del dispositivo en su

mayoría está constituida de acero inoxidable en un 80% y el 20% en madera, permitiendo la funcionalidad del mismo y que recolecte el microplástico deseado.

El porcentaje de remoción promedio que se obtuvo es del 83,16 % que nos indica que el dispositivo funciona en condiciones ideales y que la malla filtrante retiene la mayor cantidad de microplástico presente en ríos. Dicho porcentaje puede variar una vez realizadas pruebas en condiciones reales que implican un tiempo prolongado del dispositivo en el río.

La validación económica realizada implicó el análisis de costos que involucró la construcción del dispositivo, determinando los materiales empleados y así obtener un costo de \$115 y conocer si es rentable la comercialización del mismo.

**Tabla 4-4:** Especificaciones técnicas del dispositivo

<b>Características</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Longitud	40	cm
Diámetro	25	cm
Ancho	27	cm
Área total	60	cm <sup>2</sup>
Volumen	6544,93 6,54	cm <sup>3</sup> l
Peso total	1,15	kg
Porcentaje de remoción	83,16	%
Costo del dispositivo	115	\$

Realizado por: Montesdeoca, Brayan, 2023

## CONCLUSIONES

- Se diseñó un dispositivo que permite la remoción de microplástico en ríos del Ecuador empleando SolidWorks para obtener su diseño final y planos, con el fin de proceder a su construcción y posterior puesta a prueba en el río Chibunga, en el cual se realizaron diferentes pruebas controladas con el dispositivo, demostrando de esta manera que el dispositivo funciona y resiste las condiciones del río antes mencionado.
- Se identificó las diferentes variables de diseño, empezando por la selección de la malla con la que contara el dispositivo la cual es de Mesh 80 con una abertura 0.17 mm que se adapta al tamaño del microplástico y partículas mucho más pequeñas, además se estableció los materiales con los que contara el dispositivo, que son el acero inoxidable y la madera de teca que cumplen con la normativa de la Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales (ASTM) que facilitan su eficiencia y además su resistencia a las diferentes características que poseen los ríos y que pueden afectar el funcionamiento del mismo.
- Se dimensionó el dispositivo de remoción de microplástico, el cual posee una forma cónica donde el diámetro es de 25 cm, posee una longitud de 40 cm, un área de  $60 \text{ cm}^2$ , una capacidad máxima de retención de microplástico de 6,54 l y su peso es de 1,15 kg, en cuanto a las características del diseño, el cuerpo del dispositivo lleva consigo soldadas barras metálicas que son el soporte para las bolas de madera que le permiten al dispositivo mantener la forma deseada cuando entra en contacto con el agua.
- Se realizó la validación económica del diseño propuesto, determinando cada uno de los gastos realizados, hasta obtener el dispositivo construido, obteniendo un valor de \$115 el cual es un valor rentable por la resistencia y funcionalidad del mismo además de que es una idea innovadora ya que hoy en día no existen los suficientes dispositivos que realicen de forma directa la remoción del microplástico en ríos.
- Se concluye también que para maximizar su eficiencia, se debe colocar una red de dispositivos a lo largo del río, colocados a una distancia de 100 m aproximadamente con el fin de retener la mayor cantidad de microplástico.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda verificar el caudal del río, para asegura una mejor remoción de microplastico, ya que cuando existe un caudal alto la fuerza del agua puede afectar al dispositivo.
- Colocar el dispositivo en partes del río donde el caudal y la profundidad sean menores con el fin de evitar daños y mejorar su rendimiento.
- Tomar en cuenta las características del río como son: caudal, ancho y profundidad, puesto que para ciertos ríos se necesitará dispositivos que poseen un mayor tamaño y aseguren la retención de microplastico
- Considerar las condiciones meteorológicas y evitar usar el dispositivo en temporadas lluviosas, ya que el caudal aumenta y el agua de los ríos traen consigo otros desechos como ramas, basura entre otros que pueden romper la malla del dispositivo.
- Para maximizar la remoción de microplastico del dispositivo es aconsejable dejarlo por al menos 5 horas sumergido en el agua para que su eficiencia aumente y se obtengas una mayor retención y realizar controles periódicos para verificar su estado.
- Una vez terminada la remoción del microplastico, se recomienda realizar una correcta limpieza del dispositivo, además de revisar el estado en que se encuentra la malla con el fin de detectar posibles perforaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

**CARDONA PAZ, Antonio.** *Contaminación de los ríos.* [blog]. 2021. [Consulta: 8 noviembre 2022]. Disponible en: <https://es.mongabay.com/2021/04/han-convertido-a-los-rios-en-las-cloacas-de-los-humanos-blanca-rios-touma-entrevista/>.

**CASTAÑETA, G., GUTIÉRREZ, A., NACARATTE, F., & MANZANO, C.** “Microplastics: a contaminant that grows in all environmental areas, its characteristics and possible risks to public health from exposure”. *Revista Boliviana de Química*, vol. 37, no. 3 (2020), ISSN 02505460. DOI 10.34098/2078-3949.37.3.4.

**CIFUENTES LAYEDRA, Miguel.** *¿Cómo nos afectan los microplásticos?.* [blog]. 2021. [Consulta: 10 diciembre 2022]. Disponible en: <https://e-koala.com/news/microplasticos-que-son-y-como-afectan-a-tu-salud/>.

**CONCEPCIÓN, D., & GONZALO, S.** *Espectroscopia Raman de nanotubos de carbono.* [blog]. 2019. [Consulta: 10 septiembre 2022]. Disponible en: [www.sedoptica.es/cMenu\\_Volumenes/Pdfs/255.pdf](http://www.sedoptica.es/cMenu_Volumenes/Pdfs/255.pdf).

**CONDE GARCÍA, Elena.** *¿Qué son los microplásticos y qué medidas se pueden adoptar para reducirlos?.* [blog]. 2019. [Consulta: 23 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.rtve.es/noticias/20190816/son-microplasticos-medidas-se-pueden-adoptar-para-reducirlos/1977222.shtml>.

**EDO PAZ, Carlos.** *Microplásticos en agua dulce, las depuradoras como medio de control hacia ríos y suelos agrícolas.* [blog]. 2020. [Consulta: 26 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/carlos-edo-cuesta/microplastico-aguas-dulce-depuradoras-como-medio-control-rios-y-suelos-0>.

**EDUPEDIA.** *Hidrografía Ecuatoriana.* [blog]. 2015. [Consulta: 8 noviembre 2022]. Disponible en: <http://www.edupedia.ec/index.php/temas/geografia/del-ecuador/hidrografia-ecuatoriana>.

**EROSKI CONSUMER.** *¿Qué son los microplásticos y donde se encuentran?.* [blog]. 2020. [Consulta: 10 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/microplasticos-donde-estan.html>.

**GABARRO.** *Teca*. [blog]. 2019. [Consulta: 28 enero 2023]. Disponible en: <https://www.gabarro.com/es/enciclopedia-madera/teca>.

**GELB, L.** “Review of microplastics in cosmetics”. *IVM Institute for Environmental Studies*, vol. 14, no 354 (2014). Report R14,

**GIRÁLDEZ, L., DE JESÚS, X., LACERDA, A., FERRAZ, L., MOURA, D., & GONSALVES, D.** “Efectos de los microplásticos en el medio ambiente: Un macro-problema emergente”. *Scielo*, vol. 33, n°13 (2020), (Brasil) pp. 1-14.

**GOOGLE MAPS.** *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*. Google. [blog]. 2022. [Consulta: 6 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.google.com.ec/maps/place/Escuela+Superior+Politécnica+de+Chimborazo/@-1.659909,78.680228,16.75z/data=!4m5!3m4!1s0x91d307c252930ed9:0x6ad1a526f47e5b0c!8m2!3d-1.656735!4d-78.6782735?hl=es>.

**IMPRONOX.** *Malla en Acero Inoxidable*. [blog]. 2021. [Consulta: 27 enero 2023]. Disponible en: <https://imporinox.com/productos/malla-mesh/>.

**JIANG, R.& y ZHANG, C.** “Device for removing micro-plastic particles in water body”. CN111744249B. China. CN111744249B.

**KARBALAEI, S.** “Occurrence, sources, human health impacts and mitigation of microplastic pollution”. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 5, n° 15 (2018), (United State of America) pp.1-15.

**KIENDREBEOGO, M.** “Tratamiento de microplásticos en agua por oxidación anódica: Un caso de estudio para poliestireno”. *M.R. Karimi Estahbanati* , vol. 4, n° 15 (2020), (United State of America) pp.3-18.

**KIM, S.** “Microplastic filtering method using ultrasonic waves”. KR20210037100A. Korea. KR20210037100A.

**KONTSUMO.** *Microplásticos: la contaminación invisible*. [blog]. 2021. [Consulta: 26 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.kontsumobide.euskadi.eus/entrada-blog/2021/microplasticos-la-contaminacion-invisible/y10-kbpstblg/es/>.

**LAVAYEN VILLAMAR, Kevin Jeanpierre.** El microplástico y la contaminación del mar [En línea] (Trabajo de titulación) Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador. 2021. pp 20-23 [Consulta: 10 septiembre 2022]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20095/1/UPS-GT003173.pdf>.

**MANZANO, C.** “Microplásticos: un contaminante que crece en todas las esferas ambientales, sus características y posibles riesgos para la salud pública por exposición”. *Revista Boliviana de Química*, vol. 37, nº 6 (2020), (Bolivia) pp.5-20.

**MARTÍNEZ DELGADILLO, Miguel .** *Microplásticos, ¿El pan de cada día de los peces?*. [blog]. 2020. [Consulta: 4 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.javeriana.edu.co/pesquisa/microplasticos-el-pan-de-cada-dia-de-los-peces/#:~:text=El%20acopio%20de%20microplásticos%20en,y%20exposición%20a%20químicos%20contaminantes>.

**METALISTERÍA.** *Acero Inoxidable 304: Características y Propiedades*. [blog]. 2021. [Consulta: 27 enero 2023]. Disponible en: <https://www.metalisteriav3.es/acero-inoxidable-304-caracteristicas-propiedades/>.

**PADILLA, A.** “Microplásticos en el medio ambiente”. *Revista de investigación científica. Andalucía*, vol. 36, nº6 (2019), (España) pp. 7-9.

**PARKER WATSON, Laura.** *Los microplásticos ya están en nuestros cuerpos*. [blog]. 2022. [consulta: 12 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2022/04/los-microplasticos-ya-estan-en-nuestros-cuerpos-cuanto-nos-danan#:~:text=En%20pruebas%20de%20laboratorio%2C%20se,alérgicas%20e%20incluso%20muerte%20celular>.

**PEEKEN BRIME, Ika.** *Microplásticos, todo lo que deberías saber de ellos*. [blog]. 2022. [consulta: 4 diciembre 2022]. Disponible en: <https://dkv.es/corporativo/blog-360/medioambiente/contaminacion/microplasticos#:~:text=Aunque%20el%20conocimiento%20científico%20de,junto%20a%20investigadores%20de%20Southampton%2C>.

**PELÁEZ SUAREZ, Simón Alfredo.** Uso de la electrocoagulación como alternativa para la eliminación de microplásticos presentes en las aguas residuales urbanas mar [En línea] (Trabajo de titulación). Instituto Universitario del Agua y las Ciencias Ambientales-IUACA, Madrid, Ecuador. 2020. pp 25-36

**PRATA, J., DA COSTA, J., LOPES, I., DUARTE, A., & ROCHA, T.** “Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects”. *Science of The Total Environment* [en línea], 2020, (United States of America) 66(2), p.16-25. [consulta: 4 diciembre 2022] .ISSN 00489697. Disponible en: DOI 10.1016/j.scitotenv.2019.134455

**QIAN, S.& y ZIQIAN, X.** “Dispositivo de recolección rápida de microplástico y método de recolección en aguas poco profundas del sistema de ríos y lagos”. CN109724848A. China. CN109724848A.

**RAMÍREZ, A.** “Métodos de recolección”. [en línea], 2010, (Guatemala) vol. (58), pp 25-38, [consulta: 10 enero 2023]. Disponible en: [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442010000800002#:~:text=Los%20macroinvertebrados%20se%20pueden%20buscar,fáciles%20de%20observar%20y%20recolectar.](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800002#:~:text=Los%20macroinvertebrados%20se%20pueden%20buscar,fáciles%20de%20observar%20y%20recolectar.)

**RÍOS, M., MÁRQUEZ, F., GATTI, M., GALVÁN, D., BRAVO, G., BIGATTI, G., & BROGGER, M.** “Residuos plásticos en argentina, su impacto ambiental y en el desafío de la economía circular”. *Ancefn*, vol. 16, n°15 (2020), (Argentina) pp. 35-78.

**SARRIA, R., & GALLO, J.** “La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Microplásticos”. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, vol. 8, no. 4, (2016), (El Salvador) pp. 45-76.

**SHAOBIN, W.** “Limpiar la contaminación de microplásticos en mares y ríos podría ser más fácil con estos imanes con base de carbono”. *Sergio Parra*, vol. 3, (2019), (Peru) pp. 45-56.

**SHARMA, S., & y CHATTERJEE, S.** Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and human health: a short review [en línea], 2017, *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 15, no. 17, (United States of America) pp. 35-78. [Consulta: 4 diciembre 2022]. ISSN 0944-1344. Disponible en: DOI 10.1007/s11356-017-9910-8.

**SUI, Y., LIU, Y., & ZHANG, B.** Water surface microplastic collection device. CN110108514A. China. CN110108514A.

**TOAPANTA TENE, Jhon Patricio.** Evaluación de la calidad de agua en un tramo de la microcuenca del río Chibunga, utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores e índice ICA-NSF [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Nacional de Chimborazo,

Riobamba, Ecuador. 2022. pp. 20-25. [Consulta: 4 diciembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9009>

**TOUMA, B.** “Hemos convertido a los ríos en las cloacas de los humanos”. *Antonio José Paz Cardona*, vol. 8, no. 2, no. 4 (2021), (Ecuador) pp. 35-56.

**VARGAS SANTOS, Allison Daniela.** Evaluación del nanotubo de carbono para remoción de microplásticos y arsénico del río Chili, Arequipa – 2022 [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú. 2022. pp 20-35. [Consulta: 4 diciembre 2022]. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/98750/Vargas\\_SAD%20-%20SD.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/98750/Vargas_SAD%20-%20SD.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

**VENDE, Tobías.** *Lanzan proyecto para limpiar el río Tennessee contaminado.* [blog]. 2022. [Consulta: 29 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.memphisflyer.com/25084222-2>.

**VETHAAK, Dick.** *Los microplásticos ya están en nuestros cuerpos. ¿Cuánto nos dañan?* *National Geographic.* [blog]. 2022. [Consulta: 4 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.nationalgeographic.com/medio-ambiente/2022/04/los-microplasticos-ya-est-an-en-nuestros-cuerpos-cuanto-nos-danan#:~:text=En%20pruebas%20de%20laboratorio%2C%20se.alérgicas%20e%20incluso%20muerte%20celular>.

**VILLA, R., & GALLO, J.** La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Microplástico. [en línea], 2016, (Ecuador) 132(2), pp. 26-35. [Consulta: 14 julio 2022]. Disponible en: <https://jci.uniautonomia.edu.co/2016/2016-3.pdf>.

**XIAO, Y., YU, H., CHEN, C., CHEN, T., & XUE, K.** “Micro-plastic separating and collecting device”. CN214551769U. China. CN214551769U.



## ANEXOS

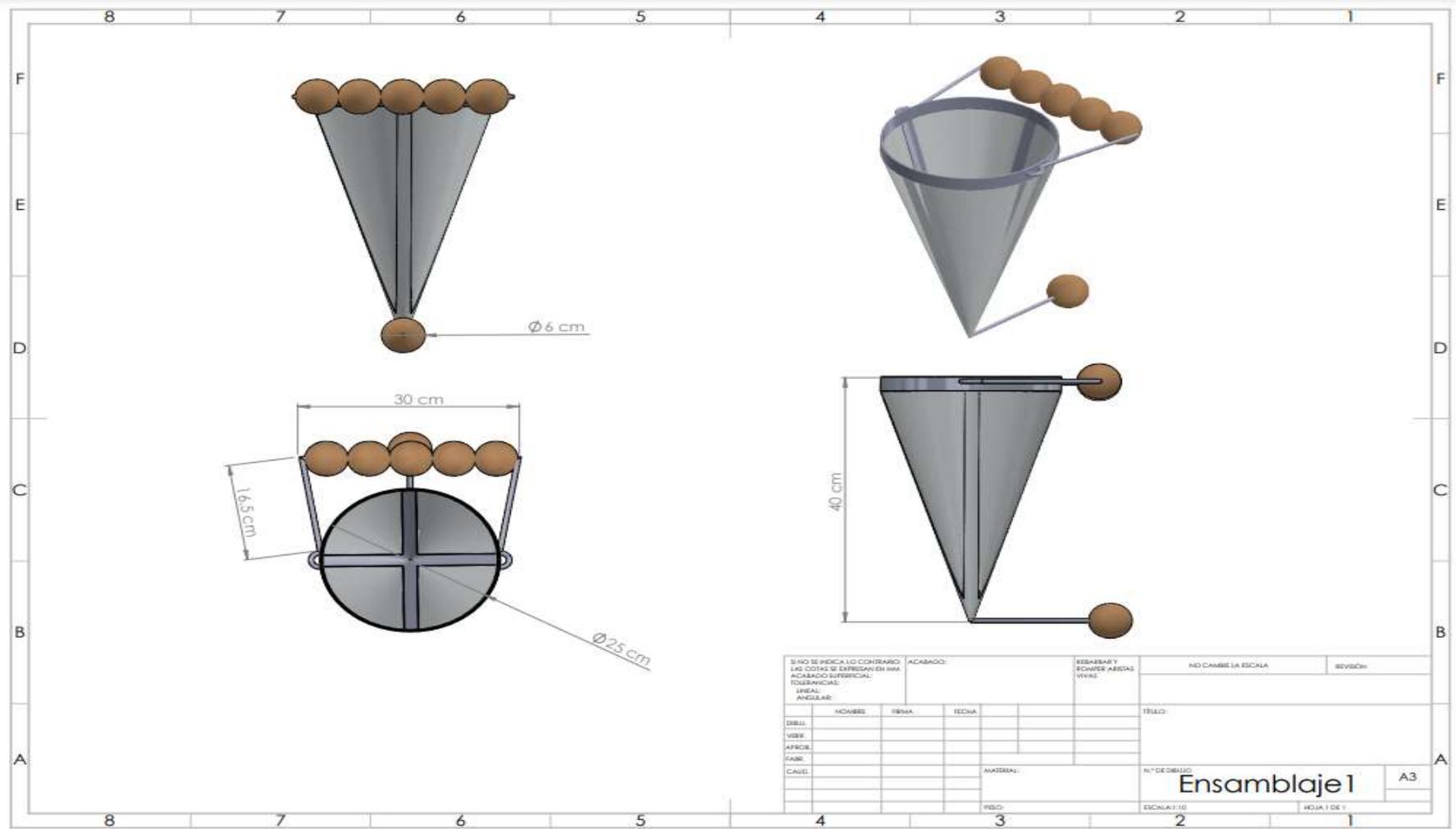
### ANEXO A: MICROPLASTICO EMPLEADO PARA LOS DIFERENTES ANÁLISIS



### ANEXO B: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



**ANEXO C: PLANO COMPLETO DEL DISPOSITIVO**



**ANEXO D: DISPOSITIVO DE REMOCIÓN DE MICROPLÁSTICO**





**ANEXO E: FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO EN EL RÍO CHIBUNGA**







## ANEXO F: PESAJE DEL MICROPLÁSTICO RECOLECTADO





epoch

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 29 / 05 / 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Brayan Steve Montesdeoca Torres
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería Química
<b>Título a optar:</b> Ingeniero Químico
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

0723-DBRA-UPT-2023