

Avance y Perspectiva

Revista de divulgación del CINVESTAV

Microplásticos en el suelo: del campo a tu mesa

Karina Galache · Saturday, November 30th, 2024

Categorías: Ciencias Naturales y de la Salud, Zona Abierta

1. INTRODUCCIÓN

El plástico es uno de los materiales más utilizados en la vida cotidiana debido a su ligereza, bajo costo, resistencia y transparencia. Su consumo anual ha alcanzado los 300 millones de toneladas métricas. Sin embargo, el principal inconveniente de su uso radica en su lenta degradación, que puede extenderse hasta 500 años. Este proceso puede darse a través de medios químicos (oxidación), físicos (calor, luz UV, acción mecánica), o por degradación microbiana (Gao *et al.*, 2021). Estos procesos culminan la generación de pequeñas partículas llamadas microplásticos (MP).

Los MP son partículas plásticas con tamaños que van desde 1 μm hasta 5 mm. Se estima que pueden ingresar al medio ambiente hasta 11 millones de toneladas al año. Existen dos tipos de MP: primarios y secundarios (Yu *et al.*, 2021). Los primeros son los que ingresan directamente al medio ambiente, representando aproximadamente del 15 al 30% provenientes de los océanos. Los MP secundarios se generan por la fragmentación de los desechos plásticos (Jin *et al.*, 2021). Entre los principales tipos de MP se encuentra los derivados de polietileno (bolsas plásticas o botellas), poliestireno (contenedores de alimentos), nylon (líneas de pesca), polipropileno (telas) y cloruro de polivinilo (tuberías plásticas) (**Figura 1**) (Hernández-Arenas *et al.*, 2021).



Figura 1. Principales tipos de MP en el suelo

Los MP se encuentran en una gran variedad de ecosistemas del medioambiente como océanos, playas, sistemas de agua dulce, suelos y sedimentos (Jin *et al.*, 2021). Aunque la mayor parte de la investigación se ha focalizado en entornos acuáticos, ha surgido un interés creciente por comprender su presencia en áreas terrestres. Estudios recientes han estimado que la generación de MP en tierras agrícolas es de alrededor de 63 a 430 mil toneladas anuales en Europa, mientras que en América del Norte se estima entre 44 a 300 mil toneladas en el mismo periodo (Guo *et al.*, 2020). Por tanto, ha cobrado fuerza el estudio de los MP en suelos y sus posibles efectos en plantas y, por ende, en los seres humanos (**Figura 2**).



Figura 2. Esquema del recorrido de los microplásticos hasta al ser humano.

En el ámbito científico, se plantea la posibilidad de que las porosidades existentes en las raíces faciliten, a través de mecanismos de absorción/adsorción, la entrada de los MP del suelo a las plantas. Estos contaminantes pueden obstaculizar el transporte eficiente de nutrientes, afectando su crecimiento y proceso de fotosíntesis (Yu *et al.*, 2021). Además, la presencia de los MP en tierras de cultivo conlleva a facilitar el transporte de agroquímicos y metales pesados, además de reducir la capacidad de infiltrar el agua de lluvia y riego (Dong *et al.*, 2021). Los MP también pueden modificar las propiedades biofísicas del suelo como la agregación, la densidad aparente y la capacidad de retención de agua. Asimismo, podrían afectar las comunidades microbianas del suelo, perjudicando el crecimiento y rendimiento de muchas plantas (Rillig *et al.*, 2019).

Por tanto, los MP al estar presentes en el suelo, pueden ser adsorbidos por las plantas vasculares, animales, o ser transportados en el aire hasta llegar a ser ingeridos por seres humanos, convirtiéndose en un problema de contaminación global y de salud. Con esto en mente, este documento ahondará en cómo se transportan los MP en el suelo, cómo llegan a plantas comestibles, así como su posible efecto negativo en la salud humana.

2. DESARROLLO

◦ Transporte de los MP en el suelo

Los MP en el suelo pueden sufrir una serie de procesos de transformación y transporte. Los principales vehículos de transporte de MP hacia el suelo son: las escorrentías de aguas pluviales, humedales, aire, lodos, emisiones producidas por vehículos, aguas residuales y la actividad agrícola (**Figura 3A**). Una vez que los MP entran en contacto con el suelo, factores como la porosidad, la heterogeneidad de la superficie, materia orgánica y contenido mineral, también afectan su transporte (**Figura 3B**).



Figura 3. A) Mecanismos de transporte de los MP en el suelo, B) Propiedades del suelo que afectan el transporte de los MP.

El desplazamiento de los MP en el suelo puede producirse de manera horizontal y vertical. El primero se debe al viento, al agua y la actividad de la biota en el suelo. Mientras que el desplazamiento vertical se puede producir por el arado, cosecha y bioturbación provocada por la fauna presente en el suelo. Los MP pueden viajar distancias cortas a través de bioturbación y prácticas agrícolas, pero la erosión del suelo y escorrentía superficial pueden transportarlos por distancias largas (Ren *et al.*, 2021).

En la agricultura, se suele utilizar el acolchado de plástico para controlar malezas, ahorrar agua y mejorar la temperatura del suelo. No obstante, cuando éste no es retirado por completo, puede generar MP difíciles de manejar acumulándose en las tierras agrícolas. Diferentes estudios han demostrado que los MP se pueden transportar por el suelo agrícola hasta sistemas de agua subterránea (Rillig *et al.*, 2019).

Además de las actividades agrícolas, los MP pueden desplazarse a través de los suelos gracias a la acción de las lombrices. Se sabe que estos organismos cuentan con la capacidad de formar bioporos en los suelos, lo que promueve el desplazamiento. Otros organismos que permiten el movimiento de MP en el suelo son los ácaros, colémbolos y mamíferos excavadores como los topos. Estos organismos rascan, muerden y consumen plásticos en pequeñas cantidades y los desechan por medio de las heces, distribuyéndolos en el suelo (Guo *et al.*, 2020).

- **Absorción/adsorción de los MP en las plantas**

Existen diferentes hipótesis de cómo se acumulan los MP en las plantas: una de las principales supone que los MP puede ser adsorbidos en la superficie de las plantas vasculares como en hojas y raíces. Asimismo, los MP puede ser absorbidos dentro de los tejidos de las plantas bajo ciertas condiciones, promoviendo su distribución y acumulación a lo largo de planta (Yu *et al.*, 2021) (**Figura 4**). Factores como: la morfología y tamaño del MP, las cargas superficiales y la especie de la planta, podrían afectar la capacidad de absorción de las plantas vasculares. Algunos estudios han demostrado que los MP no logran entrar de forma directa a los tejidos vegetales, debido a que las partículas pueden ser de gran tamaño. No obstante, también hay evidencia que indica que los poros que tienen las paredes vegetales pueden llegar a ser flexibles, permitiendo la entrada de los MP en las plantas (Ullah *et al.*, 2021).



Figura 4. Proceso de absorción y adsorción de los MP en las plantas.

Yu *et al.* (2021) encontraron que la lechuga y el trigo generan una mucosidad capaz de adsorber MP en la superficie de las raíces, pero que les impide atravesar la corteza de la raíz. Sin embargo, indicaron que partículas nanométricas lograron ingresar al sistema radicular, alcanzando la parte aérea de las plantas. De acuerdo con Campanale *et al.* (2022) las raíces de las plantas son el primer punto de contacto de los nanoplásticos (NP) presentes en el suelo. La absorción de NP a partir del sistema radicular se puede producir a partir de las vías apoplásticas y simplásticas. La vía apoplástica se genera través de los espacios extracelulares y paredes celulares, continuando por la vía simplástica atravesando la banda de Caspary para llegar al sistema vascular. No obstante, las hipótesis existentes sobre la acumulación de MP y NP en plantas no son del todo claras, por lo que es necesario continuar su estudio para comprender la relación que existe entre planta, suelo y MP.

- **MP en alimentos y plantas**

Sin darnos cuenta, los seres humanos podemos ingerir una cantidad importante de MP a través de alimentos como frutas y hortalizas. Se calcula que en el 2020 los estadounidenses consumieron entre 39,000 a 52,000 partículas de MP al año. Asimismo, se ha demostrado que al combinar los MP que se adquieren del aire y alimentos, los seres humanos pueden llegar a ingerir aproximadamente de 203 a 332 partículas de MP al día. Factores como género y edad son importantes en el consumo diario de MP, siendo el grupo de los varones adultos el más expuesto (Du *et al.*, 2020; Jin *et al.*, 2021).

La **Tabla 1** presenta los principales hallazgos de diversas investigaciones sobre la presencia y efectos de los MP o NP en alimentos. Algunos de los daños más recurrentes en plantas comestibles

son la inhibición del crecimiento, cambios en el metabolismo energético, daños al sistema oxidativo y antioxidante. Asimismo, otros autores reportaron una disminución en el valor nutricional en plantas con presencia de MP. Por lo tanto, debe ser prioridad la investigación de la presencia de MP en plantas y su posible impacto negativo en la salud humana.



Tabla 1. Microplásticos (MP) y Nanoplásticos (NP) en diferentes alimentos.

• Presencia de MP en seres humanos y efectos en la salud

Los efectos del MP en la salud humana es un tema que se ha estudiado en años recientes, por lo que no hay evidencia sólida que indique que la presencia de MP en el cuerpo conlleve un daño a la salud. Lo que es un hecho es que los seres humanos podríamos ser capaces de acumular grandes cantidades de estos materiales. Diversas investigaciones han sugerido que los MP pueden causar efectos físicos negativos en los organismos, como falta de apetito, daños intestinales y cambios en el metabolismo energético, entre otras (He *et al.*, 2018). Algunos estudios plantean que los humanos somos capaces de eliminar alrededor del 90% de los MP y NP consumidos en los alimentos, dejando solo el 10% en el organismo. Este panorama es muy preocupante ya que una persona a cierta edad puede llegar a desarrollar problemas de salud por la acumulación de estas partículas. Por tanto, aunque nuestro organismo tiene la capacidad de desechar estas partículas de plástico mediante las heces, la bioacumulación puede llegar a ser un problema a largo plazo y su efecto en la salud ha sido poco estudiado.

La identificación y cuantificación de MP en muestras biológicas ha cobrado mucha relevancia en temas de salud humana. De acuerdo a estudios recientes, las técnicas más son la espectroscopía Raman y la espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR). La espectroscopía Raman detecta MP mediante la medición de la dispersión inelástica de la luz para identificar las vibraciones moleculares únicas de las partículas. Esto proporciona una “huella digital” química del plástico, permitiendo determinar la composición y tipo de polímeros presentes. Por su parte, la FT-IR analiza la luz infrarroja absorbida por los MP, produciendo un espectro característico basado en las vibraciones moleculares de sus enlaces químicos (Schwabl *et al.*, 2019; Malafaia & Barceló, 2023).

Zhang *et al.* (2021), en China, analizaron las muestras fecales de 26 estudiantes varones de entre 18 y 25 años durante una semana mediante FTIR, encontrando que el 95.8% contenían MP es su organismo. Mientras que, Schwabl *et al.* (2019) analizaron 10 tipos comunes de MP en muestras de heces en ocho pacientes de entre 33 a 65 años, detectando que todos dieron positivo. En promedio, identificaron 20 MP (de 50 a 500 μm) por cada 10 g de heces, con un total de nueve tipos de plásticos, siendo el polipropileno y el tereftalato de polietileno los más abundantes. Por su parte, Hartmann *et al.* (2024) analizaron la relación entre el uso de plásticos en la vida cotidiana y el contenido de MP en heces mediante FT-IR en 15 voluntarios. Se detectaron MP con tamaño de partícula de 50-500 μm en concentraciones promedio de hasta 3.5 partículas/g de heces, siendo el polietileno el polímero predominante, y atribuyeron su presencia al uso de plásticos en alimentos y al consumo de productos ultraprocesados.

3. Conclusiones

Los MP en el medio ambiente y los alimentos han sido estudiados recientemente debido a los posibles efectos en la salud que pueden tener en seres vivos y especialmente en los seres humanos. Se ha comprobado su distribución universal y ello los vuelve un peligro latente para ecosistemas y la salud humana. El suelo y los vegetales son una fuente importante de MP que pueden llegar a alcanzar a los sistemas acuáticos. Sin duda, el estudio de este tipo de contaminantes debe volverse tendencia, ya que existen evidencias que apuntan a su responsabilidad en diferentes afecciones.

4. Referencias

Ali, S. S., Elsamahy, T., Koutra, E., Kornaros, M., El-Sheekh, M., Abdelkarim, E., . . . Sun, J. (2021). Degradation of conventional plastic wastes in the environment. A review on current status of knowledge and future perspectives of disposal. *Science of The Total Environment*, 144719. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144719>

Campanale, C., Galafassi, S., Savino, I., Massarelli, C., Ancona, V., Volta, P., & Uricchio, V. F. (2022). Microplastics pollution in the terrestrial environments: Poorly known diffuse sources and implications for plants. *Science of The Total Environment*, 805, 150431. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144345>

Dong, Y., Gao, M., Qiu, W., & Song, Z. (2021). Uptake of microplastics by carrots in presence of As (III): Combined toxic effects. *Journal of Hazardous Materials*, 411, 125055. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125055>

Du, F., Cai, H., Zhang, Q., Chen, Q., & Shi, H. (2020). Microplastics in take-out food containers. *Journal of Hazardous Materials*, 399, 122969. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122969>

Gao, M., Liu, Y., Dong, Y., & Song, Z. (2021). Effect of polyethylene particles on dibutyl phthalate toxicity in lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Hazardous Materials*, 401, 123422. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123422>

Guo, J.-J., Huang, X.-P., Xiang, L., Wang, Y.-Z., Li, Y.-W., Li, H., . . . Wong, M.-H. (2020). Source, migration and toxicology of microplastics in soil. *Environment International*, 137, 105263. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105263>

Hartmann, C., Lomako, I., Schachner, C., El Said, E., Abert, J., Satrapa, V., . . . Köppel, S. (2024). Assessment of microplastics in human stool: A pilot study investigating the potential impact of diet-associated scenarios on oral microplastics exposure. *Science of The Total Environment*, 951, 175825. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175825>

He, D., Luo, Y., Lu, S., Liu, M., Song, Y., & Lei, L. (2018). Microplastics in soils: analytical methods, pollution characteristics and ecological risks. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 109, 163-172. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.10.006>

Hernández-Arenas, R., Beltrán-Sanahuja, A., Navarro-Quirant, P., & Sanz-Lazaro, C. (2021). The effect of sewage sludge containing microplastics on growth and fruit development of tomato plants. *Environmental Pollution*, 268, 115779. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115779>

Jiang, X., Chen, H., Liao, Y., Ye, Z., Li, M., & Klobu?ar, G. (2019). Ecotoxicity and genotoxicity

- of polystyrene microplastics on higher plant *Vicia faba*. *Environment Pollution*, 250, 831-838. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.04.055>
- Jin, M., Wang, X., Ren, T., Wang, J., & Shan, J. (2021). Microplastics contamination in food and beverages: Direct exposure to humans. *Journal of Food Science*, 86(7), 2816-2837. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15802>
- Li, L., Luo, Y., Li, R., Zhou, Q., Peijnenburg, W. J., Yin, N., . . . Zhang, Y. (2020). Effective uptake of submicrometre plastics by crop plants via a crack-entry mode. *Nature Sustainability*, 3(11), 929-937. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0567-9>
- Li, S., Wang, T., Guo, J., Dong, Y., Wang, Z., Gong, L., & Li, X. (2021). Polystyrene microplastics disturb the redox homeostasis, carbohydrate metabolism and phytohormone regulatory network in barley. *Journal of Hazardous Materials*, 415, 125614. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.11.023>
- Li, Z., Li, Q., Li, R., Zhou, J., & Wang, G. (2021). The distribution and impact of polystyrene nanoplastics on cucumber plants. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(13), 16042-16053. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11702-2>
- Malafaia, G., & Barceló, D. (2023). Microplastics in human samples: Recent advances, hot-spots, and analytical challenges. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 161, 117016. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2023.117016>
- Ren, Z., Gui, X., Xu, X., Zhao, L., Qiu, H., & Cao, X. (2021). Microplastics in the soil-groundwater environment: Aging, migration, and co-transport of contaminants—A critical review. *Journal of Hazardous Materials*, 419, 126455. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126455>
- Rillig, M. C., Lehmann, A., de Souza Machado, A. A., & Yang, G. (2019). Microplastic effects on plants. *New Phytologist*, 223(3), 1066-1070. <https://doi.org/10.1111/nph.15794>
- Schwabl, P., Köppel, S., Königshofer, P., Bucsics, T., Trauner, M., Reiberger, T., & Liebmann, B. (2019). Detection of Various Microplastics in Human Stool. *Annals of Internal Medicine*, 171(7), 453-457. <https://doi.org/10.7326/M19-0618>
- Sun, H., Lei, C., Xu, J., & Li, R. (2021). Foliar uptake and leaf-to-root translocation of nanoplastics with different coating charge in maize plants. *Journal of Hazardous Materials*, 416, 125854. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125854>
- Ullah, R., Tsui, M. T. K., Chen, H., Chow, A., Williams, C., & Ligaba?Osen, A. (2021). Microplastics interaction with terrestrial plants and their impacts on agriculture. *Journal of Environmental Quality*, 50(5), 1024-1041. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20264>
- Yang, M., Huang, D.-Y., Tian, Y.-B., Zhu, Q.-H., Zhang, Q., Zhu, H.-H., & Xu, C. (2021). Influences of different source microplastics with different particle sizes and application rates on soil properties and growth of Chinese cabbage (*Brassica chinensis* L.). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 222, 112480. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112480>
- Yu, Z.-f., Song, S., Xu, X.-l., Ma, Q., & Lu, Y. (2021). Sources, migration, accumulation and influence of microplastics in terrestrial plant communities. *Environmental and Experimental*

Botany, 192, 104635. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2021.104635>

Zhang, N., Li, Y. B., He, H. R., Zhang, J. F., & Ma, G. S. (2021). You are what you eat: Microplastics in the feces of young men living in Beijing. *Science of The Total Environment*, 767, 144345. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144345>

Imagen de portada de: www.freepik.com

This entry was posted on Saturday, November 30th, 2024 at 7:42 pm and is filed under [Ciencias Naturales y de la Salud](#), [Zona Abierta](#)

You can follow any responses to this entry through the [Comments \(RSS\)](#) feed. Both comments and pings are currently closed.