

Gilberto Acosta González, Ditzia Valeria Carrillo Rosales y J. Adán Caballero Vázquez

Microplásticos en agua y en organismos

El alto consumo de plástico en México y su mal manejo en los últimos años ha generado un impacto negativo en el ambiente. Una gran cantidad de residuos plásticos llega a los ecosistemas acuáticos, donde se degradan en pequeñas partículas llamadas microplásticos. Este artículo recopila la información actualizada de su concentración, longitud, forma y efectos, a partir de estudios realizados en el país.

México ocupa el lugar número 12 en el mundo por su consumo de plásticos y el lugar 11 por su producción, con una tasa de crecimiento sostenido de 4.8% desde 2009; actualmente se fabrican siete millones de toneladas de plástico al año (Aguirrezabal, 2019). Una gran cantidad de residuos plásticos llega a los ecosistemas naturales desde vertederos mal gestionados o por productos plásticos descargados de forma descuidada. Muchos de estos desechos plásticos son depositados en diferentes matrices ambientales, como aguas y sedimentos, y también se ha demostrado la presencia de residuos plásticos y microplásticos en organismos marinos a partir de estudios científicos realizados en México.

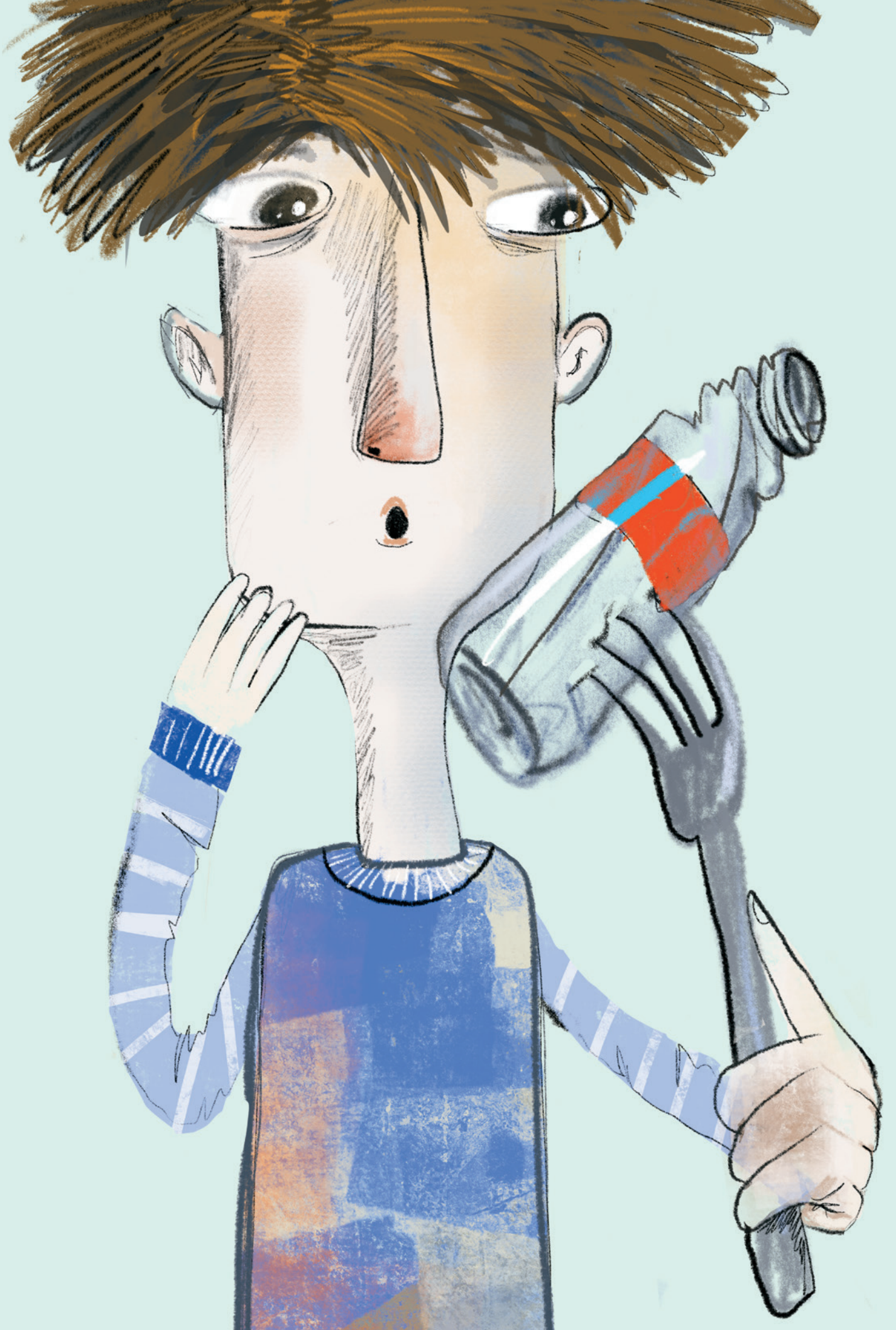
Respecto a las investigaciones publicadas, hasta marzo de 2021 se tienen registrados 19 documentos: 11 artículos y 8 tesis, tanto de maestría como de licenciatura. Los estudios se han llevado a cabo en las costas del océano Pacífico, golfo de California, golfo de México y mar Caribe; no obstante, también hay información que estima la concentración de microplásticos en los sedimentos de un río en Puebla y otro en Tijuana (véase la Figura 1).

Microplásticos

Los microplásticos son cualquier partícula sólida sintética o matriz polimérica, de forma regular o irregular, con tamaños comprendidos entre 1 μm y 5 mm. Estos materiales pueden clasificarse y agruparse tomando principalmente como criterio dos parámetros: forma y origen. Por su forma, en general se identifican como esferas, *pellets*, fragmentos irregulares, fibras, gránulos y películas. Las razones por las que los microplásticos pueden presentar las características de alguna de las

Pellets

Obtenidos por el proceso de compresión de un material a forma esférica, lo que mejora su procesamiento para obtener nuevos productos plásticos.



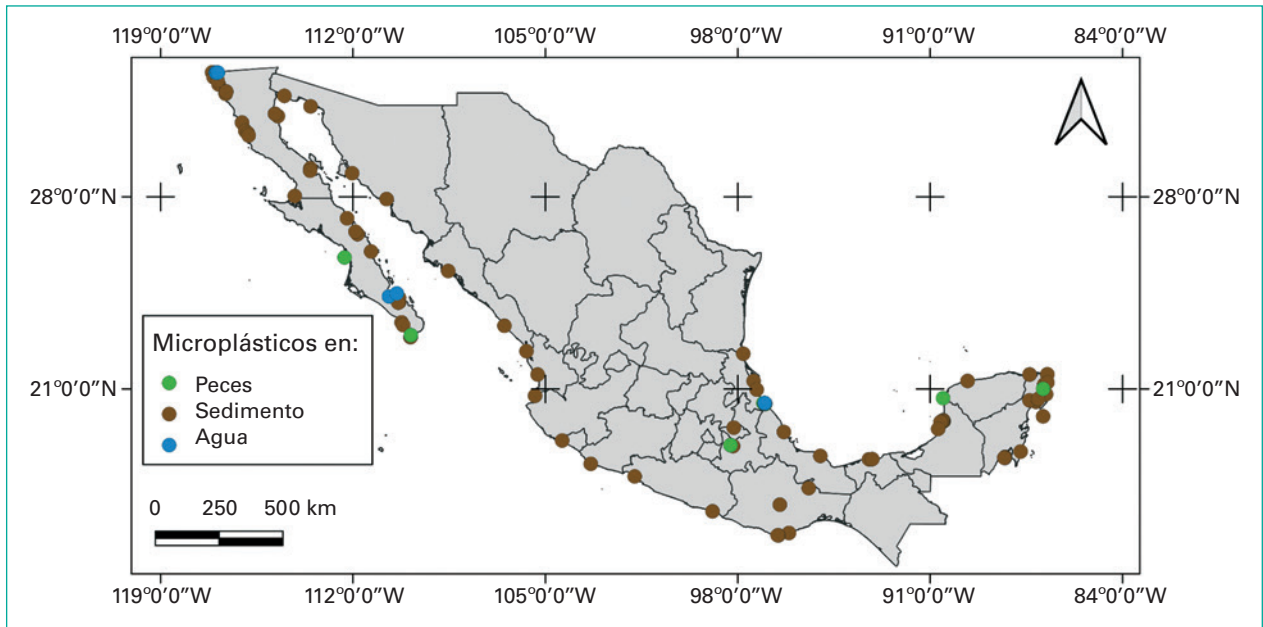


Figura 1. Sitios de muestreo donde se ha estudiado la presencia de microplásticos en México. Elaboración propia con base en información de la revisión bibliográfica y datos del Inegi (división política estatal 1:250 000, 2015).

categorías antes mencionadas son muy diversas, pues dependen de los procesos que haya sufrido el objeto o su material de origen.

En tanto, por su origen, los microplásticos se dividen en dos: primarios y secundarios. Los de origen primario incluyen a las partículas que poseen un diámetro menor de 5 mm desde su liberación al medio; usualmente son *pellets* de la materia prima utilizada en la industria y microperlas o microesferas que provienen de productos cosméticos en los que son utilizadas como exfoliantes, así como para la elaboración de productos de limpieza para el hogar. Por otra parte, los microplásticos de origen secundario son el resultado de la fragmentación y la degradación. El primero de estos procesos ocurre principalmente por la acción mecánica de las olas, vientos, mareas y fricción con la arena. La degradación implica la disminución de su peso molecular mediante diferentes mecanismos, como biodegradación, fotodegradación, degradación termo-oxidativa, degradación térmica, hidrólisis y procesos físicos.

Microplásticos en agua y sedimento

Los microplásticos en el ambiente acuático se pueden encontrar en diferentes entornos. Diversos estu-

dios han demostrado la presencia de microplásticos en agua salada, donde su acumulación es mayor en la zona costera que en mar abierto. No obstante, también se ha reportado la existencia de microplásticos en sistemas de agua dulce, como playas fluviales, aguas superficiales y sedimentos de ríos, lagos y embalses.

Por otra parte, la concentración de microplásticos depositados en los sedimentos es de cuatro a cinco veces más elevada que en el agua; esto es debido a la combinación de diversos factores, como la acción del clima, por lo que sufren procesos de oxidación de manera acelerada. La distribución de microplásticos en el sedimento es desigual porque depende de sus propiedades y la influencia de factores ambientales, como los vientos y corrientes. Se proyecta que 70% de los residuos marinos se hundirán y permanecerán en el sedimento marino (Frias y Nash, 2019).

Microplásticos en organismos

Constituidos por una amplia gama de polímeros y aditivos químicos, los microplásticos pueden ser ingeridos por una gran variedad de organismos acuáticos, con el potencial de causarles daños. Muchos estudios recientes han evidenciado la presencia de microplásticos en organismos, desde pequeños in-

vertebrados, tales como moluscos, hasta grandes vertebrados, como delfines.

Los microplásticos pueden pasar a la biota marina por diferentes rutas. Dependiendo de su modo de alimentación, los organismos pueden ser consumidores directos, al ingerir los microplásticos de los sedimentos o de partículas en suspensión, o bien pueden obtenerlos de manera indirecta, en el caso de depredadores o carroñeros, por medio de sus presas. Al no existir rutas enzimáticas capaces de digerir los polímeros sintéticos, éstos deberían pasar por el organismo sin ser digeridos o absorbidos.

Los peces son los animales marinos más estudiados en cuanto a la presencia de microplásticos. El efecto potencial que la ingesta de microplásticos tiene sobre estos organismos es la mala nutrición, inanición y reducción de las poblaciones, ya que se afecta su reproducción (Cole y cols., 2011). También se han reportado microplásticos en otras especies, como tortuga verde, aves marinas, focas, gusano de arena, delfín rosado, entre otros animales.

Concentración de microplásticos

La distribución de los microplásticos puede ser causada por varios factores, como la cercanía a una planta de tratamiento de aguas residuales, el tráfico de barcos, las actividades de investigación en la zona costera o el transporte por medio de corrientes oceánicas. Específicamente, en México se han encontrado grandes cantidades de partículas microplásticas en sedimentos. Algunos autores reportaron la cantidad de microplásticos por kg, mientras que otros lo hicieron por m². No obstante, el promedio obtenido fue de 547 unidades de microplásticos/kg y 129 unidades de microplásticos/m². Por otro lado, la concentración de microplásticos en agua fue de 2 970 unidades de microplásticos/m³. Asimismo, el promedio de microplásticos encontrados en organismos marinos (peces) fue de 4.5 unidades de microplásticos/individuo.

Longitud

La longitud promedio de los microplásticos encontrados en agua (1.9 mm) es mayor que la de los mi-

croplásticos en sedimento (1.6 mm), lo cual se debe a que en el sedimento los residuos plásticos tienen una mayor velocidad de fotodegradación por las altas temperaturas y la elevada concentración de oxígeno, a diferencia de los materiales plásticos que se encuentran flotando en el mar o que se hunden bajo la superficie (Toledo, 2019). Por otro lado, los microplásticos de menor tamaño (0.9 mm) se han encontrado dentro de los estómagos de los peces, ya que estas partículas, al ser muy pequeñas, son fácilmente ingeridas por los organismos que las confunden con su alimento.

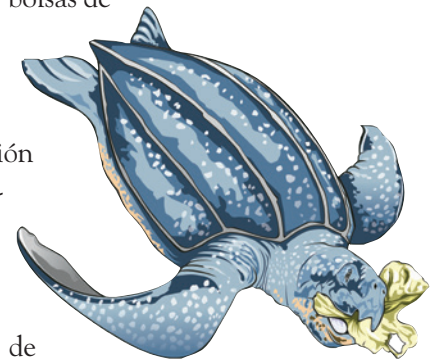
Forma

La diferencia entre la forma de los microplásticos encontrados en agua radica en las actividades de cada región. Las fibras pueden originarse a partir de **efluentes** domésticos, rotura de redes y líneas de pesca; los gránulos se encuentran comúnmente en muchos productos de limpieza y cosméticos o se producen por la descomposición de plásticos degradables más grandes (Cole y cols., 2011); los *pellets* se utilizan como materia prima para la producción de plástico; mientras que las películas pueden provenir de la fragmentación de envoltorios y bolsas de plástico más grandes. Así, cabe considerar que los vertidos de estuarios y aguas residuales podrían incrementar la proporción de fibras, mientras que las playas turísticas podrían tener mayores concentraciones de fragmentos rígidos y espumas, producidos por la degradación de cubiertos desechables y bolsas plásticas (Álvarez Zeferino y cols., 2020).

La fibra fue la forma más abundante de los microplásticos encontrados en los estudios realizados en México, tanto en sedimentos como en peces (véase la Figura 2); esto se atribuye a la alta liberación de partículas microplásticas durante el lavado de textiles y prendas (Cole y cols., 2011). En el agua, la forma más común fue el fragmento; esta forma proviene de la descomposición de muchos productos

Efluente

En hidrología, corresponde a un curso de agua que desde un lugar se desprende en una derivación menor.



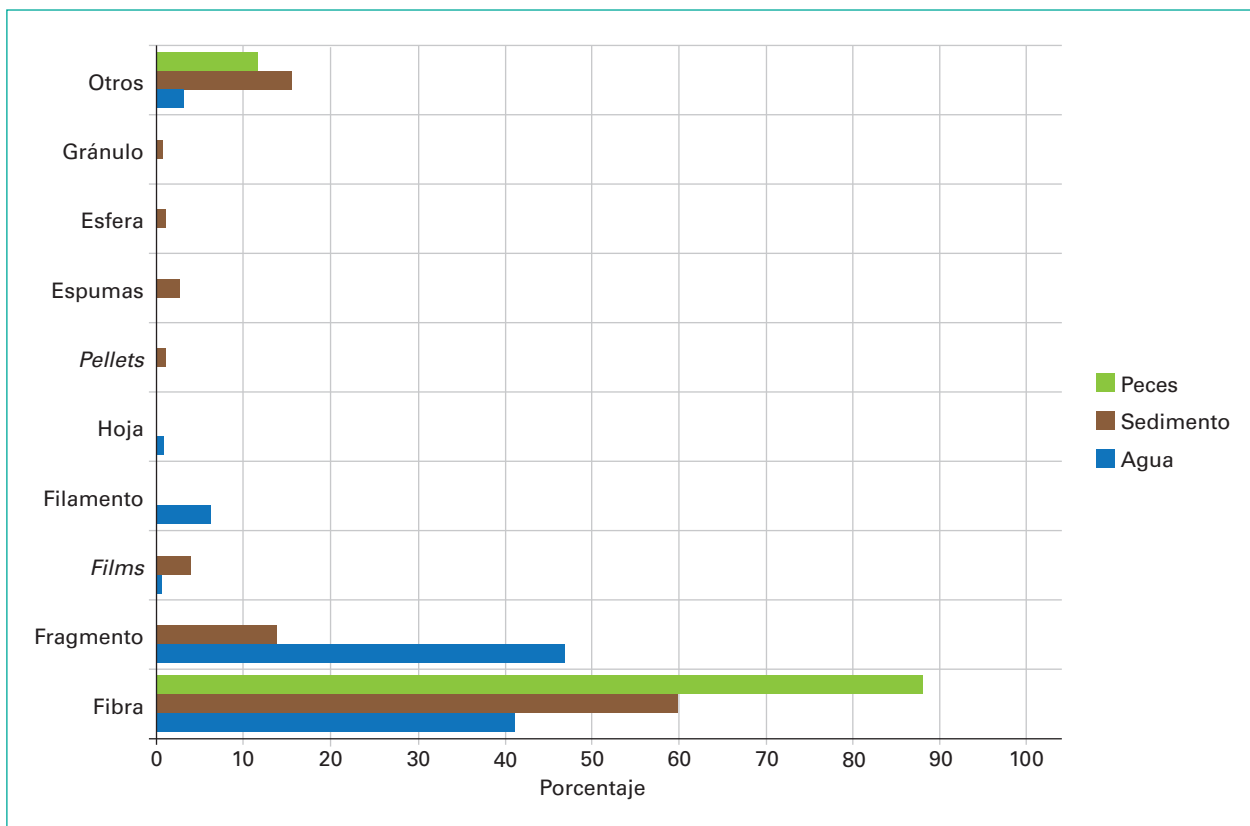


Figura 2. Formas de los microplásticos en agua, sedimento y peces en estudios realizados en México. Elaboración propia con base en información de la revisión bibliográfica.

plásticos, como bolsas y recipientes, así como también materiales de embalaje.

Efectos en los organismos

De los peces muestreados en México, 59% presentaron partículas microplásticas en sus estómagos, lo cual es un alto porcentaje. Además de peces, se han estudiado otros organismos para evaluar la presencia de los microplásticos y sus posibles efectos. Por ejemplo, Angélica Isabel Amaya (2016) reportó que, en la especie de equinodermos conocidos como ofiuros (*Ophiocoma echinata*), la tasa de ingestión varía entre 0 y 248 unidades de microplásticos en un lapso de 48 horas. También evaluó si los microplásticos tienen algún efecto sobre la regeneración de brazo, motilidad y supervivencia en esta especie; sin embargo, no se observó ninguna relación.

Por otra parte, Izchel Romana Gómez (2016) investigó los efectos de los microplásticos de polivinil cloruro (PVC) y fluoranteno en dos especies: una de

poliqueto (*Eupolyornia rullieri*) y una ostra (*Isognomon alatus*). Los resultados obtenidos señalan que el fluoranteno disminuye la cantidad de arena que ambos organismos pueden procesar. También se demostró que en la ostra (*I. alatus*) aumentó el consumo de alimento, al igual que su tasa de respiración. No obstante, no se observó ningún cambio significativo en el crecimiento y en la tasa de mortalidad de ambas especies.

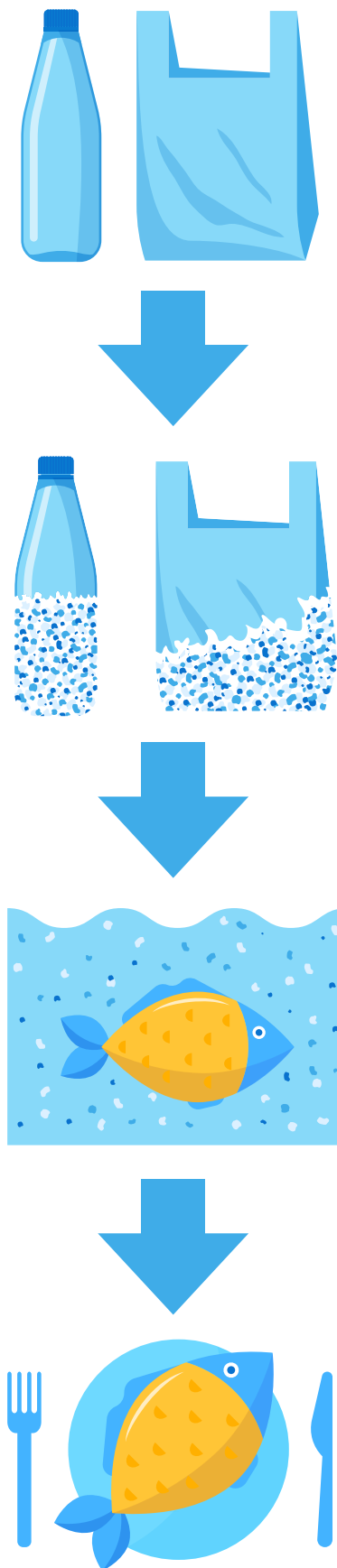
En animales de mayor tamaño, como mamíferos marinos (cetáceos), también se ha demostrado la presencia de microplásticos. Tabata Olavarrieta (2017) reportó los valores de ftalatos encontrados en hembras de la ballena conocida como rorcual común (*Balaenoptera physalus*). Los ftalatos (aditivos químicos de los microplásticos) son disruptores endocrinos que afectan las funciones reproductivas, particularmente durante la gestación o en estadios tempranos del desarrollo, ya que se asemejan e interfieren con hormonas, factores de crecimiento y neurotransmisores.

Por otro lado, Isabel Montserrat Arreola (2020) estudió la relación entre el número de microplásticos encontrados y las colonias de corales lesionadas; sin embargo, no fue posible identificar ninguna relación estadística. No obstante, existen otras investigaciones que sí demuestran los efectos negativos de los microplásticos sobre las colonias de corales. Es importante mencionar que la tendencia de los datos indica que la cantidad de corales afectados fue proporcional a la cantidad de microplásticos registrados.

La ingesta de microplásticos por parte de los organismos puede producir bloqueo intestinal, sensación de saciedad y pérdida de la capacidad para alimentarse, lo que provoca la reducción de las tasas de crecimiento y reproducción debido a la disminución en la ingesta de nutrientes. Una vez en el tracto digestivo, las partículas pueden ser expulsadas o retenidas. De esta manera, los microplásticos y sus sustancias asociadas pueden ingresar a los niveles inferiores de la cadena trófica acuática y transferirse a las siguientes especies.

Otro efecto adverso es que sobre la superficie de los microplásticos pueden adsorberse algunos contaminantes que luego son transportados junto con las partículas. Propiedades como la polaridad y el grado de cristalinidad influyen en la capacidad del material para adsorber estos contaminantes. También se ha demostrado que la electronegatividad de los microplásticos parece ofrecer las condiciones ideales para la acumulación de metales como cobre y cinc. Los llamados **contaminantes emergentes** también son adheridos a los microplásticos en el medio marino; un experimento controlado demostró que los antibióticos sulfadiazina, tetraciclina y trimetoprima pueden ser retenidos por los principales polímeros (Li y cols., 2018).

Por último, es importante destacar que existe cierta interacción entre los microplásticos y los seres humanos. La mayoría de los estudios científicos existentes confirman su presencia en mariscos, por lo que se convierten en la fuente mejor conocida de microplásticos a los cuales se expone una persona. En cambio, las probabilidades de ingesta de estos materiales a partir del consumo de pescados son bajas, considerando el porcentaje de ingreso de partículas



Contaminantes emergentes
Reconocidos recientemente, son sustancias que tienen efectos negativos para el medio, los organismos y la salud.

por los peces y la localización de éstas en el cuerpo de los organismos marinos, ya que usualmente se encuentran en el intestino o en el tracto digestivo, lo que no suele ser consumido por los humanos. Así, la fuente más importante de exposición a microplásticos por medio de la dieta parecen ser los moluscos bivalvos, debido a que en la mayoría de los casos se consume todo el organismo (Wright y cols., 2013).

Conclusión

La gran cantidad de microplásticos encontrados en el ecosistema acuático en México 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 del plástico y sus consecuencias. La educación ambiental, la investigación y la implementación de estrictas normativas y leyes son necesarias para evitar que este problema siga proliferando.

A pesar de que los resultados reportados son desalentadores, es posible impulsar pequeñas acciones desde nuestro hogar para detener esta situación. Lo primero es tomar conciencia del gran impacto que generamos como seres humanos, y lo siguiente es tomar acción. Es posible reducir nuestro consumo de plástico si utilizamos otros materiales, como el vidrio o el cartón; también podemos reutilizar y reciclar

ciertos productos plásticos, como bolsas, envases, empaques, etc. Mantenernos informados y actualizados sobre este tema, y en general sobre el cuidado del ambiente, a partir de fuentes confiables, también es de suma relevancia.

La búsqueda de nuevas soluciones, como la implementación de la biorremediación, es fundamental. Esto consiste en aprovechar ciertos microorganismos para recuperar los ecosistemas dañados; en este caso, se podría estudiar la capacidad de ciertas bacterias, hongos o plantas que degraden estos residuos plásticos. La implementación y el uso de nuevas tecnologías también son algo indispensable; por ejemplo, se han diseñado ciertos aparatos capaces de filtrar y degradar los microplásticos. Por lo anterior, la ciencia y la investigación desempeñan un valioso papel en la solución de los problemas ambientales.

Gilberto Acosta González

Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C.
gilberto.acosta@cicy.mx

Ditza Valeria Carrillo Rosales

Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C.
ditza_carrillo@hotmail.com

J. Adán Caballero Vázquez

Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C.
adan.caballero@cicy.mx



Referencias específicas

- Andrady, A. L. (2011), "Microplastics in the marine environment", *Mar. Pollut. Bull.*, 62:1596-1605. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>, consultado el 2 de febrero de 2022.
- Hidalgo-Ruz, V., L. Gutow, R. C. Thompson y M. Thiel (2013), "Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification", *Sci. Technol.*, 46:3060-3075. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/es2031505>, consultado el 2 de febrero de 2022.
- Aguirrezabal, I. (2019), *Ficha sector. Plástico en México 2019*, España, ICEX.
- Álvarez Zeferino, J. C., S. Ojeda Benítez, A. A. Cruz-Salas, C. Martínez-Salvador y A. Vázquez Morillas (2020), "Microplastics in Mexican beaches", *Resources, Conservation and Recycling*, 155:104633.
- Amaya, A. I. (2016), *Evaluación de los microplásticos en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo, México, y sus efectos en la biota, tomando en cuenta como ejemplo una especie de invertebrado béntico: Ophiocoma echinata* (tesis de maestría), Universidad Nacional Autónoma de México.
- Arreola, I. M. (2020), *Análisis de la concentración de microplásticos en zonas arrecifales de áreas naturales protegidas de Baja California Sur, México* (tesis de maestría), Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Cole, M., P. Lindeque, C. Halsband y T. S. Galloway (2011), "Microplastics as contaminants in the marine environment: a review", *Marine Pollution Bulletin*, 62(12):2588-2597.
- Frias, J. P. G. L. y R. Nash (2019), "Microplastics: finding a consensus on the definition", *Marine Pollution Bulletin*, 138:145-147.
- Gómez, I. R. (2016), *Efecto de los microplásticos de polivinil cloruro (PVC) y del fluoranteno en Eupolyornia rullieri e Isognomon alatus, dos especies del macrobentos del Caribe mexicano* (tesis de maestría), Universidad Nacional Autónoma de México.
- Li, J., K. Zhang y H. Zhang (2018), "Adsorption of antibiotics on microplastics", *Environmental Pollution*, 237:460-467.
- Olavarrieta, T. (2017), *Abundancia de microplásticos en la bahía de La Paz y niveles de ftalatos en el rorcual común (Balaenoptera physalus)* (tesis de maestría), Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Toledo Martínez, M. Á. (2019), *Revisión bibliográfica de los métodos de análisis de micro (nano) plásticos en el medioambiente y en la biota marina* (tesis de maestría), Universidad Nacional de Educación a Distancia (España).
- Wright, S. L., R. C. Thompson y T. S. Galloway (2013), "The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review", *Environmental Pollution*, 178:483-492.