

## IMPACTOS AMBIENTALES AL RECURSO HÍDRICO PRODUCIDOS POR LA INDUSTRIA DEL PLÁSTICO A NIVEL MUNDIAL

### *ENVIRONMENTAL IMPACTS ON WATER RESOURCES PRODUCED BY THE PLASTIC INDUSTRY A WORLD LEVEL*

Valbuena Núñez, Karen Alexandra<sup>1</sup>, Machuca Rojas, Lyda Yiced<sup>2</sup>;

<sup>1</sup>Universidad Antonio Nariño, Colombia, kvalbuena22@uan.edu.co

<sup>2</sup>Universidad Antonio Nariño, Colombia, lmachuca20@uan.edu.co

**Resumen:** El consumismo desmesurado del ser humano por el plástico ha generado grandes impactos ambientales en los territorios, a pesar que estos productos son de gran utilidad para el ser humano y son empleados en cada una de las actividades humanas para el bienestar de sí mismos, dedicando el uso de estos para mejorar la vida humana, pero así como beneficia en su gran mayoría a las personas, a su vez este resulta ser perjudicial no solo para la salud humana sino que también para el medio ambiente, además que la mala disposición de los residuos perjudica a los ecosistemas y a un tema fundamental que es el recurso hídrico. Por esta razón surge este proyecto de investigación el cual busca compilar información bibliográfica utilizando como herramienta Parsifal para compilar diferentes artículos referentes a los impactos ambientales generados por la industria del plástico y cómo esta afecta el recurso hídrico, buscando realizar un artículo de divulgación para que sus lectores tengan una información más completa respecto a esta problemática ambiental y algunas alternativas que existen para minimizar este impacto negativo que recae sobre el medio ambiente.

**Palabras claves:** *Plásticos en océanos, fuentes hídricas, ecología, contaminantes, impacto ambiental de industria de bebidas gaseosas.*

**Abstract:** Human consumerism due to plastic has generated great environmental impacts in the territories, despite the fact that these products are very useful for human beings, as they are used in each of the activities that are carried out by human beings for the well-being of themselves. themselves, dedicating the use of these to improve human life, but just as it benefits the vast majority of human beings, it is also harmful not only for human health but also for the environment and how their bad disposition harms seriously to ecosystems and something very important that is the water resource, which is why this research project seeks to compile bibliographic information

using Parsifal as a tool to compile different articles regarding the environmental impacts generated by the plastic industry and how it affects the resource water, seeking to make a popular article so that its readers have more complete information regarding to this environmental problem and some alternatives that exist to minimize this negative impact that falls on the environment.

*Key words: Plastics in oceans, water sources, ecology, pollutants, environmental impact of the soft drink industry.*

## INTRODUCCIÓN

El plástico al ser un material muy común en el consumismo diario del ser humano, tiene una gran demanda económica, puesto que genera costos significativos en el mercado, como por ejemplo: un consumidor usa productos plásticos cotidianamente, puede ser de uso personal como muebles, ropa y utensilios de cocina o de otro tipo como el transporte, la construcción, el almacenamiento, es por esto que al tener alto consumo por parte de la población genera un significativo impacto ambiental negativo para el recurso hídrico (Gongora, 2014).

Socialmente las comunidades que son vulnerables tienen que sostener las consecuencias que conlleva desde la fabricación de los productos plásticos hasta el proceso final, ya que una de las consecuencias a nivel social es que cuando este es desechado incorrectamente, se infiltra en la cadena alimentaria, afectando la salud pública (Sarria & Gallo, 2016).

Ambientalmente la producción de plástico afecta gran diversidad de especies como tortugas y aves marinas. Por ello, es necesario llevar a cabo este proceso de investigación bibliográfica y recopilar la mayor información posible para poder realizar una investigación completa referente al impacto ambiental al recurso hídrico producidos por la industria del plástico a nivel mundial (Elías, 2015).

La industria del plástico beneficia a las personas en el diario vivir puesto que se utiliza básicamente en todas las actividades industriales, domésticas y comerciales, pero, así como este beneficia, también perjudica considerablemente a muchas comunidades del territorio y principalmente al recurso hídrico (Polonia & Peña, 2013).

Actualmente la educación ambiental es fundamental porque, así como los ciudadanos en general obtienen una relación a las problemáticas ambientales que ocurren en el día a día y así se puede brindar al publica herramientas para tomar medidas responsables referente a esto, aumentando su concienciación (García & Priotto, 2009).

Es por esto que la realización de este proyecto, brindará la mayor cantidad de información sobre el impacto del plástico en las diferentes fuentes hídricas a las personas a través de un artículo de divulgación brindando información a los estudiantes de la comunidad UAN y contribuirá a otras investigaciones similares al tema planteado, generando alternativas o soluciones respecto a dicha problemática.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La producción de plástico ha tenido un crecimiento constante mundialmente desde 1950, en aquel año se registró una producción de 1,7 millones de toneladas, luego este tuvo un incremento del 13,6% un promedio anual de 26 años (Góngora, 2014).

El crecimiento de la industria del plástico ha generado un rango alto del uso del plástico, puesto que es un material común en la fabricación de bolsas, embalajes, botellas PET, también suelen utilizarlo en hospitales, restaurantes, sin embargo así como genera impactos positivos para la sociedad a su vez se está incidiendo para tener un impacto negativo sobre el medio ambiente, bien sea en el suelo, aire, flora, fauna y en especial al recurso hídrico debido a que los ríos son canales que transportan la mayoría de residuos sólidos y estos terminan desembocando en el océano, provocando daño a múltiples especies marinas (Elías, 2015).

Debido a estas afectaciones al recurso hídrico es importante tener información referente a esta problemática para poder reducir, minimizar las diferentes afectaciones negativas que este se está generando en el medio ambiente. Por lo tanto, se realiza la siguiente pregunta: ¿Cómo afecta la industria del plástico al recurso hídrico mundialmente?

## **JUSTIFICACIÓN**

El plástico al ser un material muy común en el consumismo diario del ser humano, tiene una gran demanda económica, puesto que genera costos significativos en el mercado, por ejemplo un consumidor usa productos plásticos cotidianamente bien puede ser de uso personal como muebles, ropa Y utensilios de cocina o de otro tipo como el transporte, la construcción, el almacenamiento es por esto que al tener alto consumo por parte de las personas genera un gran impacto ambiental negativo para el recurso hídrico (Góngora, 2014).

Socialmente las comunidades que son más vulnerables tienen que sostener las consecuencias que conlleva desde la fabricación de este producto y hasta el proceso final de este, ya que una de las consecuencias a nivel social es que cuando este es desechado incorrectamente este se infiltra en la cadena alimentaria, afectando la salud pública (Sarria & Gallo, 2016).

Ambientalmente la producción de plástico afecta gran diversidad de especies como tortugas y aves marinas. Por esto es necesario llevar a cabo este proceso de investigación bibliográfica y recopilar la mayor información posible para poder realizar una investigación completa referente al impacto ambiental al recurso hídrico producidos por la industria del plástico a nivel mundial.

## **PERTINENCIA SOCIAL**

La industria de plástico beneficia a las personas en la mayoría de actividades, puesto que se utiliza básicamente en todas las actividades industriales, domésticas y comerciales, pero, así como este beneficia, también perjudica considerablemente a muchas comunidades del territorio y al recurso hídrico (Polania & Peña, 2013).

Actualmente la educación ambiental es fundamental porque así los ciudadanos en general obtienen una relación a las problemáticas ambientales que ocurren en el día a día y así se puede brindar al público herramientas para tomar medidas responsables referente a esto, aumentando la concienciación (García & Priotto, 2009).

Es por esto que la realización de este proyecto, brindará la mayor cantidad de información sobre el impacto del plástico en las diferentes fuentes hídricas a las personas a través de un artículo de

divulgación, esta información beneficiará a todos sus lectores, principalmente a estudiantes de la Universidad Antonio Nariño, posteriormente contribuirá a otras investigaciones similares al tema tratado para generar alternativas o soluciones respecto a esta problemática planteada.

## **ESTADO DEL ARTE**

Lo que desencadenó la mayoría de impactos al medio ambiente fue el desarrollo de la revolución industrial, la cual ocurrió a mediados del siglo XVII, esto generó un avance para el hombre, encontrando nuevas tecnologías para mejorar procesos a través de máquinas para que las actividades resultaran ser más fáciles. Esto trajo un desarrollo tecnológico, es de allí donde comienza un impacto negativo sobre el ecosistema, debido a la extracción y consumo de combustibles (Houlsen 2015).

Por este acontecimiento que ocurrió en aquella época, ahora nos enfocaremos en cómo comenzó la producción masiva de elementos plásticos, la cual inició en 1950 y desde entonces ha sido líder en la industria por ser un material fácil de manejar, además del bajo costo (Vázquez & Rahman, 2021). Sin embargo, en el 2010 el tema de desechos plásticos tomó relevancia y varios expertos sintonizaron sus impactos en el ecosistema, biota, la salud pública que esta traería (Uddin, et al., 2020).

Para poder tener una idea de los impactos que genera el plástico es necesario entender en qué se utiliza el plástico y por qué es tan importante en la sociedad. Un ejemplo de ello es que el plástico es utilizado en el área de la medicina, ya que se usa en elementos como jeringas, huesos plásticos, el embasamiento de sangre y los sueros. Por otro lado, en el área de la agricultura los PET son importantes en las plantaciones porque así brinda seguridad a un cultivo en cuestión de pérdidas por lluvia o sol, otro elemento que tiene este material son las tuberías en los vertederos los cuales evitan incendios (Catala & Guevara, 2001).

También es utilizado en la gran mayoría de alimentos, el 60% están recubiertos por empaques plásticos como las bebidas, pero por el exceso de su uso particularmente en jóvenes, aumenta el impacto del ambiente (Gómez, 2016).

Actualmente el plástico es un componente altamente demandado económicamente y ser un material que consume la mayoría de personas en gran cantidad, es importante buscar alternativas que permitan reducir el consumo de plástico en el mundo por ello es importante tener información y una serie de antecedentes acerca de la industria de plástico, la afectación que tiene sobre el recurso hídrico y algunas alternativas que se estén aplicando en la actualidad para reducir o reemplazar dicho derivado del petróleo. Es por esto que el plástico al ser un derivado del petróleo presenta un gran problema ambiental a nivel mundial, ya que permanecen en el ambiente por mucho tiempo debido a que su biodegradabilidad es lenta (Acquavia, 2021).

Por lo tanto, es fundamental tener información acerca de los impactos que tiene el plástico en el mundo, uno de ellos es el impacto ambiental en mares. Un artículo relata un estudio de investigaciones realizadas en base al riesgo de diversidad de peces expuestos a diferentes concentraciones y tipos de residuos plásticos, los cuales por exposición a ambientes contaminados o mediante su transferencia a través de la cadena trófica resultan ser afectados (Escobar, et al., 2018).

De sobremanera varios estudios han demostrado que los organismos marinos pueden absorber microplástico, teniendo consecuencias por la acumulación en los tejidos, ser transportadores de patógenos, adsorber y acumular contaminantes tóxicos. Los microplásticos tienen la capacidad de causar efectos, como el cáncer, disminuir la actividad reproductiva y aumentar las malformaciones en animales y humanos (Emenike, et al., 2017).

Un estudiante de la Universidad Javeriana hizo una investigación referente a la ingestión de plástico por la ictiofauna de dos ríos de la Sierra Nevada de Santa Marta, este estudio determinó mayor consumo de partículas menores a 2mm en el río Mendiaguaca que en el río Piedras. Fueron identificados elementos como polipropileno, policloruro de vinilo y polietileno (Peña, 2021).

Sin embargo, no todo es tan devastador, varias investigaciones muestran una serie de alternativas que pueda reemplazar el plástico. Un artículo realizado por estudiantes de la Universidad de Guayaquil realizó un análisis del beneficio que podría traer los residuos de plátano, para realizar una producción

de plástico biodegradables aprovechando de sobremanera las partes de la planta como raquis, pseudotallo y la cascara de plátano en estado verde para extraer celulosa y almidón (Borja, et al., 2017).

Otra estrategia para disminuir el tiempo de degradación de las botellas plásticas es el proyecto Ecobotellas, un método ecológico en cuestión de disposición de residuos generados por la emergencia sanitaria Covid-19. Realizaron una revisión bibliográfica, donde cumplieron con los objetivos de lograr afirmar que Ecobotellas es una alternativa sostenible y eficiente para mitigar el impacto negativo por la inadecuada disposición de los residuos de un solo uso (Mendoza, 2020).

## MARCO REFERENCIAL

Para interiorizar el tema es importante conocer primero el concepto de plástico, el cual es un material de tipo sintético, constituido por compuestos orgánicos integrados como el carbono, el hidrogeno, oxigeno, nitrógeno, cloro azufre, silicio y fosforo (Perdomo, 2002).

El plástico se comienza a comercializar en la década de los 50 con la elaboración de productos cotidianos en donde comenzó la incorporación de los productos plásticos a las diferentes actividades por si practicidad y durabilidad, fue reemplazado entonces el acero en autos, el papel, en embalajes, la lana, el algodón y la madera. Con base en la innovación que hizo en aquella época, es entonces que en los años 70 se realizan los primero movimientos ambientalistas generando por primera vez algo de conciencia sobre el impacto ambiental a raíz del progreso económico (Buteler, 2019).

Anteriormente no era tomado con tanta importancia el tema ambiental, en la actualidad ya se toma con as significancia por parte de la sociedad, el cuidado y la preservación del medio ambiente, con el fin que se pueda remediar el daño causado y su deterioro, para entender mejor el nivel de complejidad que este trae es importante tener un concepto claro de contaminación; que es una transformación que involucra todo tipo de ambientes, va modificando la calidad ambiental, además que la mayoría de contaminantes son de origen antropogénico, como resultado de las actividades desarrolladas por el ser humano de tipo industrial, agrícola y clínico. Un ejemplo son los plaguicidas, pero a medida que va pasando el tiempo se ha descubierto que los microorganismos juegan un papel importante en la degradación de estos

contaminantes puesto que ellos tienen la capacidad de transformar estos contaminantes como su principal fuente de energía (Dominguez, 2015).

Uno de los contaminantes con mayor potencial impacto es la producción de plástico puesto que este no tiene la capacidad de biodegradarse. La mayor parte del plástico producido hasta el momento sigue en el ambiente. Desde que comenzó a comercializarse en el siglo pasado hasta ahora, se han producido 7,8 billones de toneladas de plástico, lo que significa que hoy existe una tonelada de plástico por persona en el mundo y su constante crecimiento ha conllevado al aumento de empaques hechos a base de este material (Buteler, 2019).

Una parte fundamental en el tema de conservación del medio ambiente es la protección que se le da a las fuentes hídricas y como estas se encuentran en alto riesgo a causa de la contaminación, particularmente en aguas superficiales, es por esto que el agua al ser un elemento natural imprescindible en la vida del planeta y que se considera el alimento más importante, se entiende que el recurso hídrico es la fuente de vida puesto que contribuye al mantenimiento y funcionamiento de los ecosistemas, la salud humana, bienestar y seguridad alimentaria por lo que es importante su conservación y darle un mejor manejo del sistema hídrico en el marco de conceptos de desarrollo sostenible (Segura, 2007).

Por ello es importante conocer varios conceptos como:

### **Calidad de agua**

La calidad del agua corresponde a la unión de propiedades sensoriales, físicas químicas, biológicas o microbiológicas, su calidad se mide en tres campos: hidrodinámica, fisicoquímica y biológica, para determinar el nivel de calidad de agua es fundamental tener en cuenta los tres campos mencionados (Segura, 2007).

### **Contaminación Hídrica**

La contaminación hídrica es aquella alteración o modificación en sus características organolépticas, físicas o químicas, estas ocurren como resultado de actividades humanas o procesos naturales que



podrían tener consecuencias tales como rechazo, enfermedad o muerte a quien la consume. Generalmente la contaminación hídrica ocurre en vertimientos, por derrames de desechos lo que provoca la degradación del agua y una modificación en su calidad (Segura, 2007).

Uno de los mayores contaminantes al recurso hídrico son las sustancias químicas orgánicas, sustancias como petróleo, plásticos, plaguicidas o detergentes, en este caso se hablara específicamente de un derivado del petróleo, el cual corresponde al plástico y como la contaminación de este produce daños irreparables al planeta, ya que el plástico tarda cientos de años en degradarse, pues este contiene aditivos, antibióticos y pesticidas por lo que la acumulación de plástico en mares y océanos no contribuye a la erradicación de este impacto ambiental negativo (Luque, 2019).

El microplástico se ha convertido en uno de los principales contaminantes del recurso hídrico, esta problemática ha traído atención mundial debido a su persistencia en el medio ambiente, además de que su origen proviene de la deficiente gestión en el tratamiento de residuos urbanos y de las malas prácticas industriales, la contaminación por el microplástico representa una amenaza global debido a su alta demanda y que al no tener una buena disposición de residuos, estos se están acumulando en los ecosistemas del mundo como ocurre en la bioacumulación en las cadenas tróficas, ya que se ha encontrado gran cantidad de plástico en el interior de los animales, además de los impactos físicos en la biota como el enredo, la inanición y la asfixia de varias especies de vida silvestre (Castañeda et al., 2020).

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

- Realizar una investigación de los impactos ambientales causados al recurso hídrico por la industria del plástico mundialmente.

### **ESPECIFICOS**

- Recopilar información bibliográfica para realizar un artículo de divulgación con el fin de concienciar a la comunidad UAN sobre el impacto del plástico en las fuentes hídricas.
- Elaborar un diagnóstico de los impactos ambientales negativos sobre el recurso hídrico.
- Describir que alternativas se están implementando para reemplazar o disminuir el uso de plástico a nivel mundial.

## **METODOLOGÍA**

Para llevar a cabo el desarrollo del proyecto, se abordó una metodología de revisión bibliográfica a partir del sentido cualitativo, pues así se permite tener de manera clara que impacto se ha generado en las fuentes hídricas y que posibles estrategias pueden ser implementadas en algunas actividades para mitigar este impacto al ecosistema hídrico.

### **Investigación diagnóstica**

Esta revisión bibliográfica, basándonos en una macro búsqueda, nos permite identificar documentos y artículos académicos que tenga procedencia de fuentes confiables y referentes al tema de investigación, puesto que las estrategias de búsqueda, organización y análisis son herramientas que permiten la obtención de documentos validos a un tema, así como la sistematización y su estructuración (Gómez, et al., 2014).

Para llevar a cabo la revisión bibliográfica planteada acerca del impacto que genera la industria de plástico en fuentes hídricas a nivel mundial se buscó información en bases de datos como Science Direct la cual es una de las fuentes de mayor información para la investigación científica obteniendo una recopilación de 50 artículos aprobados para proceder con la ejecución del proyecto.

Para la revisión sistemática de la literatura se utilizó la aplicación Parsifal, ya que nos permite tener una mayor eficacia eficiencia en tiempo y calidad en los resultados, permitiendo obtener un Excel para realizar la planificación de los resultados.

### **Planificación**

La planificación de este se manejó bajo el análisis PICOC que es una herramienta en la cual sus siglas significan: Population, Intervention, Comparison, Outcomes, Contex. Teniendo como parámetros estos se utilizaron como ayuda para el proceso de análisis, inclusión y exclusión de diversos artículos encontrados en las bases de datos.

**Tabla 1: ANALISIS PICOC**

PICOC (Parámetros)	PREGUNTAS	RESULTADO
POPULATION	¿Quién?	Publicaciones acerca del impacto del plástico en fuentes hídricas a nivel mundial.
INTERVENTION	¿Qué?	Zonas altamente contaminadas por plástico
COMPARISON	¿Con qué comparar?	Estrategias de fabricación de productos que reemplacen algunos productos plásticos.
OUTCOME	¿Qué se quiere encontrar?	Análisis del impacto del plástico en el ecosistema hídrico y como este se transfiere al ser humano.
CONTEXT	¿En qué tipo de organización?	Académico.

**Fuente: Autora**

Posteriormente de establecer los parámetros utilizados del PICOC las preguntas de investigación se plantearon de la siguiente manera

1. ¿Cómo afecta la industria del plástico al recurso hídrico mundialmente?
2. ¿Qué países han implementado estrategias para reducir la contaminación por plástico?
3. ¿Cómo se transfiere estos contaminantes al ser humano?
4. ¿Cuál es el impacto del plástico sobre el agua dulce a nivel mundial?
5. ¿Cuál es el impacto de la industria del plástico en el mar?
6. ¿Cómo influyen las industrias gaseosas con la contaminación de plástico en las fuentes hídricas?

Criterios de inclusión y exclusión

**Tabla 2: Parámetros para la inclusión y exclusión de artículos**

INCLUSION DE ARTICULOS	EXCLUSION DE ARTICULOS
El artículo tiene como tema principal el plástico	Artículo que no sea de una fuente confiable
El artículo trata acerca del impacto del plástico en fuentes hídricas	Artículo publicado antes del año 2000
Los artículos tienen que estar publicados en fuentes confiables	Artículo que no tenga información completa

El artículo contiene estrategias para mitigar el impacto del plástico en las fuentes hídricas.	Artículo que no esté redactado en inglés o español quedara descalificado.
El artículo trata sobre el impacto de la industria de bebidas sobre el recurso hídrico	Artículo que no tenga temas referentes al impacto de plástico
-	Artículo que no permite obtener información completa

**Fuente: Autora**

### Búsqueda de artículos en las bases de datos

Ya teniendo planteado el tema a investigar y poder encontrar artículos que se ajusten a las preguntas de investigación establecidas se construye una cadena de búsqueda. Estas cadenas de búsqueda se realizan para buscar información bajo dos bases de datos Science Direct y Google Académico.

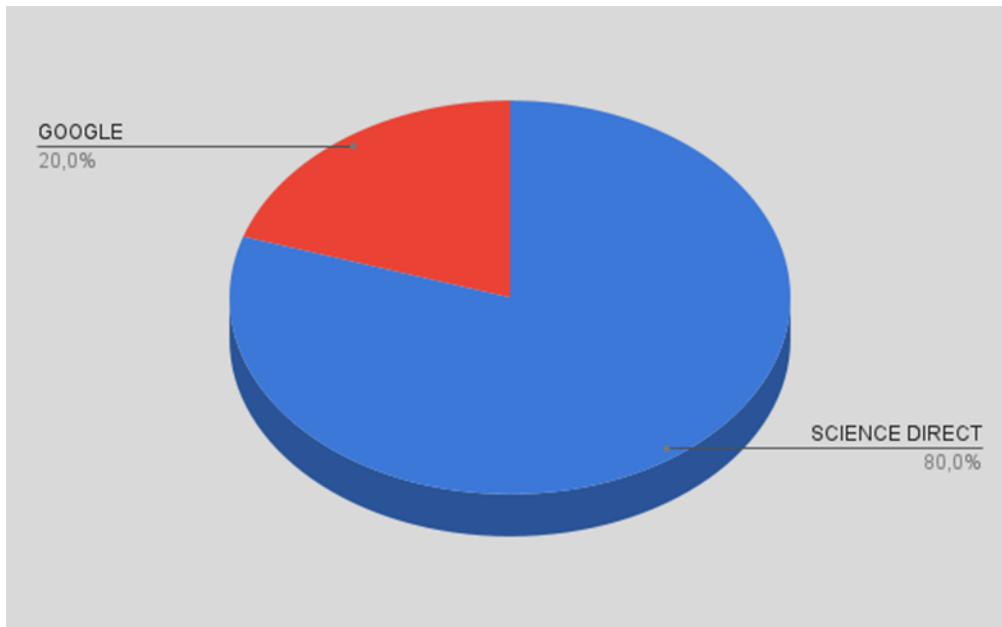
**Tabla 3: Bases de datos**

SCIENCE DIRECT	(Plástico AND especies oceánicas)  (Plástico AND fuentes hídricas)
GOOGLE ACADÉMICO	(Contaminación hídrica AND plástico)  (Plástico AND alternativas ambientales)

**Fuente: Autora**

Con las anteriores cadenas de búsqueda en cada base de datos se encontraron en total 100 artículos que fueron ingresados al software Parsifal para realizar la respectiva selección basada en los criterios planteados anteriormente para realizar su aprobación o desaprobación.

**Grafica 1: Búsqueda en la base de datos**

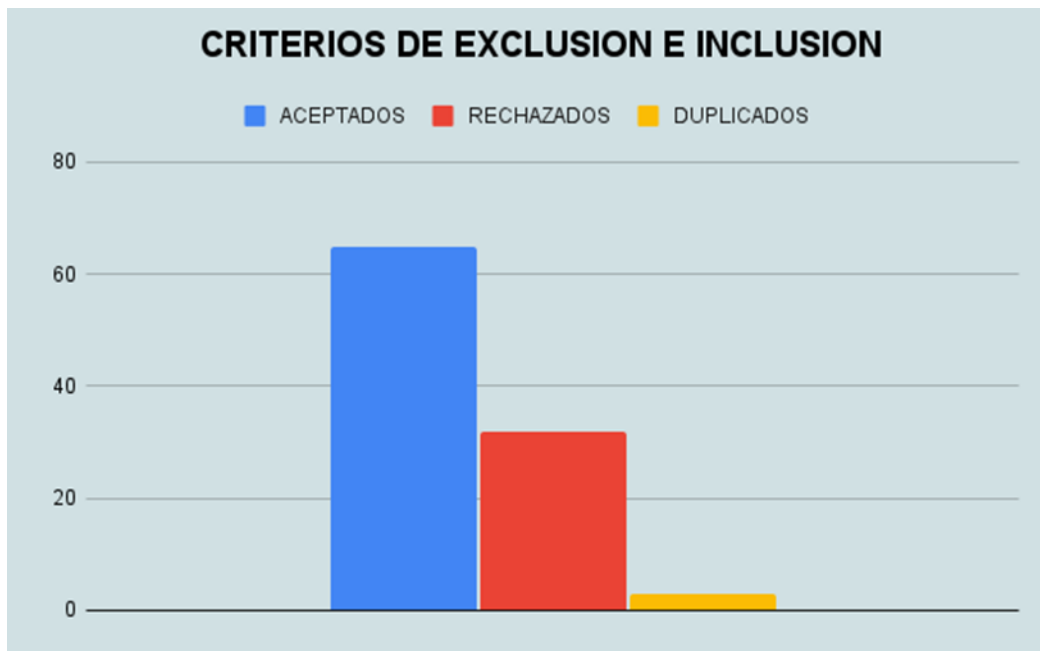


**Fuente: Autora**

#### **Extracción de datos**

Basados en los criterios que se tuvieron para la exclusión e inclusión referenciados en el software Parsifal se evalúa cada artículo exportado de la tal manera que se obtiene un porcentaje de artículos rechazados, aprobados y duplicados de los 100 artículos seleccionados aceptamos 65, rechazados 32, duplicados 3 como se muestra en la siguiente gráfica:

**Grafica 2: Criterios de exclusión e inclusión**



**Fuente:** Autora

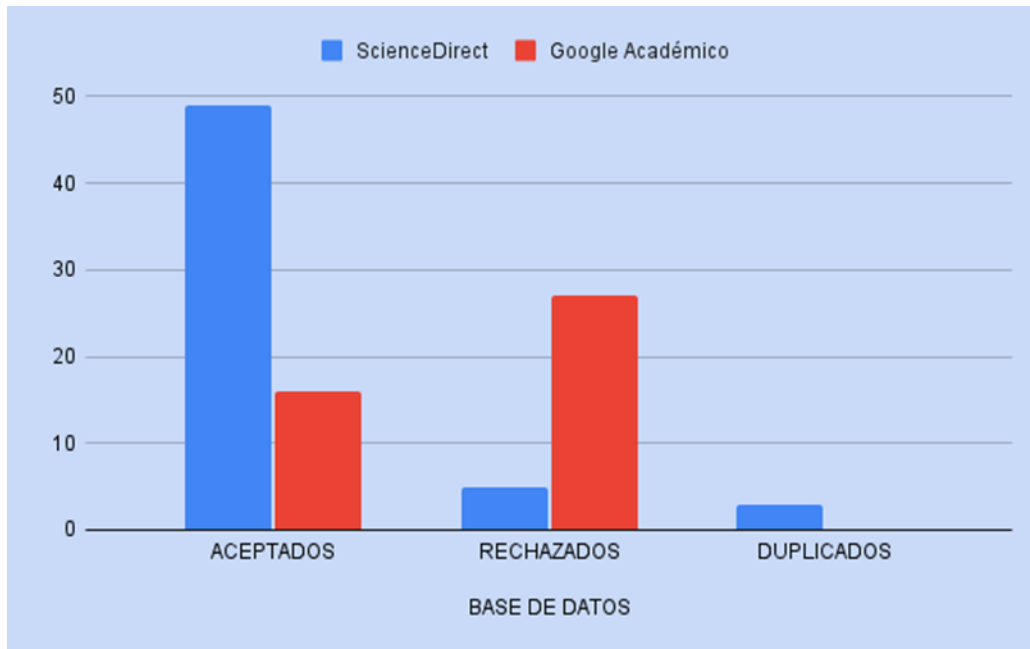
Seguido de esto de acuerdo a los artículos rechazados y duplicados de cada base de datos se obtiene la siguiente muestra:

**Tabla 4:** Clasificación de los artículos

BASE DE DATOS	ACEPTADOS	RECHAZADOS	DUPLICADOS
ScienceDirect	49	5	3
Google Académico	16	27	0

**Fuente:** Autora

**Grafica 3:** Clasificación de los artículos



**Fuente:** *Autora*

Para que la búsqueda tuviera información reciente se tuvo en cuenta los años de publicación en los años 2000 y 2023.

**Análisis de los datos extraídos**

Por medio del software Parsifal se seleccionaron artículos los cuales fueron encontrados en las bases de datos de ScienceDirect y Google Académico, tomando como referencia el tema principal de la investigación “Impacto del plástico en las fuentes hídricas a nivel mundial” en tener una eficiencia en la búsqueda de información el proceso de aprobación y desaprobación de los artículos, se centró principalmente en las preguntas de investigación planteadas.

A partir de las preguntas de investigación se fue buscando la información requerida en cada artículo seleccionado y aprobado por el software Parsifal para posteriormente realizar un análisis de la información recopilada.



Los artículos encontrados en las bases que fueron seleccionadas de acuerdo a una exclusión e inclusión, a partir de ahí se realizó una evaluación para aprobar o desaprobar los artículos, ayudando a la valoración de la información encontrada y finalmente hacer más eficiente la búsqueda de información.

Este análisis está basado principalmente en el impacto que genera uso de plásticos en las fuentes hídricas, se realizara una serie de diversas investigaciones científicas que serán tomadas de una serie de datos, utilizando como herramienta el software Parsifal el cual es un instrumento diseñado para ayudar a investigadores a realizar revisiones de literatura confiables (Rodríguez, 2019).

Para poder efectuar esta serie de recopilación de información, se utilizarán cuatro elementos principales para realizar un eficiente análisis:

- 1. Análisis del ciclo de vida de los productos plásticos el cual se relacione con la gestión ambiental:**

A partir de esta información recopilada conforme a diferentes bases de datos utilizadas referentes al ciclo de vida de estos, relacionándolos así mismo con la gestión ambiental.

- 2. Educación ambiental referente al impacto ambiental que trae el manejo y la mala disposición del plástico en fuentes hídricas:**

Con base a estudios realizados a nivel mundial se buscará información basada en el uso del plástico en diferentes actividades humanas y como los individuos se comportan y que responsabilidad adquieren frente a este.

- 3. Políticas o marco legal que se encuentre orientado a la protección de fuentes hídricas ante la contaminación por plásticos:**

Teniendo como base el impacto del manejo inadecuado de la disposición de estos residuos se pretende identificar que políticas se han implementado con respecto a la protección del recurso hídrico.

- 4. Incorporación de nuevas alternativas para reemplazar algunos productos hechos con plástico:**

Una vez analizados los artículos compilados se requiere informar al público algunas alternativas innovadoras que puedan ser implementadas en diferentes territorios para minimizar el impacto del uso de plástico en el ecosistema marino.

## RESULTADOS

Se encontraron resultados en donde se observó que la industria del plástico afecta potencialmente a las especies de la vida marina, impactando a los humanos a través de esta, por la bioacumulación que se encuentran en los organismos de las especies con base en la red trófica que se genera por el consumo de algunas especies.

Basado en las bases de datos se extrajo una tabla (tabla 5) con las diferentes temáticas que se realizara posteriormente, luego se realizó una gráfica.

**Tabla 5: Temas clasificados**

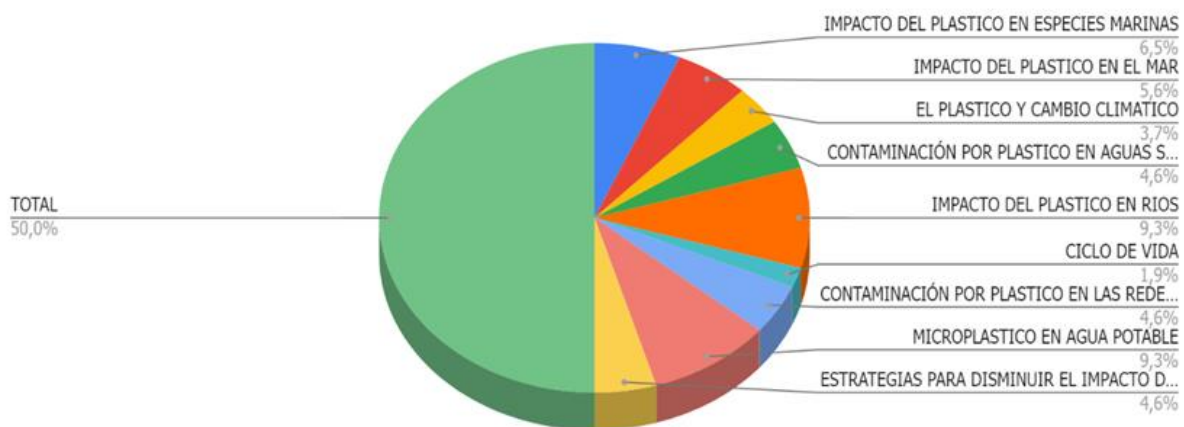
ITEM	NÚMERO DE ARTICULOS UTILIZADOS EN CADA ITEM
IMPACTO DEL PLASTICO EN ESPECIES MARINAS	7
IMPACTO DEL PLASTICO EN EL MAR	6
EL PLASTICO Y CAMBIO CLIMATICO	4
CONTAMINACIÓN POR PLASTICO EN AGUAS SUBTERRANEAS	5
IMPACTO DEL PLASTICO EN RIOS	10

CICLO DE VIDA	2
CONTAMINACIÓN POR PLASTICO EN LAS REDES ALIMENTARIAS TENIENDO COMO CANAL LAS FUENTES HIDRICAS.	5
MICROPLASTICO EN AGUA POTABLE	10
ESTRATEGIAS PARA DISMINUIR EL IMPACTO DEL PLASTICO	5
TOTAL	54

Fuente: Autora

Grafica 4: Porcentaje de artículos utilizados

ARTICULOS UTILIZADOS EN CADA ITEM



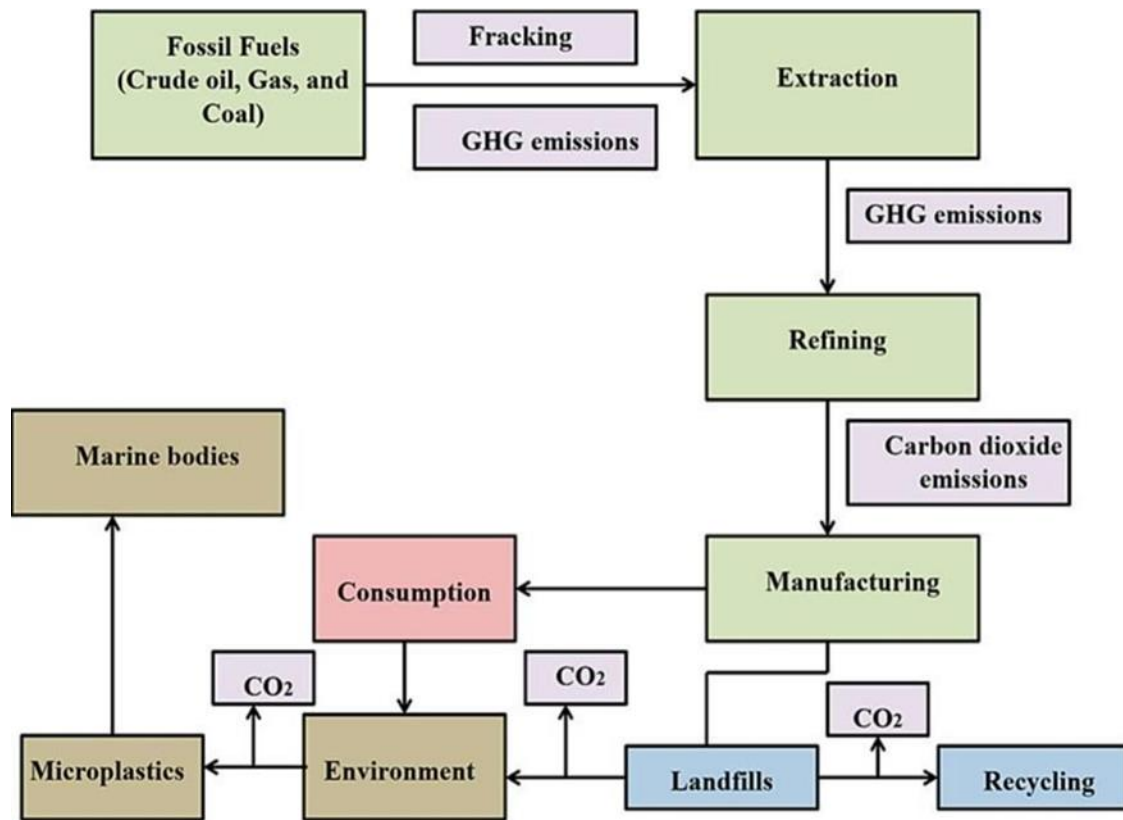
Fuente: Autora

## **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **CICLO DE VIDA DEL PLASTICO, IMPACTO DEL MAL MANEJO DE RESIDUOS**

El ciclo de vida de un producto es un instrumento que se utiliza en el sistema de gestión ambiental en donde se determina, identifica, clasifica y cuantifica los impactos ambientales que genera un proceso para el desarrollo de un producto en cuanto a su etapa de vida, la cual va desde la extracción hasta su disposición final (Mayorga, 2020). Las emisiones por gases de efecto invernadero resultan siendo parte del ciclo de vida de los productos que son relacionados con el plástico generando una amenaza para el medio ambiente contribuyendo al incremento de temperatura. Los bloques de construcción de plástico están compuestos por combustibles fósiles, es decir petróleo crudo, gas y carbón, con esto se emiten gases de efecto invernadero en cada periodo del plástico (Sharma, et al., 2023).

#### ***Resumen del ciclo de vida de plástico y emisión de GEI***



Fuente: (Sharma, et al., 2022).

Es importante tener estrategias para minimizar la vida útil del plástico y se puede llegar a ellos a través del diseño, reutilización, reparación y fabricación. Para poder reducir gran parte del uso de los materiales se debe implementar un diseño con materiales de larga duración, es decir trazabilidad de los materiales, la durabilidad, la fiabilidad y el diseño para prolongar la vida de un producto mediante la reutilización del producto, el mantenimiento y la reparación (Bauer, et al., 2022).

### IMPACTO DEL PLASTICO EN LOS RIOS

La contaminación plástica en el ambiente ha recibido una alta atención en los últimos años debido al impacto potencial y peligroso que recae sobre los ecosistemas, principalmente en el ecosistema hídrico. Algo importante es el hecho de que la gran mayoría de residuos plásticos mal gestionados se está reteniendo en los ríos y no llegan al mar, puesto que el principal canal de desechos plásticos a los océanos son los ríos, por lo que es fundamental entender el transporte del plástico en los ríos para generar una

mitigación y gobernanza de los desechos plásticos en los entornos tanto terrestres como marítimos (Nyberg, et al., 2023).

Según las investigaciones se ha encontrado desechos en plásticos, gran parte del entorno fluvial, incluso en depósitos sedimentarios en riberas y en llanuras aluviales, gracias a estas investigaciones se ha recopilado información acerca del transporte del plástico dentro de los ríos, las simulaciones que se han realizado han indicado que en el tiempo de retención de los microplástico ocurren en cabeceras basados en un promedio de 7 años/km durante condiciones de flujo bajo (Drummond et al., 2022). La acumulación de plásticos dependerá de una serie de factores como el tamaño del plástico, la hidrodinámica de los ríos, las represas, el nivel de regulación del líquido, la extracción de agua, los procesos ecológicos y sedimentarios. Basado en un artículo se obtuvo que 0,9 millones de toneladas de microplástico ingresan a los ríos anualmente en 2015, lo que afecta los ríos en un 84% por área de superficie a nivel mundial, según el análisis que se realizó para el 2060 se espera que la cantidad de microplástico se triplicara, sin embargo, si se aplican estrategias de desechos plásticos pueden reducir la contaminación plástica hasta un 72% (Nyberg, et al., 2023).

Actualmente la mayor parte de retención de plásticos se producen en los ríos modificados antropogénicamente, pero estos en si representan al 23% de los ríos por superficie el otro 17% ocurren en ríos serpenteantes que migran y fluyen libremente, estos últimos probablemente retienen sus desechos plásticos dentro de sus depósitos sedimentarios, aumentando retención y meteorización bioquímica. El 20% de la contaminación plástico se encuentra en ríos que no migran, estos tienen más probabilidad de que los plásticos permanezcan dentro del cuerpo de agua y sean transportados río abajo, por eso mismo se requiere de estrategias de mitigación específicas para diversos sistemas fluviales (Nyberg, et al., 2023).

La contaminación en ambientes acuáticos es un problema global, en la recopilación de información existen pocos datos acerca de los organismos que se encuentran en cabecera en los ríos de las zonas tropicales, a pesar que la contaminación por plásticos es un tema nuevo, desde hace unos años ha tenido un impulso debido a esa necesidad que se tiene de entender las características y la magnitud que tiene

este problema ambiental y las modificaciones que tienen en la biota y las medidas que se tienen para poder solucionar estas cuestiones (Gomes, et al., 2020).

Uno de los principales factores que generan un impacto en las fuentes hídricas es la ingestión de microplástico por organismos acuáticos, ya que es una crisis ambiental emergente a causa de la proliferación de este material en los ecosistemas acuáticos ya sea por factores como vientos, la lixiviación y principalmente la deficiente disposición de residuos sólidos bien sea domestico o industrial y el mal tratamiento de efluentes contribuyendo a generar una gran cantidad de micropartículas en la parte acuática (Gomes, et al., 2020).

El ambiente terrestre tiene una relación con pequeños arroyos, ya que proporciona cantidades altas de material alóctono, como frutas, insectos, semillas y materia orgánica, pero está siendo afectado por la lixiviación de desechos sólidos, incluidos los plásticos. La ingestión de ftalatos y bisfenol A-BPA puesto que estas sustancias son componente de gran variedad de plásticos, además que los aditivos químicos y los microorganismos patógenos también pueden ser adsorbidos por nano y microplásticos. En los peces las partículas plásticas pueden causar daños intestinales, como fisuras en las vellosidades, lo que por consiguiente permite el paso de nutrientes y su sistema inmunológico, además que el plástico puede acumularse en el tracto gastrointestinal y provocar una obstrucción afectando su sistema en general (Gomes, et al., 2020).

En un estudio realizado, en la Amazonia se investigo acerca de la contaminación por plásticos en 14 especies de peces que se encontraban en las cabeceras de los arroyos en la Amazonia Oriental, realizando una evaluación de tamaño, la forma y la cantidad de partículas plásticas que tenían en el tracto intestinal y las branquias. Los peces que fueron recolectados se encontraban en la cuenca del Río Guamá, en la cuenca Acará-Capim ubicados en el este de Pará, Brasil. En este lugar ocurren situaciones como la deforestación a gran escala, además por la posición cerca del Ecuador, es un territorio de transición climática y ecológica. Se analizó los órganos de 68 especímenes de peces, que representaban 14 especies, distribuidas en diez familias recolectados de los 12 arroyos en donde se encontró que tenían una masa corporal de 0,89 g y una longitud de 19,8 mm y 5,8 mm basado en estos resultados se observó la alta

contaminación por nanoplásticos, microplástico y mesoplásticos en peces de pequeños arroyos amazónicos (Gomes, et al., 2020).

Se refleja en esta investigación un 98% de residuos plásticos en los peces de la quebrada amazónica, un 87% de plástico en los tractos digestivos. Las microfibras y nanofibras se detectaron más en las branquias (Gomes, et al., 2020).

Es importante realizar investigaciones referentes a estudiar la contaminación plástica en ríos y estuarios ya que son fundamentales los cuerpos de agua dulce en todos los aspectos, uno de ellos es el Rio Nilo, este ha sido identificado como un punto vulnerable respecto al flujo de basura plástica, en especial en la cuenca del Mediterráneo Oriental, este recibió el apodo de “Nilo de plástico”. Actualmente gran parte de este rio no ha sido explorado por el déficit de mediciones de campo y estudios adecuados. El mar Mediterráneo se encuentra rodeado por 21 países y ha sido considerado como una trampa o rejilla de basura plástica. Los países Mediterráneo producen entre los 208 y 760 Kg de residuos sólidos al año y en al agua superficial flotan alrededor del 95% de los residuos. España, Turquía, Italia, Francia, Israel, Egipto y Argelia son los principales contribuyentes de residuos en el Mar Mediterráneo. El Rio Nilo se caracteriza por tener una de las mayores áreas de captación a nivel mundial, el Rio representa un 6,8% de los residuos plásticos, es decir 6.772 t/año que van dirigidos al Mar Mediterráneo por la deficiencia en la gestión de residuos sólidos (Shabaka, et al., 2022).

Para realizar la medición de los microplástico en el Rio Nilo se hizo una compra de 43 especímenes de peces, en el Cairo, se demostró que cerca del 75% de las muestras tenían microplástico en sus tractos digestivos, entonces se concluyó que el Nilo tenía niveles altos de contaminación y cerca del 70% del pescado estaba contaminado (Khan, et al., 2020).

Ya que no hay mucha información respecto al Rio Nilo se hace una evaluación en las 2 principales aguas de abajo del Rio Nilo, en donde se encuentran dos afluentes Sucursal Rosetta y Sucursal Damietta en donde se recopiló 30 estaciones de muestreo. En la sucursal Rosetta la zona 6 y 7 se encuentran afectadas por la piscicultura intensiva y la estación 8 y 12 están ubicadas en el Mar Mediterráneo cerca del estuario Rosett. En la sucursal Damietta se recogieron 12 muestras en donde fueron registradas diversas fuentes



de contaminación y actividades, además se evidencio que en las estaciones 23 y 24 se vieron afectadas por las piscigranjas y los vertidos de la fábrica Edfina (Shabaka, et al., 2022).

De acuerdo a estos muestreos fueron encontrados una serie de sedimentos de todo tipo, pero se encontró concentraciones de microplásticos de la rama Damietta, la cual oscilo entre los 180 y 1310 partícula/Kg. Los microplásticos se clasificaron en 4 tipos (coloreados, fragmentos brillantes, filamentos y películas). En donde los fragmentos coloreados mostraron sedimentos del 40-59%. En las películas y los filamentos se obtuvieron datos similares, los fragmentos de brillo tuvieron un 33-85% (Shabaka, et al., 2022).

Es po esto que las concentraciones de microplástico dice que los estuarios del Rio Nilo se encuentran medianamente contaminados en comparación con países industriales como China y Japón, la agricultura y la industria contribuyen a generar un alto grado de contaminación plástica de la Delta del Nilo. Por lo q se requiere un trabajo para comprender el nivel de plástico en la captación de agua y evaluar la infraestructura en la retención de plástico (Shabaka, et al., 2022).

### **Aditivos plásticos**

Por otro lado, la contaminación por aditivos plásticos es alarmante por el impacto que se genera en lo Ríos puesto que son compuestos químicos, que son agregados a polímeros para mejorar el rendimiento, la procesabilidad, la funcionalidad y la duración del material, entre estos encontramos los plastificantes, antioxidantes y pigmentos. El Bisfenol A no es un aditivo, pero es un compuesto que se utiliza en la fabricación de policarbonato y resinas epoxi. Polímeros plastificados como el cloruro de polivinilo, los esteres de celulosa, los acrílicos, los poliuretanos, son utilizados en materiales de construcción como pisos, ceras, pinturas, lubricantes o productos de belleza, sean cosméticos o en envases de alimentos (Bolivar, et al., 2021).

La presencia de basura plástica, microplásticos y aditivos plásticos es común en áreas industrializadas, urbanizadas y mucho más en lugares donde no hay una adecuada gestión y regulación de la disposición de residuos. Los aditivos plásticos generalmente ingresan a ciclo del agua como resultado de la lixiviación de materiales plásticos, lo que conlleva a generar contaminación en los cuerpos de agua. La

contaminación por aditivos en los ríos afecta a organismos acuáticos. Diferentes estudios de toxicidad indican ftalatos y BPA los cuales causan efectos de alteración endocrina, afecta las hormonas esteroides y los lípidos, también se genera un problema en su reproducción y los alquilfenoles conocidos para producir feminización en peces alteran en la aromatasa y la composición lipídica de las células (Bolívar, et al., 2021)

Para poder evaluar el nivel de toxicidad del agua se usa comúnmente *Daphnia magna* pues resulta ser útil en el monitoreo ambiental de contaminantes y juega un papel clave para establecer criterios regulatorios en las agencias gubernamentales, este crustáceo de agua dulce ya está establecido como modelo en toxicología, su tamaño es grande, tiene una etapa de vida corta, su cultivo es fácil, sensibilidad y homogeneidad por lo mencionado anteriormente es importante medir el riesgo de contaminantes en el agua (Bolívar, et al.,2021).

El río Besos es un río muy impactado especialmente por el vertido de efluentes de EDAR por tener basura plástica. Por esto se evalúa la ocurrencia, variabilidad estacional, toxicidad y el impacto que genera 21 aditivos plásticos de alto volumen. El análisis se realizó mediante la extracción de fase sólida y cromatografía líquida de alta resolución para determinar la toxicidad, se calculó la EC50 para cada compuesto usando la *Daphnia magna*, se evaluó las condiciones en el campo de riesgo que producen los aditivos plásticos en el agua del río. Los compuestos que se encontraron fueron DEHP, NP, BPA, BP, OP, DEP. Se detectaron compuestos en aguas arriba relativamente cercanas a los nacimientos del río, a pesar de ser colindantes con Parques Naturales se cuentan con cierto grado de protección, aun así algunas concentraciones se explican por la urbanización, también se observó alta concentración total por estar cerca del circuito de fórmula uno y moto GP. En aguas arriba del río Besos se produjo una dilución debido a la confluencia de los ríos Congost y Mogent por ende las concentraciones aumentaron aguas abajo con niveles altos de afluente Ripoll, finalmente disminuye la concentración del río debido a la intrusión de aguas de mar, con una conductividad de 40Ms/cm (Bolívar, et al., 2021).

Por otro lado, evaluar los niveles de contaminación en los ecosistemas acuáticos con microplásticos es un reto importante ya que estos pueden ser transportados a través de los ríos como se mencionó anteriormente (Dendievel, et al., 2023)

Otro estudio se realizó con respecto al control ambiental de uso del suelo de la contaminación por microplásticos por el lecho de grava del Río Ain ubicado en Francia, este es un río serpenteante de 190km de largo el cual fluye desde montañas francesas del Jura hasta el Río Ródano, aguas arriba en la ciudad de Lyon, cerca de la confluencia con el río Ródano, el Ain presenta una carga gruesa que transporta anualmente cerca de 15.000 m<sup>3</sup> de sedimento (Szewczyk, et al., 2022). El curso del tramo tiene tres tramos:

1. Sección montañosa donde el río serpentea
2. Una sección media restringida en gargantas (100-300m de ancho).
3. El río Ain inferior.

Las barras de grava son características geomórficas que ocurren en el hidrosistema que son clave en el intercambio de agua, sedimentos, oxígeno y temperatura. Por eso se ha demostrado que los afloramientos de agua de estas gravas son lugares específicos para la acumulación de partículas (Dendievel, et al., 2023).

En este artículo utilizaron un sistema de información geográfica para recopilar datos socioambientales específicamente en el área de captación de río Ain, allí se tomaron datos que influyeran en la liberación y acumulación de microplástico, se utilizó el uso de la tierra, ubicación y capacidad que tenían las plantas de tratamiento de agua residual, también la cantidad de fábricas de plástico que han estado activas en el sector. Además, se utilizó planificación de muestreo. Con esto se identificó más de 550 fábricas activas en el sector a partir de los años 2000 y 2010 estableciendo un vínculo entre la fábrica de plástico y las áreas urbanas y como se contamina por plástico el lecho, además se realizó una evaluación de los puntos críticos de microplástico en el río del lecho grava (Dendievel, et al., 2023).

### **Microplástico en agua dulce**

Los arroyos de agua dulce son reconocidos como los principales contribuyentes de la contaminación por plástico en los ambientes marinos. Adelaide es una ciudad urbanizada que queda ubicada en el sur de Australia, tiene una población cerca de 1.3 millones, allí se puede encontrar gran cantidad de arroyos de agua dulce, aquí se realizó un estudio, se centraron en ocho arroyos que son monitoreados por la Autoridad de Protección Ambiental, estos arroyos Magazine Wetland, Torrens River, Brownhill Creek, Sturt River, Field River, Christie Creek y Pedler Creek. Allí se realizó un muestreo y estos eran llevados al laboratorio para determinar la cantidad de microplástico contenido en cada uno. La cantidad de microplásticos encontrados en los arroyos de agua de Adelaide fueron altas, incluso más altas que las del área de urbanización. Aquí se evidenció la cantidad de microplásticos que estaban contenidos en las aguas subterráneas de los ocho arroyos de agua dulce, es por esto que es necesario tener un monitoreo continuo y a largo plazo de las corrientes de agua dulce para poder detectar contaminación plástica. Además, que el monitoreo espacial y temporal permitieran identificar los cambios de la cantidad de microplásticos que se descargan después en el Golfo de San Vicente (Leterme, et al., 2023).

### **Impacto del plástico en aguas superficiales**

Los ecosistemas estuarinos son una parte importante y diversa del entorno acuático y actúa como zona de transición entre el mundo interior de agua dulce y el agua del mar, estos se ubican en altamar (Harris, et., 2022). El río Meghan es uno de los ríos más grandes de Bangladesh, este contribuye a la formación de delta Ganges en la bahía de Bengala, este estuario posee un gran valor ecológico y económico de Bangladesh, puesto que este permite la subsistencia de millones de personas a través de la pesca y hay gran reproducción de especies clave como Hilsha Ilisha, Lates cacarifer, cefalo de Miguel, *Macrobrachium rosenbergii*. Se dice que aproximadamente el 80% de los desechos de plástico marinos provienen de fuentes terrestres debido a la mala disposición de los desechos sólidos y las aguas residuales en el mundo, ya que son transportados a través de los cuerpos de agua, directamente al mar. El río Maghan es el tercer río con mayor cantidad de agua y sedimentos del mundo, lo que podría aumentar el transporte de microplásticos masivos desde la costa hasta la bahía de Bengala, el estuario resulta

moderadamente turbio debido a la carga de sedimentos por la erosión y la alta concentración de microplásticos. Cabe decir que Bangladesh es uno de los países que son los mayores productores de plástico del mundo (Belal, et al., 2023).

La contaminación en estuarios por microplásticos es importante mencionarla ya que estas áreas ofrecen a la sociedad servicios ecosistémicos, económicos y recreativos como zonas de criaderos y zonas de alimentación para peces, además de la fijación de carbono. El estuario Meghan está siendo afectado que se ubica en la costa de delta de Bengala, es importante porque proporciona medios de subsistencia a miles de personas de Bangladesh y este además sirvió como caldo de cultivo para pescado nacional. En esta investigación realizada, se evidencio por primera vez en la zona de estudio, la abundancia, las características y la evaluación de la contaminación de microplástico en agua superficial, los resultados demostraron que los microplásticos se encontraban en todas las muestras que fueron captadas y tuvo un valor de abundancia de aproximadamente 33,33 y 316,57 item/m<sup>3</sup> con un valor medio de 128,89 item/m<sup>3</sup>. Los análisis morfológicos también arrojaron como resultado 4 tipos de microplástico los cuales fueron (Belal, et al., 2023).

**Tabla 5: Tipos de microplástico encontrados**

MICROPLASTICO	VALOR
Fibras	87%
Fragmentos	6%
Espuma	4%
Películas	3%

**Fuente: Autora**

Otro punto es que el análisis también arrojó características químicas puesto que se confirmó cinco tipos de polímeros, incluyendo el polietileno, poliestireno, tereftalato de polietileno, polipropileno y cloruro de polivinilo. Esto determinó que la zona de estudio tenía altos niveles de contaminación con microplástico, basado en esto es importante que los resultados obtenidos según el factor de contaminación y el índice de carga contaminantes deben ser utilizados para desarrollar políticas para la protección del entorno (Belal, et al., 2023).

Con base en lo anterior se menciona otro caso de contaminación de aguas superficiales, es el caso del Río Ganges, este río nace en las laderas del sur de la Cordillera del Himalaya y antes de desembocar en la Bahía de Bengala, se forma un delta llamado el Delta Sundarban, este es un ecosistema de manglares más grande del mundo en el lado del mar de Delta Ganges el río Ganges es el más grande de la India, sustenta aproximadamente un 43% de la población. El río Ganges actualmente recibe efluentes industriales de 501 millones de litros/día de 764 industrias altamente contaminantes. Una cosa importante es que este río por ser uno de los más importantes tiene tres principales ríos que transportan el 90% de los desechos plásticos, además del río Indo y Brahmaputra (Chakraborty, et al., 2021).

El río Ganges sirve como conducto del agua de deshielo del Himalaya, es una fuente importante de agua dulce, este está siendo contaminado por compuestos disruptores endocrinos como esteres de ácido ftálico y el bisfenil A, los cuales son utilizados como aditivos orgánicos para plásticos. En las investigaciones que se han realizado, las muestras de agua de los humedales de Ganga y Sundarban que contienen los disruptores endocrinos (compuestos altamente contaminantes) se ha medido y evaluado la actividad estrogénica usando un bioensayo invitro. Un dato importante es que en estas mediciones se utilizó la cafeína como un marcador de descarga de agua superficial. Los resultados arrojaron que las concentraciones de BPA y plastificantes fueron más altas en el río Ganges que en el humedal Sundarban. El riesgo eco toxicológico que se tiene es alto para insectos acuáticos y peces que provienen de BPA (Chakraborty, et al., 2021).

***Tabla 6: Concentración de contaminantes***

<b>RECURSO HIDRICO</b>	<b>VALOR</b>
<b>Río Ganges</b>	<b>0,04-4,46 µg/L</b>
<b>Humedal Sundarban</b>	<b>0,43-7,63 µg/L</b>

**Fuente: Autora**

Es por esto que un impacto potencial en la salud humana se podría ver reflejada en el consumo de pescado de la región pesquera del tramo del río Ganges, es por esto que basado en estos resultados es importante diseñar e implementar intervenciones para la remediación de los contaminantes emergentes mencionados anteriormente (Chakraborty, et al., 2021).

#### **Contaminación por plástico en aguas subterráneas**

Los microplásticos en las aguas subterráneas han recibido gran atención. En el estudio a continuación se investiga acerca de la contaminación de microplásticos en las aguas subterráneas en la isla volcánica de Jeju, Corea, según los datos, este es el primer estudio realizado que identifica microplásticos en las aguas subterráneas de islas volcánicas. La isla de Jeju es un sitio de patrimonio natural mundial, este fue designado por UNESCO, este depende de las aguas subterráneas para más del 96% del agua agrícola en cultivos, por lo que el objetivo del artículo es investigar la contaminación de microplástico en el agua subterránea de la isla después de recolectar muestra de agua subterránea de 500L (Young, et al., 2023).

En la investigación se muestrearon un total de 21 pozos de agua subterránea y manantiales. El muestreo se realizó con base en el control y calidad del agua. Los resultados mostraron que los microplásticos variaron de 0,006 a 0,192 part/L y detectaron microplásticos en pozos profundos de agua subterránea en donde el nivel estaba a 143 m por debajo del suelo (Young, et al., 2023).

Otro estudio realizado en China referente a las aguas subterráneas investigo la aparición y la distribución de microplástico en aguas subterráneas poco profundas de un distrito de fuentes de agua en la ciudad de

Tianjin, esta se caracterizó por la abundancia, la morfología física, la composición química y las correlaciones del microplástico con las actividades humanas en general, aquí se determinó que los microplásticos que se encontraban allí tenían un valor entre 17.0, 2.16 y 44.0 n/L. Según datos que se encontraron, siete tipos de microplástico con polietileno, tereftalato de polietileno y poliestireno en donde el PET era el predominante. El estudio reveló la presencia de microplástico en cuerpos de agua subterráneas en el norte de China y que estos existían en diez puntos diferentes en las aguas subterráneas. Gracias a esta información resulta ser útil para evaluar los efectos ecológicos sobre la seguridad de la calidad del agua y la salud humana (Bin wu, et al., 2022).

### **CONTAMINACION POR PLASTICO EN LAS REDES ALIMENTARIAS TENIENDO COMO CANAL LAS FUENTES HIDRICAS**

La contaminación por desechos plásticos y microplásticos en los ecosistemas acuáticos están aumentando a nivel mundial, su proceso de descomposición del microplástico después de ingresar al medio ambiente es demasiado lento, por lo tanto se observa que hay una gran acumulación de él en los suelos, los sedimentos y medios ambientales, lo que provoca peligros inminentes, además que cabe destacar que son portadores de metales pesados y compuestos orgánicos que resultan ser hidrofóbicos, por lo que es fácil que sean ingresados a los organismos y luego estos sean transmitidos a los humanos a través de la cadena alimentaria causando daños a la salud humana (Bin wu, et al., 2022).

Los plásticos al contaminar los ambientes marinos están representando un riesgo alto para los organismos que habitan allí. La superposición entre el tamaño de la contaminación plástica marina con presas, significa que los plásticos están disponibles para el consumo de cualquier organismo en todos los niveles tróficos. Los desechos grandes pueden causar la muerte de organismos marinos más grandes, bien sea a través de enredos, por estrangulación, asfixia o inanición, en cambio los microplásticos y los nanoplásticos pueden tener un impacto negativo sobre los organismos marinos debido a la relación que tiene que ver con la superficie, el volumen y la capacidad de trasladarse a través del organismo. En este artículo nos muestra cómo se introducen los plásticos en la red alimentaria marina y las consecuencias que esta causa sobre la biota marina (Tuuri & Laterme, 2023).



La entrada de los desechos marinos a la red alimentaria se puede producir directamente como indirectamente. La entrada directa puede ocurrir a través de la alimentación por medio de la filtración, la ingesta respiratoria y el consumo del plástico, es decir cuando los organismos se alimentan. Las entradas indirectas ocurren cuando un depredador consume un organismo que ha retenido plástico y este se ha adherido o retenido a las superficies externas o en las branquias, otro medio es cuando un organismo se ha quedado en la superficie de plástico y este forma una plastifera que convierte el plástico en una fuente de alimento, esta plastifera o agregado ocurre por medio de la adherencia de microbios y fitoplancton a las superficies de los plásticos y la unión de estos facilita una hidrólisis de hidrocarburos y actúa como vector para el transporte de especies dañinas o invasoras de bacterias a través del canal oceánico (Tuuri & Laterme, 2023).

Además, que los microplásticos podrían ayudar a la colonización microbiana y ser funcionales a la hora de actuar como vectores de especies microbianas, lo que podría conducir a una propagación de patógenos o especies invasoras. Generalmente los microplásticos tienden a bioacumularse y biomagnificarse en las redes tróficas, con riesgos altos de generar efectos perjudiciales en los ecosistemas (Bin wu, et al., 2022).

Algunas de las especies que se afectan por los residuos del plástico están basados en la siguiente tabla:

**Tabla 7: Especies afectadas en la red trófica**

ESPECIE	IMPACTO
---------	---------

<p>Microbios</p>	<p>Los microbios son productores primarios, tienen influencia en el clima, dictan flujo de energía y nutrientes marinos, el impacto del plástico trae consigo un impacto directo en el crecimiento bacteriano, la producción de proteínas y en la adquisición de fosforo y fijación de N<sub>2</sub> marina (Tuuri &amp; Laterme, 2023).</p>
<p>Fitoplancton</p>	<p>Este es muy importante ya que apoya la capacidad de los océanos para actuar como sumidero de carbono e impulsa la productividad primaria. Este puede asociarse a partículas microplásticos y nanoplásticos formando agregados o una plastifera, esto atrae a los consumidores primarios ya que son una opción alimenticia, generando un olor a sus presas marina (Tuuri &amp; Laterme, 2023).</p>
<p>Macrófitos</p>	<p>Estos son los responsables de proporcionar hábitat, alimento, refugio a herbívoros como gasterópodos, peces tortugas y dugongos. El fitoplancton hace fácil que los microplásticos se adhieran a los macrófitos generando otra red alimentaria para otras especies marina (Tuuri &amp; Laterme, 2023).</p>

<p>Zooplancton</p>	<p>Este es un bioindicador natural del cambio climático debido a sus respuestas a condiciones fluctuantes, como cambios en la escala acuática, salinidad, turbidez y nivel de nutrientes. Este representa un eslabón trófico para productores primarios y secundarios, esta al ser una bomba biológica a través de la producción de granos fecales densos, proporciona alimento a la biota que habita en los sedimentos, por la ingestión de microplástico en los cultivos de zooplancton, provoca la disminución de biomasa de carbono y la reducción de la producción reproductiva de las especies marina (Tuuri &amp; Laterme, 2023).</p>
--------------------	--

**Fuente:** Autora

**Transferencias tróficas**

Cuando los organismos ya tienen partículas de plástico en su interior bien sea por consumo directo, adherencia o enrede a un organismo, entonces venimos a pasar por el consumo indirecto de organismos, pero ya en niveles tróficos superiores, este canal de ingesta puede ocurrir de forma selectiva o accidental, es decir cuando un depredador consume un organismo, los depredadores se encuentran en riesgo de consumo directo de plásticos (Tuuri & Laterme, 2023)

La ingestión de plásticos de diferentes especies ocurre a distintos ritmos, algunas especies no tienen la capacidad de excretar los plásticos que ingresan en total, lo que hace que el plástico tenga accesibilidad a depredadores. Por otro lado, el consumo de plástico en humanos también se puede ver allí, un estudio

nos dice que realizaron un análisis en donde en 50 latas de atún se encontró 129 microplásticos (Tuuri & Laterme, 2023)

### **IMPACTO DEL PLASTICO EN LOS CUERPOS DE AGUA MARINOS**

Uno de los desafíos a nivel mundial en el tema ambiental es la acumulación y el impacto que se genera en el ambiente y secundariamente en la humanidad. Al mismo tiempo hace énfasis en los fenómenos de degradación y fragmentación en condiciones marinas. Como bien se sabe los plásticos han recibido gran atención debido a la durabilidad y estabilidad que tiene este material, uno de los desafíos que se tiene con el plástico es su degradabilidad, ya que la mayoría de plásticos no son degradables y el proceso de descomposición tarda siglos en ocurrir. (Damassi, et al., 2022)

Varios estudios han mostrado que las partículas de plástico en los ecosistemas marinos contienen grandes cantidades de contaminantes orgánicos y aditivos, los cuales pueden filtrarse en el agua del mar y posteriormente provocar efectos nocivos. Muchas de estas sustancias son compuestos tóxicos como los bifenilos policlorados, nonilfenol y pesticidas orgánicos, todos ellos se han venido encontrando en la basura plástica marina, por lo tanto los riesgos de la ingestión de estos desechos plásticos por parte de organismos marinos pueden biomagnificarse generando un riesgo potencial directo contra la salud del ser humano como cáncer, diabetes, trastornos en su desarrollo, bien sea hormonal, neurológico o anomalías en el crecimiento, también trastornos endocrinos, hipo metilación del ADN, cáncer de mama, artritis (Damassi, et al., 2022)

Por otra parte, el estado de los materiales plásticos después de estar expuestos a condiciones ambientales podría estar afectando las diversas interacciones con el medio ambiente, influyendo en la liberación de aditivos y sustancias químicas. Debido a la propiedad no biodegradable de los plásticos, los productos se consideran contaminantes persistentes. Actualmente los plásticos biodegradables representan una proporción menor, sin embargo, no todos los productos que se encuentran en el mercado comercialmente son completamente biodegradables para el medio ambiente cabe aclarar que algunos productos que son biodegradables pueden modificar la geoquímica de los sedimentos en los océanos e impactar las especies marinas, así como su coexistencia (Damassi, et al., 2022).

Según varias proyecciones que se realizaron, en el año 2020 se generaría aproximadamente 400 m de plástico anuales, la producción de plástico se duplicaría para el año 2035 con una cantidad de 800 m y alcanzará los 1600mt para 2050, cabe señalar que la producción de plástico genera cantidades altas de gases destructivos en el aire como dioxinas, monóxidos de carbono, cianuros de hidrogeno y óxidos de nitrógeno, lo q crea una amenaza crítica sobre el medio ambiente (Damassi, et al., 2022).

### **Impactos ambientales en la zona asiática**

Los países del sudeste asiático principalmente Filipinas, Sri Lanka, Indonesia, Malasia, Tailandia; Bangladesh, China y Vietnam, se clasifican con el rango más alto en el mal manejo de residuos, por lo el 88% de estos terminarían en el océano. El plástico al transportar contaminantes orgánicos, patógenos, productos químicos y metales tóxicos conducen a tener un impacto negativo sobre la fuente hídrica pues hay un deterioro en la calidad del agua y del suelo. Por lo que el océano sigue cargando considerablemente cantidades de desechos plásticos de varios tamaños, esto es un desafío extremo para la biota, incluidos varios cuerpos de agua como ríos, estanques o lagos. Varios estudios han demostrado que el plástico se encuentra universalmente en muchos mares incluyendo el Océano Atlántico, el Mar Báltico, el Océano Pacífico, el Mar Mediterráneo, los Estados Unidos y el sudoeste de Inglaterra. La presencia de plástico en el medio ambiente desencadena la dificultad de la reproducción de peces destruyendo su organismo vital (Damassi, et at., 2022).

Además, que la presencia de plásticos que tengan un tamaño pequeño y se encuentre en los recursos naturales y los alimentos para el consumo humano como en las fuentes de mariscos, el agua potable y la sal, tiene efectos nocivos, de sobre manera que también estos contribuyen al calentamiento global debido a la creación de sombra que dificulta el crecimiento del plancton, alterando el equilibrio del ecosistema y el medio ambiente natural (Damassi, et at., 2022). La duración de la vida útil de los materiales plásticos no se verifica aun, pero hasta el momento está comprobado que los plásticos tardan demasiado tiempo en descomponerse, por lo que requiere con prontitud impedir su entrada al medio marino, para abordar este desafío existen varias soluciones efectivas que se pueden implementar, los

cuales se centran principalmente en evitar que el plástico fluya hacia los ecosistemas acuáticos (Damassi, et al., 2022).

Otra situación importante es que la contaminación en ambientes marinos por desechos plásticos muy probable aumentara puesto que la demanda de plástico aumentara y necesitara una mayor producción de plástico, pero al mismo tiempo es importante intensificar los esfuerzos de investigación para poder proporcionar una mejor comprensión, monitoreo, conciencia y mitigar lo más pronto posible la contaminación plástica (Leterme, et al., 2021).

### **Impacto de plásticos en especies marinas**

Los plásticos son contaminantes duraderos que han infectado todos los nichos ecológicos del mar, estos al ser transportados por corrientes oceánicas, vientos, el desagüe de ríos y la deriva, hace que su presencia sea heterogénea y se encuentre en todas partes del mundo. Es por esto que es fundamental tener información de como estos contaminantes afectan a los organismos, comunidades y ecosistemas. La fragmentación de plásticos grandes en microplásticos, esto resulta como consecuencia de procesos físicos, biológicos y químicos, aumenta su disponibilidad en organismos, incluyendo lo del nivel trófico bajo, haciendo que los microplásticos sean más densos y más peligrosos que los macro plásticos (Pinho, et al., 2022)

Se sabe que los microplásticos pueden afectar seriamente a los peces de diferentes maneras. Varias investigaciones revelan por ejemplo que los microplásticos provocan una obstrucción gástrica de larvas de *Dicentrarchus labrax*, también causaron un estrés oxidativo, inflamación y alteración energético en *Dario rerio*, además de una reducción de la alimentación y la actividad de *Carassius*. Los efectos fisiológicos de la alta exposición a microplásticos también se observan en multitud de peces, alterando su tracto intestinal en *Dicentrarchus labrax* (Pinho, et al., 2022).

Aunque la degradación del hábitat y la sobreexplotación son catalogadas como amenazas importantes para las poblaciones de elasmobranquios, la contaminación costera y oceánica representan una amenaza adicional ya que se puede decir que la ingestión de plástico puede provocar cambios fisiológicos similares

a los mencionados anteriormente en especies de peces, lo que refiere un riesgo biológico a especies que ya están amenazadas por otros factores (Pinho, et al., 2022).

Un estudio realizado en la parte sur del Golfo de California central se utilizó una especie llamada raya redonda de Haller, en donde estas fueron capturadas en el sistema estuario de Santa María La Reforma. En esta investigación hicieron una serie de investigaciones, una de ellas fue el de sedimentos, otro de pescado, en donde aquellas especies fueron medidas y pesadas, le extrajeron los tractos gastrointestinales y le realizaron un análisis estomacal, a través de la espectroscopia, se evidenció que los desechos plásticos en sedimentos, fueron arena en 79,8%, en total se encontraron 107 artículos, la mayoría de artículos pertenecían a los microplásticos grandes como pequeños. En la raya redonda Haller, se analizaron 142 se midió su longitud y su peso. Esto arrojó que la raya redonda de Haller, es un alimentador bentónico expuesto a microplástico que se encuentra en los sedimentos y una alta ingesta de ellos, además que los polímeros que encontraron indican alta contaminación por pesca y textiles (Pinho, et al., 2022).

Esta problemática ha venido causando muchos riesgos y muchos impactos contra el medio ambiente, es por esto que se ha venido desarrollando modelos para poder tener conocimiento del transporte y la cantidad de plástico que se está transfiriendo de los ríos al mar, por lo tanto, se utilizan estos modelos para observar los sistemas fluviales (Roebroek, et al., 2022).

#### **IMPACTO DEL PLASTICO EN EL CAMBIO CLIMATICO**

El plástico al ser un producto derivado de un combustible fósil, las emisiones de efecto invernadero resultan ser una amenaza para el medio ambiente, contribuyendo a un aumento en la temperatura global, generando una problemática a nivel mundial. Para el 2020 se tiene que el alto volumen de producción de plástico, desencadenará el 13% del presupuesto total de carbono en el planeta. Las emisiones globales de gases de efecto invernadero han agotado considerablemente el recurso de carbono residual. Cada año, alrededor de 8 millones de toneladas de plástico son desechadas e ingresadas al océano, lo que pone en alarma por su toxicidad en la biota marina, ya que posteriormente estos terminan en la cadena alimentaria, afectando la salud humana (Sharma, et al., 2023).

Debido a la naturaleza del material, el cual no es degradable, su alta demanda y los bajos niveles que existen de gestión de desechos, estos se van acumulando en el ecosistema y representa un grave riesgo mundial. Se realizó una búsqueda de artículos en donde se encontró uno que muestra la conexión que tiene la contaminación plástica y el cambio climático (Sharma, et al., 2023).

El cambio climático está generando consecuencias adversas en los hábitats originando modificaciones en el patrón estacional durante las estaciones, retroceso de los glaciares, el aumento del nivel del mar, impactando la biodiversidad a nivel de especies y ecosistemas. En la actualidad se está acumulando un nivel significativo de microplásticos en el hielo marino, de sedimentos ya que estos son consumidos por aves marinas y otros animales que pertenecen a un área determinada (Sharma, et al., 2023).

La fuga que hay en los hábitats marinos a causa del plástico ha mostrado un análisis estadístico en donde para el 2040 se detectaron entre 23 y 27 millones de toneladas métricas de desechos plásticos en hábitats marinos por año. El nivel de gravedad de este problema de plástico en los cuerpos de agua se está viendo reflejado en el simple hecho que se ha encontrado la persistencia del plástico en la capa más profunda del mar, es decir, en el mar de la Fosa de las Marianas. Esta persistencia del material contaminante mencionado, libera gases de efecto invernadero que son dañinos. Creando una alarma acerca del ciclo de sumidero de carbono (Sharma, et al., 2023).

Lamentablemente las diversas fallas que se encuentran en la gestión de desechos plásticos en todo el mundo tienen un impacto directo e indirecto en el escenario que abarca el cambio climático global. La razón es que la basura que no termina en las plantas de reciclaje, se transforma en microplásticos y estos llegan a los ríos y océanos, lo que representa una grave amenaza para la biota marina y el clima (Sharma, et al., 2023).

Las diferentes investigaciones sobre los microplásticos nos dicen que la presencia de ellos en un ecosistema marino, afecta la capacidad de la biota marina para poder absorber dióxido de carbono y liberar el oxígeno, lo que podría acelerar la pérdida de oxígeno oceánico (Edmond, 2022).



Los grandes impactos de la contaminación plástica en el ecosistema marino han sido de gran interés por su alto impacto al ambiente. Un estudio realizado por Sarah, Jeanne Royer demostró que los desechos plásticos en los ríos, costas y países están emitiendo un mayor porcentaje de gases de efecto invernadero, puesto que el plástico al encontrarse en la superficie oceánica libera continuamente gases tóxicos como el metano, aumentando la degradación de plástico y que luego este se convertirá en microplásticos (Sharma, et al., 2023)

Con lo anteriormente mencionado ha ocasionado por las especies y los ecosistemas marinos encuentren en una posición bastante vulnerable a la contaminación plástica y el cambio climático en conjunto. Un ejemplo de los efectos nocivos que trae este tipo de contaminación, es la afectación que recae en especies como tortugas marinas, debido al calentamiento global, puesto que en algunos criaderos de tortugas en todo el mundo se muestra proporciones sexuales de hembras distorsionadas, lo que amenaza su población (Sharma, et al., 2023).

Además, los microplásticos son clave en la alteración de las condiciones del ecosistema marino, un estudio también utilizando tortugas nos reveló que uno de los efectos peligrosos que causa la contaminación del plástico son las lesiones internas, obstrucción intestinal y posteriormente ocasionando la muerte de muchas tortugas (Nelms, et al., 2016).

La relación que hay con respecto a la contaminación plástica y el cambio climático están contribuyendo al calentamiento global aumentando la temperatura oceánica, lo que está afectando significativamente los arrecifes de coral y esto tiene como consecuencia la decoloración de los corales, provocando una mortalidad alta de especies de coral y generando una afectación negativa importante que es la extinción de algunas especies (Hugues, et al., 2018).

También cabe mencionar que la contaminación por plástico y el cambio climático son unas de las principales amenazas que se tienen en contra de los ecosistemas de agua dulce, en un artículo se hace un experimento con respecto a los efectos de los microplásticos y el cambio climático en la supervivencia y el consumo de invertebrado triturador que se encuentra en la corriente amazónica. Se prueban tres hipótesis donde quieren comprobar si el aumento de las concentraciones de microplástico reducirán la

supervivencia del invertebrado, si tendrá efectos negativos en el consumo de alimentos triturados o si en la interacción de los microplásticos o el cambio climático tendrá efectos negativos sobre la supervivencia del invertebrado por separado (Firmino, et al., 2023).

Con esto se encontró que ambos efectos como la concentración de plástico y el cambio climático resultan ser factores estresantes teniendo efectos letales, aumentando el estado de mortalidad, por el simple hecho de que los individuos estuvieran expuestos al cambio climático, teniendo efectos adversos, con esto se comprobó que los microplásticos y el cambio climático afectan a las trituradoras y pueden alterar las funciones de flujo afectando estos en los arroyos amazónicos, además que esto puede afectar el ciclo de nutrientes de las poblaciones en un ecosistema (Firmino, et al., 2023).

Los estudios que han evidenciado la asociación que existe entre la contaminación plástica marina con el cambio climático. En la mayoría de pruebas de laboratorio hay gran variedad de resultados, por ejemplo: al exponer mejillones al estrés por temperatura combinado con la concentración de microplástico, causaron efectos perjudiciales para el organismo, como estrés térmico que afecta las reservas de energía, estrés oxidativo y función inmunológica, también se encontró un impedimento en las enzimas digestivas de los mejillones (Ford, et al., 2022).

La necesidad de cambiar hábitos o las acciones frente esto es importante ya que la contaminación plástica se debe a las acciones, decisiones y comportamientos humanos. La basura marina es totalmente visible en los entornos costeros y verla tiene un efecto mensurable en el bienestar de los individuos, por eso hay que tener un compromiso para abordar esta contaminación plástica marina a través de la limpieza de las playas y tener conciencia ambiental. Por lo que es importante tener una participación en las actividades que puedan apoyar o disminuir el problema mundial de importancia que es el cambio climático (Ford, et al., 2022).

## **IMPACTO ECOLOGICO, SOCIAL Y ECONOMICO DEL PLASTICO**

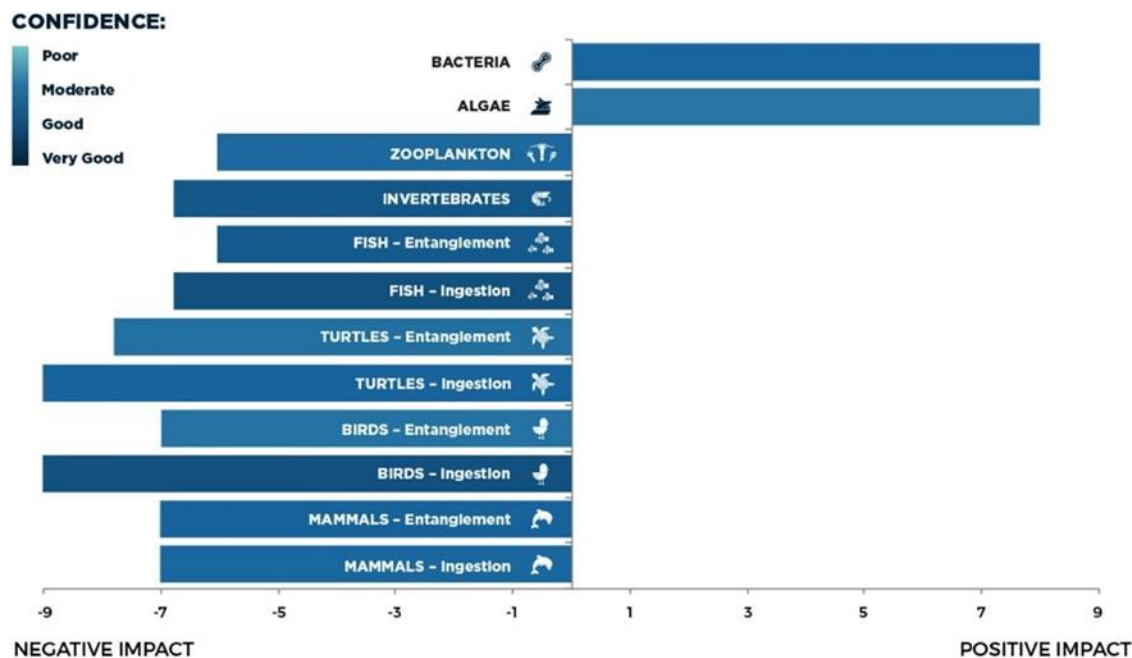
Los ecosistemas marinos brindan grandes beneficios ecosistémicos, incluyendo la provisión de alimentos para millones de personas, el almacenamiento de carbono, la desintoxicación de desechos y también

brindan beneficios culturales que pueda utilizarse para actividades recreativas o espirituales, pero cualquier amenaza al suministro de tantos beneficios ecosistémicos puede afectar ampliamente el bienestar de los seres humanos en todo el mundo, debido a que puede haber una pérdida de la seguridad alimentaria, los medios de subsistencia y la salud humana. Sin embargo, es importante saber que el plástico marino es un problema global, que requiere de información para tener claro los impactos ecológicos, sociales y económico que esto conlleva (Beaumonta, et al., 2019).

### IMPACTO ECOLOGICO

Los impactos en aves, peces, mamíferos y tortugas según el impacto que se genera a causa de la contaminación de plástico se subdividen en ingestión y enredo, existe evidencia global, la mayoría de los impactos resultan negativos con la excepción de algas y bacterias. Según el siguiente grafico del artículo de investigación se tienen los siguientes datos de cómo afecta el plástico a diferentes especies (Beaumonta, et al., 2019).

#### Impactos ecosistémicos del plástico marino en la biota



Fuente: (Beaumonta, et al., 2019)

Aunque los resultados de la figura muestran una mayor colonización y abundancia de bacterias y algas, esto podría tener un efecto adverso para el ecosistema en general (Beaumonta, et al., 2019).

La presencia de plástico también tiene la capacidad de modificar la ecología de los sistemas marinos. Un medio ambiente alterado y los cambios que conlleva a su diversidad puede tener consecuencias sociales secundarias, además los plásticos resultan ser un factor estresante, que puede actuar y provocar cambios en la temperatura del océano, acidificación del océano, es decir altas concentraciones de CO<sub>2</sub> atmosférico reduciendo el PH de la superficie del océano (Doney, et al., 2009).

### **IMPACTO SOCIAL**

En la cuestión del tema de impacto es importante mencionar que a nivel mundial los productos del mar son la principal fuente de proteína animal y representa el 20% en la parte alimentaria para 1.400 millones de personas. El plástico marino puede reducir la productividad de la pesca comercial y la acuicultura por los enredos y daños físicos, pero también el plástico es ingerido con alta frecuencia por especies marinas, incluyendo aquellas que son utilizados para la provisión de alimentos como los mariscos y los peces. Este como se puede ingerir directamente al medio ambiente o consumirse a través de las presas que tienen en su interior una bioacumulación de microplástico y como se mencionó anteriormente que los polímeros tienen altos niveles de aditivos como plastificantes y biocidas. Estos resultan acumulándose en los humanos y este ocurrirá cuando se ingiera la totalidad de un organismo contaminado, por ejemplo; cuando un ser humano consume mejillones, ostras o espadines, esto tiene un riesgo alto de para los consumidores (Beaumonta, et al., 2019).

### **IMPACTO DEL PLASTICO POR COVID-19**

La sociedad a nivel mundial tuvo un cambio extraordinario, debido a la pandemia que se originó a inicios del 2020 por el Covid-19 provocado por un coronavirus llamado SARS-CoV-2 por lo tanto surgieron nuevos desafíos ambientales, principalmente por el crecimiento del uso de materiales plásticos en empaques y equipos de protección personal como los tapabocas (Bastos, 2023).

El plástico en cuanto al enfrentamiento que se tuvo contra el COVID-19 jugó un papel importante ya que muchos equipos y dispositivos que se utilizan para reducir o mantener las funciones vitales de los pacientes en los hospitales, dado que los respiradores, tensiómetros, oxímetros tienen algún tipo de material plástico. La pandemia ha cambiado hábitos, economía mundial y generó un sufrimiento en la población por la pérdida de muchas vidas, además de decaer gravemente el hambre y aumentar el desempleo (Bastos, 2023).

Debido a esta situación y al uso excesivo de materiales que resultan directamente en los cuerpos de agua, aumentan los residuos sólidos y médicos, en especial los desechos plásticos. Los plásticos de único uso son productos que son diseñados para ser utilizados una única vez y durante cierto tiempo antes de ser desechados o reciclados, uno de ellos son los residuos hospitalarios, estos no se pueden reciclar y deben ir a vertederos o incinerarse (Toribio, et al., 2019). El uso de sustancias que fueron útiles para la enfermedad termina en general en estaciones de aguas depuradoras, siendo un factor importante en la contaminación de agua (Toribio, et al., 2019).

Cuando la cuarentena inicia, aumenta el uso de mascarillas y otros productos que están hechos o tienen en su composición el plástico, de acuerdo con esto en una investigación se realiza un muestreo de plástico en el 2020, en diferentes cuerpos de agua, los plásticos flotantes, se recolectaron con dos redes de plancton, en donde la primera recolectó mezclas de plástico para que luego fueran sometidas a un análisis cualitativo y cuantitativo a través de un espectrómetro, mientras que las nueve mezclas de plásticos que se recogieron en la segunda red, se utilizó para realizar una evaluación de los efectos ecotoxicológicos (Della, et al., 2022).

Los cuerpos de agua que fueron elegidos fueron: río Olona, río Lambro, canales Navigli, Martesana y canal de Vettabbia, los más importantes de la ciudad de Milán, ya que numerosos ríos y canales artificiales atraviesan la ciudad. Para estos muestreos se utilizó la solución hipersalina NaCl ya que este permite la separación por densidad de los plásticos flotantes de la gran cantidad de materia orgánica. Los plásticos obtenidos se filtraron a través de una membrana de nitrato de celulosa, utilizando una bomba de vacío. Luego las partículas que se tenían con sospecha que su origen fuera plástico, se

colocaron sobre filtros limpios para ser observados a través de un microscopio y estereoscopio. Anteriormente se había realizado un análisis de muestras de agua del mismo lugar, comparando los resultados del primer análisis tomado en el 2019 y el segundo en el 2020, se obtuvo que los primeros meses que ocurrió la pandemia incidieron en la contaminación plástica en aguas dulces. Lo que más llamó la atención fue la reducción de plásticos primarios y el aumento de fibras que provienen en la liberación de la ropa deportiva ya sea por el lavado de prendas sintéticas (Della, et al., 2022).

### **IMPACTO ECONOMICO**

Los costos económicos del plástico marino en relación con el capital natural marino. A escala global se ha evidenciado a través de un artículo investigativo que para el 2011 los servicios marinos proporcionan beneficios a la sociedad de aproximadamente \$49,7 billones por año. La mayoría de valores se basó en el uso sostenible de los sistemas naturales, por lo que hubo una disminución del 1% y al 5% en la prestación de servicios de los ecosistemas marinos equivaliendo a una pérdida anual de \$500 a \$2.500 mil millones en el valor de los beneficios derivados de los ecosistemas marinos. Por lo que se concluye que el costo económico es de \$3.300-\$33.000 por tonelada de plástico marino por año (Beaumonta, et al., 2019).

Durante la pandemia ocasionada por el virus se evidenció que la contaminación por plástico se intensificó por el aumento de envases, el uso de EPIs, hechos de plástico, debido a las restricciones que se colocaron, las compras online aumentan, lo que resultó en la utilización de empaques y a su vez, se cerró el sector de reciclaje en varias ciudades, lo que hizo caer los sistemas de gestión de residuos (Bastos, 2023).

### **MICROPLÁSTICO EN AGUA POTABLE**

Los envases de plástico generalmente en la actualidad brindan mucha comodidad en la vida como, por ejemplo, el envasado de alimentos, preparación y su almacenamiento, pero esto causa problemas ambientales a través de la contaminación generando así riesgo en la salud y polución (Chen-Yu, et al., 2022).

Un aspecto importante en el uso del plástico en la actualidad, es el uso de embalaje en los procesos de embotellado del agua mineral y las implicaciones que genera la alta contaminación de partículas

microplásticos, puesto que estas, se exponen a la luz o al calor durante su almacenamiento y transporte, para esta problemática se utiliza una espectroscopia Raman mejorada en superficie, esta se puede utilizar para detectar y analizar estas partículas de plástico de una manera más sensible y cuantitativa (Chen-Yu, et al., 2022).

Los materiales plásticos contribuyen a la liberación de partículas plásticas, hacia el medio ambiente y este se puede encontrar en el agua potable. Estas partículas han sido un problema para los sistemas de agua a nivel global y una persona puede ingerir a 4.000.000 de plásticos finos que se encuentran presentes en el agua potable. Esto resulta afectando al ser humano, ya que las partículas de plástico traen consecuencias toxicológicas, particularmente estas se trasladan en los tejidos y celular del cuerpo donde pueden provocar trastornos endocrinos, mutaciones y aumentar el riesgo de contraer cáncer. Lo dicho anteriormente se convierte en una amenaza para la vida acuática, la gestión del agua potable, resaltando que el agua es un elemento vital para el ser humano (Naah, et al., 2023).

El agua envasada generalmente se obtiene de una fuente de agua superficial, puede ser agua de pozos subterráneos o perforaciones, los sistemas de agua dulce en estos se incluyen los pozos de agua subterránea, los ríos y los arroyos las cuales son fuentes hídricas importantes para generar un suministro de agua a las comunidades incluyendo a comunidades rurales (Naah, et al., 2023). Con base en esto se pretende dar cumplimiento con el último objetivo del desarrollo sostenible, el cual es el suministro universal de agua potable gestionada de forma segura y asequible por todos para el 2030 (Naciones Unidas, 2020).

El agua dulce constituye solo el 0,014% de las reservas mundiales del agua en la Tierra, al ser indispensable en la vida, es importante satisfacer esta necesidad y para llegar a ello es importante prevenir la contaminación, la sobreexplotación, la degradación y la pérdida de biodiversidad del agua dulce, ya que al ser este el principal activo importante para la gestión del agua potable, saneamiento, higiene, recreación y la mitigación del cambio climático a través del secuestro de carbono y seguridad alimentaria (Naah, et al., 2023).

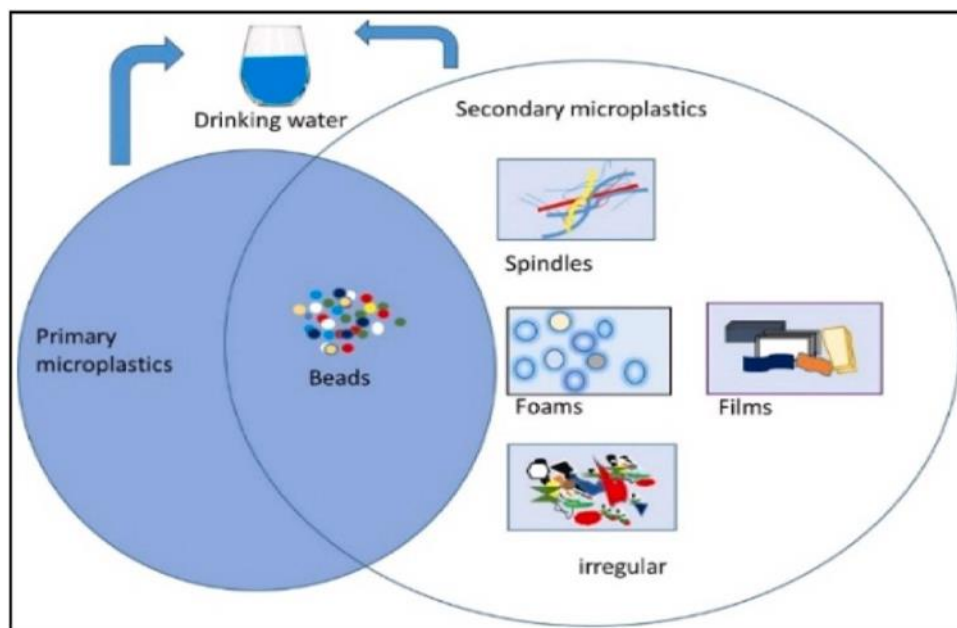
Gracias a varios estudios se han encontrado cargas significativas de materiales plásticos en grandes masas de agua dulce en el mundo por consecuencia de factores como el viento y la escorrentía superficial. Diversos estudios han demostrado que hay un alto predominio de partículas fragmentadas y fibrosas en los sistemas de aguas superficiales, también estudios globales que se realizaron en 18 países de África, Europa, América del sur, América del norte, Asia y Oriente medio detectaron diferentes plásticos de partículas finas en agua embotellada, agua de grifo y cerveza. La degradación del plástico que contiene el agua potable también resulta ser una fuente de partículas plásticas en el agua potable (Naah, et al., 2023).

Unos estudios realizados en Asia encontraron 440 partículas en sistemas de agua de corriente, en su gran mayoría resultaron ser microplástico donde el tipo de plástico que se encontró fue polietileno y polipropileno (Tong, et al., 2020). También encontraron microplásticos en agua cruda y tratada, utilizando incluso una planta de tratamiento de agua convencional, deduciendo que las partículas tienen la capacidad de evadir los sistemas de filtración e ingresar a los suministros de agua domésticos (Pivokonsky, et al., 2018). Con situaciones similares que ocurren, se establece que los recursos hídricos potables están contaminados con partículas de plástico a nivel mundial, el riesgo de la exposición de plástico es más alto en países que se encuentran en desarrollo que en países desarrollados (Naah, et al., 2023).

La probabilidad que el agua sea el principal portador de microplásticos es mayor a medida que se consume agua, es mayor la probabilidad que se acumulen en el agua que en el aire. Además, que los microplásticos pueden variar de acuerdo a su tamaño, color o forma, por esto se requiere de diferentes estudios donde se caractericen cada uno de los microplásticos para poder identificar cada uno, además que se utiliza para esto también la espectroscopia infrarroja. En la figura se muestra cómo se clasifican según su forma, donde pueden clasificarse en fibras, películas, laminas, perlas y espumas (Nirmala, et al., 2023).

***Formas físicas de partículas microplásticas que se encuentran en el agua***





**Fuente:** (Nirmala, et al., 2023).

El agua potable puede ser un canal donde ingresan los microplásticos en los seres vivos. El microplástico ingresa a los sistemas acuáticos a través de la escorrentía, vertederos y plantas de tratamiento de aguas residuales, es por esto que debe aplicarse un método para el muestreo de microplásticos en medios acuosos. Cuando se reportan cantidades muy altas de microplástico en el agua embotellada comparando con el agua de la llave, puede explicarse que las partículas de plástico se filtran en el agua por lo que estos se encuentran en un periodo de almacenamiento alto a temperaturas altas cuando son expuestos generalmente a los rayos ultravioleta de la luz solar (Nirmala, et al., 2023).

Un estudio acerca de muestras de agua de un grifo en Dinamarca, encontró que los elementos microplásticos más abundante allí eran fibras, que provienen del rozamiento de la ropa sintética, equipos de laboratorio que se limpió, especímenes o muestras de aire conservados de manera insuficiente. Otro estudio reveló que, en aguas potables de la ciudad de Noruega, se detectó microplásticos mayor a 1  $\mu\text{m}$  en este estudio se analizaron alrededor de 12 muestras, en su análisis encontraron una media de 174-405 mpsm que fue detectada en toda la red de suministro de agua potable (Nirmala, et al., 2023). En otro estudio realizado en China, se evaluaron 23 marcas diferentes de agua embotellada, para poder si había presencia de microplástico, fibras y fragmentos. Se encontraron tamaños alrededor de  $25 \times 10^{-3} \text{ mm}$  - 5

mm y se observó también proporciones de microplástico del 7%, 6% y 4% de PET, PE, PS Y PA (Zhour, et al., 2021).

En la ciudad de México un estudio de evaluación de microplásticos de fuentes de agua potable, se tomo 42 muestras de metro en la ciudad de México, en donde se encontraron altas cantidades de microplástico por litro (Shruti, et al., 2020).

No obstante muchas investigaciones muestran que los microplásticos se eliminan durante el tratamiento de agua, específicamente en el proceso de coagulación y sedimentación por gravedad, pero se explica también que durante la etapa final del tratamiento de agua, se utilizan desinfectantes como cloramina, cloro, dióxido de cloro y al momento de agregarlos a las instalaciones de la planta de tratamiento, quedan residuos allí, lo que acelera el envejecimiento, la fragmentación y deterioro de las tuberías de plástico (Nirmala, et al., 2023).

Para poder cuantificar los microplásticos se utiliza la filtración directa de fuentes de agua corriente o tomando muestras de agua, luego de la filtración en el laboratorio. Se han estudiado diversos métodos para eliminar las partículas microplásticas del agua potable, los métodos más posibles son electrocoagulación y aglomeración en conjunto con procesos de filtración adicionales, que son acoplados a biorreactores, también existe otro como la degradación fotocatalítica (Nirmala, et al., 2023).

Por la alta demanda del uso del plástico surge la necesidad de realizar investigaciones acerca de la cuantificación e identificación de microplástico para que pueda realizarse una gestión futura de plástico acumulado, estas investigaciones pueden ampliarse para poder encontrar métodos desechables más amigables con el medio ambiente o encontrar materias primas alternativas a base de plantas para mitigar o contrarrestar el impacto que esta desencadenando la gran industria del plástico (Nirmala, et al., 2023).

## **IMPACTO DEL PLASTICO EN FUENTES HIDRICAS DE COLOMBIA**

La acumulación de basura en las zonas marinas específicamente en los manglares colombianos, está asociado al inadecuado manejo de residuos sólidos, puesto que las comunidades que se ubican generalmente cerca del territorio colombiano disponen el 65% de los residuos en botaderos a cielo

abierto, quemándolos, enterrándolos en el suelo o arrojándolos a los cuerpos de aguas naturales como ríos y lagunas. El 80% de la basura marina proviene de actividades en tierra como la agricultura, la construcción, el turismo costero y nuevamente el mal manejo de residuos sólidos, el otro 20% proviene de actividades que se realizan en el mar como las industrias pesqueras, las navieras, la acuicultura, la pesca recreativa y el transporte marino (Garcés & Bayona, 2019).

El manglar es un ecosistema productivo, el cual está conformado por raíces fulcreas y neumatóforos que ayudan al intercambio gaseoso y a estabilizar las plantas que se encuentran en sustratos inestables, además que funcionan como trampas de basura provenientes de fuentes terrestres y marinas. En los manglares de Nueva Guinea, Arabia Saudita, Singapur, Irán y Colombia se ha identificado cantidades altas de basura y microplásticos afectando el ecosistema acuático (Garcés & Bayona, 2019). La ciénaga grande de Santa Marta es el sistema lagunar costero más productivo del Caribe, este fue declarado humedal RAMSAR, reserva biosfera y parque nacional. Se identificó una serie de impactos potenciales causado a raíz de la contaminación de basura marina, teniendo en cuenta distintas interacciones con factores ambientales como el aire, agua superficial, suelo del manglar, flora y fauna (Garcés & Bayona, 2019).

Se identificaron diez impactos en los manglares de la ciénaga grande de Santa Marta, esto según los rangos de calificación cualitativa de la importancia ambiental del impacto (Garcés & Bayona, 2019).

***Rangos de calificación cualitativa de la importancia ambiental del impacto***

VALOR	CALIFICACION DEL IMPACTO
10 a 24	Irrelevante
25 a 49	Moderado
50 a 74	Severo
75 a 100	Crítico

**Fuente:** (Garces & Bayona, 2019).

El análisis de contaminación por basura que se generó en la Ciénaga grande de Santa Marta, señaló un rango de impactos severos, moderados y críticos. El impacto del suelo fue la acumulación encontrada de microplástico, en el aire se identificó impactos moderados, en donde se evidenció un aumento de partículas suspendidas y generación de malos olores, en las aguas superficiales se obtuvieron dos impactos. El primero fue la acumulación de macrobasuras con un tamaño mayor a 5 mm y microplásticos en la columna de agua, en donde se considera un daño irreversible por la falta de implementación de medidas de manejo, podría ser recuperable considerando el tamaño del plástico. El segundo impacto fue la introducción de sustancias contaminantes en el agua, donde se encontraron envases de residuos oleosos, este impacto según el rango, se consideró acumulativo en consecuencia de los vertimientos de aguas residuales y el transporte marítimo calificándose como impacto moderado (Garcés & Bayona, 2019).

## **ESTRATEGIAS PARA DISMINUIR EL IMPACTO DEL PLASTICO EN FUENTES HIDRICAS**

Observando diversos factores, el ciclo de vida se utiliza con más relevancia para poder evaluar los impactos ambientales y económicos de varios sistemas de residuos sólidos (Bernardo, et al., 2016). Hay gran posibilidad de reducir las emisiones por gas de efecto invernadero si hay una fuerte disminución de plásticos, a través del reducir el consumo de este material en productos o servicios que sean requeridos. Además, que fácilmente estos pueden ser sustituidos por otras materias que tengan menor impacto de emisión. Por ejemplo, los pitillos de plástico para beber, se podría limitar el consumo prohibiendo la venta de estos o utilizando pitillos que sean lavables y reutilizables, sustituyendo el material con el que se fabrican. Es crucial tener una correlación entre el aumento del bienestar económico y el uso del material para lograr una reducción significativa (Bauer, et al., 2022).

El reciclaje de plásticos se ha convertido en un factor importante de reducción, gracias a ello se ha venido implementando estrategias que cooperen en la economía circular. El uso de plásticos reciclados para la fabricación de productos vírgenes, evitara pasos más intensivos de energía, reduciendo significativamente el impacto climático relacionado a este. Además, que reciclar los plásticos en lugar de incinerarlos, podría disminuir emisiones de gases de efecto invernadero (Bauer, et al., 2022).

El reciclaje se puede dividir en procesos de reciclaje mecánico y químico, en donde se trata de refundir y convertir los plásticos en materiales reciclados de diferentes calidades, se requiere pasos de recolección, clasificación, tributación, lavado y procesamiento antes de que el material reciclado se mezcle con otros plásticos vírgenes. El reciclaje químico se ha planteado para ser utilizado como un complemento en el reciclaje mecánico, para ser utilizado en plásticos donde el reciclaje mecánico sea desfavorable, esto podría permitir la reciclabilidad total de los plásticos con resultado para la calidad virgen (Beaue, et al., 2022).

La mayoría de plásticos del medio marino tienden a encontrarse en la superficie de cualquier cuerpo de agua, por lo que la limpieza de plástico flotante no es tan efectivo, además que la recolección de estos, resultan ser más costosa por el uso de tecnologías que al final no resultan ser tan eficientes, pero por otra parte la limpieza de las costas podría ser mucho más sencilla y eficaz siempre y cuando se minimice la cantidad de plástico en el área terrestre, posteriormente los desechos plásticos marinos reducirán, ya que como se había mencionado anteriormente la gran mayoría de desechos terrestres terminan siempre en los ecosistemas acuáticos (Dimassi, et al., 2022).

## **CONCLUSIONES**

A nivel mundial el plástico se encuentra en todas partes del mundo, incluso en los depósitos sedimentarios, afectando a la gran mayoría de especies como consecuencia de la transferencia trófica que está sucediendo por la contaminación de microplástico, generando una bioacumulación, las principales especies afectadas son las tortugas, peces, y fitoplancton. Los cuerpos que más tienen probabilidad de recibir daño son las aguas superficiales, puesto que los ríos resultan ser el principal camino para el transporte de plásticos que terminan desembocando en el mar. Por lo tanto, es importante implementar los sistemas de gestión ambiental para la protección de los ecosistemas, disminuyendo el impacto que está generando los microplásticos y estos como contribuyen al cambio climático. Según los resultados se encontró amplia información referente al tema planteado de investigación.

## **CONTRIBUCIONES Y RECOMENDACIONES**

En el proceso de investigación y análisis de la información recopilada a través de las bases de datos que se eligieron las cuales fueron: Science Direct y Google académico, se logro comprobar que la industria del plástico tiene un rango de impacto bastante importante, puesto que esta afectando el alimento mas importante de los seres vivos, específicamente el recurso hídrico, se determina que hay mayor impacto en las zonas asiáticas, pues sus países son bastante industriales.

También se observa que el agua subterránea resulta ser afectada por el plástico, a pesar de que estas fuentes se encuentren internamente en la tierra, debido a que el plástico libera sustancias químicas que se filtran a ellas. Es fundamental gestionar estrategias que sean eficientes y se puedan aplicar principalmente en la zona terrestre.

Se determino que hay alta cantidad de microplásticos en el agua potable, dado que esta se almacena en bolsas plásticas y además es transportada a través de tuberías plásticas, posteriormente terminando en el cuerpo humano.

En base a la información encontrada es esencial fortalecer los planes de protección de las cuencas por parte de la población preferiblemente acompañada por los entes gubernamentales de cada país y las autoridades ambientales.

Cabe resaltar que a nivel mundial es primordial cumplir con los objetivos propuestos para el desarrollo sostenible, que en este caso serían los objetivos 6 agua limpia y saneamiento, 14 vida submarina y 15 vida de ecosistemas terrestres.

Como herramienta clave se recomienda aplicar la educación ambiental de forma didáctica a diferentes comunidades, en especial a la primera infancia que resulta ser la generación futura y este tipo de población generalmente son mas consientes que las personas adultas.

Es fundamental que el manejo de vertimientos sea implementado por los entes territoriales para disminuir el impacto negativo que genera el plástico sobre las fuentes hídricas y que estas llegan al ser humano formando un conflicto de salud pública.

También se recomienda implementar a la fabricación de productos donde generalmente son hechos con plástico, el uso de materias primas que sean de origen vegetal para que sea mas favorable su descomposición.

## REFERENCIAS

Gongora. J. (2014). La industria del plástico en México y el mundo.

Sarria. A & Gallo. J. (2016). La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Microplásticos.

Polania. Z & Peña. F. (2013). Plásticos en la agricultura: beneficio y costo ambiental: una revisión.

Garcia. D & Priotto. G. (2009). Educación ambiental, Aportes políticos y pedagógicos en la construcción del campo de la Educación Ambiental.

Elías. R. (2015). Mar de plástico: Una revisión del plástico en el mar.

Perdomo. G. (2002). Plásticos y medio ambiente.

Buteler. M. (2019). ¿Qué es la contaminación por plástico y por qué nos afecta a todos?

Domínguez. C. (2015). La contaminación ambiental, un tema con compromiso social.

Segura. E. (2007). Estudio de antecedentes sobre la contaminación hídrica en Colombia.

Luque. A. (2019). Implicaciones ambientales derivadas del petróleo: Caso del agua embotellada.

Escobar. E. Izquierdo. Y. Macedo. A. & Remuzgo. G. (2018). Impacto de la ingesta de residuos plásticos en peces.

Gómez. J. (2016). Diagnóstico del impacto del plástico - botellas sobre el medio ambiente: un estado del arte.

Flórez. W. (2021). Impacto ambiental y la producción en las Industrias de plástico PET biodegradable.

Peña. M. (2021). Ingestión de plástico por la ictiofauna de dos ríos de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia.

Haro. A. Borja. A. & Triviño. S. (2017). Análisis sobre el aprovechamiento de los residuos del plátano, como materia prima para la producción de materiales plásticos biodegradables.

Mendoza. W. (2020). Ecobotellas, una estrategia ecológica para la disposición de residuos plásticos de un solo uso generados por la emergencia sanitaria del Covid- 19.

Rodríguez. F. (2019). Parsifal, Uso de herramienta On-line para la elaboración de una revisión sistemática de la literatura (SLR).

Mayorga. D. (2020). Ciclo de vida del plástico (polipropileno) como residuo domiciliario en el barrio La bella Estancia, Localidad 19, Bogotá D.D según la NTC ISO 14040.

Gomes. D. Raiol. N. Serrao. L. & Picanco. A. (2020). Contaminación de peces de río por residuos plásticos en la Amazonia brasileña.

Khan. F. Shashoua. Y. Crawford. A. Drury. A. & Sheppard. K. (2020). 'The Plastic Nile': First Evidence of Microplastic Contamination in Fish from the Nile River (Cairo, Egypt)

Shabaka. S. Moawad. M. & Ibrahim. M. (2022). Prevalencia y evaluación de riesgos de los microplásticos en los estuarios del delta del Nilo: "El Nilo plástico" revisitado

Bolívar. G. Revetti. C. Cortina. M. & Barata. S. (2021). Evaluación de la presencia, toxicidad y riesgo de los aditivos plásticos en el río Besos, España.

Drummond. J. Schneidewind. U. Krause. S. & Packman. A. (2022) Acumulación de microplásticos en los sedimentos del lecho del río a través del intercambio hiporreico desde las cabeceras hasta los cauces principales.

Nyberg. B. Harrisc. P. Kane. I. & Maesc. T. (2023). Leaving a plastic legacy: Current and future scenarios for mismanaged plastic waste in rivers.



Szewczyk. L. Grimaud. L. & Cojan. I. (2022). Relleno de carga de fondo y patrones de depósito en canales de corte de rampa de un río con lecho de grava: el río Ain, Francia.

Dendievel. A. Wazne. M. Vallier. M. Mermillod. B. & Mourier. B. (2023). Environmental and land use controls of microplastic pollution along the gravel-bed Ain River (France) and its “Plastic Valley”.

Harris. L. Grayson. T. Neckles. H. Emrich. C. Lewis. K. Grimes. K. Williamson. S. Garza. Whitcraft. C. Besares. J. Talley. D. Fertig. B. Palinkas. C. Park. S. & Fitzgerald. A. (2022). A socio-ecological imperative to broaden participation in coastal and estuarine research and management.

Belal. M. Yu. J. Ujjaman. A. Banik. P. Jolly. Y. Mamun. M. Arai. T. & Fahad. M. (2023). Microplastics in surface water from a mighty subtropical estuary: First observations on occurrence, characterization, and contamination assessment

Chakraborty. P. Shappell. N. Mukhopadhyay. M. Onanong. S. & Nieve. D. (2021). Surveillance of plasticizers, bisphenol A, steroids and caffeine in surface water of River Ganga and Sundarban wetland along the Bay of Bengal: occurrence, sources, estrogenicity screening and ecotoxicological risk assessment

Young. K. Jeong. E. Yong. J. Wainkwa. R. & Raza. M. (2023). Microplastic contamination in groundwater on a volcanic Jeju Island of Korea

Bin wu. L. Yun-Xia. L. Nan. J & Xue. C. (2022). Microplastics contamination in groundwater of a drinking-water source area, northern China.

Tuuri. M. & Laterme. C. (2023). How plastic debris and associated chemicals impact the marine food web: A review

Dimassi. N. Hahladakis. J. Najib. M. Ahmad. M. Sadayi. S. & Ghouti. M. (2022). Degradation-fragmentation of marine plastic waste and their environmental implications: A critical review

Pinho. I. Amezcua. F. Rivera. J. Green. C. Piñon. T. & Wakida. F. (2022). First report of plastic contamination in batoids: Plastic ingestion by Haller's Round Ray (*Urobatis halleri*) in the Gulf of California

Roebroek. C. Laufkotter. C. Gonzalez. D. & Emmerik. T. (2022). The quest for the missing plastics: Large uncertainties in river plastic export into the sea

Leterme. S. Tuuri. E. Drummond. W. Jones. R. & Gascooke. J. (2023). Microplastics in urban freshwater streams in Adelaide, Australia: A source of plastic pollution in the Gulf St Vincent

Nelms. S. Duncan. E. Broderick. A. Galloway. T. Godfrey. M. Hamman. M. Lindeque. P. & Godley. B. (2016). Plastic and marine turtles: a review and call for research.

Hughes. T. Anderson. K. Connolly. S. Heron. S. Kerry. J. Lough. J. Baird. A. Bau. K. Berumen. M. Bridge. T. & Claar. D. (2018). Spatial and temporal patterns of mass bleaching of corals in the anthropocene

Sharma. S. Sharma. V. & Chatterjee. S. (2023). Contribution of plastic and microplastic to global climate change and their conjoining impacts on the environment - A review

Sharma. S. Sharma. V. & Chatterjee. S. (2023). Resumen del ciclo de vida del plástico y emisión de GEI

Bauer. F. Nielsen. T. Nilsson. L. Palma. E. Ericsson. K. Frane. A & Cullen. J. (2022). Plastics and climate change—Breaking carbon lock-ins through three mitigation pathways

Firmino. V. Martins. R. Brasil. L. Cunha. E. Pinedo. R. Hamada. N & Juan. L. (2023). Do microplastics and climate change negatively affect shredder invertebrates from an amazon stream? An ecosystem functioning perspective

Bernardo. C. Simoes. C & Pinto. L. (2016). Environmental and economic life cycle analysis of plastic waste management options. A review

Ford. V. Jones. N. Brendan. D. Jambeck. G. Napper. I. Succion. C Williams. L. Koldewey. J. (2022). The fundamental links between climate change and marine plastic pollution

Beaumonta. N. Aanesenb. M. Austen. M. Borgerc. T. Clark. R. Hooper. T. Lindeque. P. Porcoe. C. & Wyles. K. (2019). Global ecological, social and economic impacts of marine plastic

Beaumonta. N. Aanesenb. M. Austen. M. Borgerc. T. Clark. R. Hooper. T. Lindeque. P. Porcoe. C. & Wyles. K. (2019). Impactos ecosistémicos del plástico marino en la biota. Una puntuación de -9 significa: efecto letal o subletal que es global, altamente irreversible y ocurre con alta frecuencia; una puntuación de +9 significa: efecto positivo en términos de diversidad y/o abundancia, que es global, altamente irreversible y ocurre con alta frecuencia. Los criterios de puntuación se describen en Materiales complementarios.

Bastos. D. (2023). The impact of plastic during the COVID-19 pandemic: The point of view of the environmental science literature

Toribio. R. Alvarez. A. Cruz. J. Cusi. R. Chamorro. L. & Cahuana. L. (2019). Impactos del coronavirus de 2019 (COVID-19) en el ambiente

Magni. S. Della. C. Negro. L. & Binelli. A. (2022). Can COVID-19 pandemic change plastic contamination? The Case study of seven watercourses in the metropolitan city of Milan (N. Italy).

Naciones Unidas. (2020). Los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Tong. H. Juang. Q. Hu. X. & Zhong. X. (2020). Occurrence and identification of microplastics in tap water from China

Pivonkowsky. M. Cermokova. L. Novotna. K. Peer. P. Catthaml. T. & Janda. V. (2018). Occurrence of microplastics in raw and treated drinking water

Naah. P. Attiogbe. F. & Mensahb. B. (2023). Particulate plastics in drinking water and potential human health effects: Current knowledge for management of freshwater plastic materials in Africa

Zhou. X. Wang. J. Li. H. Zhang. H. Hua. J. Dong. L. & Zhang. (2021). Microplastic contamination of bottled water in China

Shruti. V. Perez. F. & Kitralam. G. (2020). Metro station free drinking water fountain-A potential “microplastics hotspot” for human consumption

Nirmala. K. Rangasamy. G. Ramya. M. Shankar. U & Rajesh. G. (2023). A critical review on recent research progress on microplastic pollutants in drinking water

Nirmala. K. Rangasamy. G. Ramya. M. Shankar. U & Rajesh. G. (2023). Formas físicas de partículas microplásticas que se encuentran en el agua

Garcés. O. & Bayona. M. (2019). Impactos de la contaminación por basura marina en el ecosistema de manglar de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano.

Garcés.O & Bayona. M. (2019). Rangos de calificación cualitativa de la importancia Ambiental del impacto