

Avance y Perspectiva

Revista de divulgación del CINVESTAV

¿Del mar a su mesa o de su mesa al mar? El círculo vicioso de la contaminación por microplásticos

Karina Galache · Monday, December 13th, 2021

Categorías: Ciencias Naturales y de la Salud, Zona Abierta

Contaminación marina: plásticos y sus derivados

La contaminación plástica en los océanos es cada vez más alarmante como consecuencia de la bioacumulación y sus efectos sobre los organismos y su entorno. El plástico es un contaminante emergente de origen antropogénico cuya producción y comercialización se ha incrementado exponencialmente a partir de 1950; en el 2015 su producción se estimaba en 320 millones de toneladas, mientras que para 2050 se estima una producción de 1,800 millones de toneladas. Esta predicción puede aumentar debido a las medidas de sanidad impuestas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) por la pandemia de la COVID-19.

En el medio acuático se estima que entre 7,000 y 35,000 toneladas de residuos plásticos se encuentran flotando en los océanos como consecuencia de los residuos generados. En los océanos, los plásticos se propagan de manera horizontal y vertical hasta formar aglomeraciones persistentes denominadas “islas o parches” en los principales giros subtropicales del océano Atlántico, Pacífico e Índico. Con respecto a la densidad de los microplásticos, su distribución a través de la columna de agua se ve afectada por su peso, donde polímeros “ligeros” o de baja densidad flotan en los primeros estratos, mientras que polímeros de alta densidad, precipitan hacia el sedimento y forman parte del fondo marino (Figura 1).



Figura 1. Dispersión horizontal y vertical de residuos plásticos. Izquierda: aglomeraciones localizadas en los principales giros subtropicales en los océanos Pacífico, Atlántico e Índico. Derecha. distribución a través de la columna de agua por efecto de la densidad del polímero.

Los plásticos en sus diferentes dimensiones (macro, micro, meso y nano) contaminan cuerpos de agua dulce y salada siendo perceptibles al ojo humano. Los microplásticos son pequeñas partículas que comprenden un intervalo de 1 μm a 5 mm, y son denominados xenobióticos (sustancias extrañas o ajenas a la composición o metabolismo de los organismos vivos), cuyo riesgo radica en su persistencia y consecuente acumulación, en la formación de asociaciones químicas complejas, en su capacidad de reacción y su toxicidad creciente.

Los microplásticos (MPs) se clasifican en primarios y secundarios: los primarios, son aquellos fabricados directamente con un tamaño microscópico tales como los granulados en la industria farmacéutica, textiles, cosméticos, productos de cuidado personal, abrasivos domésticos e industriales, mientras que los secundarios, son aquellos que proceden de la degradación de plásticos de mayor tamaño mediante fragmentación física a través de la combinación de factores externos como la exposición a rayos ultravioleta e infrarrojos provenientes de la radiación solar, fricción de las olas, salinidad y presión hidrostática. Los plásticos tienen una amplia gama de colores que varían con respecto a su utilidad, diferentes morfologías como son los fragmentos, esferas, espumas, películas, escamas, cuentas, perlas y fibras, siendo las dos últimas las más abundantes en el ambiente. Además, están conformados por una gran variedad de polímeros con características fisicoquímicas específicas, clasificándose en termoplásticos, los cuales pueden fundirse al ser calentados, atribuyéndoles reversibilidad, es decir, se recalientan, remodelan y congelan rápidamente y en termoestables, que sufren un cambio químico al calentarse sin tener la capacidad de volver a fundirse. Entre los polímeros de mayor uso se encuentran los termoplásticos: polietileno (PE: Polyethylene), poliestireno (PS: Polystyrene), polipropileno (PP: Polipropilene), policloruro de vinilo (PVC: Polyvinyl choride), Policarbonatos (PC: polycarbonates) y el tereftalato de polietileno (PET: polyethulene terephtalate) los cuales otorgan diferentes características con respecto a su utilidad (Tabla 1).



Tabla 1. Tipo de polímeros empleados en la fabricación de productos plásticos de uso cotidiano. Abr: Abreviación del tipo de polímero.

¿Dónde se encuentran los microplásticos?

Diversas actividades antropogénicas terrestres y oceánicas han provocado la incorporación de microplásticos a los ecosistemas acuáticos, como son las actividades reactivas, el turismo, viviendas y comercios en línea de costa, así como el sector pesquero y acuicultor que hace uso de este material sintético para la fabricación de aparejos de pesca, jaulas, boyas y construcción de embarcaciones; aunado a ello, se encuentra en el material de embalaje para el transporte del producto pesquero.

La propagación y distribución de microplásticos a través de las corrientes marinas, mareas, olas, viento y procesos de mezcla de sedimentos, propicia su presencia en diferentes hábitats en la superficie del mar, la columna de agua, bentos, estuarios, playas, mar profundo, así como sitios considerados vírgenes o alejados de la actividad antropogénica como las profundidades del océano, el hielo en el Ártico y los polos. De esta manera, una gran cantidad de organismos acuáticos están expuestos y en constante interacción con los microplásticos, reportándose la presencia de aproximadamente 1,000,000 partículas/km² en el mar y de 100,000,000 partículas/m³ en agua dulce, afectando peces, organismos invertebrados y animales filtradores transportándose mediante el proceso de bioacumulación de eslabones inferiores a superiores a través de la cadena trófica, de la cual el humano forma parte.

Microplásticos en organismos marinos

La presencia de microplásticos en organismos acuáticos es cada vez más alarmante. Se han detectado en aproximadamente 220 especies diferentes de las cuales el 58 % es catalogado para consumo humano. Las vías de entrada a los organismos acuáticos son principalmente por ingestión y de manera indirecta por contacto. Entre los efectos (eco) toxicológicos reportados tanto para organismos marinos como para humanos resaltan: trastornos en la digestión, deficiencia en los hábitos alimenticios, bioacumulación, alteraciones metabólicas, reducción de energía, malformaciones y cambios en su actividad natatoria, por mencionar algunos. Aunado a ello se ha informado la importancia del tamaño de la partícula microplástica, donde el efecto es inversamente proporcional al tamaño; es decir, a menor tamaño mayor efecto como consecuencia de las barreras tisulares y celulares a atravesar.

La evaluación del efecto de los microplásticos en organismos nativos en su hábitat natural no es muy fácil de realizar, por lo que una alternativa es realizar diseños experimentales y evaluaciones causa-efecto empleando bioensayos en condiciones controladas, documentando los efectos de los microplásticos en diferentes tiempos y concentraciones con el uso de diferentes organismos modelo (moluscos, crustáceos, anélidos y peces) y en diferentes estadios de su ciclo de vida. Por ejemplo, un organismo modelo ampliamente utilizado es el pez cebra (*Danio rerio*) que debido a su fácil manipulación es factible realizar ensayos de exposición en todas las fases de su ciclo de vida. En la figura 2 se observa una larva recién eclosionada con una partícula de microplástico de 100 μm .



Figura 2. Diagrama de proyección de la acumulación de una partícula microplástica (morfología esférica, coloración rojo oscuro y un diámetro de 100 μm) en el saco vitelino de una larva de *D. rerio*. Visualización a 30x y 40x (escala de 500 μm).

Los microplásticos como hábitats artificiales y micropíldoras venenosas

Las denominados “hábitats artificiales” y “micropíldoras venenosas” son impactos negativos poco conocidos pero muy importantes que generan los microplásticos. Los hábitats artificiales corresponden a la colonización de estas micropartículas por organismos invertebrados, bacterias, virus y hongos, que son transportados grandes distancias mediante corrientes oceánicas o bien a través de la columna de agua, generando nuevos ecosistemas al funcionar como un nuevo sustrato, así como vectores de transporte de patógenos y especies exóticas.

Por su parte, las micropíldoras venenosas tienen la capacidad de interactuar como acumuladores y transportadoras de contaminantes químicos como: fármacos, sustancias químicas, metales pesados, hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs: Polycyclic aromatic hydrocarbons), contaminantes orgánicos hidrófobos (HOCs: Hydrophobic organic contaminants), así como por la liberación de aditivos químicos incorporados durante su fabricación para su uso final. Entre los aditivos más usados se encuentran el bisfenol A, los ftalatos, nonifenoles, exotilatos de nonifenol y retardadores de flama.

El bisfenol A (BPA: Bis-Phenol A) es un compuesto empleado en resinas epoxi y determinados plásticos como el policloruro de vinilo (código de reciclaje 3) y algunos policarbonatos (código de reciclaje 7). Se utiliza en la producción de algunos envases, así como en el recubrimiento del interior las latas de conservas o de refrescos. Este compuesto ha sido clasificado como disruptor endocrino; es decir, que tiene la capacidad para interactuar con hormonas del cuerpo humano,

como por ejemplo los estrógenos –hormonas sexuales femeninas–, afectando la fertilidad, el aparato reproductor y el sistema endocrino (Figura 3).



Figura 3. Esquema representativo de la disrupción endócrina. 1. Representación de una molécula, ya sea una hormona natural (estrógeno) o un mimetismo hormonal ocasionado por bisfenol A (BPA), que se une a una proteína acarreadora en el torrente sanguíneo. 2. Ingresan al citoplasma a través de la membrana celular y 3. En el núcleo, se unen a un receptor hormonal. 4. El complejo resultante que se forma es capaz de alterar la estructura de DNA y en este nivel ocurre un cambio en la expresión de genes. 5,6. La proteína resultante de esta alteración en los genes, sale del núcleo hacia el torrente sanguíneo y ocasiona cambios en órganos clave ocasionando un desequilibrio en el sistema hormonal (created with BioRender.com)

Los ftalatos o ésteres de ácido ftálico son productos químicos industriales empleados para incrementar la flexibilidad y resistencia a los compuestos plásticos. Estos son nocivos para la salud humana, ya que desestabilizan el sistema hormonal o endocrino; numerosos estudios vinculan a los ftalatos con malformaciones de fetos, asma, cáncer e infertilidad.

El nonilfenol (NP: nonylphenol) y etoxilatos de nonilfenol (NPE: nonylphenol etoxylates) son sustancias empleadas para la fabricación de productos de limpieza como detergentes, pesticidas, resinas, pasta de papel, determinados plaguicidas, textiles naturales y sintéticos, cuero, así como aditivos de pinturas de látex, y para la limpieza de procesos industriales. Su ingreso al organismo se lleva a cabo a través de la ingestión, inhalación y contacto dérmico con efectos negativos en ojos, piel, tracto respiratorio, así como en alteraciones endócrinas.

Los retardantes de flama o ignífugo, agrupan una gran cantidad de compuestos químicos incorporados en plásticos, textiles, circuitos electrónicos con la finalidad de disminuir o evitar la proporción de fuego.

Presencia de microplásticos en humanos

La incorporación de las micropartículas plásticas en el cuerpo humano se ha detectado en tres vías: 1) aérea, mediante la inhalación de microplásticos presentes en la atmósfera, 2) contacto dérmico mediante el empleo de productos de cuidado personal y cosméticos y, 3) ingesta a través de alimentos como: frutas, verduras, enlatados, productos pesqueros, acuícolas, entre otros. En el caso del producto pesquero, los peces de mayor tamaño son eviscerados antes de ser consumidos. Esta estrategia elimina una cantidad importante de microplásticos, pero no es el caso de otros organismos marinos como crustáceos y moluscos que se consumen íntegros y son la principal fuente de ingreso de microplásticos en la dieta humana (Figura 4).



Figura 4. Diagrama de ingesta de microplásticos a través por el humano de productos pesqueros eviscerados (menor ingesta) o sin eviscerar (mayor ingesta). MPs: Microplásticos.

Después de ser ingeridos, los microplásticos migran del intestino al hígado, riñón y otros órganos mediante el sistema circulatorio y linfático (<10 µm). De igual manera, éstos se alojan en la placenta y cerebro, logrando atravesar membranas o barreras celulares importantes (<0.1 µm).

En la actualidad estamos vislumbrando apenas la punta del iceberg. El efecto de los microplásticos puede ser adverso y causar alteraciones físicas y químicas en el microbioma intestinal y en los pulmones, daños en el material genético, daño celular, inducción de reacciones inflamatorias e inmunes, estrés oxidativo, daños en metabolismo y efectos neurotóxicos. Por ejemplo, los trabajadores de las industrias de plástico y textil están expuestos constantemente a altas cantidades de polvo fibroso de plásticos, detectándose en ellos distintos tipos de inflamaciones, alergias y fibrosis.

Conclusiones

La contaminación de micro y macrolásticos es un problema de índole mundial que requiere atención inmediata. Se necesitan instrumentar y estandarizar protocolos de muestreo aplicables a otras regiones del mundo, cuyas bases de datos sean del dominio público. Es de vital importancia ampliar el conocimiento sobre los efectos de los microplásticos en la salud de los organismos expuestos y relacionar el efecto de éstos con el sistema endócrino, en los ámbitos celular, individuo, población y ecosistema. Debido a su demanda, es necesario despertar una mayor conciencia e incentivar la educación ambiental en las nuevas generaciones con el fin de disminuir los plásticos desechables, la posibilidad de reutilizarlos, regular su uso indiscriminado y su correcta disposición final.

Referencias bibliográficas

Vethaak, A. D. y Legler, J. (2021). Microplastics and human health: Knowledge gaps should be addressed to ascertain the health risks of microplastics. *Science*. Volumen (370), 672-674.

FAO. (2017). Microplastics in fisheries and aquaculture: Status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organism and food safety. Volumen (615)

Rojo-Nieto, E. y Montoto, T. (2017). Basuras marinas, plásticos y microplásticos: orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global. Madrid: Ecologistas en Acción

UDEP. (2017). Marine Plastics debris & Microplastics: Global lesson and research to inspire action and guide policy change. Nairobi: United Nations Environment Programme.

Foto de portada de Artem Beliaikin

This entry was posted on Monday, December 13th, 2021 at 9:56 am and is filed under [Ciencias Naturales y de la Salud, Zona Abierta](#)

You can follow any responses to this entry through the [Comments \(RSS\)](#) feed. Both comments and pings are currently closed.

