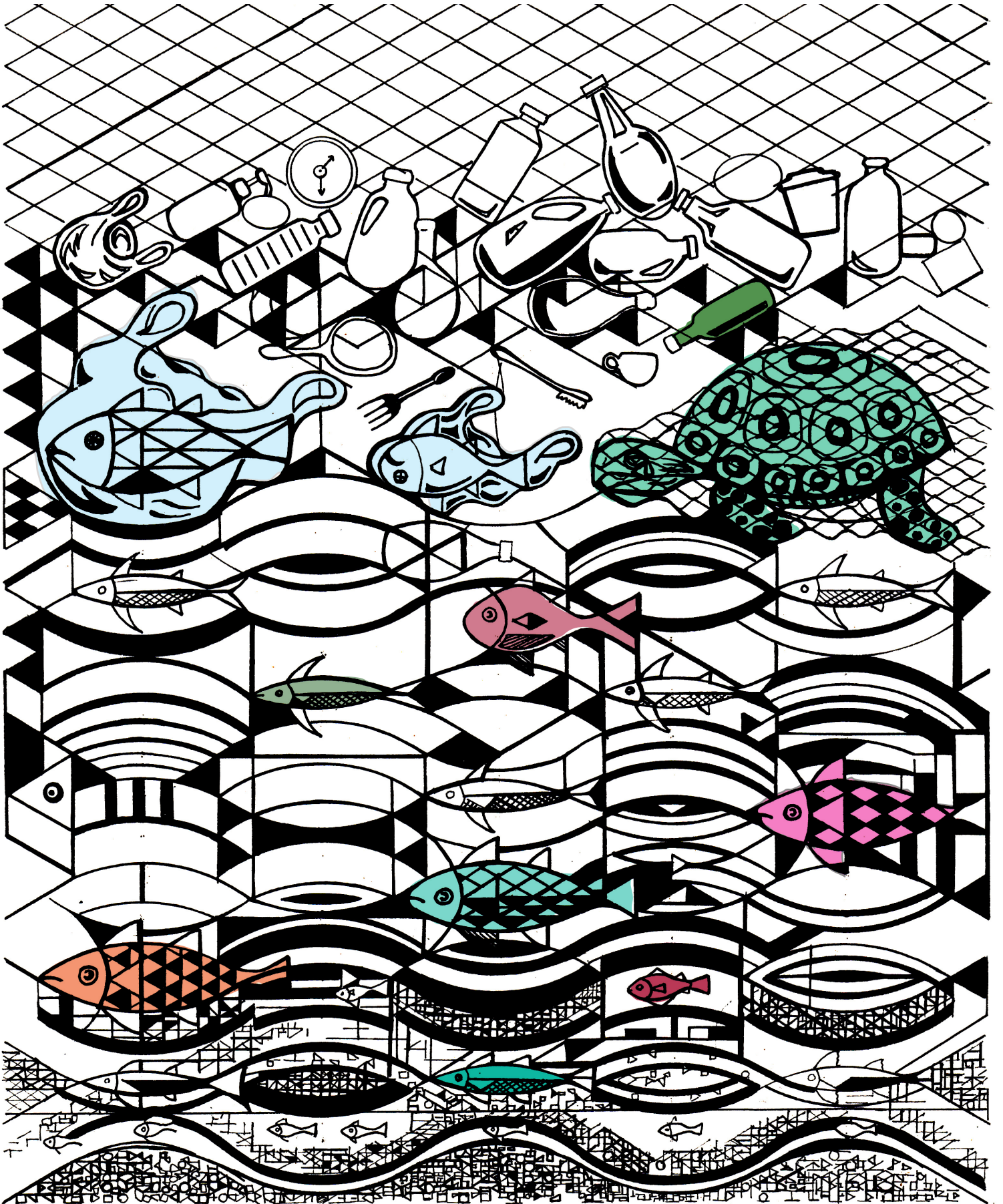
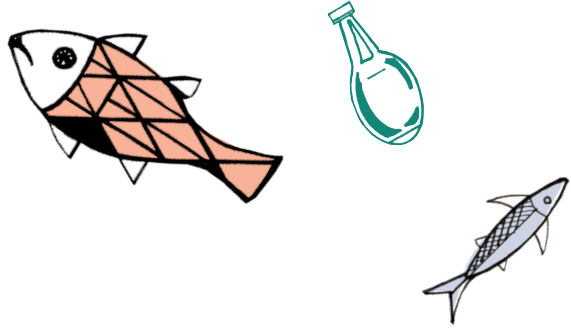


Microplásticos:

nuevo peligro invisible

Tilahí Hernández Morales, Haydee Eliza Romero Luna,
Francisco Erik González Jiménez y Audry Peredo Lovillo





Introducción

Hoy en día, los plásticos forman parte de la cotidianidad de los seres humanos, al estar presentes en casi todos los quehaceres domésticos. Conocidos por su moldeabilidad, estos materiales poliméricos también se utilizan en diferentes ramas de la industria, cumpliendo funciones específicas y facilitando diversas tareas. Se estima que anualmente se producen alrededor de 440 millones de toneladas de plásticos y que la producción ha mantenido un alza acelerada y constante, durante los últimos cinco años. De continuar con esta tendencia, para el 2050, alcanzará los 33 mil millones de toneladas a nivel global. Por lo anterior, los plásticos son considerados una de las mayores fuentes de contaminación del siglo XXI.

Lo más preocupante de los plásticos es que la gran mayoría son materiales de un solo uso y, una vez desechados, entran en un proceso de deterioro que puede durar cientos o incluso miles de años.

Cuando pensamos en la contaminación por plásticos, lo más común es que nos lleguen a la mente imágenes de botellas, bolsas o envoltorios apilados en la calle o tirados a orillas de caminos o carreteras; sin embargo, esto no es así, ya que cerca de 95% de la contaminación por plásticos se presenta en ríos, mares y otros mantos acuíferos en forma de microplásticos; es decir, plásticos de un tamaño pequeñísimo que miden desde un micrómetro (mil veces más pequeños que un milímetro o que un grano de arroz) hasta cinco milímetros.

Las micropartículas plásticas se producen de dos formas:

 Microplásticos primarios, que se generan de manera intencional, ya que son utilizados como sustitutos de resinas naturales o minerales en productos de higiene personal como exfoliantes, pastas de dientes, jabones, desodorantes, shampoos, maquillajes, así como en productos de limpieza.

 Microplásticos secundarios, que se obtienen de manera no intencional, puesto que cuando un plástico es depositado en un vertedero o alcanza los mantos acuíferos, diversos agentes ambientales como el sol, el calor y el viento, poco a poco, los van desgastando, liberando así pequeñas partículas plásticas al ambiente. Más

de 70% de las partículas plásticas contaminantes en el ambiente son microplásticos secundarios, con diferentes composiciones.

Entre los microplásticos más comunes encontrados como residuos en el medio ambiente, se encuentran los hechos de policarbonato (PC), nylon o poliamida (PA), polimetilmetacrilato (PMMA), poliuretano (PUR), ácido poliláctico (PLA), poliestireno (PS), polietileno (PE), polietilen tereftalato (PET), polipropileno (PP) y cloruro de polivinilo (PVC). Pese a que con anterioridad se tenía conocimiento de su presencia, lo alarmante de dichas partículas es que han sido halladas en lugares donde nunca se pensó encontrarlas, desde en las corrientes de aire que los arrastran por diferentes sitios geográficos dentro de los continentes, hasta en productos alimenticios de consumo humano; incluso se han observado en órganos y fluidos corporales.

Una vez que se tiene conocimiento de la presencia de partículas plásticas dentro del cuerpo humano, lo más intrigante es saber cómo llegaron hasta ahí. Lamentablemente, para ello existen varias respuestas, ya que se ha demostrado que estos residuos ingresan al cuerpo humano por inhalación (suspendidos en el aire y arrastrados por las corrientes de viento), por contacto directo (con micropartículas plásticas desprendidas de algún otro plástico más grande), y a través de la dieta (presentes en alimentos como contaminantes).

Además de clasificarlos por su constitución química y método de obtención, los microplásticos se dividen en dos grupos, de acuerdo con sus diez tipos de forma: comprimidos, fragmentos, fibras, películas y espumas (que pueden medir de 1 a 5 milímetros), y microesferas, microfragmentos, microfibras, micropelículas y microespumas (que alcanzan hasta 1 micrómetro de tamaño). Dichas formas nos ayudan a conocer su procedencia, es decir, de qué plástico se desprendieron, los tiempos y las condiciones de degradación y el nicho ecológico del cual provienen (ríos, lagos, suelo, corrientes de aire, etcétera).

Dentro de los alimentos, la mayor presencia de microplásticos se encuentra en los productos comestibles de origen marino.

Hoy sabemos que cerca de 50% de los peces y crustáceos acumulan en sus tejidos musculares residuos sintéticos, por lo cual, basado en la ingesta promedio de este tipo de productos del mar en países desarrollados, se estima un consumo anual de 518 a 3,078 microplásticos en personas adultas. Derivado de la estadística anterior, se ha generado una línea de investigación, cuyo principal objetivo es la búsqueda de micropartículas dentro de todo tipo de alimentos marinos y, sobre todo, dentro del propio cuerpo humano.

Al respecto, lamentablemente los resultados han sido positivos, encontrando micropartículas plásticas en tejidos como cerebro, pulmones, corazón, hígado, bazo, placenta, riñones, testículos, así como en fluidos como sangre, heces, semen, orina e incluso leche materna. Estos hallazgos han desatado una preocupación global acerca de cómo saber qué tan contaminados estamos los seres humanos por microplásticos, cuáles son sus efectos tóxicos y, más que nada, cuáles son las estrategias para frenar esta fuente de contaminación, es decir, cómo es posible eliminar los microplásticos de nuestro cuerpo antes de que se conviertan en un problema que comprometa la vida humana.

En este sentido, las siguientes líneas ofrecen un panorama descriptivo sobre los efectos tóxicos generados por la presencia de microplásticos en el cuerpo humano, sus fuentes más comunes, y las estrategias para revertir o aminorar estos contaminantes y evitar sus efectos dañinos. Principalmente, se pretende informar sobre las medidas a tomar si queremos garantizar un futuro más saludable y sustentable para las generaciones venideras.

Microplásticos hasta en la sopa: ¿cómo llegan a los alimentos?

Para responder a esta interrogante, debemos tener en claro cuáles son las fuentes de contaminación por partículas plásticas, esto es, conocer la cadena alimentaria, desde el origen de los productos hasta que estos llegan a nuestra mesa. En este sentido, todo comienza en los mantos acuíferos, ríos, lagos, lagunas, mares y océanos, en donde la mayoría de los plásticos son degradados a escala micrométrica y son absorbidos por gran parte de los animales marinos, algunos de los cuales forman parte de nuestra dieta.

En realidad, la cadena alimentaria inicia con organismos, productores primarios, como plantas y algas, que captan nutrientes directamente del suelo, del lecho marino o de los mantos acuíferos. Durante su crecimiento, además de nutrientes, absorben microplásticos procedentes de fuentes contaminadas, fijándolos en su estructura celular, transformándose en un sustrato natural contaminado que pasa a ser alimento para otros organismos vivos como mi-

croorganismos fermentadores, insectos, fauna acuática, animales terrestres y seres humanos, quienes nos posicionamos en la cima de la cadena alimentaria, lugar peligroso, si tomamos en cuenta que lideramos el consumo de frutas, vegetales, hortalizas, animales y derivados.

A lo anterior se suma la actividad humana, al realizar determinados procesos con el propósito de conservar ciertos productos, lo que genera una mayor fuente de contaminación, al combinar procesos térmicos con envases, empaques o embalajes plásticos. Dichas prácticas industriales se suman al mal manejo y a la desinformación de los consumidores sobre el uso correcto y estrategias para el desecho de los plásticos, lo que contribuye al aumento de su presencia y, por tanto, a la contaminación en el cuerpo humano.

Se puede decir que actualmente vivimos en un círculo vicioso generado por la acción humana.

En cuanto a la industria alimentaria, la principal fuente de microplásticos se centra en los contenedores, donde se almacenan o se transportan diferentes productos para el consumo. Hechos mayoritariamente de PP, PS, y PE, los contenedores, en su mayoría, liberan micropartículas plásticas, en especial después de ser sometidos a fuerzas mecánicas excesivas o a temperaturas altas que comprometen su estructura, sobre todo cuando se utilizan recipientes elaborados con PS, razón por lo que en algunas regiones del mundo han sido prohibidos.

Se estima que, anualmente, a través de su alimentación, un adulto consume entre 39,000 y 52,000 micropartículas plásticas y que esta cifra aumenta a 74,000-121,000, si se consideran los absorbidos a través de la inhalación. Ahora bien, si también se toma en cuenta el consumo exclusivo de agua embotellada, se suman anualmente otras 90,000 micropartículas plásticas, a diferencia de las 40,000 que se pueden absorber a través de la ingesta de agua potable que procede del grifo.

Aunque pudiéramos pensar que, dado su estilo de vida, los adultos son la población más expuesta a los microplásticos, debido a los hábitos de consumo de alimentos procesados o ultraprocesados (como los instantáneos), envasados o almacenados en contenedores plásticos,



la realidad es totalmente lo contrario: existen reportes de que los bebés, los recién nacidos y los infantes, son la población con mayor exposición a dicha fuente de contaminantes. Lo anterior, debido a que es común el uso de biberones, chupones o vasos plásticos esterilizables mediante altas temperaturas, lo que puede liberar desde 1,300,000 hasta 16,000,000 de micropartículas plásticas por litro, equivalentes a 14,000-4,500,000 por día, una cantidad aproximada de 2,600 veces mayor que la consumida por los adultos.

En cuanto a la preparación de alimentos a nivel casero, es muy probable que, si se utiliza una tabla de plástico para cortar diferentes productos de consumo, durante su proceso de preparación, se desprendan entre 100 a 300 microplásticos por milímetro cuadrado, mismos que podrían ser “arrastrados” por los alimentos hacia el sistema digestivo humano. Esta generación de residuos sintéticos se suma a la obtenida mediante el uso incorrecto de utensilios plásticos (bolsas, platos, vasos y cajas) que, una vez calentados en hornos convencionales o de microondas a más de 100 °C, liberan micropartículas hacia los alimentos. Para contrarrestar este fenómeno, se han diseñado plásticos termoestables que resisten los procesos de cocción y calentamiento sin sufrir cambios, pero solo un reducido número de la población los conoce.

Los microplásticos: los nuevos “red flags” de la comida

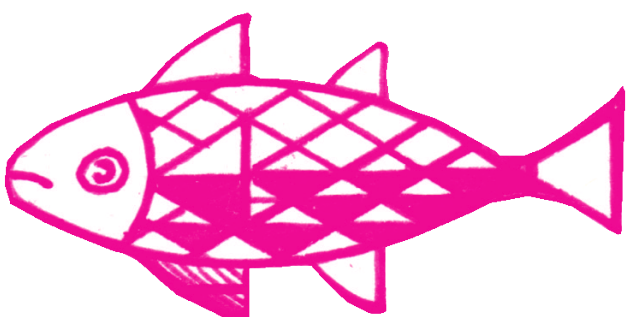
La dieta es la ruta de contaminación por microplásticos de mayor preocupación para los científicos; durante los últimos diez años, su concentración en alimentos ha aumentado al igual que el tipo y diversidad de productos en los que se han identificado. Inicialmente se consideró a los productos del mar (peces, mariscos, moluscos, sal y sus derivados) como los únicos alimentos con presencia de residuos plásticos, lo que hasta cierto punto suena lógico, sobre todo, si tomamos en cuenta que los mantos acuíferos están altamente contaminados.

En la actualidad, la dieta del mar es considerada una importante fuente de proteína (17% del consumo proteico para cerca de 3 mil millones de personas en el mundo), con un consumo anual per cápita por arriba de los 20 kilogramos. Al respecto, es necesario mencionar que cerca de 80% de los productos marinos contaminados por microplásticos incluyen a las especies pelágicas, es decir, aquellas que habitan en aguas medias o cerca de la superficie, donde la actividad humana y sus contaminantes son difíciles de identificar. De los plásticos encontrados en especies de peces comestibles, entre 57 y 87% corresponden a microfibras, principalmente adheridas en las paredes intestinales de peces como atún, macarela, arenque, bacaladilla azul, bacalao y jurel.

Otros productos del mar altamente contaminados son las ostras del Pacífico, la almeja japonesa, las gambas y el camarón tigre, organismos donde se ha mostrado una concentración de hasta 2.5, 3.84, 0.68 y 1.5 micropartículas por gramo, respectivamente. Además, en algunos casos, las concentraciones de sustancias plásticas aumentan, tal es el caso del atún o la sardina, puesto que en su proceso de enlatado se eleva potencialmente la concentración de microplásticos, principalmente en los elaborados a base de PP y PET.

Por otro lado, nuevos estudios han señalado la presencia de microplásticos en productos como agua embotellada y potable, cerveza, bebidas energéticas, refrescos, sodas, té, leche, productos lácteos y vino, en cuyo procesamiento, para lanzarlos al mercado, utilizan empaques plásticos que pueden generar residuos nocivos. No obstante, lo más alarmante es que se han reportado microplásticos en las pulpas y cáscaras de frutas y vegetales frescos, mismos que sirven de materia prima para la elaboración de bebidas embotelladas y otros tipos de alimentos procesados e incluso en los mínimamente procesados.

Actualmente, la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda una ingesta diaria de, al menos, 400 gramos de frutas y vegetales para mantener una vida “saludable”; sin embargo, la mayoría de las frutas y vegetales han sido reportados como alimentos contaminados con microplásticos, por ejemplo, las manzanas, peras, brócoli, lechuga, zanahoria y papa, con un promedio de 132,740 micropartículas por gramo.



Además de los alimentos en sí, algunos de sus ingredientes o aditivos, como la sal o el azúcar también son considerados fuentes de residuos sintéticos.

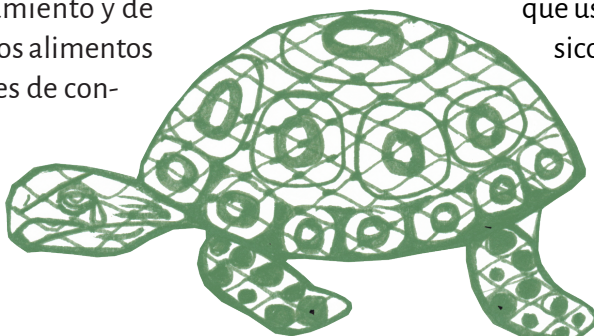
En el caso de la sal, diversas marcas y tipos (sal de mesa, de mar y en grano) han mostrado concentraciones de 11 hasta 253 microplásticos por gramo. En cuanto al azúcar, uno de los ingredientes más utilizados y consumidos a nivel mundial, se ha reportado una concentración de hasta 344 microplásticos por kilogramo, adquiridos principalmente durante el procesamiento, extracción, purificación, refinamiento, secado y envasado del producto.

Asimismo, se han encontrado microplásticos en leche materna; un reciente estudio señala que los bebés lactantes están expuestos a este medio de contaminación, aun cuando su única fuente de alimentación sea la leche de sus madres. Por lo anterior, y entendiendo que posiblemente los microplásticos hayan llegado a nuestras vidas para quedarse, las agencias internacionales, dedicadas al control de la seguridad e inocuidad alimentaria, ya estudian su impacto.

Por su parte, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), ha declarado como tolerable un consumo de microplásticos de hasta 50 microgramos por kilogramo de peso corporal al día ($\mu\text{g}/\text{kg}$ de peso corporal/día). Mientras que la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de América (EPA) ha señalado como tolerable un consumo máximo de 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de peso corporal/día.

En cuanto a México, se ha estimado que el consumo de micropartículas plásticas en niños ronda los 19.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de peso corporal/día, cantidad suficiente para representar un riesgo en su salud metabólica.

A nivel industrial, los alimentos procesados con mayor cantidad de microplásticos son las carnes rojas, aves de corral, peces, aceites de cocina, fórmulas lácteas infantiles, así como la comida rápida (hamburguesas, nuggets, burritos de pollo y quesos para pizza), donde el uso de recipientes de almacenamiento y de guantes para manipular los alimentos son las principales fuentes de contaminación.



Tal parece que actualmente los microplásticos han invadido la mayoría de los productos de la dieta humana, lo que ha generado una gran preocupación acerca de cómo remediar este problema que compromete la salud. El tema ha alcanzado tal magnitud que existen investigaciones en las que, al tratar de comparar los efectos de los microplásticos en humanos, no se ha podido contar con un grupo de control, libre de fragmentos derivados del plástico.

El peligro de los microplásticos

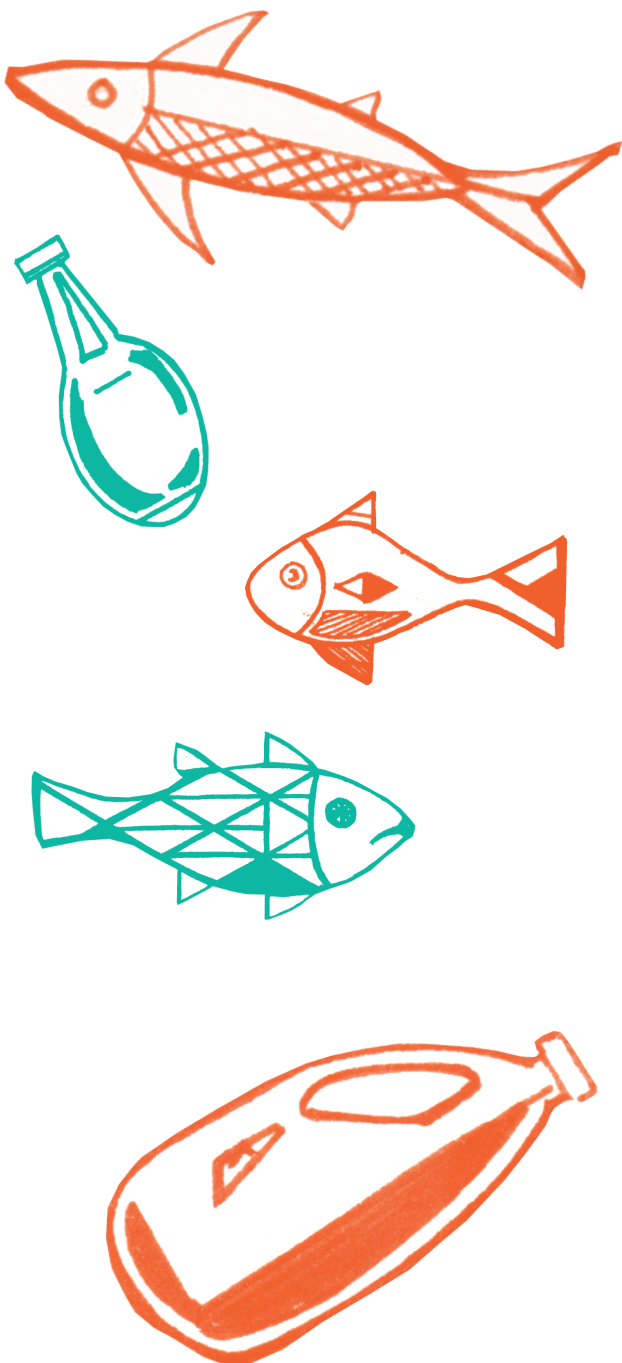
A diferencia de otros compuestos tóxicos o dañinos, encontrados en los alimentos, los efectos nocivos de los microplásticos se han estudiado y reportado muy poco y la mayoría de los relacionados con su toxicidad, se han desarrollado en modelos animales; sin embargo, se sabe que, al tener como principales rutas de entrada la inhalación y la ingestión a través de alimentos, estos generan daños en las paredes intestinales y pulmonares, interactuando con proteínas y glicoproteínas para ser absorbidos y, una vez dentro de nuestro cuerpo, pueden desencadenar procesos de inflamación de los tejidos, disminución de la respuesta inmune y cambios en la absorción de nutrientes.

Por otro lado, ya en el cuerpo humano, las partículas plásticas elevan el estrés oxidativo caracterizado por un aumento de moléculas oxidantes con diferentes tipos de enlaces químicos y grupos funcionales. Este estrés oxidativo afecta directamente la función del hígado, que no puede regular el excesivo nivel de compuestos oxidantes, perdiendo así funciones vitales como el metabolismo y almacenamiento de glucosa y grasas. Asimismo, los microplásticos alteran significativamente al sistema nervioso, aumentando los niveles de dopamina y reduciendo la concentración de los transmisores colinérgicos, encargados de la estimulación de los impulsos nerviosos.

También se ha reportado que individuos con acumulación de microplásticos en arterias tienen el doble de probabilidades de sufrir infartos o de morir por cuestiones cardíacas, si los comparamos con aquellos que tienen arterias “tapadas” por otro tipo de materiales no plásticos. Su acumulación en tejidos cercanos al corazón se había reportado en el año 2000, sin embargo, en el estudio únicamente se consideraron 29 pacientes, ya fallecidos, que usaron durante su vida dispositivos prostéticos, mismos que fueron señalados como la fuente de los microplásticos; además, en esa ocasión, las partículas encontradas poseían un tamaño de un micrómetro y su efecto, potencialmente tóxico, se descartó debido a la “baja concentración” en la que se encontraron.

Otro de los efectos tóxicos de los microplásticos incluye a las vías respiratorias, principal vía de entrada y exposición, aunque lo cierto es que la mayor concentración se da cuando se suman los que se inhalan y los que entran a través de la dieta.

El tamaño y la densidad determinan qué tan profundo penetran los microplásticos en el sistema respiratorio humano, ya que a un menor tamaño las micropartículas plásticas penetran y se acumulan en los pulmones con mayor facilidad. Una vez dentro de los pulmones, desencadenan diferentes padecimientos como irritación, tos, dificultad para respirar, así como baja capacidad de oxigenación en el cuerpo.



En cuanto a la salud reproductiva, se ha visto que la presencia de microplásticos de PS disminuye la producción y motilidad del espermatozoide, aumentando, al mismo tiempo, su velocidad de deformación. Adicionalmente, también disminuyen el nivel de testosterona y la actividad enzimática relacionada con la producción de espermatozoides. De igual modo, en ratones hembra se observó su acumulación en ovarios y útero, afectando la capacidad reproductiva y la fertilidad. A pesar de que se reportó que las hembras de ratón son más propensas a la acumulación de microplásticos en órganos reproductivos, su efecto en mamíferos como los humanos aún no se ha explorado con profundidad.

Por otro lado, uno de los efectos tóxicos más importantes de los microplásticos es su capacidad carcinogénica. Esta capacidad de generar un proceso cancerígeno se basa en la presencia de compuestos tóxicos como los hidrocarburos aromáticos policíclicos que se han encontrado adheridos a la superficie de los microplásticos en concentraciones de hasta 3.17 miligramos por litro, concentración que representa un alto potencial carcinogénico para los seres humanos, ya que el valor reportado es 1,000 veces mayor que el de un agente carcinogénico estándar como el α -benzopireno. Además, también disminuyen la respuesta inmune, promoviendo el desarrollo de enfermedades autoinmunes. En este sentido, no existen reportes de efectos inmunosupresores de los microplásticos en humanos; sin embargo, se tiene pensado que estos efectos pueden deberse a la liberación no controlada de moduladores inmunes, la activación o desactivación de las células inmunes y la disminución en la producción de anticuerpos.

En cuanto a la absorción externa, los microplásticos entran al cuerpo a través de la piel, específicamente a través de las glándulas sudoríparas y los folículos pilosos (cavidad de la piel donde crece el pelo). Una vez que han atravesado la piel, estas micropartículas, provenientes principalmente de cremas, cosméticos y productos de aseo personal, son absorbidas por otras células, desencadenando procesos toxicológicos como los mencionados.

La mayoría de investigaciones relacionadas con la toxicidad de los microplásticos en el cuerpo humano apenas comienza y prácticamente se ha limitado a ambientes controlados a nivel laboratorio. Sin embargo, en estos experimentos no se consideran factores de interferencia que se pueden presentar en un sistema metabólicamente activo. Es por ello que son necesarios estudios más complejos para comprender a fondo los mecanismos de interacciones de los microplásticos con el metabolismo humano y así plantear nuevas estrategias preventivas y detoxificantes.

Acciones contra los microplásticos en alimentos, ¿qué estrategias propone la ciencia?

La primera acción que se ha sugerido, y la más obvia, es evitar el uso de plásticos de un solo uso, como popotes, bolsas de plástico, cubiertos desechables y evitar depositar estos residuos en el suelo.

Muchos científicos optan por el reciclaje, es decir, reintroducir los microplásticos de desecho en el ciclo de calentamiento para degradarlos y convertirlos en nuevos productos una vez que son mezclados con polímeros de primer uso, reduciendo la contaminación y el costo de producción.

Debido a que el proceso de la degradación de los microplásticos es complejo y lento, se ha encontrado que ciertos microorganismos pueden acelerar su biorremediación. En este sentido, algunas especies de bacterias y algas son capaces de generar una especie de biopelícula sobre los plásticos de mayor tamaño, la cual cumple con diferentes funciones, incluso la degradación propia del plástico donde se encuentra y el atrapamiento de otras partículas plásticas micrométricas. Cuando las biopelículas, principalmente constituidas de carbohidratos, entran en contacto con los microplásticos, sirven como un vehículo que facilita la remoción de estos contaminantes de manera más fácil, sencilla y barata. Además de estas ventajas, se ha considerado el empleo de las biopelículas microbianas como sustitutos para algunos recubrimientos plásticos, ya que son más fáciles de producir y se degradan en menos tiempo que los recubrimientos plásticos. Sin embargo, para llegar a esta utilidad se deben cumplir diferentes condiciones, relacionadas con la seguridad o no patogenicidad del microorganismo productor de la biopelícula.

Otra de las estrategias propuestas es considerar a los microplásticos como “contaminantes orgánicos persistentes” (POPs por sus siglas en inglés), ya que bajo esta denominación se puede regular y controlar su producción y uso dentro de la industria alimentaria. Sin embargo, debemos recordar que la principal causa de contaminación por este medio radica tanto en el mal uso y desecho de diferentes productos plásticos, por parte de los consumidores, como en las pobres estrategias de reciclaje que, durante los últimos años, se han vuelto deficientes. De ahí la importancia de despertar consciencia en cuanto al uso responsable de los materiales plásticos, así como de incentivar la búsqueda de nuevas estrategias para la biorremediación y remoción de los microplásticos en los diferentes nichos ecológicos, lo cual podría reducir significativamente su presencia y concentración en los productos alimenticios y, consecutivamente, en el cuerpo humano.

Conclusiones y perspectivas

Aunque las investigaciones acerca de la presencia y concentración de microplásticos en alimentos están creciendo de manera acelerada, los reportes actuales aún posicionan la inhalación como la ruta principal por la cual entran al cuerpo humano. Es decir, es más probable que un ser humano se exponga a corrientes de aire con concentraciones peligrosas de microplásticos a que estas mismas concentraciones entren al cuerpo a través de la dieta.

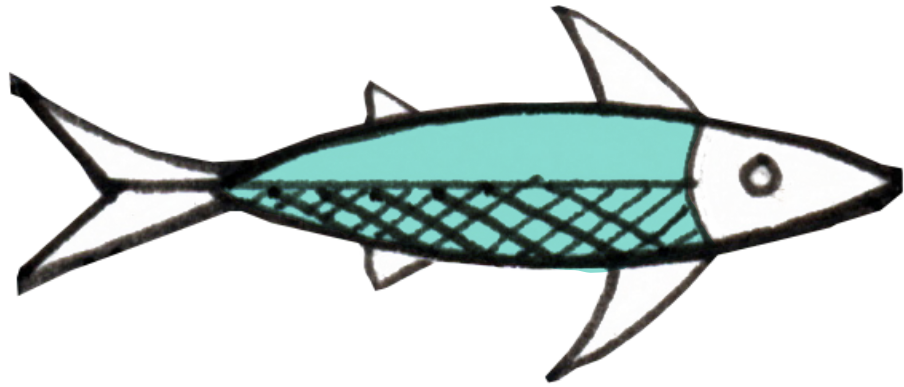
Sin embargo, hay que considerar que un efecto sinérgico puede presentarse si tanto el aire como los alimentos que ingresan al cuerpo humano poseen concentraciones peligrosas de microplásticos. Este efecto representaría un mayor riesgo para la salud humana, ya que dejaría prácticamente indefenso al cuerpo ante la entrada inminente de partículas plásticas potencialmente tóxicas y en concentraciones muy alarmantes.

La creciente presencia de microplásticos en alimentos es un problema que atenta de manera directa contra la salud y, si bien existen estudios al respecto, aún están en una etapa temprana, mientras el riesgo es cada vez mayor, por lo que es necesario que las investigaciones se centren en más y mejores métodos analíticos para la identificación y cuantificación de microplásticos, además de en nuevos ensayos toxicológicos que colaboren con el tratamiento y prevención de las afecciones derivadas de la acumulación de los mismos por el consumo de alimentos contaminados.

Aunque cada día se cuenta con más información, las estrategias para el desecho de los plásticos han sido ineficientes.

Algunos interactúan con ciertos componentes orgánicos en los vertederos donde se degradan anaeróbicamente, liberando compuestos tóxicos al ambiente como dioxinas, ftalatos, tetrabifenol A, así como metales tóxicos como cadmio y plomo, de manera que no solo la contaminación por microplásticos es un tema pendiente de abordar para las futuras generaciones, sino también los problemas derivados de ella y del uso indiscriminado de plásticos en la vida cotidiana.

Únicamente con la participación de todos como sociedad, podremos trabajar de la mano con la industria y con el sector público y contribuir así a una vida menos dependiente de los plásticos, más sustentable y transmitirla a las generaciones venideras. Por lo tanto invitamos al lector a compartir esta información, no solo con personas estrechamente relacionadas con el tema, sino en su núcleo familiar y social, de manera que el uso de plásticos sea cada vez más responsable e informado.



Referencias

- Al Mamun, A., Eka, Prasetya, T. A. E., Dewi, I. R. & Ahmad, M. (2023). Microplastics in human food chains: Food becoming a threat to health safety. *Science and the Total Environment*, 858, 159834. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159834>
- Anad, U., Dey, S., Bontempi, E., Ducoli, S., Vethaak, A.D., Dey, A. & Federici, S. (2023). Biotechnological methods to remove microplastics: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 21, 1787-1810. <https://doi.org/10.1007/s10311-01552-4>
- Blackburn, K. & Green, D. (2022). The potential effects of microplastics on human health: What is known and what is unknown. *Ambio*, 51, 518-530, <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01589-9>
- Kadac-Czapska, K., Knez, E. & Grembecka, M. (2024). Food and human safety: the impact of the microplastics. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64, 3502-3521. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2132212>
- Liu, Q., Chen, Z., Yang, F., Yao, W. & Xie, Y. (2021). Microplastics and nanoplastics: emerging contaminants in food. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69, 10450-10468. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c04199>
- Oliveri Conti, G., Ferrante, M., Banni, M., Favara, C., Nicolosi, I. Cristaldi, A., Fiore, M. & Zuccarello, P.(2020). Micro- and nanoplastics in edible fruit and vegetables. The first diet risks assessment for the general population. *Environmental Research*, 187. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109677>