



Microplásticos: un nuevo tipo de contaminantes emergentes y persistentes

Esmeralda Rivera-Gutiérrez, Sonia Martínez-Gallegos, Ma. Guadalupe Macedo-Miranda, Javier Illescas

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Toluca, Av. Tecnológico S/N, Col. Agrícola Bellavista, CP 52149. Metepec, Estado de México
esmeralda.rg@toluca.tecnm.mx

Resumen

El plástico es un material muy común e indispensable en nuestra vida diaria, casi todo lo que consumimos o usamos está elaborado o contiene una parte de plástico. Desde su creación ha brindado diversos beneficios y comodidades, por lo que se considera uno de los materiales más producidos por el ser humano.

Sin embargo, no todo es positivo, recientemente han surgido evidencias de su efecto nocivo en los seres vivos, por lo que se ha catalogado como un nuevo contaminante emergente, y no es que antes no hubiese efectos tóxicos, lo que pasa es que con un consumo descontrolado y una mala disposición de estos residuos ha ocasionado que las concentraciones de estos contaminantes alcancen niveles que por primera vez muestran sus efectos a niveles visibles en los seres vivos y sus ecosistemas.

Los estudios realizados en agua, tierra y aire muestran que los plásticos se fragmentan en partículas pequeñas, llamadas micro-

plásticos, las cuales tienen tamaños que van desde 0.1 μm a 5 mm. Estas, por su tamaño, pueden distribuirse ampliamente por cada rincón del planeta e incluso ingresar a la cadena alimenticia.

Como resultado de las primeras investigaciones se ha encontrado que los plásticos han ocasionado la muerte de peces y mamíferos, en algunos casos se ha reportado también la mutilación de algún miembro. En el caso de los microplásticos se han encontrado en peces y también se sabe que afecta el crecimiento de las plantas. Además, se estima que la cantidad de microplásticos consumidos por el ser humano es de 39 000 hasta 52 000 partículas por persona, lo cual puede variar según la edad y el sexo. Esta cantidad aumenta si se suma lo inhalado por contaminación del aire y también por el consumo de agua embotellada en plástico.

Con base en lo anterior, es evidente la necesidad de implementar normativas y leyes para evitar que este problema siga crecien-

do. De igual manera es necesario una educación ambiental y mayor investigación del tema para conocer el verdadero impacto de este contaminante en nuestro medio ambiente y en nosotros mismos.

Palabras clave:

Microplásticos, contaminante emergente, impacto de los microplásticos en el medio ambiente.

Introducción

Con la aparición del primer plástico sintético, el mundo de los polímeros fue revolucionado, dando lugar a más de este tipo de materiales con características y diseños únicos que darían paso a un sinnúmero de aplicaciones como bolsas, llantas, tubos de PVC, etc. Estos tienen periodos de vida muy largos y no son fácilmente degradados, por lo que su persistencia en el ambiente es alta. Si a esta característica se le suma el creciente abanico de aplicaciones de los polímeros (que van desde los empaques de materiales, cubiertos, electrodomésticos, cables, envases de productos de higiene personal, cosméticos, dispositivos médicos, etc.) resulta en un aumento de estos desechos, presentes en forma de residuos en el agua, en los suelos y en el aire. Por otro lado, tampoco existen normas que regulen el uso y disposición final de los plásticos y el medio que más se ha visto afectado por la presencia de este tipo de residuos son los mares, en donde hay evidencia de miles de toneladas de dichos materiales flotando y dañando la vida marina (que ya ha ocasionado la muerte de tortugas y ballenas que los consumen al confundirlos con alimento, causándoles daños de salud). Aunado a todo esto, también se observan problemas de amputación de miembros, por el enredo de materiales plásticos en el cuerpo (tales como

bolsas, empaques de bebidas, popotes, etc.). Todo esto resulta en una llamada de atención para preguntarnos acerca del impacto que tienen estos desechos en nuestro entorno ambiental. Es por ello que diversos investigadores a nivel mundial han realizado estudios para conocer su presencia y sus efectos en el medio ambiente, y sus resultados han mostrado que el problema era más grande de lo estimado, debido a que al estar expuestos a las condiciones ambientales como la radiación solar, la humedad y la abrasión mecánica, los plásticos se rompen y forman partículas más pequeñas llamadas microplásticos (MP), que pueden ser ingeridas por los animales y entrar a la cadena alimenticia. Muestra de ello son las evidencias de afecciones en distintos organismos vivos, incluso se ha publicado información acerca de los posibles efectos en la salud humana, lo que ha encendido los focos rojos y con ellos la necesidad de detectar MP en los medios ambientales. De manera más reciente, con la pandemia de COVID-19, el consumo de plásticos se incrementó de manera considerable, evidenciando aún más su impacto en el agua, aire y suelo.

Es por esta razón que la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), en el año 2014, publicó un informe sobre las actividades de riesgos emergentes (Update on EFSA's activities on Emerging Risks 2012-2013), en el que se identificó a los microplásticos y nanoplásticos como un nuevo riesgo emergente y se informó de la falta de información científica disponible al respecto¹.

Por lo tanto, es evidente que los plásticos no “desaparecen”, sólo se fragmentan en pedazos cada vez más pequeños. Estos, a su vez, pueden servir como contenedores y

transportadores de otros compuestos tóxicos tales como pesticidas, metales pesados, ftalatos, bisfenoles, difenil éteres polibromados, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y bifenilos policlorados (PCB), lo que aumenta su peligrosidad. En este artículo se describe de forma muy breve la definición de los microplásticos, su origen y detección, así como las principales perspectivas que se tienen de este nuevo tipo de contaminantes.

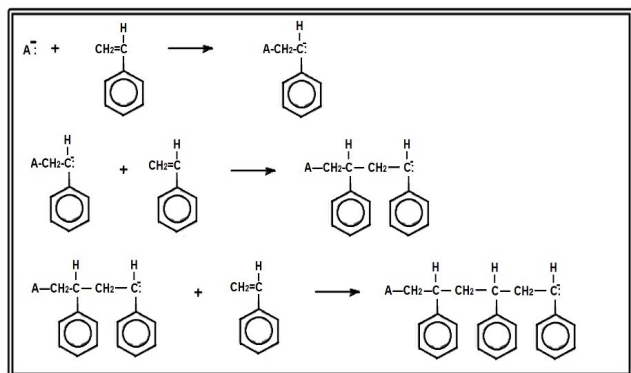


Figura 1. Unión de monómeros para formar un polímero (Miranda, 2015)

Polímeros y plásticos

La palabra polímero proviene del griego poly, que significa “muchas”, y mers “partes”, por lo tanto, está formado por moléculas más pequeñas llamadas monómeros, que al unirse entre sí forman moléculas de gran tamaño denominadas macromoléculas, como se muestra en la Figura 1.

Estos polímeros se pueden clasificar de acuerdo a su origen en:

- Polímeros naturales: se encuentran presentes en la naturaleza o provienen de los seres vivos, ejemplo de ello son el algodón, la seda y la celulosa de la madera.
- Polímeros semisintéticos: se obtienen por la transformación química de polímeros naturales. En estos casos no se destruye por completo su estructura molecular, por ejemplo, la seda artificial.

- Polímeros sintéticos: se obtienen de manera artificial, es decir, se sintetizan a partir de sustancias de bajo peso molecular (monómeros). Algunos ejemplos son el nylon, poliéster, adhesivos, y poliolefinas².

Los plásticos suelen fabricarse a partir de polímeros sintéticos derivados del petróleo o el gas, mediante la adición de diversos aditivos químicos. En general, el término plástico se aplica a una amplia gama de materiales que en alguna de sus etapas de fabricación son capaces de fluir de tal manera que pueden moldearse, fundirse, hilarse o aplicarse como recubrimiento.

Los plásticos son materiales económicos, livianos, fuertes, duraderos, resistentes a la corrosión y con altas propiedades de aislamiento térmico y eléctrico. Esto se debe a la gran diversidad de polímeros sintéticos que, con sus propiedades, facilitan la producción de una gran variedad de materiales con características diferentes³.

Los plásticos en la vida diaria

El primer plástico tuvo su origen como resultado de un concurso realizado en 1860, en los Estados Unidos, cuando se ofrecieron \$ 10 000 dólares a quien produjera un sustituto del marfil para la fabricación de bolas de billar. Ganó el premio John Hyatt, quien inventó un polímero al que llamó celuloide (el cual, a largo plazo, no resultó un buen material para la fabricación de bolas de billar). Este hecho hizo que se sentaran las bases para la síntesis de este tipo de materiales.

En la década de 1930, químicos ingleses descubrieron que el gas etileno formaba polímeros bajo la acción del calor y la presión, formando un termoplástico (material que a temperaturas relativamente altas se vuel-

ve deformable o flexible) al que llamaron polietileno (PE). Hacia los años 50 apareció el polipropileno (PP); posteriormente, se descubrió que al reemplazar en el etileno un átomo de hidrógeno por uno de cloro se producía el cloruro de polivinilo (PVC)⁴.

Con el paso del tiempo el plástico se volvió un material muy común e indispensable, llegando a ser uno de los materiales más producidos por el ser humano⁵. En consecuencia, la Sociedad de la Industria de Plásticos (SPI) desarrolló en 1988 un código de identificación que es ampliamente utilizado por el sector industrial para identificar la composición de este tipo de productos, y al mismo tiempo proporciona información de su reciclaje. Este código consiste en la asignación de un número del 1 al 7 en el interior del signo de reciclado (triángulo de flechas en seguimiento) tal y como se muestra a continuación⁶:

Cada uno de estos materiales se describen como:

1. PET (polietileno-tereftalato): se trata de un plástico liviano, semirrígido o rígido resistente a los impactos y que protege principalmente líquidos. Con su reciclado se obtiene también el relleno para almohadas o alfombras.
2. PEAD ó HDPE (polietileno de alta densidad): es un plástico opaco y duro, liviano, pero resistente. Sus usos más comunes son en envases de lácteos, tuberías, maceteros y bolsas de supermercado, las cuales actualmente están prohibidas debido al uso indiscriminado que tuvo en años anteriores.
3. PVC (cloruro de polivinilo): debido a que contiene un átomo de cloro evita la proliferación de microorganismos. Es un tipo de plástico muy resistente, lo que le permite conservar la integridad de los productos,

Guía de Reciclaje de Plásticos



Figura 2. Guía de reciclaje para plásticos (Ortiz, 2021)

- entre los que se incluyen los medicamentos. No obstante, se recicla poco y su uso en alimentos se encuentra restringido debido a la facilidad con la que desprende diversas toxinas. Se utiliza principalmente en la industria de la construcción y envases de detergentes.
4. PEBD (polietileno de baja densidad): es un polímero mucho más delgado que otros y posee una alta resistencia al calor, es utilizado también para películas plásticas con termosellado, bolsas de alimentos congelados, bolsas para basura y vasos para café.
5. PP (polipropileno): se trata de un plástico rígido mucho menos frágil que otros. Tiene un elevado punto de fusión, por lo que se utiliza en productos utilizados en microondas y en tapas de botellas.
6. PS (poliestireno): plástico incoloro y duro con poca flexibilidad, utilizado en bandejas de carne y embalaje de electrodomésticos.

El Centro Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (CIIC) lo clasifica en el grupo 2A como probable cancerígeno para el ser humano, debido a que al calentarse se puede filtrar su monómero, el estireno, en los alimentos.

7. Otros plásticos: esta clasificación indica que el envase fue fabricado con un polímero diferente a los mencionados en las categorías anteriores, por lo que al no conocer el material que lo forma no se pueden identificar sus posibles daños a la salud⁶.

¿Qué son los microplásticos?

Cuando los plásticos se convierten en residuos y se liberan al medio ambiente (como consecuencia del manejo inadecuado de sus desechos), estos quedan expuestos a las condiciones climáticas del medio, tales como el viento, la radiación solar y la humedad, las cuales influyen en la degradación de aquellos, por lo que comienzan a fragmentarse en piezas de menor tamaño. Estos pequeños fragmentos de diversas formas y tamaños que van desde 0.1 μm a 5 mm de longitud se conocen hoy en día como microplásticos (MP) y representan un total de 51 billones de desechos³. Los MP se pueden clasificar según su origen en dos grupos:

- Se denominan MP primarios a las piezas de plástico que se fabrican directamente en tamaño micrométrico para su implementación en productos de limpieza, cosméticos, pinturas, exfoliantes y pasta de dientes. También se usan partículas de acrílico, melanina y poliéster como implementos de limpieza de maquinarias y barcos⁴.
- Los MP secundarios se forman por la fragmentación de las partículas plásticas más grandes liberadas en el medio ambiente, por lo que están sujetos a varios procesos de fotooxidación y oxidación térmica, des-

pués de su interacción con la radiación solar, así como a la abrasión mecánica en el medio ambiente³.

En consecuencia, este tipo de contaminación es causada por el desecho directo de estas partículas en cosméticos, pinturas o fibras sintéticas durante el lavado de la ropa, sumado a los que se generan por la degradación de plásticos de mayor tamaño. Se ha comprobado que los MP pueden retener en su estructura y en su superficie, sustancias tóxicas, como aditivos químicos (ftalatos), monómeros residuales, pesticidas y sustancias como retardadores de flama, biocidas o hidrocarburos poliaromáticos que posteriormente pueden ser liberados⁵.

También se ha demostrado que la electro-negatividad de los MP parece ofrecer las condiciones ideales para la acumulación de metales como cobre y zinc⁸. La presencia de estas partículas en agua, aire y suelo han llegado a niveles que muestran efectos tóxicos en el medioambiente y el ecosistema; un ejemplo de ello es lo reportado en 2022, por Lauren y colaboradores, quienes identificaron 39 MP en 11 de las 13 muestras de tejido pulmonar que analizaron, identificando 12 tipos diferentes de polímeros.

Otro estudio realizado por el Departamento de Recursos del Mar del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, unidad Mérida, utilizó al caracol rosa (*Strombus gigas*) como especie que actúa como señal de alerta ante las condiciones ambientales, para analizar la contaminación por MP en el Caribe, los resultados mostraron que todos los caracoles rosas analizados los presentaron en sus heces fecales.

También en los mamíferos de gran tamaño, como las ballenas hembras, se encontraron ftalatos, los cuales se sabe que afectan las funciones reproductivas, particularmente durante la gestación o en los primeros meses del desarrollo del feto, según lo reportado por Olavarrieta en 2017⁸.

¿Dónde y cómo se encuentran los microplásticos?

La distribución de los MP puede ser causada por varios factores, como la mala disposición de los desechos plásticos que se depositan en tiraderos a cielo abierto o se desechan directamente en los cuerpos de agua. Así ocurre con las microfibras que provienen de la ropa que utilizamos y que es elaborada con textiles sintéticos (al menos 35 %) y que en cada lavado se desprenden en promedio 20 000 de estas microfibras que llegarán a los océanos a través de las aguas residuales. Asimismo, el desgaste de las llantas de nuestros autos contribuye en un 30 % a los MP producidos y el polvo de las ciudades en un 25 %⁸.

Con respecto a las plantas de tratamiento de aguas residuales con presencia de MP, estos no son eliminados durante el proceso debido a que no fueron considerados en el diseño. En consecuencia, estas aguas residuales desembocan en el mar, donde son transportados a diversos lugares por las corrientes oceánicas, el tráfico de barcos o actividades antropogénicas en la zona costera. Específicamente en México, se han encontrado grandes cantidades de partículas microplásticas en sedimentos marinos. El promedio obtenido fue de 547 unidades de MP/kg, 129 unidades de MP/m² y la concentración de MP en agua fue de 2 970 unidades por m³. Asimismo, el promedio encontrado en organismos marinos (peces)

fue de 4.5 unidades de MP/individuo⁸. Los MP en el ambiente se pueden encontrar en diferentes entornos, tales como los que se enumeran a continuación:

Agua dulce

En este caso, los MP secundarios y primarios, en su mayoría, provienen de las aguas residuales descargadas por las casas y de la basura que se desecha directamente en ríos, los cuales después se dirigen a diferentes ecosistemas donde son ingeridos por los seres vivos e incorporados a la cadena alimenticia e inevitablemente llegan a niveles que podrían afectar la salud humana. En este contexto, las lavadoras domésticas han sido identificadas como la fuente principal de estos MP, encontrando que pueden llegar a producir más de 1 900 fibras por ciclo de lavado. Esto resulta alarmante debido a que la población crece y las personas cada vez usan más textiles sintéticos, lo que seguirá aumentando la contaminación por este tipo de MP. Además, se ha encontrado que estas partículas, pueden ser colonizadas por bacterias que son distintas a las presentes en el agua de los ríos y su materia orgánica suspendida. Estas evidencias demuestran que deben ser considerados como un medio de transporte de microorganismos.

Como ya se ha mencionado, el destino principal de las aguas residuales son los ríos, los cuales pueden tener una gran importancia en el transporte de MP hacia hábitats marinos y grandes lagos. Sin embargo, los estudios sobre MP y sus concentraciones en ríos son sumamente escasos. Con respecto a los lagos, una investigación en la zona de los grandes lagos en Estados Unidos informó que el recuento de estos varía entre cero y 450

000 partículas de MP/km². Una densidad promedio mucho más baja fue encontrada en un lago de Mongolia (20 264 partículas por km²), en donde no se observaron microperlas, pero sí residuos de botellas plásticas y redes de pesca⁵.

Finalmente, uno de los reservorios naturales de agua más grandes del planeta, los glaciares, también presentan concentraciones medibles de MP. Los glaciares son bloques de hielo y grandes reservorios hidrológicos esenciales que almacenan y liberan agua dulce en varias escalas de tiempo. Los MP que están atrapados en estos hielos serán liberados al océano abierto a medida que estos se derritan. En los lugares más remotos del ártico se reveló que existen micropartículas acumuladas en lugares lejanos de centros poblacionales y que el hielo marino podría ser un importante depósito mundial e histórico de partículas hechas por ser humano⁵.

Agua salada

Los ecosistemas más estudiados en cuanto a la presencia de MP son los océanos y han sido documentados para casi todos los tipos de ambientes marinos y playas⁵. Los desechos plásticos en la superficie de océano Atlántico y Pacífico se reportaron por primera vez a principios del año 1970. Las investigaciones apuntan a que la dispersión de MP en los mares ha sucedido por una fragmentación selectiva de tamaño y a un transporte de estos a aguas más profundas a través de procesos físicos y biológicos. Además, como permanecen durante muchos años en los océanos, por estar protegidos de la degradación debida a factores externos, pueden ser ingeridos por una amplia variedad de organismos marinos. Por estas razones se piensa que la mayor concentración de MP se encuentran

a 200 y 600 m de profundidad en el mar. Si esto es verdadero, los depósitos marinos más grandes y poco estudiados, pueden estar en cuerpos de agua y comunidades de animales a altas profundidades del mar⁵.

Matriz sólida

Es importante saber que los plásticos tienen diferente densidad, por lo que hay unos que flotan al tener una densidad menor que la del agua de mar (como las bolsas de plástico), pero hay otros que se hunden como el polietilentereftalato (PET) y las fibras de poliéster de la ropa. Esto indica que la presencia de MP, tanto en agua como en sedimentos marinos, aumenta la probabilidad de ser ingeridos por los seres vivos como peces, animales que viven en los fondos marinos e incluso el plancton⁸.

Los MP que llegan al fondo de los cuerpos de agua pueden formar parte de los sedimentos que se acumulan debido a su lenta degradación. Un estudio sugirió que estas micropartículas presentan una baja concentración en sedimentos ya que, en su distribución a lo largo de un río, los resultados fueron irregulares e inesperados. El sitio en donde menos MP se detectaron fue en efluentes cercanos a industrias. De la misma manera, otro estudio encontró MP en sedimentos marinos de aguas profundas de 1 100 a 5 000 m. En el caso de suelos agrícolas, estos contaminantes provienen en su mayoría de los fertilizantes orgánicos, el compostaje, los lodos residuales y los fertilizantes nitrogenados, ricos en urea, recubiertos con polímeros que sirven para reducir las pérdidas por la volatilización. Una evaluación de MP a partir de sedimentos reportó que las proporciones de poliéster y fibras acrílicas, normalmente usadas en la ropa, presentaban semejanzas a las encon-

tradas en hábitats que reciben descargas de aguas residuales, lo cual podría explicar su origen. Otro estudio también demostró que, a mayor profundidad, la concentración disminuye, esto indica que la acumulación de MP es proporcional al tiempo y de relativa modernidad; es decir, los sedimentos representan un registro útil del pasado y presente del impacto por plástico en el mundo⁵.

En general, la concentración de MP depositados en los sedimentos es de cuatro a cinco veces más elevada que para el agua. Esto se debe a la combinación de los diversos factores climáticos, por lo que sufren procesos de oxidación de manera acelerada. Finalmente, estos estudios indicaron que su distribución en el sedimento es desigual, porque depende de las propiedades de las micropartículas y la influencia de factores ambientales tales como vientos y corrientes⁸.

Plantas

Debido a que las plantas desempeñan un papel fundamental en los ecosistemas terrestres, la presencia de MP en el suelo produce una interacción entre ambos y cuyos efectos potenciales son motivo de preocupación. Estudios iniciales han demostrado que la exposición de los MP puede inducir efectos en las plantas terrestres con respecto a su morfología, fisiología e incluso estructura. Por su tamaño, tanto estos como los nanoplásticos pueden penetrar las raíces de las plantas, transportándose hacia el tallo y las hojas, para ingresar finalmente a la cadena alimentaria⁹.

En un estudio realizado por Mejía-Peláez en 2017, se evaluó tanto el efecto de la incorporación de plásticos biodegradables y convencionales (LDPE) en suelos arenosos utilizados para el crecimiento de plantas de

trigo (*Triticum aestivum* L.), como el efecto del tamaño de estas partículas, sus MP (< 1 mm) y macroplásticos (5 – 10 mm) durante el crecimiento de la planta. Los resultados mostraron que cuando las partículas tenían un tamaño menor a 1 mm retrasaban el crecimiento de las plantas de trigo¹⁰. Por otro lado, Wang y colaboradores, en 2022, reportaron que los MP pueden cambiar la función de las plantas en comunidades vegetales⁹.

Detección de microplásticos en agua y sedimentos

La presencia de MP en diversas matrices ambientales, organismos y productos ha planteado la necesidad de su análisis tanto cualitativo, es decir qué contiene, como cuantitativo, o sea en qué cantidades, con el fin de proporcionar datos sobre la abundancia y especificación de los tipos de MP. La complejidad misma de las diferentes matrices plásticas ha obligado a los investigadores a aplicar más de un método analítico para identificar la presencia de estas micropartículas. Los métodos analíticos que por el momento han sido utilizados para cumplir con este propósito se pueden clasificar como: identificación visual, microscopía óptica y electrónica de barrido, métodos espectroscópicos tales como la espectroscopía de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR) y la espectroscopía Raman. Dentro de los métodos cromatográficos, los térmicos pueden incluir pirólisis: cromatografía de gases/espectrometría de masas (Py-GC-MS), desorción térmica: cromatografía de gases/espectrometría de masas (TD-GC-MS) o análisis termogravimétrico (TGA) junto con cromatografía de gases acoplada a masas (GC-MS); algunos menos comunes incluyen a la cromatografía líquida (LC) y la cromatografía de permeación en gel (GPC)⁷.

Los microplásticos como contaminantes emergentes

La contaminación por MP comenzó como una problemática de contaminación marina, pero en la actualidad se ha convertido en un problema de salud pública. Hoy en día, diversos estudios revelan que están distribuidos en todos los continentes y océanos del planeta. Debido a que los MP continuamente se están fragmentando y distribuyendo en la Tierra, incluso se han detectado micropartículas en el aire, suelo, sedimentos superficiales y de aguas profundas, aguas interiores y exteriores, arena de playa, sistemas marinos, columnas de agua, mar abierto, e incluso en zonas remotas como las regiones polares y algunos glaciares.

Las consecuencias de los MP y su propagación se comenzaron a estudiar con más detalle y profundidad a principios del siglo XXI. Sin embargo, la limitante es aún la inconsistencia en los métodos de muestreo y las unidades de concentración, lo que hace difícil la comparación entre estudios. A pesar de que existen varias investigaciones en curso, los efectos ecológicos por la contaminación de MP son aún poco conocidas e inciertas debido a las diferencias metodológicas.⁵

En la actualidad la contaminación por plásticos y MP es considerada una de las principales amenazas globales, y, al mismo tiempo, uno de los indicadores más importantes para evaluar el impacto de nuestra sociedad en el medioambiente. Debido a su uso indiscriminado, así como la mala administración de los residuos, los plásticos están acumulándose y fragmentándose en todos los ecosistemas del mundo. Además, se van incluyendo en la cadena alimenticia y están relacionados con la muerte de

varias especies de vida silvestre⁵. También, un aspecto preocupante de los MP es que acumulan diversas sustancias tóxicas, entre ellas, contaminantes como los insecticidas, fertilizantes organoclorados y algunos conocidos como orgánicos persistentes, que son altamente cancerígenos y causantes de problemas en los órganos reproductivos⁸.

En 2014, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) publicó un informe sobre las actividades en riesgos emergentes que se llevaron a cabo durante esos años (Update on EFSA's activities on Emerging Risks, 2012-2013). En ese informe se identificó a los MP y nanoplásticos como un nuevo riesgo emergente; sin embargo, también quedó en evidencia la falta de información científica disponible al respecto. Después, en 2016, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria para Contaminantes en la Cadena Alimentaria (CONTAM) emitió una declaración sobre la presencia de estas partículas en los alimentos, con especial énfasis en los productos del mar, debido a que (por su tamaño) pueden ser ingeridos por los animales marinos y de esta manera entrar en nuestra cadena alimenticia. En ella se incluyó información relativa a los aditivos de los plásticos y a los contaminantes químicos que pudieran transferirse desde estas partículas a los tejidos comestibles y, también, una estimación de la exposición de la población. Actualmente no existe ninguna legislación, ni nacional ni europea, que regule la presencia de MP y nanoplásticos como contaminantes en los alimentos y en el ambiente¹.

Métodos de tratamiento para eliminar microplásticos

Carr y Thompson, en 2019, realizaron un análisis de los procesos que contribuyeron a la remoción de sólidos durante el trata-

miento de aguas residuales y evaluaron qué tan efectivos fueron para remover MP. La investigación se basó en el estudio del flujo de salida del agua tratada en el suroeste de California. El análisis mostró que la mayoría de las partículas que entraron a las plantas de tratamiento de aguas residuales consideradas en el estudio fueron removidas en la sedimentación primaria debido a que los plásticos, al igual que otros residuos sólidos inorgánicos, tienen densidades > 1.0 mg/L, por lo que pueden ser aislados a través de su sedimentación.

Al parecer, estas plantas de tratamiento de aguas residuales son capaces de separar los diferentes tamaños de partícula gracias a sus diferencias de densidad; por lo que, una vez separadas, estas fases aisladas se vuelven susceptibles para su eliminación directa a través de simples procesos físicos y mecánicos. Así, estos métodos ayudarían a disminuir las descargas por MP al medio ambiente¹¹; sin embargo, aún no está claro como separarlos de los sólidos sedimentados o de las otras matrices para evitar su deposición en suelos y contaminarlos.

El impacto de los microplásticos en la salud

Las rutas principales de exposición humana a los MP son la inhalación, ingesta y el contacto con la piel. Su inhalación puede provenir de la contaminación aérea por textiles, neumáticos de caucho sintético, polvo urbano, entre otros, mientras que su ingestión se produce por el consumo de diferentes alimentos y agua potable. Esta última se debe a que la mayoría de los filtros usados en el tratamiento de potabilización del agua no están diseñados para retener partículas de MP. Se reportó

que partículas menores a un diámetro de $130 \mu\text{m}$ son capaces de penetrar tejidos humanos y desencadenar una respuesta al liberar monómeros, metales pesados y contaminantes orgánicos. En la actualidad se podría estar dando una ingesta inadvertida e indiscriminada de micropartículas de PET y PE, debido a que estos polímeros son usados en la fabricación de envases desechables de bebidas y comida rápida. Como lo reportó una investigación en heces humanas realizada por Schwabl y colaboradores en 2019, en la cual estos dos materiales se encontraron en mayor concentración¹² y pueden estar relacionados con el incremento en el consumo de comida rápida en todo el mundo y al aumento en el uso de envases plásticos, cuyos MP son ingeridos involuntariamente junto con los alimentos. Asimismo, se ha demostrado que los colorantes dispersivos de fibras de poliéster y acrílico causan dermatitis, incluso microfibras ingeridas mediante inhalación podrían estar relacionadas con el cáncer de pulmón debido a que algunos estudios han identificado fibras plásticas y de celulosa en tejidos pulmonares humanos. Por todo esto, es muy probable suponer que una mayor exposición a MP puede conducir a enfermedades neurodegenerativas, trastornos inmunes y cáncer.

Una estimación realizada por Cox y colaboradores en 2019¹³, acerca del consumo de microplásticos reporta que su ingesta anual es de un intervalo que va desde 39 000 hasta 52 000 partículas por persona, lo cual puede variar según la edad y el sexo. Esta estimación incrementa de 74 000 a 121 000 cuando se considera también la inhalación de los MP. Además, se adicionan otras 4 000 micropartículas que corresponden

al consumo de agua de grifo, en tanto que si la ingesta es de agua embotellada llega hasta 90 000 partículas anuales⁵.

La importancia de la disposición final de los plásticos para reducir la generación de microplásticos

A pesar de que el conocimiento mundial acerca de los MP ha aumentado significativamente, aún se carece de una comprensión integral acerca de las concentraciones, ciclos y destinos de los desechos plásticos, sobre todo en cuerpos de agua, lo que limita la capacidad de implementar políticas efectivas a gran escala y estratégicas de conservación⁵. La gran cantidad de MP encontrados en el ecosistema indica que no hay un manejo adecuado ni una buena regulación al respecto, lo que está causando un deterioro ambiental progresivo. Por lo tanto, es de suma importancia ser conscientes del uso de los plásticos y sus posibles consecuencias. La educación ambiental, la investigación y la implementación de normas y leyes muy estrictas son necesarias para evitar que este problema siga creciendo⁸.

Actualmente, no existe ninguna legislación, ni mexicana ni europea, que regule la presencia de MP y nanoplasticos como contaminantes en los alimentos. Sí están disponibles, en cambio, los métodos para la identificación y cuantificación de MP, aunque no de los nanoplasticos en los alimentos. Pese a que no existe una legislación para estas partículas como contaminantes en ellos, existe una amplia gama de políticas y legislación de la Unión Europea (UE) sobre basura marina, fuentes de contaminación e impactos, así como también una serie de iniciativas de la UE relacionadas con la ya mencionada basura marina, incluyendo na-

noplasticos, con el fin de reducir la presencia de estas sustancias en el medioambiente. Hay que destacar también que, de manera general, estos productos, su composición y uso en contacto con los alimentos también son un área de trabajo regulado en la UE1. Por todas estas razones se concluye que un programa para el control de plásticos y MP deberá incluir varias estrategias de índole económico, educativo y regulatorio¹².

Referencias

1. Ministerio de consumo. MICROPLÁSTICOS Y NANOPLÁSTICOS [Internet]. España; 2021 Sep [cited 2023 Jan 31]. Available from: Update on EFSA's activities on Emerging Risks 2012-2013
2. Luis Miranda JM. Reacciones y sus mecanismos en la degradación de polímeros. [Ciudad de México]: Instituto Politécnico Nacional; 2015.
3. Thompson RC, Swan SH, Moore CJ, Vom Saal FS. Our plastic age. Vol. 364, Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. Royal Society; 2009. p. 1973-6.
4. Carlos PI, Flores E. POLÍMEROS VS. PLÁSTICOS.
5. Castañeta G, Gutiérrez AF, Nacaratte F, Manzano, Carlos A. Microplastics: a Contaminant That Grows in All Environmental Areas, Its Characteristics and Possible Risks To Public Health From Exposure. Rev Bolív Química. 2020;37(3).
6. Thanya P, Ortiz Aguilar J. Épsilon Delta de las Ciencias UNA MIRADA HACIA LOS PLÁSTICOS. Vol. 11.
7. Ainali NM, Kalaronis D, Kontogiannis A, Evgenidou E, Kyzas GZ, Yang X, Bikiaris DN, Lambropoulou DA. Microplastics in the environment: Sampling, pretreatment, analysis and occurrence based on current and newly-exploited chromatographic approaches. Science of the Total Environment 2021, 794(148725), 1-34.
8. Revista de la Academia Mexicana de Ciencias. Contaminación por microplásticos. Rev. Acad. Mex. Ciencias 2022, 73(2).
9. Wang W, Yuan W, Xu EG, Li L, Zhang H, Yang Y. Uptake, translocation, and biological impacts of micro(nano)plastics in terrestrial plants: Progress and prospects. Environ Res. 2022 Jan 1;203.
10. Mejía A, Escuela P, Panamericana A, Honduras Z. Evaluación del efecto de la incorporación de dos tipos de plásticos (biodegradable y convencional) y la actividad de lombrices en suelos arenosos en trigo (*Triticum aestivum* L.). 2017.
11. Hirissi K. Karapanagioti, Ioannis K. Kalavrouziotis. Microplastics in Water and Wastewater. IWA Publishing; 2019. Fragmento del trabajo con DOI:10.2166/9781789060034:0045
12. Schwabl P, Köppel S, Königshofer P, Bucsecs T, Trauner M, Reiberger T, Liebmann B. Detection of various microplastics in human stool: A prospective case series. Ann Intern Med. 2019;171(7):453-7.
13. Cox KD, Covernton GA, Davies HL, Dower JF, Juanes F, Dudas SE. Human Consumption of Microplastics. Environ Sci Technol. 2019;53(12):7068-74.