

¿Estamos respirando, comiendo y bebiendo

microplásticos?

María Patricia Amador Ramírez
Maribel Arroyo Carranza
Roberto Zúñiga Mora
maria.amador@correo.buap.mx





Indudablemente los materiales plásticos o polímeros sintéticos han contribuido al desarrollo de las sociedades, sustituyendo muchos materiales metálicos, cerámicos o de origen natural, y ciertamente son indispensables en la actividad humana como la concebimos hoy en día. En 2019, se fabricaron 460 millones de toneladas de productos plásticos, de los cuales únicamente el 9% se recicla, y además se estima que en 2026 se producirán alrededor de 1,200 millones de toneladas (OECD, 2022). Esta alta producción en combinación con una baja tasa de reciclado provoca que una gran cantidad de plásticos ingresen en el medio ambiente. En la Figura 1, se muestra una fotografía del río Atoyac, en la ciudad de Puebla, Puebla, donde se puede ver que una buena parte de la basura son desechos de plástico.



Figura 1. Fotografía del río Atoyac en el municipio de Puebla.

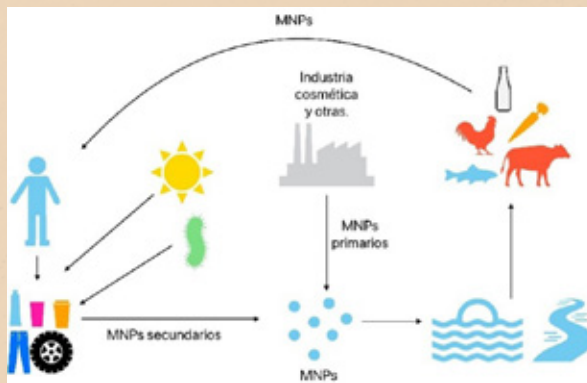
El tema del impacto de los plásticos en el ambiente comenzó a tener auge a nivel global a finales de los años sesenta, a partir de noticias sobre la interferencia física del plástico con los animales en lugares re-

motos del planeta; como cuando los animales quedaban atrapados en redes, comían plástico y se ahogaban, o al comer plástico se “sacaban” pero morían de hambre. Más adelante, se descubrieron materiales plásticos dentro del aparato digestivo de los animales. En fin, existe una larga e interesante historia sobre el tema de los plásticos, el ambiente y su impacto en la salud de los seres vivos (Schmid, 2021). Sin embargo, lo que atrae nuestra atención en este artículo, es que los plásticos al triturarse, desgastarse durante su uso, o partirse, generan pequeños fragmentos o partículas. En 2004 se acuñó el término microplásticos para referirse a estas partículas, con tamaños menores a 0.5 mm, pero hay otras que comentaremos más adelante.



Origen de los micro y nano-plásticos

La contaminación por plásticos es evidente a través de las fotografías que circulan de las islas de plásticos que se forman en los océanos y por lo que cotidianamente podemos observar en las calles, basureros y prácticamente en todos los lugares. Sin embargo, eso no es lo más preocupante, sus efectos se agravan porque por acción de la radiación UV-VIS, por procesos de oxidación o por acción bacteriana, los diferentes tipos de macroplásticos (envases, ropa sintética, bolsas, desechables, llantas, entre otros) se pueden degradar continuamente para producir partículas muy pequeñas como fragmentos de plástico sólido, microfibras de tela o cuerda, o partículas provenientes del desgaste de los neumáticos, entre otros. En general, a las partículas que tienen dimensiones menores a 5 mm y hasta 1mm se les denomina microplásticos, más pequeñas de tamaños nanométricos (10⁻⁹ m), se les denomina nanoplásticos, (a ambas las nombraremos como MNPs, donde estas siglas abarcan los micro y nanoplásticos). Estos MNPs pueden tener dos orígenes, uno primario, el cual incluye a esos MNPs que fueron incorporados de ese tamaño en la elaboración de diversos artículos, como son productos cosméticos o de limpieza; y uno secundario, haciendo referencia a esos MNPs que provienen de la degradación de macroplásticos. En la Figura 2, se muestra un esquema de la formación de los MNPs hasta que llegan a nuestro organismo.



Los MNPs más comunes provienen de fibras plásticas originadas por la descomposición de fibras textiles (ropa) como poliésteres, o de envases plásticos como son polietileno (PE), polipropileno (PP), poliestireno (PE), polietilentereftalato (PET) y cloruro de polivinilo (PVC).

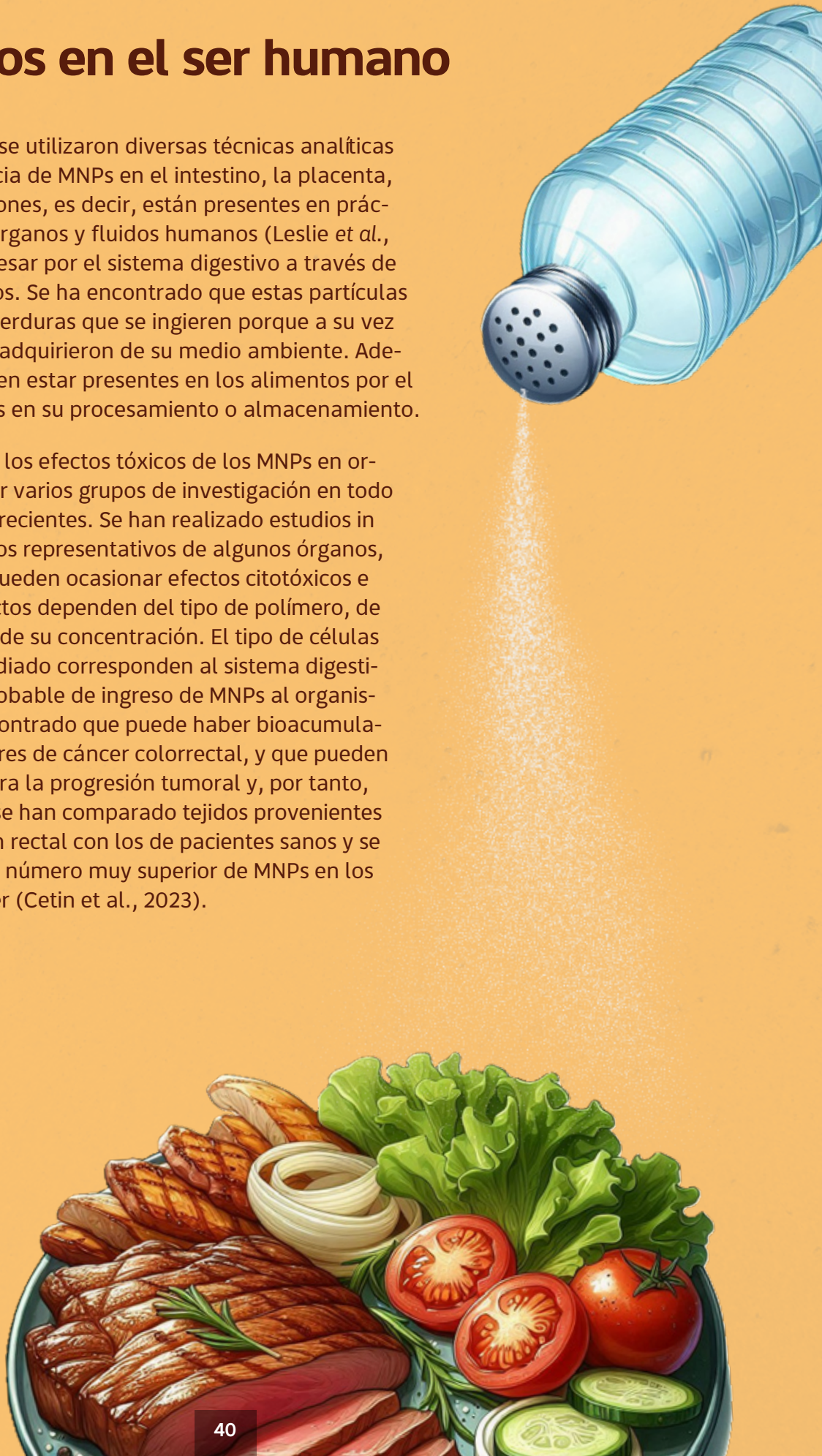
En general, los MNPs pueden ingresar a los organismos vivos a través de la piel, por inhalación o por ingestión y entre más pequeñas sean las dimensiones de los MNPs, su efecto nocivo en el medio ambiente y en particular, en los organismos vivos, incluyendo el ser humano, puede ser mayor. Esto debido a que, entre más diminutas sean, aumenta la posibilidad de traspasar membranas biológicas, como es el caso de la barrera hematoencefálica (Kopatz et al., 2023).

Efectos tóxicos en el ser humano

Estudios recientes en los que se utilizaron diversas técnicas analíticas mostraron que hay la presencia de MNPs en el intestino, la placenta, sangre, leche materna, pulmones, es decir, están presentes en prácticamente todos los tejidos, órganos y fluidos humanos (Leslie *et al.*, 2022). Los MNPs pueden ingresar por el sistema digestivo a través de los alimentos que consumimos. Se ha encontrado que estas partículas se encuentran en la carne o verduras que se ingieren porque a su vez los animales o vegetales, las adquirieron de su medio ambiente. Además, los MNPs también pueden estar presentes en los alimentos por el contacto con plásticos usados en su procesamiento o almacenamiento.

La mayoría de los estudios de los efectos tóxicos de los MNPs en organismos vivos, realizados por varios grupos de investigación en todo el mundo, son relativamente recientes. Se han realizado estudios *in vitro* utilizando células y tejidos representativos de algunos órganos, que muestran que los MNPs pueden ocasionar efectos citotóxicos e inflamatorios y que estos efectos dependen del tipo de polímero, de su tamaño y forma, así como de su concentración. El tipo de células y tejidos que más se han estudiado corresponden al sistema digestivo ya que la vía altamente probable de ingreso de MNPs al organismo, es la ingestión. Se ha encontrado que puede haber bioacumulación de MNPs en líneas celulares de cáncer colorrectal, y que pueden actuar como catalizadores para la progresión tumoral y, por tanto, para la metástasis. También se han comparado tejidos provenientes de pacientes con cáncer colon rectal con los de pacientes sanos y se han encontrado que existe un número muy superior de MNPs en los tejidos afectados por el cáncer (Cetin *et al.*, 2023).

Estudios *in vivo* se han realizado utilizando ratones, encontrando, por ejemplo, que los MNPs pueden inducir daño en el sistema renal (La Porta *et al.*, 2023). Otro estudio impactante es el que realizaron también con ratones a los cuales se les administraron nanopartículas de poliestireno, después de dos horas de haberlas ingerido se encontró que estas partículas habían traspasado la barrera hematoencefálica (Kopatz *et al.*, 2023).

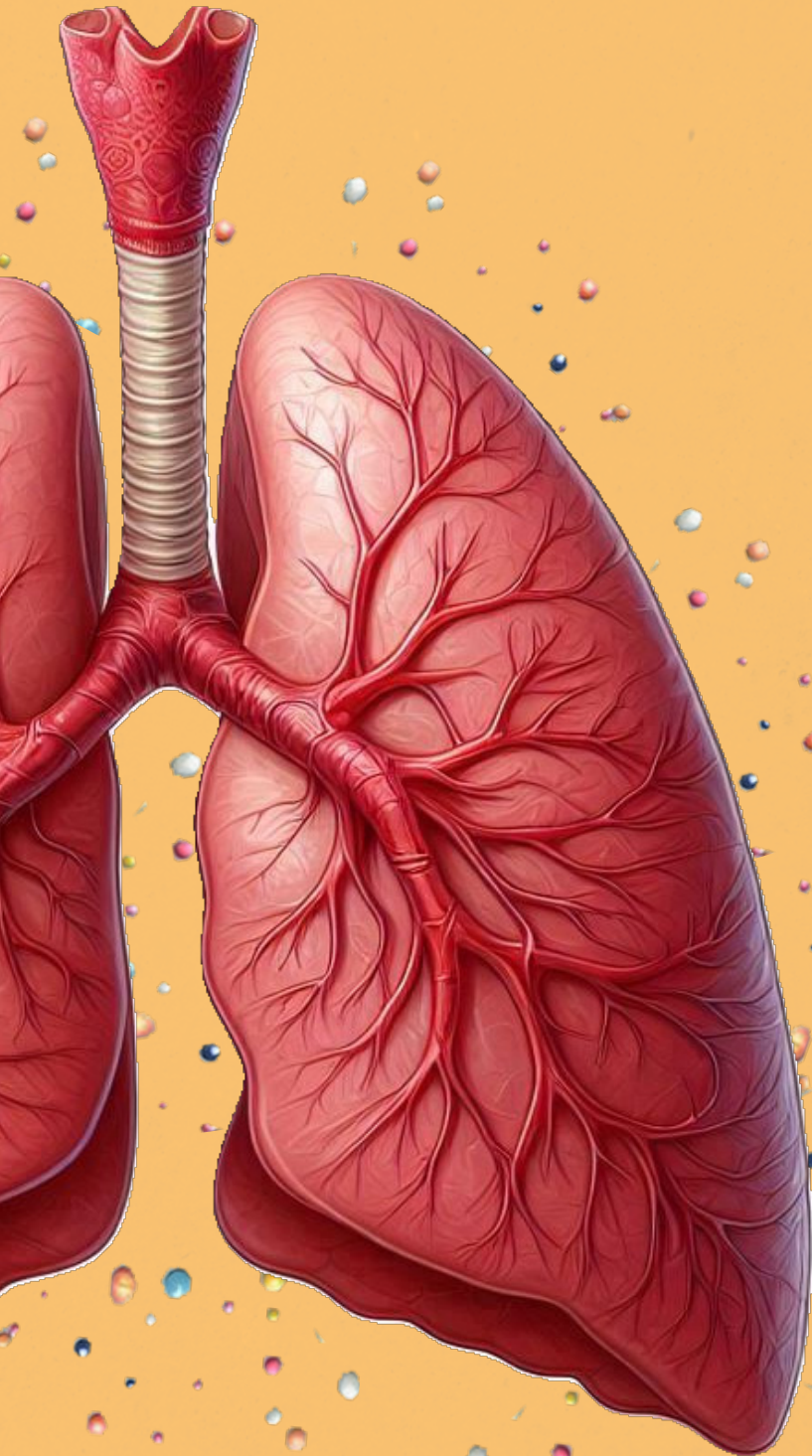


MNPs en el polvo urbano

Existen tres vías de exposición a los micro plásticos: oral, inhalación y contacto con la piel. Una cantidad importante de estudios por contaminación y efectos de los MNPs se han centrado en el sistema digestivo, esto debido a que los alimentos son una de las principales vías de ingreso de estas partículas, sin embargo, hay otra vía principal, y es a través del aire que se respira. Entre más pequeñas son las dimensiones de los MNPs, su transporte por el aire es más probable, ya que, se pueden trasladar por la acción del viento con velocidades de hasta 95 km/h (Allen et al., 2019). Estas micropartículas de plásticos sintéticos forman parte del material particulado que transporta diferentes sustancias de determinada composición, formas y dimensiones, como son iones, compuestos orgánicos, metales, núcleos de carbono y MNPs, entre otras sustancias. Las principales fuentes de MNPs en el aire, son fibras textiles, neumáticos y desechos plásticos en general. Estos fragmentos pueden tener diferentes formas y tamaños, así como ir acompañadas por otras sustancias químicas que se utilizan en la fabricación de polímeros sintéticos como estabilizadores, retardantes de flama, colorantes, metales, antioxidantes o biocidas, muchos de ellos tóxicos (Vattanasit et al., 2023).

Se ha encontrado que los MNPs están a altas concentraciones en ciudades industrializadas, así también, diversos estudios han mostrado que la presencia de estas micropartículas puede ser mayor al interior de los hogares, porque se generan a partir de los diversos productos que se utilizan, como son los cosméticos, instrumentos como escobas, cepillos de fibras plásticas que son sometidas a abrasión, productos de limpieza, textiles sintéticos de vestir o de muebles, entre otros.





Los MNPs que se inhalan pueden ser más peligrosos para la salud humana porque al ingresar por el sistema respiratorio significa que sus dimensiones son más pequeñas y esto implica que pueden bioacumularse en los tejidos de los órganos, principalmente en los pulmones y lo que no se deposita se desecha a través del esputo. Estudios hechos *in vitro* y *in vivo*, sugieren que los MNPs pueden dañar la barrera epitelial pulmonar produciendo inflamación y ocasionando que puedan ingresar alérgenos, y sustancias tóxicas al líquido intersticial y al torrente sanguíneo. Además, la exposición a MNPs altera la capacidad antioxidante de las células epiteliales bronquiales provocando estrés oxidativo. También, estudios muestran que los MNPs pueden interactuar con los tensoactivos que recubren los alveolos pulmonares alterando sus funciones y provocando daño pulmonar. Todo esto puede favorecer el desarrollo, o empeorar, enfermedades pulmonares como el asma y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (Lu et al., 2022).

En general se puede considerar que la concentración de MNPs en el aire es relativamente baja, sin embargo, la exposición prolongada puede tener consecuencias, como ya se mencionó, en personas que tienen problemas en el sistema respiratorio, por ejemplo, con enfermedades alérgicas, ya que, hay la posibilidad que la coexposición a microplásticos y alérgenos pueda exacerbar sinérgicamente la enfermedad.

Detección y caracterización de MNPs en polvo urbano

Dentro del marco del proyecto interinstitucional IPNVIIEP 2024-2025, está planeado analizar el contenido de microplásticos en el polvo urbano, por lo que las muestras se coleccionarán en lugares cercanos a donde se colocarán los detectores de material particulado.

La detección y caracterización de los microplásticos consta de varias etapas, e inicia con el muestreo adecuado del polvo, el cual se debe coleccionar en ausencia de viento y lluvia, usando instrumentos que no sean de materiales plásticos. Posteriormente, las muestras se deben someter a un proceso de tamización y secado a temperaturas adecuadas que permitan eliminar la humedad sin llegar a deteriorar o fundir las partículas plásticas presen-

tes. Después, las muestras se someten a un proceso de digestión para eliminar la materia orgánica que puede interferir en la detección de MNPs, para ello se pueden utilizar diversas sustancias como es peróxido de hidrógeno o ácidos. Una vez que se eliminó la materia orgánica, los MNPs, se separan utilizando el método de flotación usando sales inorgánicas cuya densidad sea mayor a los microplásticos que se quieren detectar. Las muestras se someten nuevamente a un proceso de secado y están listas para poder detectar y caracterizar microplásticos. En el trabajo que se planea realizar se utilizará la técnica IR-FT, que permitirá identificar microplásticos de dimensiones mayores a 5 m.



Sugerencias para disminuir la formación de MNPs

Todos los seres humanos usamos en forma cotidiana materiales plásticos que muy probablemente lleguen a descomponerse formando MNPs. Hay varias maneras en que podemos contribuir a la disminución de la formación de estas micropartículas, es decir, debemos pensar y actuar para minimizar en lo posible, el uso de plásticos. Por ejemplo, podemos usar, en nuestros hogares, fibras naturales (como Luffa o zacate) para todas las labores de limpieza, llevar trastes reutilizables cuando compramos comida, bolsas para hacer compras, ir a expendios donde compremos a granel líquidos de limpieza, evitar la compra excesiva o innecesaria de ropa con materiales sintéticos, en fin, todos podemos pensar de qué manera podemos disminuir el uso de plásticos. También podemos llevar a centros de acopio los plásticos que lleguemos a utilizar. Por otro lado, podemos hacer labor de concientización con personas que nos rodeen y que este pensamiento se extienda de modo que los gobiernos legislen para disminuir la producción y el uso de plásticos.



Referencias

1. Allen S., Allen D., Vernon R. P. Le Roux G., Durántez Jiménez P., Simonneau A., Binet S., Galop D., (2019). Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment, *Nature Geoscience*, 12, 339-344. <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0335->
2. Cetin M., Miloglu F.D., Baygutalp N. K., Ceylan O., Yildirim S., Eser G., Gul H. İ, (2023). Higher number of microplastics in tumoral colon tissues from patients with colorectal adenocarcinoma, *Environmental Chemistry Letters*, 21:639-646. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01560-4>
3. Kopatz V., Wen K., Kovács T., Keimowitz A. S., Pichler V., Widder J., Vethaak A.D., Hollóczki O., Kenner L.(2023), Micro- and Nanoplastics Breach the Blood-Brain Barrier (BBB): Biomolecular Corona's Role Revealed *Nanomaterials* 13, 1404. <https://doi.org/10.3390/nano13081404>.
4. La Porta E., Exacoustos O., Lugani F., Angeletti A., Chiarenza D. S., Bigatti C., Spinelli S., Kajana X., Garbarino A., Bruschi M., Candiano G., Caridi G., Mancianti N., Calatroni M., Verzola D., Esposito P., Viazzi F. , Verrina E., Ghiggeri G.M.,(2023). Microplastics and Kidneys: An Update on the Evidence for Deposition of Plastic Microparticles in Human Organs, Tissues and Fluids and Renal Toxicity Concern, *Int. J. Mol. Sci.* 2023, 24, 14391. <https://doi.org/10.3390/ijms241814391>.
5. Leslie, H.A., van Velzen, M.J.M., Brandsma, S.H., Vethaak, A.D., Garcia-Vallejo, J.J., Lamoree, M.H. (2022). Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environ. Int.* , 163, 107199. doi.org/10.1016/j.envint.2022.107199
6. Lu K, Zhan D, Fang Y, Li L, Chen G, Chen S and Wang L, (2022). Microplastics, potential threat to patients with lung diseases. *Front.Toxicol.*, 4, 958414.[doi: 10.3389/ftox.2022.958414](https://doi.org/10.3389/ftox.2022.958414)
7. OECD (2022), *Global Plastics Outlook: Policy Scenarios to 2060*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/aa1edf33-en>.
8. Schmid, C., Cozzarini, L., & Zambello, E. (2021). Microplastic's story. *Marine Pollution Bulletin*, 162, 111820. <https://doi.org/10.1016/J.MAR-POLBUL.2020.111820>
9. Vattanasit U., Kongpran J., Ikeda A., (2023). Airborne microplastics: A narrative review of potential effects on the human respiratory system, *Science of the Total Environment* 2023, 904, 166745. <https://doi.org/10.1016/j.scito->

