

## LOS MICROPLÁSTICOS EN EL AMBIENTE Y LA SALUD HUMANA

### Microplastics in the environment and human health

*Antonio Machado-Allison*

#### Resumen

Los plásticos han llamado recientemente la atención mundial, posiblemente por el marcado deterioro visual que causan y las islas de basura plástica en océanos, o la aparición de grandes mamíferos, peces, aves y tortugas con restos de redes o basura plástica asociados a sus cuerpos. Este es el resultado de seis décadas recientes en las cuales hemos producido 8.352 millones de toneladas de plásticos. La mayor parte ha terminado ahora en vertederos o directamente en nuestro entorno natural y hasta 12 millones de toneladas de plástico ingresan a nuestros ríos y océanos cada año. Es así como el plástico, sus productos asociados y derivados como micro y nanoplásticos representan una amenaza mucho mayor sobre la vida en los ecosistemas terrestres y acuáticos por lo que su consideración y estudio es una necesidad urgente. En este trabajo revisamos las definiciones, usos, vías de penetración a los ecosistemas, su potencial daño y los programas que están siendo ejecutados por países o grupos de países para tratar de resolver este problema de contaminación mundial. Por último, llamamos la atención y alertamos a la ciudadanía sobre el potencial daño a la salud del ecosistema acuático y sobre todo la potencial amenaza que se convierta en un problema general de salud humana.

**Palabras Clave:** Crisis ambiental, microplásticos, biodiversidad, ecosistemas acuáticos

## Abstract

Plastics have recently attracted worldwide attention, possibly due to the marked visual deterioration they cause and the islands of plastic garbage in the oceans, or the appearance of large mammals, fish, birds and turtles with remains of nets or plastic garbage associated with their bodies. This is the result of six recent decades in which we have produced 8,352 million tons of plastics. Most of it has now ended up in landfills or directly in our natural environment. Recent data showed to up to 12 million tons of plastic enters our rivers and oceans every year. This is how plastic, its associated products, and derivatives such as micro and nanoplastics represent a much greater threat to life in terrestrial and aquatic ecosystems so its consideration and study is an urgent need. In this paper we review the definitions, uses, routes of penetration to ecosystems, their potential damage to wild animals and the programs and regulations that are being executed by countries or groups of countries to try to solve this problem of global pollution. Finally, we draw attention and alert citizens to the potential damage to the health of the aquatic ecosystem and above all the potential threat that becomes a general human health problem.

**Keywords:** Environmental crisis, microplastics, biodiversity, aquatic ecosystems

## Introducción

Desde que los seres humanos empezaron a organizarse en núcleos sedentarios alrededor del mundo cambiaron sus condiciones de salud, alimentación, vivienda, transporte, diversión que eran necesarias garantizar a partir del uso de recursos naturales disponibles y su potencial transformación, así se definieron las eras de la piedra, de madera, del bronce, del hierro acompañadas siempre del uso del fuego.

El crecimiento demográfico y la construcción de sociedades particulares (imperios) promueven la búsqueda, explotación o uso y transformación del paisaje, de los recursos alimenticios, medicinales, ornamentales o de otro uso como construcción. Países de Europa y Asia promueven la búsqueda de estos recursos y su explotación a escala mundial.

requerimientos sobre los modos de vida y sus necesidades. Cada vez más las comunidades organizadas, requerían Surgen modernamente las sociedades industriales promoviendo un aumento desmesurado de la población humana; se hacen cada vez más exigentes esas nuevas condiciones de vida en la cual el desarrollo tecnológico acompañado del incremento en el consumo de bienes y servicios promueve estándares de vida bien definidos por las diferentes conglomerados, no sólo para garantizar una vida plena y saludable sino también para nutrir el ego de la promoción de la diferencia de niveles o “clases” entre los humanos. Todo esto resultando ahora en una amenaza al mundo global natural.

Es a partir del desarrollo posterior a la Segunda Guerra Mundial que las industrias desarrolladas para la elaboración de materiales necesarios para los ejércitos, se tornasen hacia la producción de bienes para el uso de la sociedad en general. La fabricación de materiales como contenedores de líquidos o alimentos producidos con materiales desechables (botellas (plásticas), latas) latón o aluminio), empaques (plásticos y cartón), etc., inundaron con millones de toneladas producidas los mercados y de alguna manera “facilitaron” la rutina diaria doméstica (Johnston, 2018; Walker and Rothman, 2020).

Esto no sería grave si hubiéramos, como especie inteligente, tomado en cuenta que cada bien extraído como recurso o producido por la transformación de éste, estuviera acompañado del “costo” invertido por la naturaleza. Este costo debería asociar el bien ofrecido con la forma de reinvertirlo para así minimizar la “huella” que hemos dejado en forma de la deforestación, sobrepesca, invasión y destrucción de humedales, eliminación de biota, contaminación del agua por químicos tóxicos, creación de basura doméstica, industrial o agrícola, para poder hoy responder a la crisis ambiental a la cual nos enfrentamos.

Uno de estos contaminantes como subproducto de la transformación industrial de hidrocarburos y otros elementos son los plásticos, los cuales son el objeto de lo escrito a continuación y que muestra nuestra preocupación en el ámbito mundial.

## I. Microplásticos:

*Cómo empezó la historia.*

En las últimas seis décadas hemos producido 8.352 millones de toneladas de plásticos. La mayor parte ha terminado ahora en vertederos o directamente en nuestro entorno natural. De hecho, sólo el 9% del plástico utilizado hoy en día se recicla. Hasta 12 millones de toneladas de plástico ingresan a nuestros océanos cada año. Esto corresponde a un camión de basura por minuto. Los desechos plásticos en las calles también pueden llegar al océano a través de redes de drenaje o ríos. Estimaciones recientes según nos indican que los principales ríos del mundo transportan millones de toneladas de plástico al mar cada año (Nuestro clima, 2021). Más grave es lo señalado a continuación:

*“los cálculos erróneos sobre el flujo y el volumen de plásticos que acaban en los océanos son el resultado de la falta de perspectiva crítica, de metodologías consensuadas y de directrices comunes en la investigación internacional en este ámbito del conocimiento” ... “los ríos son la fuente principal de los microplásticos que van a parar al océano. Según los cálculos actuales, el microplástico que flota en la superficie oceánica—entre diez y cientos de miles de toneladas métricas por año—sería solo una pequeña fracción de los millones de toneladas métricas descargadas por los ríos” (Weis et al. 2021).*

Es notorio que los materiales sintéticos (polímeros, microplásticos o plásticos) son una de las causas actuales de nuestra contaminación ambiental global. Continentes de plástico flotantes en varios océanos, tortugas que comen bolsas de plástico, ballenas muertas con estómagos de basura plástica son descubrimientos impactantes de los últimos años y han recibido una gran cobertura y atención de los medios de comunicación y gran preocupación de las organizaciones protectoras del ambiente y la fauna acuática.

Los microplásticos se detectaron por primera vez en grandes cantidades en los océanos del Mundo en 2004. Eso dejó algo muy claro: “el plástico en el medio ambiente no solo desaparece. Y no "sólo" con el plástico, sino también con los microplásticos, estamos lidiando con un problema ambiental de enormes proporciones globales.” (Thompson *et al.* 2004).

**II. Definiciones y categorías**

Los microplásticos describen la totalidad de todos los plásticos sintéticos y sus productos, que tienen un tamaño inferior a 5 mm y que se liberan directamente en el medio ambiente o se forman por diferentes procesos en el medio ambiente (Figura 1).

Microplásticos Primarios Tipo A, clasifica y considera los microplásticos como un producto químico. Esta categoría incluye los tipos que se agregan directamente a los productos (por ejemplo, productos de cuidado personal, agentes de limpieza, pinturas, entre otros). Esta proporción ya es

a menudo reemplazada por polímeros solubles en agua (“microplásticos líquidos”).

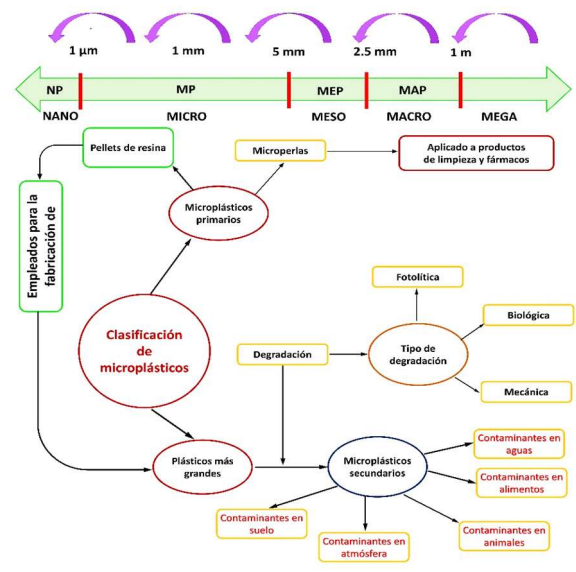


Figura 1. Plásticos: tamaños, definiciones, procesos e impactos. Modificado de Castañeta *et al.* (2020).

Microplásticos Primarios Tipo B, incluye partículas de plástico que se crean durante la producción, uso y procesamiento de productos plásticos y que se liberan directamente (sin desvíos) al medio ambiente como microplásticos.

Los microplásticos secundarios incluyen todas las partículas microplásticas que se forman en el medio ambiente como resultado de la lenta descomposición de grandes piezas de plástico. Esto puede suceder a través de todo tipo de influencias externas, por ejemplo, a través de la influencia de los rayos UV, las bacterias o la fricción (Degradación Fotolítica, Biológica y Mecánica) y resultan en elementos altamente contaminantes y dañinos para la salud ambiental y humana (Castañeta *et al.* 2020).

### III. Microplásticos en el ambiente

*¿cómo llegan al ambiente? Y ¿cómo se distribuyen? y ¿por qué se están convirtiendo en un problema ambiental global?*

En general, se hace una distinción entre rutas de entrada indirectas y directas (Figura 2). Las rutas de entrada indirecta se encuentran cuando los objetos de plástico se descomponen en componentes cada vez más pequeños debido a la radiación UV, la oxidación y / o los efectos mecánicos. En última instancia, millones de partículas microplásticas se crean en nuestros ecosistemas (Lavender-Law y Thompson, 2014). Dependiendo de su composición individual, se distribuyen rápida o lentamente en el agua, el suelo y el aire.

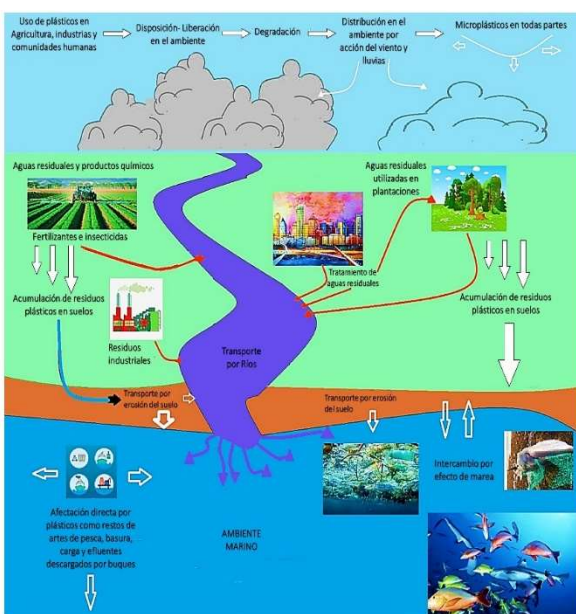


Figura 2. Como se distribuyen y como llegan al ambiente acuático continental y marino los microplásticos (Elaboración propia).

Los microplásticos también pueden llegar directamente al ambiente: a través de la abrasión de neumáticos, fibras textiles

sintéticas que se liberan cuando se lava la ropa, productos de cuidado como peelings que contienen partículas microplásticas. Las aguas residuales industriales son también una de las principales fuentes de insumos (Boucher *et al.* 2017).

La proximidad a zonas densamente pobladas y la gestión inadecuada de los residuos conducen a niveles particularmente altos de contaminación. Las plantas de tratamiento de aguas residuales o la industria del plástico, también son factores de influencia importantes. Además, la contaminación con microplásticos está influenciada por procesos de transporte como el viento, las corrientes de agua, el flujo y reflujo y la escorrentía superficial de la lluvia (Figura 3).

En general, los ecosistemas límnicos están más contaminados con microplásticos que los ecosistemas marinos, ya que los microplásticos pueden distribuirse más ampliamente en el enorme volumen de ecosistemas marinos. En este último, los plásticos y microplásticos se acumulan en los llamados "parches de basura" debido a la conversión de las corrientes oceánicas (Figura 4).

### IV. Microplásticos en ríos y los problemas de salud ambiental.

La mayoría de los esfuerzos en la investigación de microplásticos se han colocado en el medio ambiente marino. Según los informes, menos del 4% de los estudios relacionados con microplásticos están asociados con agua dulce (Jingyi Li *et al.* 2018; Lambert y Wagner, 2018).





Figura 3. La proximidad de grandes metrópolis y carreteras que cruzan ríos representan áreas sensibles a la introducción de contaminantes de origen plástico (Fuente: Google, 2022).



Figura 4. Isla de basura en el Caribe. Fuente: <https://virtualeduca.org/mediacenter/juntos-podemos-derrotar-a-la-contaminacion-marina-en-el-caribe/>.

La información limitada, sin embargo, reveló que la abundancia de microplásticos en las aguas dulces es comparable a la del medio marino (Peng *et al.* 2017; Weis *et al.* 2021) y la distribución es altamente heterogénea (Klein *et al.* 2018).

Los valores medios/promediados de la abundancia de microplásticos en los sistemas de agua dulce variaron mucho de casi ninguno a varios millones de piezas por metro cúbico. Esta diferencia significativa es el resultado de factores clave como las ubicaciones de muestreo, las actividades humanas, las condiciones naturales inherentes y los enfoques de muestreo (Jingyi Li *et al.* 2018; Eerkes-Medrano *et al.* 2015; Weis *et al.* 2021).

Muchas fuentes terrestres aportan los microplásticos. Entre ellos, el tratamiento de aguas residuales es una de las fuentes dominantes de microplásticos (Magnusson y Nor, 2014; Talvitie, 2014; Estahbanati y Fahrenfeld, 2016; Murphy *et al.* 2016; Dyachenko *et al.* 2017; Mintenig *et al.* 2017). Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) pueden eliminar hasta el 95% de los microplásticos (Talvitie, 2014; Talvitie *et al.* 2017) y el tratamiento terciario pueden tener una eficiencia de eliminación del 90% de partículas finas de tamaño superior a 10 mm (Wardrop *et al.* 2016).

Como un ejemplo práctico del problema datos publicados que estiman la cantidad de microperlas descargadas en las vías fluviales de los Estados Unidos llegaron a la conclusión conservadora de que 8-13 mil millones de estas partículas (piezas) por día

(Rochman *et al.* 2015; Magnusson y Nor, 2014; Martin y Eizhvertina, 2014 Mason *et al.* 2016). Dado que el alto volumen de aguas residuales tratadas y no tratadas se liberan mundialmente, y sólo el 60% de las aguas residuales municipales se tratan (Mateo-Sagasta *et al.* 2015), una gran cantidad de microplásticos ingresaría al ambiente a través de las descargas de las PTAR. Además, otro problema significativo es la evidencia que, en nuestros países en desarrollo, las plantas de tratamiento en muchos casos son anticuadas, trabajan con poca eficiencia o simplemente no existen (IANAS 2015, 2019). Además, otras fuentes como la escorrentía superficial, la lluvia atmosférica (Dris *et al.* 2016) y la eliminación directa de residuos (descargas de basura en los lechos de ríos) contribuyen al aumento del flujo de microplásticos hacia el medio ambiente acuoso.

Finalmente, otra información preocupante es la reseñada por Orb Media (2017), una organización periodística sin fines de lucro, que publicó un informe en el cual afirma la presencia de microplásticos en el agua potable. Esta investigación transfronteriza analizó 159 muestras de agua potable de los cinco continentes y descubrió que el 83% de ellas estaban contaminados con pequeños desechos plásticos. La amenaza latente es que los microplásticos podrían ingresar directamente a los cuerpos humanos, si esta exposición es permanente y a largo plazo (Wookbond *et al.* 2021). Así, estos hallazgos desencadenarían preocupaciones públicas sobre la seguridad del agua potable y los alimentos.

## V. ¿Qué tan peligroso son los microplásticos?

Hay una acalorada discusión e investigación sobre cuán peligrosos son los microplásticos para los humanos, los animales y el medio ambiente. Principalmente debido a su pequeño tamaño ( $\leq 5$  mm), los microplásticos representan una amenaza para los animales y el medio ambiente, ya que son accesibles para muchos organismos y se mantienen y se comen como alimento, por ejemplo.

Además, cada partícula microplástica tiene una composición individual debido a procesos previos de producción, uso y desintegración. Los microcontaminantes extremadamente dañinos, como los residuos de plastificantes, metales pesados, PFOS o productos farmacéuticos, pueden adherirse a los microplásticos. Esto aumenta el riesgo de daño físico y toxicológico a organismos y ecosistemas causado por microplásticos (Lavender-Law y Thompson, 2014) (Tabla 1). Los microplásticos también se transportan o acumulan dentro de la cadena alimentaria (Figura 5). También entran en el cuerpo humano (FAO, 2016). Actualmente no se puede prever la naturaleza de las consecuencias para la salud humana y cuán perjudicial será en última instancia.

Tabla 1. Algunos elementos y compuestos de los microplásticos sugeridos como amenazas para la salud. Fuentes en Anexo 1.

<b>Polímero Monómero</b>	<b>Nombre</b>	<b>Uso Común</b>	<b>Posible Riesgo</b>
PS	Estireno	Envases	Cancerígeno, neurotóxico, genotóxico
PET	Ácido Ptereftálico Etilenglicol	Botellas, empaques, ropas	Acidosis urinaria, eliminación acelerada de electrolitos, hipercalcemia
PVC	Cloruro de Vinilo Plásticos de vinilo	Plásticos de vinilo, Películas, tuberías	Cancerígeno, obstrucción respiratoria
PLA	Ácido Láctico	Implantes médicos, Uso cosmético	Cancerígeno, enfermedades genéticas
PMMA	Metacrilato o Metilo	Ventanas plástico	Irritación cutánea, daño endotelial o corneal debido a contacto directo
UF	Urea-Formaldehído	Interruptores eléctricos, recipientes, pantallas	Dermatitis, prurito, asma
PU	Diol-diisocianato	Fibras elásticas	Intoxicaciones por CO <sub>2</sub> y HCN producidos en la descomposición térmica
PP	Propileno	Juguetes, equipos, Partes automotores	Citotoxicidad a dosis altas, aumento de liberación de histaminas
PTFE	Tera-fluoretileno	Recubrimiento sartenes	Astenia, parestesia, cancerígeno, resistencia a Insulina, obesidad, hipotiroidismo





Figura 5. Ruta de los microplásticos y bioacumulación a través de la cadena trófica. Elaboración propia.

## VI. Microplásticos, ambiente y fauna silvestre

En 1970, Edward Carpenter, investigador del prestigioso Instituto Oceanográfico Woods Hole (EE.UU.), advertía sobre los posibles efectos de la contaminación por plástico. Cinco décadas después, estas predicciones no sólo resultan correctas, sino que la situación a la que hemos llegado es peor de lo que se esperaba (Figura 6). Tanto, que la era actual podría denominarse “La Era del Plástico”.

Una de las consecuencias de esta era es la contaminación por microplástico en los ríos y océanos, que está tomando gran trascendencia en los últimos años debido al considerable aumento en los niveles detectados y la formación de islas gigantescas de este material en el océano.



Figura 6. Microplásticos son amenaza para la vida silvestre y para los ecosistemas acuáticos continentales y marinos. Ejemplar de tortuga boba (*Caretta caretta*) enmallado en fibras de nylon procedentes de restos de aparejos de pesca en aguas de Canarias (foto de Teo Lucas). Detalle de los microplásticos en la playa de Famara, Lanzarote. Fuente: Herrera *et al.* (2017).

## VII. Microplásticos en peces y otros organismos acuáticos.

Pocas investigaciones se han realizado para la detección de plástico en peces. Sin embargo, datos provenientes de Lusher *et al.* (2017); FAO (2019) y Phillip (2014) indican que este es un problema generalizado y grave. En una muestra aleatoria de 755 peces examinados, 20% presentó plástico en su estómago. En la mayoría se encontró al menos una pieza en su contenido estomacal, pero hubo casos en los que se encontró hasta 45 piezas en un mismo pez (Figuras 7 y 8). Phillip (2014) nos da información del problema a nivel de cuencas hidrográficas del estado de Texas en el Golfo de México indicando que el 58-59% de las especies de agua dulce y marinas colectadas y estudiadas contenían microplásticos de varias formas.



Figura. 7. Microplásticos en peces. Fuente: Greenpeace (2021).

Por otro lado, la ingestión de microplásticos se puede encontrar en casi todos los niveles tróficos, como zooplancton (Cole *et al.* 2013), gusanos marinos (Wright *et al.* 2013 a y b), mejillón (von Moos *et al.* 2012), ostra (Sussarellu *et al.* 2016), peces (Rochman *et al.* 2013; 2017), tortugas marinas (Bugoni *et al.* 2001), delfines (Denuncio *et al.* 2011), ballenas (Walker y Coe, 1989) y aves marinas (Derraik, 2002).

Los impactos químicos y biológicos juegan un papel clave. En conclusión, los estudios han revelado el tipo de amenaza que los microplásticos representan para las criaturas acuáticas. Esto ha incluido el debilitamiento de las capacidades adhesivas de los músculos, el deterioro de la capacidad cognitiva y la causa de aneurismas y cambios reproductivos. Han aparecido en las entrañas de las tortugas marinas de todo

el mundo, y han sido descubiertos en el excremento de focas como evidencia de que viajan por la cadena alimentaria. La investigación también ha demostrado que pueden alterar la forma de las células pulmonares humanas (Lavars, 2021; Wookbond *et al.* 2021).

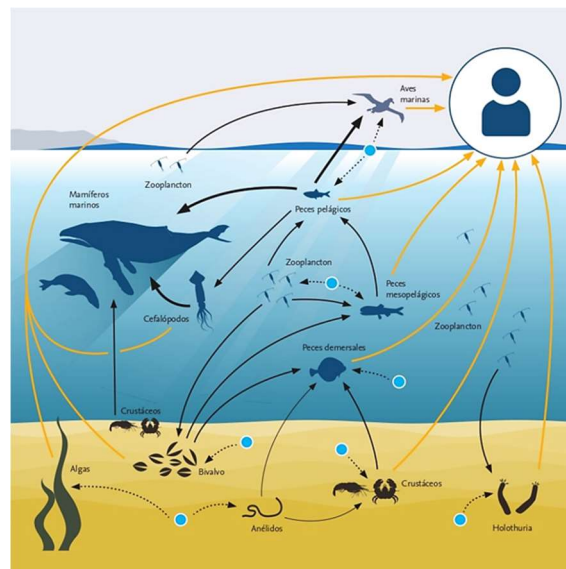


Figura 8. Impacto en el comercio y la alimentación. Fuentes: Lusher *et al.* (2017); FAO (2019).

Después de la ingestión, los microplásticos causan efectos de toxicidad a los seres humanos y los organismos vivos a través de varias vías y mecanismos. Los compuestos poliméricos utilizados en la producción de

plásticos, los aditivos como los iones de cobre utilizados durante la producción de plásticos son tóxicos. Más importante aún, varias toxinas en las aguas que inicialmente se absorben en microplásticos pueden ser posteriormente desorbidas dentro de los cuerpos humanos y animales.

En el caso particular de datos experimentales en peces se han realizado en larvas y adultos de “peces cebra” (*Danio rerio* sp.). (Lu *et al.* 2016; Chen *et al.* 2017; Sleight *et al.* 2017; Lei *et al.* 2018). Estos estudios mostraron que los microplásticos que se ingirieron por primera vez, se acumularon y en consecuencia, causaron alteraciones en la locomoción, daño intestinal y cambio en los perfiles metabólicos.

Los microplásticos en los peces que habitan en ríos, lagos y océanos podrían afectar la economía local e incluso el comercio internacional; también es un riesgo potencial para la salud humana, pero, principalmente son una amenaza cotidiana para los ecosistemas dulceacuícolas y marinos; es decir, para el hogar de millones de especies.

La toxicidad de varios aditivos y contaminantes asociados con los microplásticos que se pueden encontrar en mariscos y otros invertebrados acuáticos de consumo humano está bien establecida, y se conoce el riesgo para la salud humana ligado al consumo de pescado y productos de acuicultura como poco significativo. Sin embargo, no se han evaluado las toxicidades de otros elementos como los monómeros y polímeros más comunes de plástico ni de

algunos aditivos plásticos que aparecen comunes en mariscos (Lusher *et al.* 2017; FAO, 2019) (Tabla 2).

El tamaño de los microplásticos es un factor esencial porque condiciona su capacidad para atravesar la membrana celular del sistema digestivo e infiltrarse en el torrente sanguíneo animales y humanos. En este sentido, los microplásticos tienen poca o ninguna capacidad, mientras que los nanoplásticos podrían atravesar la membrana celular resultando en exposición interna. Aunque las microfibras pueden ser relativamente largas, su forma o proporción podría permitirles penetrar membranas celulares (Hann *et al.* 2018).

Sin embargo, no existen actualmente métodos para detectar y cuantificar nanoplásticos en organismos acuáticos y en humanos. Los estudios sobre dinámicas e impactos de estos elementos serían relevantes tanto desde el punto de vista ecológico como el de la salud humana. No obstante, en trabajos recientes (Wookbond *et al.* 2021) demostraron que los microplásticos podían penetrar la barrera hematoencefálica en ratones. Una vez en el cerebro, los científicos descubrieron que las partículas se acumulaban en las células microgliales, que son clave para el mantenimiento saludable del sistema nervioso central, y esto tuvo un impacto significativo en su capacidad de proliferación. Esto se debió a que las células microgliales “vieron” las partículas de plástico como una amenaza, causando cambios en su morfología y, en última instancia, conduciendo a la apoptosis, o muerte celular programada.

Tabla 2. Algunas regulaciones, concentraciones y fuentes en algunos compuestos microplásticos.

Componente	Concentración ng/gr	Fuentes	Microplásticos
PCB No análogos a las Dioxinas	2940	Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria, 2012 Comité Mixto FAO/OMS. Expertos alimentarios, 2006	Aditivos
HAP-s	44800	Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria, 2012 Comité Mixto FAO/OMS. Expertos alimentarios, 2008	Aditivos
DDT	2100	Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria, 2012 Comité Mixto FAO/OMS. Expertos alimentarios, 2011	Aditivos
Aditivos/Monómeros Bisfenol A	200	Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria, 2015 Comité Mixto FAO/OMS. Expertos alimentarios, 2006	Aditivos
Difenilo policlorado	50	Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria, 2011 Comité Mixto FAO/OMS. Expertos alimentarios, 2006	Aditivos
NF Nonilfenol	2500	Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria, 2012 Comité Mixto FAO/OMS. Expertos alimentarios, 2006	Aditivos
OF Octilfenol	50	Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria, 2012 Comité Mixto FAO/OMS. Expertos alimentarios, 2006	Aditivos

### III. Posición de los organismos internacionales y algunos países: situación normativa actual (Anexo 2)

#### *Organización de las Naciones Unidas (ONU)*

La ONU y el Medio ambiente (United Nations Environment Programme): Produjo estudios, guías y recomendaciones para afrontar el problema y prevenir sus consecuencias, principalmente en el entorno

marino. Las guías de 2015 y 2016 se centran en los residuos plásticos, describiendo la problemática y los posibles abordajes para la investigación y las políticas medioambientales. También destacan dos informes publicados por GESAMP (Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection) sobre el origen y efecto de los microplásticos en el entorno marino.



*Unión Europea (UE)*

La Comisión Europea publicó la comunicación: A European Strategy for Plastics in a Circular Economy en la cual plantea las directrices y prioridades que deben ser adoptadas a las políticas medioambientales de cada estado miembro. En estas se contempla un apartado específico sobre los microplásticos, describiendo su problemática y proponiendo acciones para disminuir su impacto en el medio ambiente. Entre otras medidas, recomendaba la mejora del tratamiento de las aguas residuales. Por otro lado, también destaca la necesidad de VIGILAR los microplásticos en el agua de consumo humano debido a su potencial efecto sobre la salud (Tabla 3 en anexos).

*Países*

Países como Estados Unidos, Canadá, Australia o Japón, también consideran los microplásticos como un riesgo emergente. Sus respectivas agencias o ministerios con competencias medioambientales han publicado informes y guías al respecto, donde se destaca el impacto presente y futuro.

1. Estados Unidos, establece la Regulación Nacional Primaria del Agua Potable en la cual se incluyen los parámetros a controlar en sistemas públicos de agua. Además, la Norma de monitorización de contaminantes no regulados, en estas se contempla la recogida de 30 contaminantes distintos cada cinco años. La EPA desarrolló una línea de investigación denominada Agua libre de Basura (Trash-free Waters) que confirmó la presencia extensiva de plásticos en el medio acuático y le atribuyó un potencial tóxico

por su persistencia y por su capacidad adsorbente de sustancias tóxicas, persistentes y bioacumulativas (TPBs), las cuales tienen naturaleza hidrofóbica.

2. Canadá, legisló contra la presencia de microesferas en los cosméticos y en los productos de limpieza como una amenaza medioambiental. Ha prohibido la venta o importación de productos que las contuvieran y aplicó para ello el Reglamento sobre Microesferas en Productos de Aseo Microbeads Toiletries Regulations.

3. Australia, desde el departamento de Medio Ambiente y Energía (Department of Environment and Energy) impulsa el trabajo conjunto con la industria y las administraciones centrales y regionales, para asegurar la eliminación voluntaria de las microesferas en la formulación de cosméticos y en productos de higiene personal.

4. Japón, en el Ministerio de Medio Ambiente trata el problema del desecho marino de microplásticos como un problema de sensibilización global. Se urgió a tomar medidas para reducir la cantidad de plásticos en el medio marino, mediante un abordaje armonizado.

**IX. Programas de Reciclaje y educación en algunos países**

*¿Qué podemos hacer con la basura plástica? ¿el reciclaje es viable?*

Gran cantidad de industrias en numerosos países se han originado y desarrollado para incorporarse en la captura, procesamiento y fabricación de material plástico reciclado.



La venta de “basura plástica” que funciona desde finales del siglo pasado y comienzos del siglo XXI es un negocio aceptable, al menos para algunos países en desarrollo.

En estas actividades se han desarrollado igualmente ciertas normativas dada la variedad de piezas y su composición química. Así, en la mayoría de los países se han desarrollado mecanismos de separación y clasificación “plantas de reciclaje o recuperación de material plástico” (MRF, Material Recovering Facility o Material Recycling Facility por siglas en inglés) (Figura 9) que permiten incluir científicos y técnicos para clasificar el material y desarrollar los diferentes procesos para modificar en forma correcta la “basura plástica” que sería la materia prima para elaborar artículos reformados y utilizables.

Para que esto funcione adecuadamente es necesario:

1. Cadena de suministro activa para la recolección (industrial y doméstica), la clasificación, el reciclaje y los mercados finales.
2. Normativa local, regional y nacional para confirmar que cada artículo puede recogerse, enviarse o almacenarse de forma segura.
3. Reciclabilidad técnica. Evaluación del material aceptado para determinar de qué manera se debe clasificar (por tamaños, la separación gravimétrica (hundido/flotante), la óptica, la densidad del aire, la gravedad, la magnética y muchas más), para procesar y convertir el material

en una materia prima utilizable para la fabricación de productos reciclados.



Figura 9. Planta de reciclaje o recuperación de “basura plástica” y preparación para distribución y almacenaje (Marathon Recycling Systems). Fuente: <https://www.marathonequipment.com/products/recycling-products/mrf-systems>.

4. Reciclabilidad práctica: se debe apoyar en factores del mundo real (contaminación, proveedores, equipos mercados) para confirmar que se posee un material viable y práctico de mercado. Por ejemplo: el caucho se somete a molienda criogénica para congelarlo y, a continuación, se reduce a un estado de polvo para aplicaciones de pavimento o los

plásticos presentan un tamaño más reducido, se funden y adoptan la forma de gránulos (perlas), escamas o polvo.

5. Compartir innovaciones tecnológicas en el área para mantener las capacidades.

El material preparado industrialmente se destina a diferentes industrias para su procesamiento posterior. Entre estos productos finales se incluyen muebles y cubiertas exteriores, paletas de transporte de plástico, regaderas, recipientes y contenedores de almacenamiento, tubos para aplicaciones de construcción, baldosas para el suelo, cubiertas de superficies de parques infantiles y campos deportivos, y mucho más completando de esta manera el ciclo de recuperación y uso.

No podemos culminar esta sección sin incorporar la necesidad que este proceso clama. No es posible reciclar material de cualquier tipo si no existe una población educada para este fin. El programa será exitoso en la medida que se facilite la recolección y almacenamiento de la “basura” reciclable. Muchos países han desarrollado estos programas y su implementación mediante acciones locales: comunidades, pueblos, regiones integradas donde se estimula el reciclaje (Figura 10).

### X. Conclusiones y recomendaciones

Este breve ensayo no puede concluir sin algunas recomendaciones. Creemos que lo más importante es la normalización y regulación de la actividad de forma de constituirse en un plan cotidiano una costumbre que pase de generación en



Figura 10. Algunos programas de educación y reciclaje en países de América Latina.

Fuente:

<https://www.animalpolitico.com/2019/09/reciclar-eliminar-plastico/>

generación. Pero además dados los avances tecnológicos y la producción de numerosas innovaciones, deberemos estar preparados para enfrentar nuevos retos. Así, debemos contemplar y regular:

- La contaminación plástica (mega, micro o nano) es una tendencia creciente mundial que no puede más que aumentar el estrés ambiental al cual se enfrentan los organismos principalmente acuáticos incluyendo estos considerados recursos pesqueros o acuícolas. Por lo tanto, es imperativo aumentar la conciencia pública y encontrar soluciones adecuadas para limitar las fuentes y las descargas de microplásticos en el medio ambiente natural. Eliminar las fuentes requiere un esfuerzo colectivo (consumo, industria, transporte, basura, aguas residuales, entre otros).

- La evaluación, comunicación y gestión de riesgos de estos elementos en organismos acuáticos continentales y marinos deben estar bien dirigidos y ser rentables para poder proporcionar resultados fiables en contextos variados, teniendo en cuenta el nivel de contaminación y los modelos locales de consumo.
- La educación de la población a todo nivel es importante ya que su incorporación a la actividad de recolección es necesaria y garantizaría el éxito de la operación
- Dadas las numerosas lagunas de datos de información existentes especialmente en países en desarrollo existe una necesidad urgente de desarrollo de las capacidades de monitoreo e investigación para mejorar el conocimiento de este factor impactante. Esto incluye desde el origen y extensión ambiental hasta el consumo de alimentos y sus efectos sobre la salud.

## Referencias

- Boucher, J., and Friot D. 2017. Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources. Gland, Switzerland: IUCN. 43pp.
- Bugoni, L., Krause, L.g., Virgínia Petry, M. 2001. Marine debris and human impacts on sea turtles in Southern Brazil. *Mar. Pollut. Bull.* 42 (12): 1330-1334.
- Castañeta, G., A. F. Gutiérrez, F. Nacaratte y C. A. Manzano. 2020. Microplásticos: un contaminante que crece en todas las esferas ambientales, sus características y posibles riesgos para la salud pública por su exposición. *Revista Boliviana de Química*, Vol. 37, No.3:160-175.
- Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J., Galloway, T.S. 2013. Microplastic ingestion by zooplankton. *Environ. Sci. Technol.*, 47 (12): 6646-6655.
- Chen, Q., Gundlach, M., Yang, S., Jiang, J., Velki, M., Yin, D., Hollert, H. 2017. Quantitative investigation of the mechanisms of microplastics and nanoplastics toward zebrafish larvae locomotor activity. *Sci. Total Environ.*: 584-585 (Supplement C): 1022-1031.
- Denuncio, P., Bastida, R., Dassis, M., Giardino, G., Gerpe, M., Rodríguez, D. 2011. Plastic ingestion in Franciscana dolphins, *Pontoporiablainvillei* (Gervais and d'Orbigny, 1844), from Argentina. *Mar. Pollut. Bull.*, 62 (8): 1836-1841.
- Derraik, J.G.B. 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Mar. Pollut. Bull.*, 44 (9): 842-852.
- Dris, R., Gasperi, J., Saad, M., Mirande, C., Tassin, B. 2016. Synthetic fibers in atmospheric fallout: a source of microplastics in the environment? *Mar. Pollut.Bull.* 104 (1): 290-293.
- Dyachenko, A., Mitchell, J., Arsem, N. 2017. Extraction and identification of microplastic particles from secondary wastewater treatment plant (WWTP) effluent. *Anal. Methods* 9 (9): 1412-1418.

- Eerkes-Medrano, D., Thompson, R.C., Aldridge, D.C. 2015. Microplastics in freshwater systems: a review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritization of research needs. *Water Res.* 75: 63-82.
- Estahbanati, S., Fahrenfeld, N.L., 2016. Influence of wastewater treatment plant discharges on microplastic concentrations in surface water. *Chemosphere* 162: 277-284.
- FAO. 2016. The impact of microplastics on food safety: the case of fishery and aquaculture products <https://www.fao.org/in-action/globefish/fisheryinformation/resource-detail/en/c/1046435/>.
- FAO. 2019. Los microplásticos en los sectores de pesca y acuicultura. ¿Qué sabemos? ¿Debemos preocuparnos? <https://www.fao.org/3/ca3540es/ca3540es.pdf>.
- Hann, S., C. Sherrington, P. Kershaw, O. Jamieson, A. Bapasola, G. Cole and M. Hickman. 2018. Investigating options for reducing releases in the aquatic environment of microplastics emitted by (but not intentionally added in) products. Final Report. Report for DG Environment of the European Commission. *Eunomia*, ICF. 321p.
- Herrera, A., Ana Liria, P. Ostiategui y M. Gómez. 2017. Los microplásticos amenazas de los sistemas marinos. *Okeanos*, Julio-Diciembre: 12-17.
- IANAS. 2015. Desafíos del Agua Urbana en las Américas. Perspectivas de las Academias de Ciencias. México: Inter-American Network of Academies of Sciences (IANAS)–Programa de Aguas, con apoyo de IHP-UNESCO.
- IANAS. 2019. Calidad del Agua en las Américas: Riesgos y Oportunidades. Inter-American Network of Academies of Sciences (IANAS)–Programa de Aguas, con apoyo de IHP-UNESCO.
- Jingyi Li, Huihui Liu, J. Paul Chen. 2018. Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection. *Water Research*, 137:362-374.
- Johnston, K. 2018. Legacies of War: How the Commercialization of Plastics in the United States Contribute to Cycles of Violence.
- Klein, S., Dimzon, I.K., Eubeler, J., Knepper, T.P. 2018. *Freshwater Microplastics*. Springer: 51-67.
- Lambert, S., Wagner, M. 2018. *Freshwater Microplastics*. Springer: 1-23.
- Lavars, N. 2021. Mouse study shows microplastics infiltrate blood brain barrier. *Environment. New Atlas*. En: [https://newatlas.com/environment/microplastics-blood-brain-barrier/?utm\\_source=New+Atlas+Subscribers&utm\\_campaign=ad63852e83-EMAIL\\_CAMPAIGN\\_2021\\_11\\_26\\_06\\_53&utm\\_medium=email&utm\\_term=0\\_65b67362bd-ad63852e83-91114337](https://newatlas.com/environment/microplastics-blood-brain-barrier/?utm_source=New+Atlas+Subscribers&utm_campaign=ad63852e83-EMAIL_CAMPAIGN_2021_11_26_06_53&utm_medium=email&utm_term=0_65b67362bd-ad63852e83-91114337).



- Lavender-Law, K., and R.C. Thompson. 2014. Oceans: Microplastics in the seas. DOI: 10.1126/science.1254065.
- Lei, L., Wu, S., Lu, S., Liu, M., Song, Y., Fu, Z., Shi, H., Raley-Susman, K.M., He, D. 2018. Microplastic particles cause intestinal damage and other adverse effects in zebrafish *Danio rerio* and nematode *Caenorhabditis elegans*. *Sci. Total Environ.*: 619-620 (Supplement C): 1-8.
- Lusher, A. L., Hollman, P. C.H. and Mendoza-Hill, J.J. 2017. Microplastics in fisheries and Aquaculture: status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety. *Fao Fisheries and Aquaculture Technical Papers*. No. 615. Fao Rome.
- Magnusson, K., Noren, F. 2014. Screening of Microplastic Particles in and Downstream a Wastewater Treatment Plant, p. 22.
- Martin, C., Eizhvertina, O. 2014. Quantitative Analysis of Microplastics in WWTP Effluent in the Niagara Region. Niagara College Canada, Niagara-on-the-Lake, Canada.
- Mason, S.A., Garneau, D., Sutton, R., Chu, Y., Ehmann, K., Barnes, J., Fink, P., Papazissimos, D., Rogers, D.L. 2016. Microplastic pollution is widely detected in US municipal wastewater treatment plant effluent. *Environ. Pollut.*, 218: 1045-1054.
- Mateo-Sagasta, J., Raschid-Sally, L., Thebo, A. 2015. In: Drechsel, P., Qadir, M., Wichelns, D. (Eds.), *Wastewater: Economic Asset in an Urbanizing World*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 15-38.
- Mintenig, S.M., Int-Veen, I., Loder, M.G., Primpke, S., Gerdts, G. 2017. Identification of microplastic in effluents of waste water treatment plants using focal plane array-based micro-Fourier-transform infrared imaging. *Water Research*, 108: 365-372.
- Murphy, F., Ewins, C., Carbonnier, F., Quinn, B. 2016. Wastewater treatment Works (WwTW) as a source of microplastics in the aquatic environment. *Environ. Sci. Technol.*, 50 (11): 5800-5808.
- Nuestroclima. 2021. Gran carga de materiales plásticos vertidos por los ríos a los océanos. <https://nuestroclima.com/gran-carga-de-materiales-plasticos-vertidos-por-los-rios-a-los-oceanos/> Acceso Dic. 2021.
- Orb-Media. 2017. In: Tyree, C., Morrison, D. (Eds.), *Invisible-the Particles inside Us*.
- Peng, J., Wang, J., Cai, L. 2017. Current understanding of microplastics in the environment: occurrence, fate, risks, and what we should do. *Integrated Environ. Assess. Manag.* 13 (3): 476-482.
- Phillip M. 2014. The occurrence and amount of microplastics ingested by fishes in the watershed of the Gulf of Mexico. MsC. Thesis. Texas State University. 25p.
- Reyes-Bonilla, H. Greenpeace, Álvarez-Philip, L., Pérez-España, H., Santillo, D. 2021. Study on the Impact of microplastics pollution in Mexican fish. Executive Summary. Greenpeace. En: <https://www.>



- biologicaldiversity.org/campaigns/ocean\_plastics/pdfs/English-Summary-study-on-fish.pdf.
- Rochman, C.M. 2015. In: Bergmann, M., Gutow, L., Klages, M. (Eds.), *Marine Anthropogenic Litter*. Springer International Publishing, Cham: 117-140.
- Rochman, C.M., Hoh, E., Kurobe, T., Teh, S.J. 2013. Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. *Sci. Rep.* 3: 3263.
- Rochman, C.M., Parnis, J.M., Browne, M.A., Serrato, S., Reiner, E.J., Robson, M., Young, T., Diamond, M.L., Teh, S.J. 2017. Direct and indirect effects of different types of microplastics on freshwater prey (*Corbicula fluminea*) and their predator (*Acipenser transmontanus*). *PLoS One* 12 (11) e0187664.
- Sleight, V.A., Bakir, A., Thompson, R.C., Henry, T.B. 2017. Assessment of microplasticsorbed contaminant bioavailability through analysis of biomarker gene expression in larval zebrafish. *Mar. Pollut. Bull.*, 116 (1): 291-297.
- Sussarellu, R., Suquet, M., Thomas, Y., Lambert, C., Fabioux, C., Pernet, M.E.J., Le Goïc, N., Quillien, V., Mingant, C., Epelboin, Y., Corporeau, C., Guyomarch, J., Robbens, J., Paul-Pont, I., Soudant, P., Huvet, A. 2016. Oyster reproduction is affected by exposure to polystyrene microplastics. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 113 (9): 2430-2435.
- Talvitie, J.H.M. 2014. Preliminary Study on Synthetic Microfibers and Particles at a Municipal Waste Water Treatment Plant, Helsinki.
- Talvitie, J., Mikola, A., Setälä, O., Heinonen, M., Koistinen, A. 2017. How well is microlitter purified from wastewater? - A detailed study on the stepwise removal of microlitter in a tertiary level wastewater treatment plant. *Water Res.*, 109: 164-172.
- Thompson, R.C., Moore, C.J., vom Saal, F.S., Swan, S.H. 2009. Plastics, the environment, and human health: current consensus and future trends. *Philos. Trans. R.Soc. Lond. B Biol. Sci.* 364 (1526): 2153-2166.
- Von Moos, N., Burkhardt-Holm, P., Köhler, A. 2012. Uptake and effects of microplastics on Cells and tissue of the Blue Mussel *Mytilus edulis* L. after an experimental exposure. *Environ. Sci. Technol.*, 46 (20): 11327-11335.
- Walker, W.A., Coe, J.M. 1989. Survey of Marine Debris Ingestion by Odontocete cetaceans, pp. 2e7.
- Walker, S.; Rothman, R. 2020. Life cycle assessment of bio-based and fossil-based plastic: A review. *Journal of Cleaner Production*, 261, 121158.
- Wardrop, D., Bott, C., Criddle, C., Hale, R., McDevitt, J., Morse, M., Rochman, C. 2016. Technical Review of Microbeads/Microplastics in the Chesapeake Bay. STAC.

Weiss, L., Ludwig, W., Heussner, S., Canals, M., Ghiglione, J. F., Estournel, C., Constant, M. and Kerhervé, P. 2021. The missing ocean plastic sink: gone with the rivers. *Science*, Doi:10.1126/science.abe0290.

Wookbong, K., Daehwan, K., Hee-Yeon, K., Sang W.J.G., Se-Guen L., Hyun-Chul K., Young-Jae L., Mi-Kyung K., Jun-Seong H., Jee-Eun H., Jin-Kyu P., Sung-Jun L., and Seong-Kyoon C. 2021. Microglial phagocytosis of polystyrene microplastics results in immune alteration and apoptosis in vitro and in vivo. *Science of the Total Environment*. Vol. 807, part. 2. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150817>.

Wright, S.L., Rowe, D., Thompson, R.C., Galloway, T.S. 2013a. Microplastic ingestion decreases energy reserves in marine worms. *Curr. Biol.*, 23 (23): R1031-R1033.

Wright, S.L., Thompson, R.C., Galloway, T.S. 2013b. The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environ. Pollut.* 178.

Weiss, L.; Ludwig, W.; Heussner, S.; Canals, M.; Ghiglione, J. F.; Estournel, C.; Constant, M.; Kerhervé, P. «The missing ocean plastic sink: gone with the rivers». *Science*, julio de 2021. Doi:10.1126/science.abe0290.

**Anexo 1.** Fuentes utilizadas para la elaboración de la Tabla 1.

Bach, C., Dauchy, X., Chagnon, M. C., & Etienne, S. 2012. Chemical compounds and toxicological assessments of drinking water stored in polyethylene terephthalate (PET) bottles: A source of controversy reviewed. *Water Research*, 46(3): 571-583.

Ball, G., McLellan, C., & Bhat, V. 2012. Toxicologic review and oral risk assessment of terephthalic acid (TPA) and its esters: A category approach. *Critical Reviews in Toxicology*, 42(1): 28-67.

Boyero, L., López-Rojo, N., Bosch, J., Alonso, A., Correa-Araneda, F., Pérez, J. 2020. Microplastics impair amphibian survival, body condition and function, *Chemosphere*, 244, 125500.

Harris, J. C., Rumack, B. H., & Aldrich, F. D. 1981. Toxicology of Urea Formaldehyde and Polyurethane Foam Insulation. *The Journal of the American Medical Association*, 245(3): 243-246.

Huff, J., Infante, P.F. 2011. Styrene exposure and risk of cancer. *Mutagenesis*, 26(5): 583-584.

Hwang, J., Choi, D., Han, S., Choi, J., Hong, J. 2019. An assessment of the toxicity of polypropylene microplastic in human derived cells. *Sci. Total Environ.*, 684: 657-669.

Kik, K., Bukowska, B., Sicińska, P. 2020. Polystyrene nanoparticles: Sources, occurrence in the environment, distribution in tissues, accumulation, and toxicity to various organism. *Environmental Pollution*, 262, 114297.

Levin, B. C., Paabo, M., & Bailey, C. S. 1987. Toxicity of the combustion products from a flexible polyurethane foam and a polyester fabric evaluated separately and together by the NSB toxicity test method. *Center for Fire Research*, 11(1): 1111-1122.

Newhook, R., Meek, M.E., Savard, S., Caldwell, I., Dormer, W. 2008. Styrene: Evaluation of risks to health from environmental exposure in Canada. *Journal of Environmental Science and Health, Part C*, 12(2): 453-471.

Werner, L. P., Legeais, J. M., Durand, J., Savoldelli, M., Legeay, G., & Renard, G. 1997. Endothelial damage caused by uncoated and fluorocarbon-coated poly (methyl methacrylate) intraocular lenses, J. *Cataract. Refract. Surg.*, 23(7): 1013-1019.

Xiao, L., Wang, B., Yang, G., & Gauthier, M. 2012. Poly (Lactic Acid)-Based Biomaterials: Synthesis, Modification and Applications. *Biomedical Science*, 11: 247-282.

**Anexo 2.** Algunos trabajos y programas ambientales dirigidos al control y manejo de los microplásticos en el ambiente. Elaboración propia.

United Nations Environment Programme (UNEP). *Marine plastic debris and microplastics - Global lessons and research to inspire action and guide policy change.* 2016. Disponible en: <https://www.unenvironment.org/es/node/1527>.

United Nations Environment Programme (UNEP) *Biodegradable Plastics and Marine Litter. Misconceptions, concerns and impacts on marine environments.* 2015. Disponible en: <https://www.wedocs.unep.org>.

European Chemicals Agency (ECHA). *Note on substance identification and the potential scope of a restriction on uses of microplastics.* 2018. Disponible en: [https://echa.europa.eu/documents/10162/13641/note\\_on\\_substance\\_identification\\_potential\\_scope\\_en.pdf](https://echa.europa.eu/documents/10162/13641/note_on_substance_identification_potential_scope_en.pdf) [ Links ].

GESAMP (2015). *Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment* (Kershaw, PJ, ed.). (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UN DP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). *Rep Stud GESAMP 2015; No 90*, p. 96.

GESAMP. *Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment"* (Kershaw, PJ, and Rochman, CM, eds). (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UN DP Joint Group of Experts on the Scientific

Aspects of Marine Environmental Protection). Rep Stud GESAMP 2016; No 93, p. 220.

Workshop on the Environmentally Sound Management of Plastic Wastes for the prevention of marine litter and plastic pollution. 2019. Disponible en: <http://www.basel.int/Implementation/MarinePlasticLitterandMicroplastics/WorkshopSpainApr2019/tabid/7944/Default.aspx>.

WHO Regional Office for Europe. Support to the revision of Annex I Council Directive 98/83/EC on the Quality of Water Intended for Human Consumption (Drinking Water Directive) Recommendations. 2017. Disponible en: [https://www.ec.europa.eu/environment/water/water-drink/pdf/WHO\\_parameterreport.pdf](https://www.ec.europa.eu/environment/water/water-drink/pdf/WHO_parameterreport.pdf).

European Commission. A European Strategy for Plastics in a Circular Economy. 2018. Disponible en: <https://www.ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/plastics-strategy.pdf>.

European Commission. Single-use plastics: Commission welcomes ambitious agreement on new rules to reduce marine litter. 2018. Disponible en: [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-18-3927en.html](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-18-3927en.html).

European Chemicals Agency. Note on substance identification and the potential scope of a restriction on uses of 'microplastics'. 2018. Disponible en: [https://www.echa.europa.eu/documents/10162/13641/note\\_on\\_substance\\_identification\\_potential\\_scope\\_en.pdf/6f26697e-70b5-9ebe-6b59-2e11085de791](https://www.echa.europa.eu/documents/10162/13641/note_on_substance_identification_potential_scope_en.pdf/6f26697e-70b5-9ebe-6b59-2e11085de791).

European Chemicals Agency. Microplastics. Disponible en: <http://www.echa.europa.eu/es/hot-topics/microplastics>