

**REVISIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR NANOPLÁSTICOS Y SUS EFECTOS  
EN EL MEDIO AMBIENTE, PRINCIPALMENTE EN LOS ECOSISTEMAS  
ACUÁTICOS**

**LAURA IVONNE BOSSA GARCÍA**

**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y CIVIL  
INGENIERÍA AMBIENTAL  
BOGOTÁ D.C.**

**2020**

**REVISIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR NANOPLÁSTICOS Y SUS EFECTOS  
EN EL MEDIO AMBIENTE PRINCIPALMENTE EN LOS ECOSISTEMAS  
ACUÁTICOS**

**LAURA IVONNE BOSSA GARCÍA**

**Trabajo de Monografía para optar al título de Ingeniería Ambiental**

**Director Marcos Andrés Ramos Castañeda**

**Ingeniero Ambiental**

**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y CIVIL  
INGENIERÍA AMBIENTAL  
BOGOTÁ D.C.**

**2020**

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Firma del director de trabajo de grado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Bogotá D.C. 00 Jun 2020

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi director de trabajo de grado, Ing. Esp. Marcos Ramos, por su valiosa orientación y apoyo para llevar a cabo este proyecto. A los demás profesores que hicieron parte de mi proceso de formación por compartir sus conocimientos y experiencias. A mis compañeros de clase por su apoyo y por ponerle color a esta etapa de aprendizaje.

A mi mamá por seguir de cerca cada uno de mis pasos, a mi papá por su patrocinio y al resto de mi familia por su cariño.

A Fabián por su compañía, comprensión, apoyo, amor, por ser mi fiel escudero y por aguantarme.

A Dios y la Virgen por traerme con salud y vida por este camino.

¡Gracias!

*En memoria de mis abuelitos Moisés y Margarita...*

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. OBJETIVOS.....	12
3. MARCO CONCEPTUAL.....	13
4. ESTADO DEL ARTE.....	17
5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
6. METODOLOGÍA.....	21
6.1 Revisión preliminar de literatura.....	21
6.2 Filtración de la información.....	21
6.3 Caracterización de información específica.....	21
6.4 Organización de la información.....	21
6.5 Discusión y propuesta conceptual.....	21
7. RESULTADOS.....	23
7.1 Presentación de resultados de bases de datos consultadas.....	23
7.2 Desarrollo de la revisión.....	24
Capítulo 1. Un poco de historia.....	24
Capítulo 2. Fundamentos.....	25
Capítulo 3. Principales fuentes de contaminación y distribución.....	27
Capítulo 4. Efectos en los ecosistemas acuáticos.....	29
4.1 Efectos en peces.....	33
4.2 Efectos en crustáceos.....	33
4.3 Efectos sobre algas (fitoplancton).....	35
4.4 Efectos en equinodermos.....	35
4.5 Efectos sobre moluscos.....	35
Capítulo 5. ¿Y en Latinoamérica?.....	38
Capítulo 6. Finalmente.....	40
8. DISCUSIONES Y PROPUESTA.....	42
9. CONCLUSIONES.....	44
10. RECOMENDACIONES.....	45
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Tamaños de las partículas de plástico según Comisión Europea .....	15
Figura 2. Ruta del desarrollo de la monografía .....	22
Figura 3. Forma en la ingresan los micro y nanoplásticos a la cadena alimenticia en el medio acuático .....	30

## **LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Resultados de búsqueda en bases de datos.....	23
Tabla 2. Resultados de los efectos de los nanoplásticos en organismos acuáticos .....	37

## **RESUMEN**

Los plásticos se consolidan hoy en día como uno de los principales contaminantes del medio ambiente, debido no solamente a su amplia producción, sino a que una vez convertidos en desechos se llegan a distribuir muy fácilmente alrededor del planeta, principalmente en los océanos, convergiendo en los giros subtropicales.

La contaminación por nanoplásticos puede provocar daños en los diferentes procesos metabólicos, morfológicos, fisiológicos, de absorción y de comportamiento de los organismos y como consecuencia, sus impactos pueden ser representativos a nivel celular y ecosistémico; evaluar el impacto de estos plásticos sobre los sedimentos y organismos acuáticos es un problema emergente, pues ya se han encontrado en microalgas, peces y mariscos. Sin embargo, existen grandes lagunas en el conocimiento sobre las alteraciones que causan debido a la falta de métodos estandarizados. En esta revisión, se describen las principales fuentes de contaminación, la afectación de los organismos acuáticos y los mecanismos involucrados y se presentan algunas ideas sobre sus impactos y los desafíos que enfrentan los investigadores.

Palabras claves: nanoplásticos, contaminación marina, efectos, contaminación emergente.

## **ABSTRACT**

Plastics are now consolidated as one of the main pollutants of the environment, not only due to their wide production, but also because once converted into waste they are easily distributed around the planet, mainly in the oceans, converging in the subtropical gyres.

Contamination by nanoplastics can cause damage to the different metabolic, morphological, physiological, absorption and behavioural processes of organisms and as a consequence, their impacts can be representative at the cellular and ecosystem level; assessing the impact of these plastics on sediments and aquatic organisms is an emerging problem, as they have already been found in microalgae, fish and shellfish. However, there are large gaps in knowledge about the alterations they cause due to the lack of standardized methods. In this review, the main sources of pollution, the effects on aquatic organisms and the mechanisms involved are described and some ideas are presented about their impacts and the challenges faced by researchers.

Keywords: nanoplastics, marine pollution, effects, emerging pollution.

## 1. INTRODUCCIÓN

Cada día se producen más objetos de plástico y sólo un bajo porcentaje de ese plástico consumido se recicla o incinera. La mayor parte de estos terminan en rellenos sanitarios y en el medio ambiente llegando a mares y océanos, por lo que se pueden encontrar fácilmente en cualquier parte del mundo.

Si bien existen innumerables estudios acerca del impacto que estos residuos generan en el ambiente, los nanoplásticos, partículas de diminuto tamaño que surgen entre otras de la degradación y fragmentación de plásticos más grandes, son considerados un tipo de contaminación emergente, ya que aunque no son basuras desconocidas, si lo son los efectos que estos materiales pueden generar en el medio, especialmente en los ecosistemas acuáticos pues son estos los que se convierten en su receptor final.

Debido a sus propiedades fisicoquímicas como flotabilidad, durabilidad y baja o nula biodegradación estas partículas además de acumularse, pueden adsorber en su superficie otros contaminantes que junto con los aditivos que llevan potenciarían sus efectos, afectando a la fauna marina y a los diferentes organismos de la cadena trófica. Aunque las estimaciones de la abundancia y el peso de las partículas de plástico se limitan a los microplásticos, el tamaño de las partículas de nanoplástico es clave, ya que la concentración de compuestos tóxicos es mayor y mayor es su capacidad de adsorber concentraciones más altas de contaminantes.

Este tipo de partículas causan efectos físicos, químicos y biológicos en los organismos marinos con un impacto latente en la cadena alimenticia y por supuesto en la salud humana, sin embargo hace falta estandarizar métodos de cuantificación que permitan consolidar los resultados de las diferentes investigaciones para así conocer los valores reales del impacto que este tipo de partículas

generarían, lo que demanda una evaluación completa de las fuentes, el destino y los efectos de los nanoplásticos. El objetivo de esta revisión es describir la información que hasta el momento se tiene frente al tema y resumir el conocimiento relacionado con sus consecuencias e impactos en el medio acuático.

## **2. OBJETIVOS**

### **General**

Revisar el comportamiento de los nanoplásticos en el medio ambiente para así identificar sus principales efectos en los ecosistemas acuáticos.

### **Específicos**

- ✓ Determinar los tipos de plásticos que más partículas de nanoplásticos generan al medio ambiente.
- ✓ Establecer las fuentes de contaminación plástica en el medio acuático.
- ✓ Describir la situación actual de los países latinoamericanos frente a la problemática.

### 3. MARCO CONCEPTUAL

El término plástico proviene de su evidente maleabilidad y plasticidad; este describe a una variedad de materiales sintéticos y semisintéticos que se utilizan para una gran cantidad de aplicaciones. Los plásticos pueden ser también materiales orgánicos, normalmente polímeros de alto peso molecular; las materias primas que se utilizan para producirlo son por lo general derivados del petróleo pero también se pueden obtener a partir de la celulosa, el carbón, el gas natural y la sal (PlasticsEurope 2019). Los plásticos son además de resistentes, livianos y de bajo costo, lo que los hace apropiados para la elaboración de muchos productos.

La elaboración del plástico se lleva a cabo en cuatro etapas; inicialmente la materia prima, que se elabora a partir de resinas naturales y derivados del petróleo; luego se da la síntesis del material mediante condensación y adición; después se añaden los aditivos, compuestos que mejorarán su consistencia y por último, el terminado que se ve determinado por el tiempo, la temperatura y deformación (Polimertecnic, 2016).

Entre los plásticos más utilizados se encuentran el poliestireno (PS), el polipropileno (PP), el policloruro de vinilo (PVC), el polietileno (PE), el polietilentereftalato (PET) y las poliamidas (PA); también se incluyen aquí recubrimientos y gomas. Cada uno de estos tipos de plástico pueden tener aditivos que alteran sus propiedades y que podrían impactar el medioambiente (Toledo Martínez, 2019).

El polietileno (PE) por ejemplo, es el polímero sintético más simple y común debido a su elaboración y bajo precio; químicamente está compuesto por una unidad lineal y repetitiva de átomos de carbono e hidrógeno, es inerte y no es buen conductor de calor ni electricidad. En este grupo se encuentran algunos elementos como las bolsas, envases, tuberías y juguetes. Se estima que se generan alrededor de 80 millones de toneladas al año en el mundo.

También está el polipropileno (PP), un polímero termoplástico que presenta gran resistencia a los solventes químicos, es ligero, es inodoro e insípido y su coste de fabricación bajo, por lo que se utiliza en gran variedad de productos que incluyen empaques de alimentos, pañales desechables, componentes automotrices, cuerdas, entre otros.

Igualmente el poliestireno (PS) que es también un termoplástico, transparente y rígido, pero quebradizo puede emplearse en la elaboración de envases de un solo uso para comida, materiales de construcción, aislantes termoacústicos y también para instrumental médico desechable.

Así mismo el policloruro de vinilo (PVC) que es uno de los más utilizados y producidos en el mundo, está formado básicamente por sal y petróleo. A parte de su bajo costo es resistente al agua y al fuego, duradero y ligero y entre sus aplicaciones están mangueras, marcos para ventanas, tuberías y accesorios, envases de productos farmacéuticos y alimenticios, productos médicos, etc.

Por último el polietileno tereftalato (PET) es un poliéster saturado lineal, termoplástico, con alto grado de cristalinidad, resistente al desgaste y la corrosión que se usa ampliamente en la industria textil, muebles y en la elaboración de envases o botellas de un solo uso.

Dentro de las fibras se encuentra el nylon, que es un polímero sintético perteneciente a las poliamidas; este material es elástico y resistente, por lo que se utiliza en tejidos y cerdas, en la pesca y en la fabricación de utensilios de cocina en su forma moldeada.

Los plásticos sufren procesos de descomposición física o química, lo que provoca su fraccionamiento terminando en partículas de menor tamaño, incluso fibras. Los microplásticos y los nanoplásticos son polímeros sólidos e insolubles que se diferencian por su tamaño; los microplásticos tienen un tamaño mayor a 100 nanómetros (la millonésima parte de un milímetro) y menor de cinco milímetros (Ecologistas en Acción, 2019), mientras que de los nanoplásticos no hay una definición establecida acerca de su tamaño; de acuerdo a la US NOAA (National Oceanic

and Atmospheric Administration) las partículas de nanoplásticos son generalmente menores a 100  $\mu\text{m}$  en diámetro, la EFSA (European Food Safety Authority) delimita los nanoplásticos como partículas con un tamaño entre 1 y 100 nm y la Comisión Europea los cataloga como iguales o inferiores a 100 nm (*ver figura 1*).

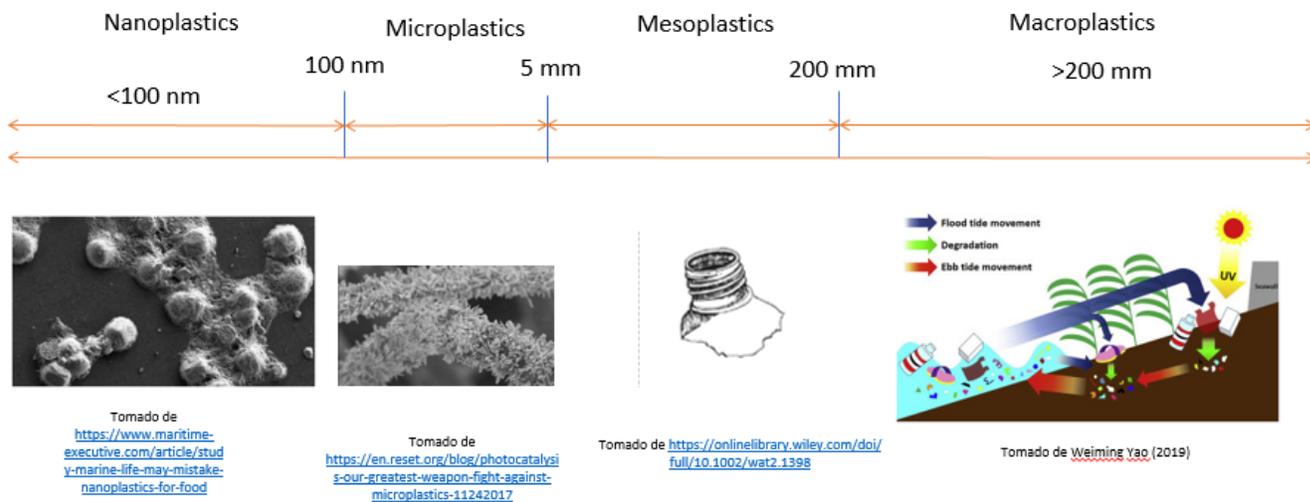


Figura 1. Tamaños de las partículas de plástico según Comisión Europea

Elaboración propia

Los microplásticos son partículas de restos plásticos finamente divididos que se obtienen como resultado de la desintegración de elementos plásticos más grandes (Marín Galvín, 2020). Los nanoplásticos son por lo tanto partículas de plástico que resultan de la degradación de estos microplásticos y también, son producto de la variedad de elementos que hacen parte del diario vivir como por ejemplo la crema dental y los exfoliantes, la ropa después de ser lavada, los sprays y las tintas de impresión.

Las partículas de microplásticos y nanoplásticos pueden atravesar las plantas de tratamiento de aguas residuales que no cuentan con el diseño para retenerlas. Como consecuencia se acumulan en áreas con mayor densidad de población y su distribución se ve influenciada por la actividad del

aire y del agua. Normalmente los océanos acumulan estos polímeros convirtiéndose en su reservorio final, por lo que la flora y fauna del océano se ven particularmente expuestas (Higiene Ambiental, 2019).

La descomposición del plástico en el medio marino se debe especialmente a la actividad de microorganismos, la luz UV, el agua o las olas y la abrasión de la arena que incrementan la inestabilidad del material provocando fragmentaciones, roturas o zonas que se ven expuestas a otros compuestos. Aunque existen diferentes estudios sobre los microplásticos en muestras de suelos, aguas fluviales y plantas de tratamiento de aguas, la mayoría de análisis son sobre el medio ambiente y los organismos marinos ya que el océano se convierte en el destino final de estos caminos (Toledo Martínez, 2019).

Es importante tener en cuenta que los nanoplásticos son diferentes de los nanomateriales fabricados, pues tienen diferentes vías de producción y diferentes características físicas y químicas. Un nanomaterial manufacturado se produce intencionalmente con fines comerciales para tener propiedades o una composición específica (Gigault et al., 2018).

#### 4. ESTADO DEL ARTE

La Unión Europea se ha esmerado en detener el problema procedente de la producción y los desechos de plástico, esto se evidencia en las diferentes directrices que se han venido implementando desde ya hace varios años. Una de las metas adoptadas por la UE es por ejemplo, que para el año 2030 todo el plástico que se destina a embalajes sea reciclable (Toledo Martínez, 2019).

En el año 2014 uno de los países que se unió a la lista de los que prohíben el uso de las bolsas plásticas fue Kenya, esto incluía además sanciones y condenas para los infractores (Parker, 2019). Por otra parte, Estados Unidos avaló la Ley de Aguas Libres de Microesferas en el 2015, en la que se exigía a las organizaciones que dejaran de emplear microplásticos en elementos de salud y de belleza a partir del año 2017. En el 2016 el gobierno de Reino Unido se comprometió a impedir la manufactura de cualquier producto que tuviera microesferas de plástico, una medida que se hacía válida desde el 9 de enero de este año y se espera que a mitad de año se apruebe otra resolución que prohíba su comercialización. ("Reino Unido prohíbe el uso de microplásticos en cosméticos", 2020). En Canadá, la prohibición de la elaboración de estos productos entraba en vigencia a inicios de este año y en Nueva Zelanda se llevará a cabo en el mes de diciembre. Francia por su parte anunció también que para este año, prohibiría las vajillas plásticas.

Las grandes empresas también han empezado a comprometerse, Coca-Cola por ejemplo informó que buscaba recolectar y aprovechar lo equivalente al 100 % de sus recipientes para el año 2030. Por su parte PepsiCo, Amcor y Unilever, se han unido a este compromiso con la utilización de empaques completamente reciclables y compostables para antes del 2025; también está Johnson & Johnson que ha vuelto a fabricar el palito de sus hisopos con papel (Parker, 2019).

En América Latina y el Caribe, las autoridades están tomando medidas contra el plástico de un solo uso, los habitantes están disminuyendo su consumo y los emprendedores buscan alternativas al plástico como parte de un movimiento para detener la contaminación por este material. Los últimos países en sumarse a la campaña Mares Limpios de la ONU Medio Ambiente fueron Belice y Guatemala; ésta busca disminuir radicalmente el uso de plásticos desechables, además de eliminar el uso de microplásticos. Países como Argentina, Brasil, Chile, Colombia, República Dominicana, Ecuador, Guyana, Honduras, Panamá, Perú, Uruguay entre otros, ya hacen parte de esta campaña (UN Environment, 2018).

En Colombia, aunque con limitados estudios de caso, se ha corroborado la presencia de microplásticos en playas como por ejemplo la de Cartagena, confirmando la sucesión de estas partículas en la cadena alimenticia. Colombia es uno de los países más diversos del mundo en ecosistemas marinos, con 2.900 km de costa y casi un millón de kilómetros cuadrados en el Mar Caribe y el Océano Pacífico; sus aguas nacionales acogen cerca de 2.600 especies marinas, 155 corales pétreos y 6 especies de tortugas registradas; por lo que en los últimos años voluntarios, fundaciones y organizaciones ambientales se han puesto en la tarea de crear conciencia sobre el consumo responsable, la reutilización, el reciclaje y principalmente la limpieza de las playas. En estas jornadas de limpieza se han llegado a recolectar hasta 96 toneladas de residuos principalmente plásticos; aun así, estas iniciativas por sí solas no son suficientes para detener la basura que proviene de las fuentes de agua urbana o de las corrientes marinas (UN Environment, 2017). El gobierno con el ánimo de sumar esfuerzos, impuso un gravamen a las bolsas de plástico, los consumidores pagan alrededor de 40 pesos colombianos por cada bolsa, monto que aumenta un porcentaje cada año, a lo que manifestaron que esta determinación redujo el consumo de bolsas de plástico en un 35 %.

Sin embargo, se hace necesario crear conciencia en la sociedad y las autoridades teniendo en cuenta que estos materiales no generan riesgos solamente ambientales, sino que también generan riesgos socioeconómicos y de salud. Sumado a esto, se encuentra la falta de métodos de identificación debidamente estandarizados y de cuantificación fiable que permitan generar resultados que correspondan a la concentración real de estas partículas en el ambiente (Toledo Martínez, 2019).

## 5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los nanoplásticos son minúsculas partículas de material de plástico provenientes generalmente de la degradación de éste, que se aglomeran frecuentemente en el medio acuático y que por su difícil degradación permanecen en el ambiente por mucho tiempo ocasionando daños a los ecosistemas y a la salud humana.

En los últimos años, según estudios, se han encontrado micro y nanoplásticos en una gran variedad de ecosistemas; actualmente la preocupación se presenta por las consecuencias que pueden tener en los seres vivos al ingerir alimentos que contengan estas partículas que además contienen contaminantes y aditivos que potencializarían sus efectos nocivos.

Con esta revisión detallada se pretende identificar ¿cuáles son los efectos que generan los nanoplásticos en el medio ambiente, principalmente en los ecosistemas acuáticos? teniendo en cuenta su comportamiento, las fuentes y los peligros de estos; igualmente se pretende revisar cuál es la situación de los países latinoamericanos frente a esta situación. Esto toma relevancia si se tiene en cuenta que no hay cifras reales de los efectos potenciales de estas partículas en el ambiente, ya que las investigaciones que se realizan alrededor de esta problemática se dan en diferentes entornos profesionales, culturales, de recursos, plazos y metodologías no estandarizadas, lo que limita la pertinencia de los datos y su importancia estadística.

## 6. METODOLOGÍA

La metodología que se utilizó para esta monografía es de tipo cualitativa, la cual permite desarrollar y analizar la información recolectada de bases bibliográficas que incluyen principalmente estudios científicos, investigativos y descriptivos de las diferentes variables a tratar, por lo que se llevaron a cabo las siguientes actividades:

**6.1 Revisión preliminar de literatura:** Se buscó la literatura correspondiente a los nanoplásticos, utilizando inicialmente las bases de datos referencia Scopus y Web of Science; las palabras claves que se utilizaron fueron “nanoplastics” y “ecosistemas acuáticos” principalmente.

**6.2 Filtración de la información:** Revisada esta bibliografía, se seleccionaron los documentos, artículos y fuentes que basaban sus estudios primordialmente en los efectos y la contaminación acuática teniendo en cuenta el objeto de nuestro interés. De esta búsqueda la mayoría de información que se obtuvo fue relacionada con los ambientes marinos.

**6.3 Caracterización de información específica:** Se procedió a determinar la información útil para definir los plásticos que más generan estas nanopartículas al medio ambiente, establecer las principales fuentes de contaminación y para describir la situación actual en Latinoamérica.

**6.4 Organización de la información:** Se empezó a ordenar y agrupar la información de acuerdo a las temáticas propuestas en el planteamiento del problema para así tratarse en capítulos.

**6.5 Discusión y propuesta conceptual:** De acuerdo al desarrollo de los resultados se presentan apreciaciones y posibles medidas como solución a la problemática estudiada.

En la figura 2 se ilustra la metodología descrita.



*Figura 2. Ruta del desarrollo de la monografía*

*Elaboración propia*

La gran mayoría de esta información fue utilizada para el desarrollo de los resultados y la discusión que es la parte en la que se desarrolla nuestra revisión detallada. Como la información en libros era muy limitada, el desarrollo del marco conceptual y el estado del arte se basó principalmente en páginas web reconocidas, como revistas, cadenas informativas, organizaciones y fundaciones ambientales.

## 7. RESULTADOS

**7.1 Presentación de resultados de bases de datos consultadas:** A continuación (*ver tabla 1*), se presentan los resultados obtenidos de la investigación propuesta:

Bases de datos referencia	Tema de búsqueda		Resultados de búsqueda	Filtro			Aplica
				Tipo de documento			
Scopus	Nanoplastics	Título del artículo, resumen palabras clave	437	Tipo de documento	Artículo	257	86
					Revisión		
				Palabra clave	Medio ambiente marino		
					Organismos acuáticos		
					Medio ambiente acuático		
					Ecosistemas acuáticos		
					Impacto ambiental		
					Efecto de la contaminación		

*Tabla 1. Resultados de búsqueda en bases de datos*

*Elaboración propia*

**7.2 Desarrollo de la revisión:** En seguida se presenta el desarrollo detallado de la revisión; el cuerpo de la información se mostrará por medio de capítulos.

### **Capítulo 1. Un poco de historia...**

El plástico se creó a finales del siglo XIX por el norteamericano John Weasley Hyatt, quien consiguió sintetizar un celuloide para crear bolas de billar en reemplazo del marfil. Para el año 1907, Leo Hendrik Baekeland inventa la baquelita, un compuesto polimérico formado a partir de fenol y formaldehído, primer plástico termoestable conocido; este era aislante y resistente al calor y al agua. Así, se dio inicio a la llamada “era del plástico” que tuvo su esplendor en el siglo XX cuando se empezó la investigación de resinas plásticas y su consecuente aplicación a casi todos los campos de la industria. Diez años después, se hallaría la composición macromolecular del plástico, gracias al alemán Hermann Staudinger; para el año 1930 los científicos inventaron los polímeros modernos que prevalecen hoy en la industria (Raffino, 2020).

El plástico se encuentra en los océanos desde hace mucho tiempo, pero hasta hace muy poco se ha tomado conciencia de que es un problema global que incluye a todos los sectores de la sociedad. Entre los años 1970 y 1980 se creía que el plástico arrojado al mar se acumulaba solo en zonas costeras hasta que a finales de los 90, se encontraron concentraciones alarmantes de plásticos en el Pacífico Norte, lo que exponía un problema que necesitaba ser manejado y tratado en sus diferentes magnitudes. A principios de los años 80 en el siglo XX, se dieron los primeros esfuerzos por encontrar soluciones y apoyo para los problemas originados por las basuras encontradas en el medio ambiente marino. La principal preocupación en ese entonces era la cantidad de organismos marinos que terminaban atrapados en las redes de pesca o en los residuos plásticos y también aquellos que los ingerían, contribuyendo a aumentar su mortandad (Mendenhall, 2018).

En la década del 2000 surgieron serias preocupaciones acerca de los micro y nanoplásticos en los ecosistemas acuáticos, debido a su abundancia en los ecosistemas marinos y el descubrimiento en los cuerpos de organismos marinos (Chae *et al*, 2018).

## **Capítulo 2. Fundamentos**

En cualquier parte del mundo se pueden encontrar objetos fabricados con plásticos y la mayoría de estos, de uso común, son de un solo uso; como los incentivos para su reciclaje y recuperación son pocos, se generan enormes cantidades de estos residuos que frecuentemente terminan siendo arrojados en el entorno. Cerca de 10 millones de toneladas de plásticos acaban cada año en el mar, siendo los países costeros asiáticos los que más aportan en ello. Estos desechos aparte de afectar el medio ambiente, afectan la economía desde sectores como el turismo, la pesca y navegación (BBC Mundo, 2017).

Actualmente hay más de 5300 tipos de polímeros sintéticos distribuidos y es su misma variedad la que dificulta su investigación, proceden de fuentes diferentes, están desde las microperlas, utilizadas en productos de higiene personal, hasta la degradación de elementos de plástico más grandes que son dispuestos como residuos. La demografía poblacional también influye en la cantidad y en los tipos de plásticos que se encuentran en los diferentes entornos ambientales. Otro problema que se añade son los largos tiempos de permanencia de las partículas de plástico, lo que hace que estas terminen concentrándose en un solo lugar. Según los estudios, se considera que en el mar se encuentran aproximadamente 5.25 billones de partículas de plástico, con un peso de 268,940 toneladas (Toledo Martínez, 2019).

En las especies marinas de consumo, la existencia de plásticos y otros residuos provenientes de las actividades humanas, generan preocupación por el impacto que pueden provocar en la salud

humana. Los nanoplásticos al igual que los microplásticos pueden liberar aditivos en los organismos que los ingieren así como transportar otras sustancias tóxicas, lo que representa un riesgo para la salud como producto de los efectos de la bioacumulación de estas sustancias. Esta amenaza por ingesta para los organismos se hace mayor si la lixiviación de aditivos es EDC (Endocrine Disruptor Chemical), pues aunque niveles mínimos de ingesta de estos químicos pueden ser aceptados en los niveles de toxicidad, a largo tiempo pueden generar efectos adversos intergeneracionales (Fotopoulou & Karapanagioti, 2012).

La gran mayoría de los plásticos se utilizan en envases que por ejemplo solo en Europa representan alrededor del 40% de la producción anual total de plástico, lo que indica que la mayoría de los plásticos producidos anualmente se descartan inmediatamente por lo que su acumulación en el medio ambiente es inevitable.

El plástico representaría en el medio marino alrededor de un 85% de la basura marina total (Auta *et al.*, 2017). Esta basura marina consiste en cualquier material sólido persistente, elaborado o procesado que termina en el mar. Su incremento en todo el mundo se está convirtiendo en una amenaza para el ecosistema marino. Entre los diferentes materiales incluidos en la categoría de basura marina, los microplásticos y los nanoplásticos se reconocen como contaminantes emergentes de interés (Ferreira *et al.*, 2019).

Aunque la presencia de estas partículas de plástico en agua dulce, estuarios y entornos marinos se ha desarrollado en algunos estudios, la preocupación se centra en el entorno marino teniendo en cuenta que este es el receptor final de estas partículas que pueden llegar a través de afluentes, escorrentías, descargas de aguas residuales y del transporte por el viento. (Ferreira *et al.*, 2019).

### **Capítulo 3. Principales fuentes de contaminación y distribución**

A pesar de los esfuerzos y la concientización que ha venido aumentando sobre el reciclaje de materiales como el plástico solo una parte de estos residuos se recicla, por lo que el resto termina en basureros. Aun así, se estima que a través de acciones intencionales o aisladas antrópicas y factores meteorológicos, un 10% del total de plásticos ingresa al ambiente marino. Al ingresar a este medio, los desechos de plástico se dispersan por los océanos y se distribuyen a través de la columna de agua y también en los lugares más lejanos y menos esperados del planeta, según numerosos estudios.

Estos numerosos desechos provienen entre muchas otras fuentes de:

- Productos cosméticos y de limpieza como cremas de dientes, cremas y exfoliantes
- Materias primas industriales que se utilizan en la fabricación de productos plásticos
- Resinas plásticas utilizadas en sandblasting
- Fibras textiles que se liberan en los ciclos de lavado y secado
- Impresiones tridimensionales

Estas partículas se catalogan como microplásticos y nanoplásticos primarios; los micro y nanoplásticos secundarios vienen siendo el resultado de la descomposición de los desechos plásticos más grandes incluidas las bolsas de plástico, las botellas y las redes de pescar. Aunque los desechos de tamaño macro representan la mayor porción de plástico en el océano en masa, las estimaciones señalan que los micro y nanoplásticos son la mayor proporción en número (da Costa, 2018). En diferentes estudios sobre desechos marinos, principalmente de evaluaciones costeras, del 60 al 80% de los desechos marinos es plástico a base de petróleo que al ingresar al medio marino en cualquier forma por medios antropogénicos es un contaminante (Derraik, 2002). La

naturaleza química de los nanoplásticos en el agua, los sedimentos y las muestras de animales son similares; generalmente están hechos de polietileno (PE), poliestireno (PS) y polipropileno (PP), materiales plásticos ligeros y comunes. Aun así, se encuentran a menudo otros tipos de plásticos como el nylon, el poliéster, el acetato de polietileno y vinilo (PEVA), el poliacrilonitrilo (PAN) y el alcohol polivinílico (PVA) (Peng *et al.*, 2020).

Se han encontrado objetos plásticos en diferentes tipos de hábitats alrededor del mundo incluido el mar, las costas, estuarios, sedimentos de playa, lagos, ecosistemas de agua dulce y por supuesto en ambientes terrestres. Son las características de estos materiales, como su durabilidad, resistencia y baja conductividad las que los convierten en contaminantes peligrosos para todos los ecosistemas, por lo que su acumulación es inevitable, principalmente por su alta persistencia en el ambiente.

Se han localizado microplásticos en sedimentos de las trincheras Hadal más profundas que indicarían que los microplásticos ya se están acumulando en los rincones más recónditos del planeta. Los posibles procesos que transportan microplásticos a las trincheras Hadal muestran cómo se transportarían los microplásticos desde la superficie del mar hasta el fondo marino; estos procesos hacen que las trincheras Hadal sean los principales depósitos y el sumidero definitivo para los microplásticos. Es muy probable que las especies de Hadal faciliten la fragmentación microplástica a través de la ingestión y la translocación, asegurando así los microplásticos y los nanoplásticos en la zona de Hadal, lo que hace que las trincheras de Hadal sean el sumidero definitivo para los plásticos (G. Peng *et al.*, 2020).

La generación de estas partículas al medio ambiente se relaciona comúnmente con la carencia de infraestructuras en las plantas de tratamiento de aguas residuales y con la eliminación de

microplásticos, la degradación de éstos puede además aumentar los niveles de las partículas de nanoplásticos en el medio. Esta descomposición se da una vez en el medio ambiente ya que los polímeros son susceptibles a la actividad biológica como la acción de las bacterias y además se encuentran sujetos a varios procesos abióticos como el viento, la lluvia, la radiación UV, la fotooxidación entre otros (Andrady, 2011). Su actividad ya sea individual o en conjunto, favorecen la disminución en el tamaño de las partículas, inicialmente a microplásticos y posteriormente a nanoplásticos (Lambert & Wagner, 2016). El tiempo necesario para alcanzar partículas del tamaño nano depende del tamaño del plástico original; este proceso de degradación, reduce el peso molecular promedio del polímero, lo que aumenta su susceptibilidad a la descomposición y al mismo tiempo lo hace más disponible para ser ingerido por la biota marina (Santos *et al.*, 2009).

Además de la fragmentación, los nanoplásticos también pueden originarse en la producción de elementos para recubrimientos, fines biomédicos, administración de medicamentos, diagnóstico médico, electrónica, magnetismo y optoelectrónica; y junto con la disminución en el tamaño y el aumento en el área de superficie que promueve la adsorbancia de otros contaminantes ambientales, las partículas pueden volverse reactivas.

#### **Capítulo 4. Efectos en los ecosistemas acuáticos**

Aunque los estudios relacionados con los nanoplásticos son escasos, la preocupación de la comunidad científica ha llevado a incrementar las investigaciones en este asunto, principalmente en los efectos que estas partículas pueden causar en los ecosistemas marinos, teniendo en cuenta que por su tamaño, estos pueden ser absorbidos por organismos que se hallan al inicio de la cadena alimenticia como se puede apreciar en la figura 3 (Cedervall *et al.*, 2012). Como los nanoplásticos pueden existir como nanopartículas en el medio ambiente durante mucho tiempo, aumenta su

biodisponibilidad, el riesgo de exposición y la capacidad de penetrar células y tejidos (Shen *et al.*, 2019).

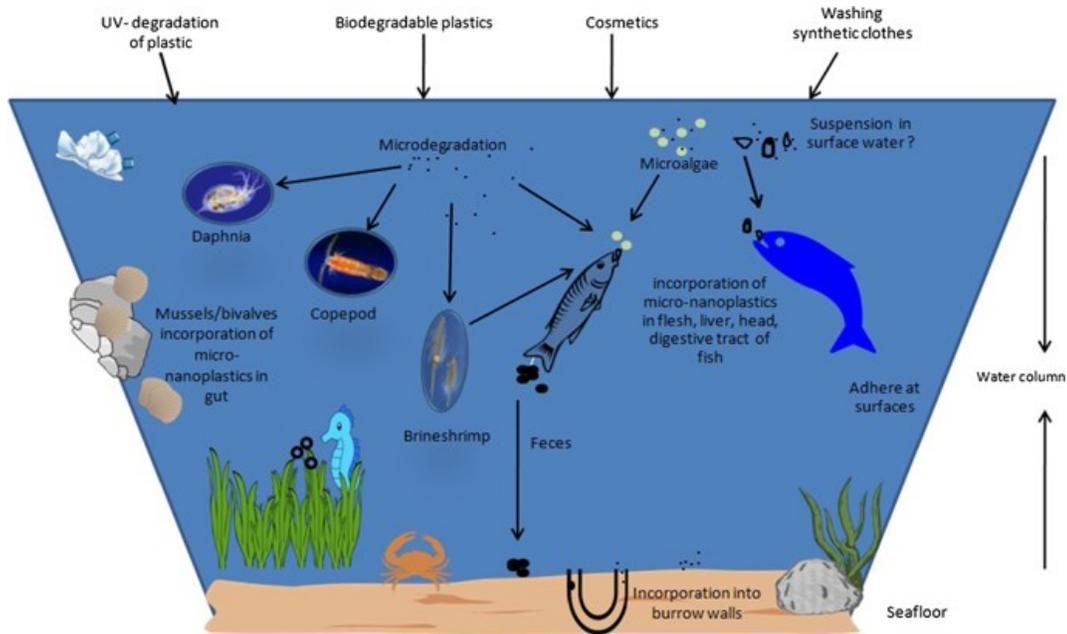


Figura 3. Forma en la ingresan los micro y nanoplasticos a la cadena alimenticia en el medio acuatico

Tomado de Al-Thawadi (2020)

Las partículas nanoplasticas pueden inducir diversos efectos tóxicos y adversos en los organismos acuáticos ya que pueden adsorber sustancias químicas del agua como metales pesados, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), bifenilos policlorados (PCB), contaminantes orgánicos persistentes (COP), productos farmacéuticos y productos para el cuidado personal, lo que puede agravar los efectos de estos en los organismos. Además, los plásticos contienen no solo polímeros, sino también productos químicos aditivos, como plastificantes, antioxidantes, estabilizadores UV y retardantes de llama, que se pueden liberar en los ambientes acuáticos y causar daños a los organismos. Estos contaminantes pueden transferirse a través de la cadena alimentaria en los niveles tróficos superiores por lo que su presencia representa una amenaza

considerable para los ecosistemas acuáticos, la salud de los organismos acuáticos y la salud humana (Chae *et al.*, 2018).

La investigación de Shen *et al.* (2019) sobre los impactos de los nanoplásticos en los organismos, principalmente en daphnias, gametos de ostras, nematodos, mejillones, peces cebras, algas, zooplancton y bacterias, demostró que varios de estos podían ingerir y acumular nanoplásticos, estos ingresaban al sistema circulatorio a través de los tejidos entéricos, causando efectos tóxicos a nivel celular y molecular. Los efectos adversos en los organismos se encontraron directamente asociados con el tamaño de la partícula, su composición, la morfología, el tiempo de envejecimiento y las propiedades de la superficie.

Si bien los estudios de los efectos por contaminación en agua dulce son aún más escasos que los del ambiente marino, se encontró que la exposición de estos organismos a las partículas de nanoplástico pueden causar mortalidad temprana, respuestas inflamatorias, inhibición en crecimiento y desarrollo, reducción de energía, baja alimentación y anormalidad en el comportamiento. Debe tenerse en cuenta que en los ecosistemas de agua dulce, las partículas de plástico tienen una forma irregular y por lo general se encuentran allí como fragmentos, fibras, espumas y películas por lo que estos pueden tener bordes afilados, lo que aumenta la posibilidad de daño físico de la pared gastrointestinal, las branquias y la piel (Strungaru *et al.*, 2019).

Se encontraron también en las investigaciones consultadas, varios efectos negativos de los nanoplásticos en especies de agua dulce, confirmando que estas partículas pueden provocar alteraciones en la morfología del tejido hepático, el metabolismo de los lípidos, los embriones y las actividades locomotoras de los peces; este resultado indicaría que los nanoplásticos tienen efectos adversos sobre los organismos acuáticos, que inducen cambios bioquímicos, conductuales

e histológicos (Chae *et al.*, 2018). Los cambios histopatológicos en los hígados de peces alimentados con nanoplasticos validarían que las partículas de plástico pueden cambiar y alterar la morfología hepática e inducir estos cambios en el tejido hepático, lo que indica que los nanoplasticos pueden actuar como contaminantes en los cuerpos de los peces y acumularse en el hígado, órgano que desintoxica el cuerpo (Lu, 2016).

Chae *et al.* (2018) comprobó también que el colesterol total en los peces aumentaba ligeramente después de la exposición a nanoplasticos, sugiriendo que la exposición a los nanoplasticos a largo plazo puede causar problemas nutricionales y de salud en los peces y otros organismos. Resultados de estudios combinados, indicarían que los plásticos pequeños con diámetros nanométricos pueden penetrar las paredes de los embriones y acumularse en los lípidos de los embriones debido a la propiedad hidrofóbica de los nanoplasticos, las membranas porosas de los embriones y los intercambios de materiales entre organismos y ambientes.

Mattsson (2014) encontró que los peces expuestos a nanoplasticos ocupaban menos espacio en los acuarios que los peces no expuestos. Así mismo, los peces expuestos a nanoplasticos se movían más lentamente que los peces de control y se le atribuyó a la transferencia de estas partículas desde los alimentos a varios órganos incluido el cerebro (Cedervall *et al.*, 2012). Estas partículas de tamaño nanométrico transferidas pueden causar cambios bioquímicos en el cerebro, lo que conduce a cambios de comportamiento en los peces. Los cerebros de los peces expuestos directamente a nanoplasticos también podrían haberse afectado, causando cambios en sus actividades y comportamientos (Chae *et al.*, 2018).

Las partículas de nanoplastico parecen ser más peligrosas para la biota de agua dulce que el microplástico de acuerdo a la literatura, sin embargo se hace necesario realizar más estudios científicos que corroboren esta afirmación.

#### **4.1 Efectos en peces**

Los principales peces para experimentación son el pez cebra, el medaka japonés, el gobio común, la carpa crucia y la lubina y los polímeros utilizados en los estudios de exposición son principalmente PE, PS, PVC, PET, PA, PP y PC. Todos encontraron efectos negativos, como disminución de la supervivencia, disminución del almacenamiento de energía de glucógeno, efectos sobre el corazón y los tejidos lipídicos, mayor tiempo de alimentación, inflamación, daño oxidativo, necrosis, efectos sobre la longitud del cuerpo, la textura del cerebro y los músculos (Kögel et al., 2020).

Barría *et al.*, (2020) encontró que las partículas de nanoplasticos podían afectar a los peces negativamente, especialmente durante sus etapas de desarrollo. Se encontró acumulación en los tejidos, afectación en sus actividades locomotoras y alimentación, impacto sobre el crecimiento y el sistema inmunológico, daño al sistema nervioso por la exposición y perturbaciones en la degradación de lípidos; esta investigación se realizó con PS. Estos resultados que también demostraron la transferencia de nanopartículas en una cadena alimenticia acuática (algas, zooplancton, peces), indicarían que estas podrían afectar el equilibrio del ecosistema y las explotaciones pesqueras.

#### **4.2 Efectos en crustáceos**

Los resultados indicaron que los nanoplasticos podían causar inmovilización y daño físico a las daphnias y así mismo, que las partículas que contaban con mayor área de superficie específica o

mayor capacidad de sorción para contaminantes orgánicos hidrófobos, podrían transportar más contaminantes a los animales (Liu *et al.*, 2020).

El estudio mostró que además de los efectos aditivos sobre la toxicidad aguda y el aumento del potencial de bioacumulación de contaminantes hidrofóbicos, las partículas de plástico podían inhibir la degradación de los contaminantes orgánicos y sus metabolitos en el medio ambiente, lo que tiene como consecuencia la acumulación de compuestos parentales y metabolitos en el medio ambiente.

Resumiendo los principales efectos informados de las partículas de nanoplástico en los crustáceos de zooplancton se destacan, el desarrollo embrionario anormal, la disminución de las tasas de alimentación, el agotamiento de la energía, la disminución de la supervivencia, el crecimiento reducido, la reproducción alterada, malformaciones, comportamiento anormal en la natación y microvellosidades intestinales dañadas, esto para las daphnia, en especial las magna, copépodos, rotíferos y anfípodos. Entre los principales impactos de las partículas de nanoplástico en los crustáceos más grandes como los camarones, el cangrejo, el kril y la langosta de Noruega se encuentra el aumento de la mortalidad, la muda, la toxicidad y el comportamiento de natación alterado para los camarones, la disminución del aumento de peso y la disminución de la tasa de crecimiento para el cangrejo, la reducción de la masa corporal, las tasas de alimentación, las tasas metabólicas y el catabolismo de los lípidos almacenados para la langosta de Noruega (Kögel *et al.*, 2020). Los tipos de polímeros utilizados en estos estudios de exposición fueron principalmente PS, PE, PET, PP, PMMA y PA.

### **4.3 Efectos sobre algas (fitoplancton)**

Las algas son organismos fotosintéticos, vitales para el bienestar de los ecosistemas marinos, base de las redes alimentarias, fuente de producción de oxígeno y otros nutrientes. Los efectos de los nanoplásticos ya se han evaluado en estos organismos y los resultados advirtieron que los nanoplásticos pueden afectar las tasas de crecimiento de algas.

En estudios que expusieron el fitoplancton a partículas nanoplásticas como PS, PP y PVC informaron un impacto negativo como la mortalidad o la toxicidad efectiva, encontrando también inhibición del crecimiento.

### **4.4 Efectos en equinodermos**

La categoría de equinodermos incluye invertebrados marinos como las estrellas de mar, pepinos de mar y erizos de mar. Los estudios con estos organismos indican que pueden acumular nanoplásticos en el tracto digestivo, inducir mayor toxicidad y ocasionar malformaciones, esto con exposición a partículas PS y PE.

### **4.5 Efectos sobre moluscos**

Los moluscos son la categoría marina más grande y contienen la clase que incluye almejas, ostras, berberechos, mejillones y vieiras, organismos ampliamente utilizados en estudios de ecotoxicidad. Se encontró que los nanoplásticos podían afectar el metabolismo y nutrición celular, la señalización y la reparación, así como inhibir la actividad de las mitocondrias, además de causar malformaciones y retrasos en el desarrollo.

En la observación de gasterópodos también se halló un aumento de la respiración y el consumo de energía, respuestas biológicas irreversibles tardías, como un menor crecimiento, supervivencia y desarrollo de la descendencia; esto indicaría que los gasterópodos podrían estar en alto riesgo

por cargas de contaminación con nanoplasticos; los tipos de polimeros utilizados en estos estudios fueron PS, PE, PVC y PET (Kögel et al., 2020).

En la tabla 2 se presentan algunos de los resultados encontrados sobre los efectos de las partículas de nanoplastico en diferentes organismos acuáticos.

<b>ESPECIE</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>TAMAÑOS</b>	<b>EFFECTOS</b>	<b>REFERENCIA</b>
Amphora sp., Ankistrodesmus angustus	PS	23 nm	Citotoxicidad	Chen et al., 2011
Tigriopus japonicus	PS	50 nm	Inhibe la fertilización	Lee et al., 2013
Vibrio fisheri	PS	55 nm a 110 um	Tóxico	Casada et al., 2013
Artemia franciscana	PS	40 nm a 50 nm	Motricidad, crecimiento	Bergami et al., 2016
Brachionus koreanus	PS	50 nm	Reducción de tamaño, periodos de reproducción, longevidad, crecimiento	Jeong et al., 2016
Dunaliella ertiolecta	PS	50 nm	Capacidad fotosintética y crecimiento	Sjollema et al., 2016
Mytilus galoprovincialis lam	PS	50 nm	Podría tener efectos en exposiciones largas	Cannesi et al., 2016
Crassostrea gigas	PS	70 nm	Podría tener efectos en exposiciones largas	College and Galloway 2016
Paracentrotus lividus	PS	40 nm a 50 nm	Toxicidad en los embriones	Della Torre et al., 2014

Mytilus edulis	PS	100 nm	Podría tener efectos en exposiciones largas	Ward and Katch 2009
Chlorella sp., Scenedesmus sp.	PE	20 nm	Dificultad en fotosíntesis	Bhattacharya et al., 2010
Scenedesmus sp., Daphnia magna, Carassius carssius	PS	24 nm a 28nm; 24 nm a 27 nm	Alteración en el metabolismo de los lípidos	Cerdevall et al., 2012; Mattsson et al., 2014
Thamnocephalus platyurus, Daphnia magna, Rainbow trout	PS	55 um a 110 um	Mortalidad	Casado et al., 2013
Scenedesmus obliquus	PS	77 nm	Capacidad fotosintética y biomasa de algas	Besseling et al., 2014
Oryzias latipes	Látex	50 nm	Mortalidad	Manabe et al., 2011
Oryzias atipes	PS	39.4 nm	Toxicidad Aguda	Kashiwada 2006
Daphnia magna, Corophium volutator	PMA	86 nm a 125 nm	Subletales	Booth et al., 2015
Danio rerio	PS	70 nm	Acumulación de lípidos en el hígado	Lu et al., 2016
Pymephales promelas	PC	158 nm	Estresores del sistema inmune	Greven et al., 2016

*Tabla 2. Resultados de los efectos de los nanoplásticos en organismos acuáticos*

*Elaboración propia*

## Capítulo 5. ¿Y en Latinoamérica?

Actualmente existe una serie importante de nuevos contaminantes denominados contaminantes emergentes que se diferencian por sus concentraciones. Los más estudiados en la literatura son los productos farmacéuticos, seguidos de los productos para el cuidado personal. La red NORMAN (Network of reference laboratories, research centres and related organisations for monitoring of emerging environmental substances) ha identificado alrededor de 1000 sustancias emergentes que se clasifican en diferentes grupos, que incluyen productos farmacéuticos, drogas ilegales, productos para el cuidado personal, disruptores endocrinos, retardadores de fuego, entre otros. Algunos de estos contaminantes pueden persistir en el medio ambiente, ser tóxicos y bioacumulables; estos contaminantes se han estudiado en todo el mundo, sin embargo, la gran mayoría de los estudios son de casos en Estados Unidos, Canadá, Europa o Asia (Brack et al., 2012).

En América Latina hay una falta de información relacionada con los contaminantes emergentes principalmente en el medio ambiente acuático. Los estudios relacionados comenzaron a mediados de 2000, después del estudio pionero sobre contaminantes emergentes en el que se monitorearon los productos farmacéuticos y sus metabolitos en los recursos hídricos en aguas residuales tratadas y no tratadas y en aguas naturales de Río de Janeiro, Brasil; esta investigación indicó que no había suficiente conocimiento de cómo se comportaban estos compuestos en los ambientes acuáticos de América Latina y la importancia que tenía evaluar el contenido de contaminantes emergentes en los recursos hídricos de América Latina (Peña-Guzmán *et al.*, 2019). En términos generales se obtuvo de este estudio, que en América Latina no se consideraba el ciclo completo de las aguas urbanas; así mismo, los estudios que se reportaban se centraban en productos farmacéuticos de aguas superficiales y residuales. Por otra parte, los datos de ocurrencia están creciendo, pero la

evaluación de riesgos y las estrategias de control son limitadas y por último, las estructuras reguladoras para los contaminantes emergentes en América Latina son prácticamente inexistentes.

En cuanto a los contaminantes como los nanoplasticos, la información en Latinoamérica es aún más limitada, se encuentran algunos estudios de microplásticos por ejemplo en la costa caribe de Colombia que se fundamentan en la creciente industria plástica junto a prácticas de gestión de residuos débiles e ineficientes que conllevan a la contaminación por plástico a lo largo de sus playas que son turísticas (Acosta-Coley *et al.*, 2019). También en Chile, donde es más común el estudio alrededor de los restos pequeños de plásticos en sus costas, en donde además de identificar la mayor abundancia en algunas de las playas del sur del país probablemente relacionadas con las actividades intensivas de acuicultura en esa área, se corroboraba el desconocimiento de la problemática de pequeñas basuras plásticas entre la comunidad. En dicho estudio se encontró por ejemplo que la abundancia promedio de pequeños desechos plásticos en las playas de Chile continental alcanzaba magnitudes similares a las reportadas en otras partes del mundo, como Rusia y Malta; así mismo, esta acumulación de pequeños desechos plásticos en las playas del Pacífico sur oriental sería semejante a la situación global. Se dedujo también que la gran abundancia de pequeños desechos plásticos en la Isla de Pascua se debía probablemente al transporte de partículas plásticas a través del sistema de corriente oceánica hacia el giro subtropical del Pacífico Sur y que las playas de la isla actuarían como un filtro y un sumidero para los pequeños desechos plásticos que provienen de todo el borde del Pacífico Sur (Hidalgo-Ruz & Thiel, 2013).

En Argentina, se realizó recientemente un estudio para determinar la cantidad, composición y origen de los desechos plásticos en uno de los ríos más extensos del mundo, el río Paraná, centrándose en el impacto de los ríos urbanos, las relaciones entre macro, meso y microplástico, temas de orden sociopolítico y la ingestión de microplásticos por peces. En esta investigación se

encontraron alrededor de 4654 fragmentos de microplásticos en los sedimentos costeros del río y a diferencia de estudios de otros países industrializados de Europa y América del Norte, los microplásticos secundarios (resultantes de la reducción de partículas más grandes) fueron más abundantes que los primarios (microperlas para cosméticos o pellets para la industria); esto podría darse por las diferencias en los hábitos de consumo y el nivel de industrialización entre sociedades y economías. Igualmente registraron partículas microplásticas, en su mayoría fibras en el tracto digestivo del 100% del *Prochilodus lineatus*, una especie comerciales estudiada (Blettler *et al.*, 2019).

Por último en Brasil, luego de una revisión de los estudios de microplásticos en sus ecosistemas acuáticos se sugirió que el estimar la presencia y el tamaño de los nanoplásticos en el medio ambiente requeriría desafíos técnicos puesto que estas partículas tienden a agregarse a otras partículas, coloides naturales y sólidos en suspensión por lo que las obras en Brasil que centran su atención en estas partículas tenían un gran desafío (Castro *et al.*, 2018).

Aun así, aunque se han documentado grandes cantidades de contaminación plástica en el océano austral y en el Pacífico sur, la presencia y abundancia de microplásticos aún no se ha confirmado; particularmente el área del giro subtropical del Pacífico Sur permanece sin estudiar (Eriksen *et al.*, 2013) menos así la presencia y cantidad de nanoplásticos.

## **Capítulo 6. Finalmente...**

Aunque hay una gran cantidad de estudios sobre los impactos de microplásticos y últimamente han venido aumentando sobre los nanoplásticos, no hay datos concluyentes sobre sus impactos entre otros aspectos por la ausencia de metodologías de muestreo y análisis constituidas. Los investigadores han estado estudiando las concentraciones y el tipo de nanoplástico ingerido de los

organismos más bajos a los más altos en la cadena trófica, pero sus resultados aún son limitados (Mendoza et al., 2018).

Actualmente no es posible aislar cantidades suficientes de nanoplásticos para la investigación de sus efectos, lo que implica que deben usarse nanoplásticos fabricados. Esto significa que solo se pueden probar polímeros con tamaño y forma limitados mientras que los nanoplásticos en el medio ambiente incluirían diferentes partículas en tamaños y formas, así mismo las partículas fabricadas pueden comportarse de manera diferente a las partículas originales debido sus diferentes propiedades, por lo que las comparaciones deben interpretarse con cautela debido el desconocimiento y la ausencia de datos reales (Koelmans et al., 2015).

## 8. DISCUSIONES Y PROPUESTA

La contaminación plástica es una carencia del sistema global que amenaza las redes alimentarias marinas y causa la contaminación física y química de los suelos y océanos de todo el mundo. Esto genera un enorme costo económico como consecuencia de la limpieza y reparación, pérdida de ingresos del turismo, además de costos sociales de los ambientes contaminados y degradados (Galloway *et al.*, 2020). A continuación se describen los criterios que contribuirían a la solución de esta problemática, teniendo en cuenta que para superarla es necesario la intervención de diferentes actores:

**Responsabilidad Global.** Si bien las regiones con alta actividad antropogénica y densidad de población muestran una relación importante con el exceso de partículas pequeñas de plástico, no son los mayores generadores de estos residuos los más perjudicados por esta contaminación, pues la acumulación de estas partículas depende en gran medida de los factores ambientales, por lo que la responsabilidad ante esta problemática debe ser global con exigencias más trascendentales para los países productores y para los que tienen malas prácticas en la gestión de residuos.

**Normatividad.** La legislación actual a nivel mundial es insuficiente, pues aunque en varios países se está prohibiendo el uso de bolsas plásticas y de productos con microperlas, unas de las principales fuentes de contaminación acuática por nanoplásticos, no existen normas que regulen la fabricación de materiales sintéticos que se usan en la industria textil para la elaboración de ropa por ejemplo, y menos aún que regulen el uso indiscriminado de envases desechables. Aunque existen algunos tratados, en general no hay una cooperación entre las naciones para abarcar esta problemática de manera efectiva; los países deberían integrar normas para la limpieza, la reutilización y la disposición del plástico que permitan salvaguardar los océanos y los seres vivos que allí habitan.

**Economía Circular.** Idear una forma de recoger el plástico de los océanos para reutilizarlo o al menos desecharlo de una manera segura y así procurar que este material no vuelva a parar a los cuerpos de agua, involucrando el concepto de economía circular donde se generen productos y estos a su vez permitan reducir los materiales de manufactura. Estas prácticas pueden llevarse a cabo generando estrategias gubernamentales y culturales en las que prevalezca el compromiso por mantener el medio ambiente y la salud pública.

**Tecnología Moderna.** Teniendo en cuenta que la mayoría de los nanoplásticos se derivan del macro y microplástico, la contaminación de los océanos podría mitigarse también mediante la implementación de las tecnologías más eficientes en las plantas de tratamiento.

**Gestión.** Las medidas de gestión que se podrían implementar incluyen el reciclaje, la reutilización y por supuesto la reducción de las fuentes como estrategias de prevención; la limpieza y la eliminación de las basuras deberían ser obligatorios y constantes para reducir la abundancia de estos materiales en el ambiente y como parte de las medidas de remoción y mitigación; y por supuesto las campañas de sensibilización como parte de estrategias educativas favorecen estas iniciativas especialmente si se realizan con incentivos de tipo económico y social.

Existen varios desafíos frente a este tipo de contaminación emergente, no es solo cuantificar o reducir la cantidad de acumulación alrededor del mundo, sino también invertir en una mejor interpretación de los riesgos para la salud y el medio ambiente (Klingelhöfer et al., 2020).

## 9. CONCLUSIONES

- Se estudió el comportamiento de los nanoplásticos encontrando que estas partículas interactúan con los ecosistemas acuáticos y sus organismos, por lo que no hay duda de su presencia en todos los entornos oceánicos y su intrusión en las especies acuáticas; sin embargo, el riesgo ambiental aún es incierto debido a la escasez de información sobre sus efectos en estos ambientes.
- Aunque las investigaciones consultadas indicarían los tipos de plásticos que más ingresan al medio acuático y por ende los que mayor contaminación generan, los nanoplásticos que se utilizan para determinar los efectos en organismos acuáticos son fabricados para el estudio en laboratorios, por lo que determinar la naturaleza real de los nanoplásticos en el ecosistema acuático es aun impreciso.
- Pese a que la investigación y el conocimiento en este campo ha venido creciendo, el estudio del destino y el comportamiento de los plásticos en el medio ambiente aún está en sus primeras etapas, esto debido a las dificultades técnicas para extraer e identificar los plásticos una vez se han degradado en el medio ambiente y también a la variabilidad de materiales que conforman estos elementos, que además tienen diferentes propiedades relacionadas con su uso.
- Se establecieron las principales fuentes de contaminación por nanoplásticos encontrando que estas son en su mayoría de origen terrestre.
- La búsqueda de la situación actual en Latinoamérica permitió identificar que la falta de investigación y la escasa información sobre los nanoplásticos en estos países dificulta la toma de decisiones y de acciones frente a esta problemática.

## 10. RECOMENDACIONES

- Se necesitan métodos estandarizados para detectar nanoplásticos en ambientes acuáticos que permitan la clasificación uniforme de estas partículas, así como una experimentación controlada con concentraciones de nanoplásticos cercanas al ambiente marino y de agua dulce natural.
- Como no existe una definición precisa inclusive del tamaño de las partículas de nanoplástico, estas podrían tener una mayor capacidad para concentrar compuestos tóxicos que aún no se hayan analizado.
- Aun no se sabe cómo la mezcla entre diferentes grupos de tamaños y tipos de materiales interactúa con la biota.
- Es necesario promover en Colombia y Latinoamérica la investigación de estos materiales y contaminantes no sólo para conocer los potenciales impactos que podrían tener en sus ecosistemas sino también para poder tomar medidas efectivas frente a la problemática.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 5 gráficos para entender por qué el plástico es una amenaza para nuestro planeta. (2017). Retrieved 2 February 2020, from <https://www.bbc.com/mundo/noticias-42304901>
- Acosta-Coley, I., Duran-Izquierdo, M., Rodriguez-Cavallo, E., Mercado-Camargo, J., Mendez-Cuadro, D., & Olivero-Verbel, J. (2019). Quantification of microplastics along the Caribbean Coastline of Colombia: Pollution profile and biological effects on *Caenorhabditis elegans*. *Marine Pollution Bulletin*, 146(May), 574–583. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.06.084>
- Al-Thawadi, S. (2020). Microplastics and Nanoplastics in Aquatic Environments: Challenges and Threats to Aquatic Organisms. *Arabian Journal for Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1007/s13369-020-04402-z>
- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596–1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
- Auta, H. S., Emenike, C. U., & Fauziah, S. H. (2017). Distribution and importance of microplastics in the marine environment A review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environment International*, 102, 165–176. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.02.013>
- Barriá, C., Brandts, I., Tort, L., Oliveira, M., & Teles, M. (2020, February 1). Effect of nanoplastics on fish health and performance: A review. *Marine Pollution Bulletin*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110791>
- Blettler, M. C. M., Garello, N., Ginon, L., Abrial, E., Espinola, L. A., & Wantzen, K. M. (2019). Massive plastic pollution in a mega-river of a developing country: Sediment deposition and ingestion by fish (*Prochilodus lineatus*). *Environmental Pollution*, 255. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113348>
- Brack, W., Dulio, V., & Slobodnik, J. (2012). The NORMAN Network and its activities on emerging environmental substances with a focus on effect-directed analysis of complex environmental contamination. *Environmental Sciences Europe*, 24(1), 29. <https://doi.org/10.1186/2190-4715-24-29>

- Castro, R. O., Silva, M. L. da, & Araújo, F. V. de. (2018). Review on microplastic studies in Brazilian aquatic ecosystems. *Ocean and Coastal Management*, 165(September), 385–400. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.09.013>
- Cedervall T, Hansson LA, Lard M, Frohm B, Linse S (2012) El transporte de la cadena alimentaria de nanopartículas afecta el comportamiento y el metabolismo de las grasas en los peces. *PLoS ONE* 7 (2): e32254. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032254>
- Chae, Y., & An, Y. (2017). Effects of micro- and nanoplastics on aquatic ecosystems : Current research trends and perspectives. *Marine Pollution Bulletin*, 124(2), 624–632. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.070>
- Chae, Y., Kim, D., Kim, S. W., & An, Y. J. (2018). Trophic transfer and individual impact of nano-sized polystyrene in a four-species freshwater food chain. *Scientific Reports*, 8(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18849-y>
- Colombia's plastic bag tax: A concrete step towards fighting marine litter in the Caribbean. (2017). Retrieved 4 April 2020, from <https://www.unenvironment.org/news-and-stories/story/colombias-plastic-bag-tax-concrete-step-towards-fighting-marine-litter>
- da Costa, J. P. (2018). Micro- and nanoplastics in the environment: Research and policymaking. *Current Opinion in Environmental Science and Health*, 1, 12–16. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.11.002>
- Derraik, J. G. B. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 44(9), 842–852. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00220-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5)
- El plástico que comemos Higiene Ambiental. (2019). Retrieved 5 February 2020, from <https://higieneambiental.com/higiene-alimentaria/el-plastico-que-comemos>
- Eriksen, M., Maximenko, N., Thiel, M., Cummins, A., Lattin, G., Wilson, S., Hafner, J., Zellers, A., & Rifman, S. (2013). Plastic pollution in the South Pacific subtropical gyre. *Marine Pollution Bulletin*, 68(1–2), 71–76. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.12.021>

- Ferreira, I., Venâncio, C., Lopes, I., & Oliveira, M. (2019). Nanoplastics and marine organisms: What has been studied? *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 67(January), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2019.01.006>
- Fotopoulou KN, Karapanagioti HK (2012) Surface properties of beached plastics pellets mar environ Res 81:70-77.
- Galloway, T., Haward, M., Mason, S. A., Hardesty, B. D., & Krause, S. (2020). Science-Based Solutions to Plastic Pollution. *One Earth*, 2(1), 5–7. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.01.004>
- Gigault, J., Halle, A. ter, Baudrimont, M., Pascal, P. Y., Gauffre, F., Phi, T. L., El Hadri, H., Grassl, B., & Reynaud, S. (2018). Current opinion: What is a nanoplastic? *Environmental Pollution*, 235, 1030–1034. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.024>
- Hidalgo-Ruz, V., & Thiel, M. (2013). Distribution and abundance of small plastic debris on beaches in the SE Pacific (Chile): A study supported by a citizen science project. *Marine Environmental Research*, 87–88, 12–18. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2013.02.015>
- Klingelhöfer, D., Braun, M., Quarcoo, D., Brüggmann, D., & Groneberg, D. A. (2020). Research landscape of a global environmental challenge: Microplastics. *Water Research*, 170. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115358>
- Koelmans, A. A., Besseling, E., & Shim, W. J. (2015). *Nanoplastics in the Aquatic Environment . Critical Review*. 325–340. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3>
- Kögel, T., Bjørøy, Ø., Toto, B., Marcel, A., & Sanden, M. (2020). Science of the Total Environment Micro- and nanoplastic toxicity on aquatic life : Determining factors. *Science of the Total Environment*, 709(5817), 136050. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136050>
- Lambert, S., & Wagner, M. (2016). Characterisation of nanoplastics during the degradation of polystyrene. *Chemosphere*, 145, 265–268. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.11.078>

- Liu, Z., Cai, M., Wu, D., Yu, P., Jiao, Y., Jiang, Q., & Zhao, Y. (2020). Effects of nanoplastics at predicted environmental concentration on *Daphnia pulex* after exposure through multiple generations. *Environmental Pollution*, 256, 113506. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113506>
- Lu, Y. y col. Absorción y acumulación de microplásticos de poliestireno en el pez cebra (*Danio rerio*) y efectos tóxicos en el hígado. *Reinar. Sci. Technol.* 50, 4054–4060 (2016). <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.6b00183>
- Marín Galvín, R. (2020). *Fisicoquímica y Microbiología de los Medios Acuáticos* (2ª ed., Pp. 342-345). Díaz de Santos.
- Mattsson, K. y col. Comportamiento, fisiología y metabolismo alterados en peces expuestos a nanopartículas de poliestireno. *Reinar. Sci. Technol.* 49, 553–561 (2014). <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/es5053655>
- Mendenhall, E., Oceans of plastic: A research agenda to propel policy development. Marine Policy: 2018; pp 291-298.
- Mendoza, L. M. R., Karapanagioti, H., & Álvarez, N. R. (2018). ScienceDirect Micro ( nanoplastics ) in the marine environment : Current knowledge and gaps. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 1, 47–51. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.11.004>
- Micro y nano plásticos • Ecologistas en Acción. (2019). Retrieved 3 February 2020, from <https://www.ecologistasenaccion.org/130388/micro-y-nano-plasticos/>
- Oliveira, M., & Almeida, M. (2019). Trends in Analytical Chemistry The why and how of micro ( nano ) plastic research. *Trends in Analytical Chemistry*, 114, 196–201. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.02.023>
- Origen del plástico. (2016). Retrieved 1 April 2020, from <https://www.polimertecnic.com/origen-del-plastico/>

- Parker, L. (2019). *Ahogados en un mar de plástico*. [www.nationalgeographic.com.es](http://www.nationalgeographic.com.es). Retrieved 21 March 2020, from [https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/grandes-reportajes/ahogados-mar-plastico\\_12712/1](https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/grandes-reportajes/ahogados-mar-plastico_12712/1).
- Peng, G., Bellerby, R., Zhang, F., Sun, X., & Li, D. (2020). The ocean's ultimate trashcan: Hadal trenches as major depositories for plastic pollution. *Water Research*, *168*, 115121. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115121>
- Peng, L., Fu, D., Qi, H., Lan, C. Q., Yu, H., & Ge, C. (2020). Micro- and nano-plastics in marine environment: Source, distribution and threats — A review. *Science of the Total Environment*, *698*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134254>
- Peña-Guzmán, C., Ulloa-Sánchez, S., Mora, K., Helena-Bustos, R., Lopez-Barrera, E., Alvarez, J., & Rodriguez-Pinzón, M. (2019). Emerging pollutants in the urban water cycle in Latin America: A review of the current literature. *Journal of Environmental Management*, *237*(February), 408–423. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.02.100>
- Plasticseurope.org. (2019). *¿Qué Son Los Plásticos? :: Plasticseurope*. [Online] Available at: <https://www.plasticseurope.org/es/about-plastics/what-are-plastics> [Accessed 02 February 2020]
- Raffino, M. (2020). *Plástico*. Retrieved 1 April 2020, from [https://concepto.de/plastico/#Tipos\\_de\\_plastico](https://concepto.de/plastico/#Tipos_de_plastico)
- Reino Unido prohíbe el uso de microplásticos en cosméticos*. [www.nationalgeographic.com.es](http://www.nationalgeographic.com.es). (2020). Retrieved 21 March 2020, from [https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/actualidad/reino-unido-prohibe-uso-microplasticos-cosmeticos\\_12251](https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/actualidad/reino-unido-prohibe-uso-microplasticos-cosmeticos_12251)
- Santos, IR, Friedrich, AC e Ivar do Sul, JA Contaminación de desechos marinos a lo largo de playas tropicales no desarrolladas del noreste de Brasil. *Environment Monit Evaluation* *148*, 455–462 (2009). <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0175-z>

- Shen, M., Zhang, Y., Zhu, Y., Song, B., Zeng, G., Hu, D., Wen, X., & Ren, X. (2019). Recent advances in toxicological research of nanoplastics in the environment: A review. *Environmental Pollution*, 252, 511–521. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.05.102>
- Strungaru, S. A., Jijie, R., Nicoara, M., Plavan, G., & Faggio, C. (2019). Micro- (nano) plastics in freshwater ecosystems: Abundance, toxicological impact and quantification methodology. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 110, 116–128. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.10.025>
- Toledo Martínez, M. (2019). *REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LOS MÉTODOS DE ANÁLISIS DE MICRO (NANO) PLÁSTICOS EN EL MEDIOAMBIENTE Y EN LA BIOTA MARINA* [Ebook] (pp. 6-7). Retrieved from [http://espacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Matoledo/Toledo\\_Martinez\\_Maria\\_Angeles\\_TFM.pdf](http://espacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Matoledo/Toledo_Martinez_Maria_Angeles_TFM.pdf)
- Una ola de medidas contra el plástico recorre América Latina y el Caribe. (2018). Retrieved 5 February 2020, from <https://www.unenvironment.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/una-ola-de-medidas-contra-el-plastico-recorre-america-latina-y-el>