

Residuos plásticos:

La migración de los **microplásticos** **y nanoplásticos** al ambiente

Mariana Herrera-Rodríguez, Carmen
Ximena Martínez-Escutia, Estefany I.
Medina-Reyes, Yolanda I. Chirino



El plástico se encuentra en la ropa, en los envoltorios de golosinas, en todo tipo de recipientes e incluso en productos de belleza. Estos productos plásticos van a los supermercados o a las tienditas de la esquina, donde nosotros los compramos y, cuando estos productos ya no son útiles, los desecharmos a la basura. Después de desecharlos, el plástico tiene distintos destinos, entre ellos el mar, que es donde llegan los plásticos mal desechados que, por factores ambientales como la lluvia, se transportan a los ríos que desembocan en los océanos. Con el tiempo, estos plásticos llegan a las islas de plástico donde, por distintos factores, se fragmentan en partículas muy pequeñas, que se conocen como microplásticos y nanoplásticos, las cuales migran a través del agua a distintos alimentos y también están en el aire de muchos lugares del mundo. De esta manera, estamos inhalando e ingiriendo partículas pequeñas de plástico constantemente. Por este tipo de problemas, es necesario que el consumo del plástico se modifique a nivel individual y comunitario, pero sobre todo a nivel gubernamental y empresarial, para evitar en lo posible el uso, mal manejo y la migración del plástico.

Rodeados de plástico

La palabra “plástico” forma parte de nuestro vocabulario diario, ya que la mayoría de las cosas que vemos en un día tienen algo de plástico. Por ejemplo, los envoltorios de las golosinas, algunos recipientes de comida, piezas de automóviles o bicicletas, e incluso

algunos materiales de construcción tienen plástico. A lo mejor esto ya lo conocías, pero hablemos de cosas de plástico que usamos para arreglarnos antes de salir a una cita. Usualmente, lo primero que uno hace es escoger el *outfit* que usaremos, como un suéter de poliéster y unos pantalones ajustados de nylon, que están hechos en parte de plástico. Posteriormente, nos metemos a bañar, usamos shampoo y acondicionador que vienen en botellas de plástico y, además, para tener la piel más suave, usamos un exfoliante que, para hacer más profunda la limpieza, tiene microesferas de plástico. Para ya casi terminar, nos lavamos los dientes con un cepillo que probablemente su mango o sus cerdas son de plástico, y para tener los dientes más luminosos, usamos alguna pasta de dientes especial para blanquear los dientes que podría contener microesferas de plástico, y que está contenida en un tubo de plástico. Por último, nos maquillamos y, para brillar más, nos ponemos productos de belleza con brillos que son hechos con plástico.

Como podrás ver, el plástico está en nuestra rutina diaria y, desde el año 1930, los humanos lo utilizamos en todo por su practicidad y por ser una alternativa a otros materiales, como el vidrio, la madera o el metal, que son más costosos de producir. Además, por ser duradero y capaz de adquirir distintas formas, resulta ser de los materiales más utilizados y que encontramos en todas partes. A pesar de su gran utilidad y popularidad, el uso masivo y constante del plástico ha generado grandes problemas, que a la fecha aún no se pueden saber o calcular con precisión y no les damos importancia.

Cuando compramos algo hecho total o parcialmente de plástico, ¿nos detenemos a pensar en todo lo que tuvo que pasar para que tengamos ese producto en nuestras manos?, o nos preguntamos ¿en dónde termina cuando los desechamos? Bueno, vamos a darle un vistazo al ciclo de vida de los plásticos.

Migración del plástico: Sus desechos

La raíz de todo comienza con la extracción del petróleo crudo (Figura 1A), el cual es transportado por vía marítima para su refinamiento hasta convertirlo en monómeros de plástico; uno de los más utilizados es el estireno (Figura 1B). Luego, estos monómeros son unidos para formar polímeros. Para que te des una idea de cómo ocurre esto, imagina que tienes unas perlas para hacer un collar, donde cada perla equivale a un monómero, y el conjunto de perlas, es decir, el collar, representa el polímero, ya que muchas perlas fueron unidas. Así es como se producen los gránulos de plásticos (Figura 1C), los cuales se forman con la unión de muchas partículas de los monómeros, como el estireno que forman al poliestireno. En este paso suelen añadirse colorantes o aditivos que mejoran las características del producto final. Después, los gránulos son transportados hasta las fábricas, donde son fundidos y con moldes se obtiene la forma final del plástico (Figura 1D). Estos productos se venden y transportan a otras fábricas donde son rellenados con los productos que consumimos (Figura 1E) o, simplemente, se van a tiendas en donde son vendidos al mayoreo (Jiao *et al.*, 2024).

Nos detendremos un momento para analizar la contaminación en el ambiente causada por la producción de los plásticos. A lo mejor te preguntarás ¿eso cómo contamina el ambiente? Bueno, desde la extracción del petróleo crudo se genera una gran cantidad de gases de efecto invernadero (dióxido de carbono (CO₂), metano y óxidos de nitrógeno), los cuales son constantes durante todo el proceso de fabricación. Además, se contamina una gran cantidad de agua, ya sea por su uso en las fábricas, como por las fugas o derrames accidentales de petróleo, lo que también daña la vida de los animales acuáticos. También, durante el transporte marítimo de los gránulos, que van en grandes contenedores, hay contaminación, pues se estima que muchos de esos contenedores caen al mar (Jiao *et al.*, 2024). Estos plásticos terminan en los océanos y de ahí migran a diferentes zonas, como las playas o al fondo de los océanos, donde los animales los ingieren por accidente.

El uso de los plásticos es la etapa más corta del ciclo (Figura 1F); después de su uso existen 3 posibilidades:

1. el reúso, el cual es tan bajo que no hay una cifra estimada ni en México ni a nivel mundial;
2. el reciclaje (Figura 1F1), que solo representa alrededor del 9% del plástico producido a nivel mundial (OECD, 2022); y
3. el desecho de los plásticos (Figura 1F2), que es el camino más abundante y el que más problema genera.

Una vez desechado, el 12 % del plástico se incinera, lo que contribuye al incremento de los gases de efecto invernadero, mientras que el 79 % del plástico termina en vertederos o en la naturaleza (OECD, 2022; Figura 1F2). Un porcentaje de la basura plástica, del cual no se sabe con exactitud, llega a los océanos luego de que los residuos plásticos, que fueron desechados de forma incorrecta, son arrastrados por lluvias a las alcantarillas y de ahí llegan a los ríos que desembocan en los océanos, donde se han reportado la presencia de “islas de plástico” (Figura 1G). Aunque su nombre te sonará curioso y atractivo, no son islas para vacacionar o pasar el rato, pero resulta ser el destino de muchos plásticos y te explicamos a continuación un poco sobre estas islas.

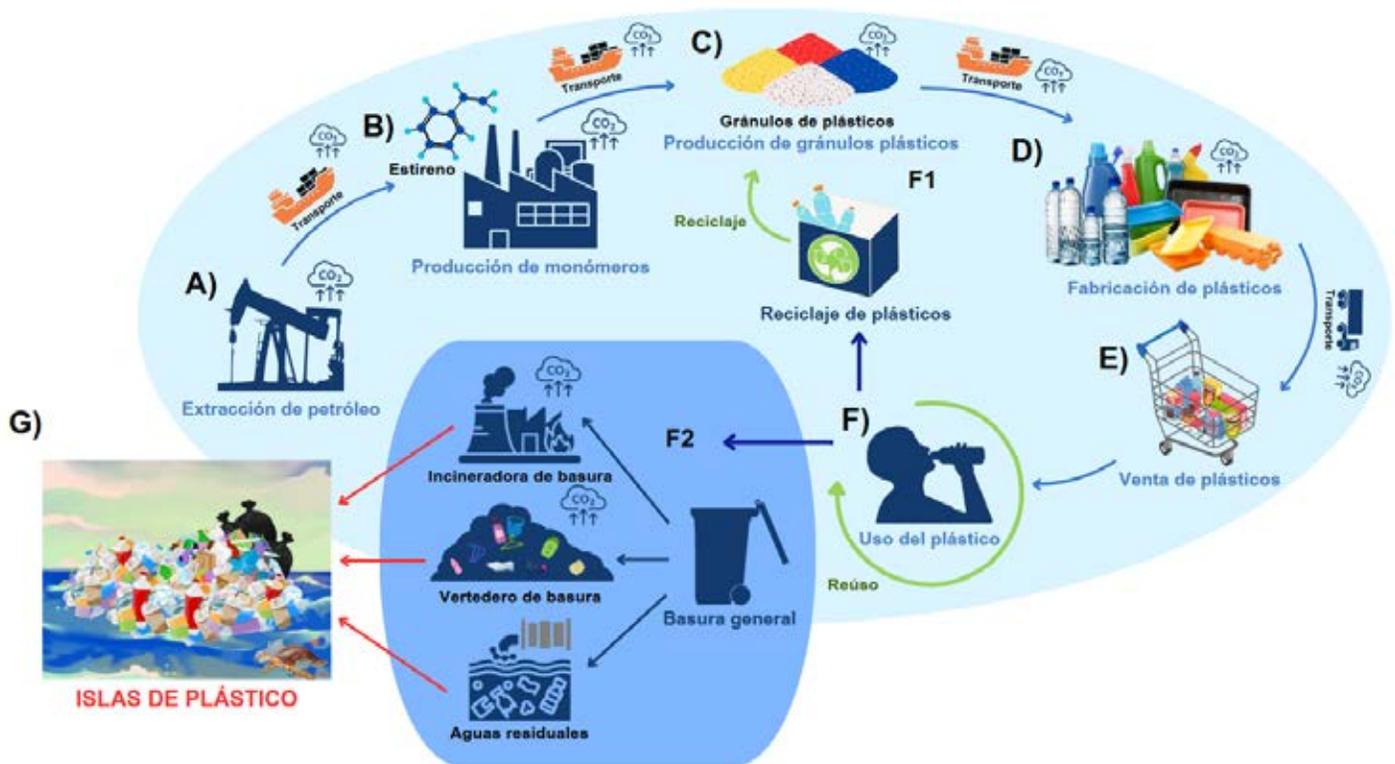


Figura 1. Ciclo de vida del plástico. La vida del plástico comienza con la extracción del petróleo (A), el cual es refinado a monómeros (B), por ejemplo, el estireno. A partir de los monómeros, se forman los gránulos de plástico (C), que después son fundidos y moldeados (D). De ahí son llevados a las tiendas y supermercados (E), donde son vendidos a los consumidores como nosotros, quienes a veces los reusamos (F). Un pequeño porcentaje del plástico es reciclado (F1), pero la mayoría de los plásticos son desechados en la basura general (F2), donde un porcentaje es incinerado, otro termina en los vertederos de basura o en aguas residuales, y con el tiempo una gran cantidad migra al océano (F2, G).

Destino de los desechos plásticos

Como mencionamos con anterioridad, parte de los residuos plásticos llegan a los océanos y forman parte de las islas de plástico. Impresionantemente, el 20% del plástico de dichas islas proviene de barcos que pierden su cargamento o de barcos pesqueros que pierden sus redes de pesca (National Geographic, 2024). Esto significa que el 80% del plástico del océano proviene de fuentes terrestres, aunque estos porcentajes varían dependiendo de la región del mundo.

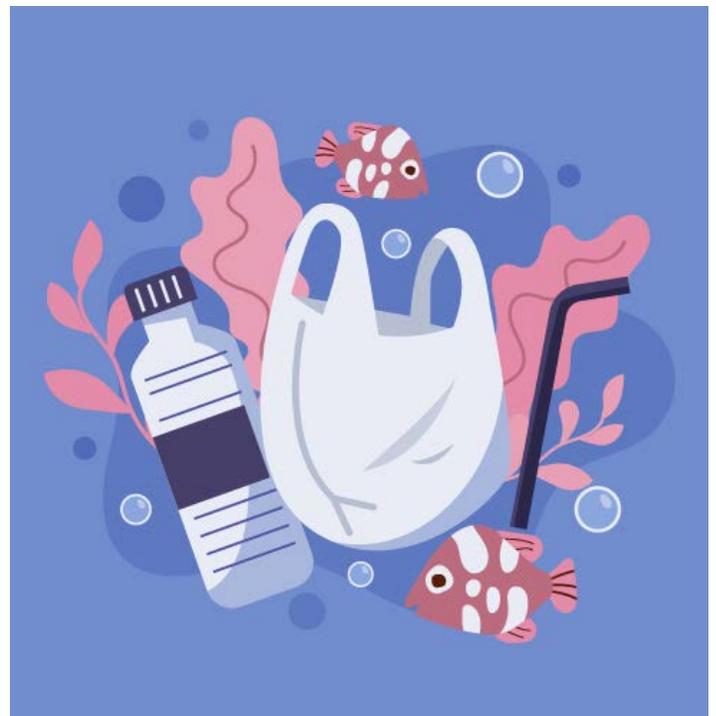
Estas islas se forman en ciertos puntos de los océanos, conocidos como giros oceánicos (NOAA, 2024), donde las corrientes marinas contribuyen para que la basura migre a zonas donde el agua es relativamente estática, y es aquí donde la basura termina acumulándose.

En el mundo, se encuentran formadas un total de ocho islas de plástico; sin embargo, las más grandes son cinco: dos de ellas se encuentran en el océano Pacífico, dos en el océano Atlántico y una en el océano Índico. La más grande es conocida como la gran mancha del Pacífico, y es un gran cúmulo de basura flotando, que tiene una extensión aproximada de 1.8 millones de kilómetros cuadrados, casi del tamaño de nuestro país que mide aproximadamente 1.9 millones de kilómetros cuadrados, y en su mayoría está formada por plástico que flota en la superficie.

En las islas, el plástico se fragmenta en pedazos más pequeños, y estos a su vez en fracciones todavía más pequeñas, y así su-

cesivamente hasta llegar a partículas de tamaños micrométricos y nanométricos, por lo cual se les llama microplásticos y nanoplásticos. Esta fragmentación ocurre debido a factores como la radiación ultravioleta solar, el choque constante de las olas, las sustancias químicas y el desgaste provocado en los productos plásticos luego de que los animales marinos, como las tortugas, muerden los trozos de plásticos al confundirlos con su comida (Figura 2). Además, existen bacterias como las *Comamonas testosteroni*, que pueden fragmentar el plástico (Wilkes *et al.*, 2024).

Esta fragmentación del plástico tarda años, sin embargo, los plásticos que han tenido como destino las islas de plástico también llevan años ahí varados por no ser biodegradables, y una parte de ellos ha sido convertida en microplásticos y nanoplásticos, que son invisibles al ojo humano.



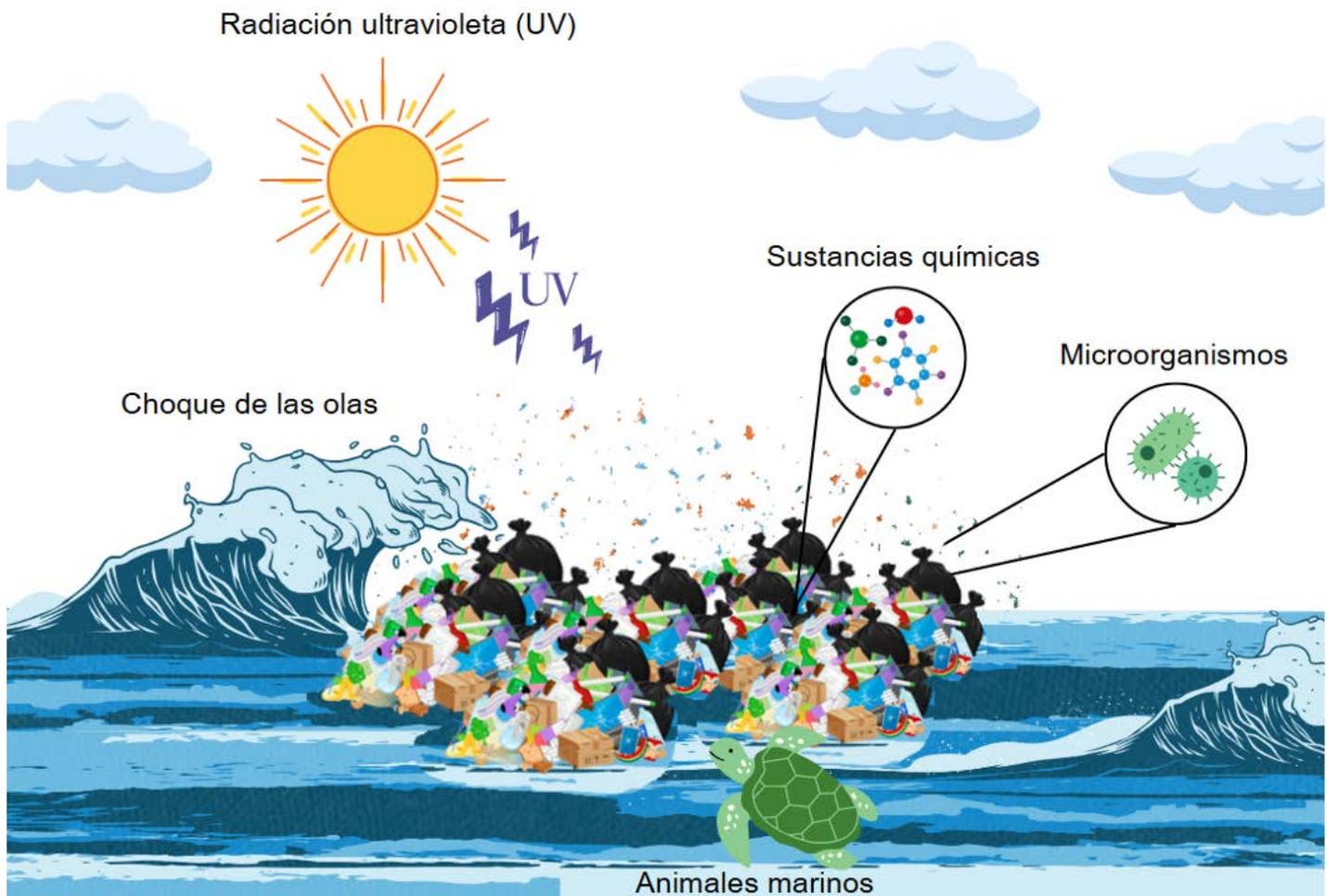


Figura 2. Factores que favorecen la fragmentación del plástico hasta micro y nano plásticos en el océano. Entre los factores se encuentra la radiación UV que proviene del Sol, el choque de las olas, por sustancias químicas, microorganismos y animales marinos.

Transporte del microplástico y nanoplástico a los humanos

Los pequeños fragmentos de plástico, en su mayoría, se encuentran flotando en el mar; ahí muchos animales los ingieren de manera involuntaria. Se ha encontrado el microplástico en aves marinas y en peces como el atún, que casi todos hemos consumido alguna vez. Como podrás imaginar, el consumo de estos animales es una de las formas en las que el microplástico migra desde los océanos hacia nosotros; sin embargo, no es la única forma.

El microplástico no sólo está dentro de los intestinos de los animales marinos que lo ingieren, sino que también se ha encontrado en la sal que usamos para cocinar y en otros alimentos como la miel o la leche, e incluso en el agua embotellada (Kwon *et al.*, 2020). Otra forma en la que estas partículas de plástico migran desde los océanos hacia nosotros, es

mediante las corrientes de aire. Es así como estamos constantemente expuestos a estas partículas micro y nanométricas, ya sea por la respiración o a través de los alimentos, no importa que no vengan del mar.

Cabe resaltar que aún se desconoce la cantidad precisa del nanoplástico en los alimentos y el aire, pero se espera que conforme pasen los años, aumente su presencia a causa de la misma degradación del microplástico a nanoplástico.

Aunque todavía se están investigando los efectos tóxicos que pueden tener estos microplásticos y nanoplásticos en el cuerpo humano y en los ecosistemas, los peligros que pudieran tener son, por ejemplo, que estas partículas extremadamente pequeñas podrían unirse a contaminantes atmosféricos dañinos, como el bisfenol A (BPA) (Liu *et al.*, 2019), que se han relacionado con problemas medioambientales y de salud. Además, al ser de un tamaño tan pequeño, es probable que estas partículas plásticas puedan generar muchos problemas, lo que es necesario investigar y así tener elementos para dar recomendaciones.

Recomendaciones y reflexiones

Como se podrá ver, el tener una botella de plástico o algún otro producto desechable, tiene todo un trayecto, un uso extremadamente corto e incluso de un solo uso, y un ciclo de vida largo y contaminante. Aunque ya no podemos quitar al plástico de nuestra vida, está en nosotros el darle un destino diferente a los productos que

desechamos para no contribuir aún más a la contaminación creciente del microplástico y nanoplástico.

Reducir la contaminación por plástico en el mundo es un desafío complejo que requiere esfuerzos a nivel gubernamental, empresarial, comunitario e individual.

Uno de los primeros pasos que podemos realizar como individuos es cambiar algunos de nuestros hábitos de consumo para evitar el uso de plásticos de un solo uso y usar alternativas reutilizables, como contenedores de vidrio o acero inoxidable y llevar nuestras bolsas de tela. ¡Ah! si vas a comprar comida en la calle, podrías llevar un par de recipientes en tu mochila para evitar el unicel, el cual es uno de los plásticos más utilizados y para el que se estima puede tardar entre 500 a 1000 años en descomponerse por completo (EPSOLE, 2024), lo cual es mucho tiempo, considerando en que nosotros lo usamos únicamente 30 minutos en lo que nos terminamos nuestra comida.

Esa es una pequeña acción por parte de los consumidores, pero también necesitamos promover mejores políticas de regulación, y pedir que se asegure su cumplimiento. Con mejores regulaciones las grandes empresas estarían obligadas a reciclar y reusar más el plástico que producen, o a tener un límite máximo anual de producción de plástico, lo que además promovería la llamada “economía circular”. Además, es necesario que se lleven a cabo campañas de saneamiento del plástico en las zonas naturales, por ejemplo, a través de iniciativas de recolección de plástico.

Por otro lado, necesitamos mejorar la gestión de los residuos plásticos, y para ello se quiere una mejor infraestructura de reciclaje, que incluye el fácil acceso a contenedores de residuos para todas las personas, hasta grandes depósitos donde los residuos sean tratados de la forma correcta. Otro eje que sería importante apoyar es la investigación para que en el largo o mediano plazo se hallen nuevos materiales que no se fragmenten a pequeñas partículas, o que sean hechos de fuentes renovables que no tengan el mismo impacto ambiental o efectos tóxicos en la salud de los consumidores y productores del plástico.

Cada acción cuenta, y es necesario un enfoque global y local para abordar este desafío de manera efectiva en el mediano plazo para el bien de nuestro planeta.

Biol. Mariana Herrera Rodríguez. Estudiante del Programa de Doctorado en Ciencias Biomédicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, cuya línea de investigación es sobre contaminantes atmosféricos y sus efectos en la salud. Email: mhr_27@comunidad.unam.mx

Biol. Carmen Ximena Martínez Escutia. Es bióloga egresada de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, cuyo proyecto de titulación se centró en la acumulación del aditivo alimentario dióxido de titanio en hígado, bazo y riñón. Email: 316291614@iztacala.unam.mx

Dra. Estefany I. Medina-Reyes. Es bióloga y doctora en ciencias, con experiencia en toxicología. Su trabajo se ha enfocado en evaluar los efectos adversos que tienen algunos nanomateriales y aditivos alimentarios. Email: medinaingrid0@gmail.com

Dra. Yolanda I. Chirino. Es una científica dedicada a identificar agentes que están presentes en áreas de trabajo, en el ambiente o en alimentos que pueden causar daños a la salud humana y agradece el apoyo otorgado al proyecto IN209522 por el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (DGA-PA-UNAM). Email: chirino@unam.mx

REFERENCIAS

- EPSOLE (diciembre 2024) ¿Cuánto tiempo tarda en descomponerse la espuma de poliestireno?. EPSOLE. <https://epsole.com/es/%C2%BFCu%C3%A1n-to-tiempo-tarda-en-descomponerse-la-espuma-de-poliestireno%3F/>
- Jiao H, Ali S, Alsharbaty M, Elsamahy T, Abdelkarim E, Schagerl M, Al-Tohamy R & Sun J. (2024). A critical review on plastic waste life cycle assessment and management: Challenges, research gaps, and future perspectives. *Ecotoxicol Environ Saf.* 271:115942. DOI 10.1016/j.ecoenv.2024.115942
- Kwon J, Kim J, Pham T, Tarafdar A, Hong S, Chun S, Lee S, Kang D Y, Kim J, Kim S & Jung J. (2020). Microplastics in Food: A Review on Analytical Methods and Challenges. *International journal of environmental research and public health*, 17(18), 6710. DOI 10.3390/ijerph17186710
- Liu X, Shi H, Xie B, Dionysiou D & Zhao Y. (2019). Microplastics as Both a Sink and a Source of Bisphenol A in the Marine Environment. *Environ Sci Technol.*, 33(17):10188-10196. DOI 10.1021/acs.est.9b02834
- National Geographic. (octubre, 2024) La Gran mancha de basura del Pacífico. National Geographic. <https://education.nationalgeographic.org/resource/la-gran-mancha-de-basura-del-pacifico/>
- NOAA. (julio, 2024). Garbage Patches. Marine Debris Program. <https://marinedebris.noaa.gov/discover-marine-debris/garbage-patches>
- OECD. (febrero, 2022). Plastic pollution is growing relentlessly as waste management and recycling fall short, says OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development. <https://shorturl.at/qkP5p>
- Wilkes R, Zhou N, Carroll A, Aryal O, Teitel K, Wilson R, Zhang L, Kapoor A, Castaneda E, Guss A, Waldbauer J & Aristilde L. (2024). Mechanisms of Polyethylene Terephthalate Pellet Fragmentation into Nanoplastics and Assimilable Carbons by Wastewater Comamonas. *Environ Sci Technol.*, 58(43), 19338-19352. DOI 10.1021/acs.est.4c06645.