

Microplásticos en el Antropoceno: contaminación y efectos en el suelo

JONÁS ÁLVAREZ-LOPEZTELLO^{1*} Y ELIZABETH CHÁVEZ-GARCÍA²

¹Centro de Investigación en Ciencias Biológicas Aplicadas,
Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto
Literario 100, Toluca, Estado de México, México.

²Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional
Autónoma de México, Ciudad Universitaria,
04510, Ciudad de México, México.

*jalvarez11101@alumno.ipn.mx

En las últimas dos décadas, los microplásticos (partículas plásticas de tamaño menor a 5 milímetros), un tipo de contaminante emergente, han atraído nuestra atención por ser una amenaza potencial para la salud humana, la biodiversidad y el medio ambiente. Aquí, mencionamos las diversas fuentes de origen y distribución. Asimismo, discutimos el impacto ecológico de los microplásticos en el suelo.

Palabras clave:
Biodiversidad,
contaminación de suelo,
impacto ecológico,
plásticos, salud humana
y ambiental.

Los plásticos son polímeros de alto peso molecular y tienen la propiedad de ser maleables y moldeables en objetos de diversas formas. Generalmente son sintetizados a partir de derivados químicos del petróleo. Por su fácil fabricación y bajos costos tienen múltiples aplicaciones (construcción, transporte, eléctricos, hogar, agricultura, entre otros). Los tipos de plástico más utilizados en el mundo son el polietileno (PE), polipropileno (PP), poliestireno (PS), policloruro de vinilo (PVC), tereftalato de polietileno (PET) y poliuretano (PU) (Andrady y Neal 2009).

El origen del plástico se remonta a las culturas mesoamericanas, con el procesamiento del caucho o látex natural en numerosos objetos (p. ej., pelotas de juego) (Hosler *et al.* 1999), seguido de la vulcanización del caucho y posteriormente con la transformación del petróleo en plástico; sin embargo, a partir de la década de 1950 la fabricación y empleo de productos de plástico y sus derivados se ha incrementado sin precedentes en la historia reciente de la humanidad (Andrady y Neal 2009). Su presencia en el planeta es tal que, si hoy como especie nos extinguiéramos, nuestro registro fósil quedaría grabado (Antropoceno) por el uso desmedido de artículos plásticos (Zalasiewicz *et al.* 2016).

El Antropoceno, término propuesto por Paul J. Crutzen, es una época geológica que comenzó hace apenas dos siglos y coincide con el diseño e invención de la máquina de vapor de James Watt en 1784 (Crutzen 2006). Este periodo reemplaza al Holoceno (etapa cálida de los últimos 10 a 12 mil años, tras la última glacia-

@CICYoficial    

 GOBIERNO DE
MÉXICO

    gob.mx



Figura 1. Residuos plásticos en Planta de composta Bordo Poniente. Se observa la cantidad de plásticos que llegan junto con la basura orgánica de la CDMX. (Fotografía: Elizabeth Chávez-García; noviembre de 2016).

ción) y está caracterizado por el impacto y las repercusiones ambientales irreversibles (en todas las escalas, hasta convertirse en fuerzas geológicas significativas) en la tierra y en la atmósfera. Es necesario señalar que supera en muchos sentidos a los procesos naturales. El Antropoceno se diferencia del Holoceno principalmente por el rápido crecimiento de la población humana (con el apoyo de grandes avances tecnológicos y médicos), cambios de uso de suelo, la pérdida acelerada de la biodiversidad, las emisiones de dióxido de carbono, la aplicación desproporcionada de fertilizantes, las explosiones nucleares, entre otros (Crutzen 2006).

Actualmente, la producción mundial de plástico supera los 300 millones de toneladas (Wright y Kelly 2017). De esta cantidad, menos de la mitad es reciclada (escasamente el 40 %) (Figura 1) y el resto de estos objetos son vertidos, generalmente, en tiraderos a cielo abierto (Hopewell *et al.* 2009). Con el paso del tiempo, estos desechos plásticos son degradados en fragmentos y partículas diminutas, a través

de múltiples procesos físicos, químicos y biológicos, como abrasión mecánica, radiación ultravioleta y biodegradación, respectivamente. Estas partículas han sido clasificadas de acuerdo con su tamaño en macroplásticos (mayor a 2 cm), mesoplásticos (entre 0.5 y 2 cm) y microplásticos (entre 0.001 y 0.5 mm). Los microplásticos se clasifican como primarios cuando se fabrican originalmente en tamaño pequeño y como secundarios si son originados a partir de la fragmentación de artículos de plástico más grandes; también se pueden clasificar de acuerdo con su forma en gránulos, fibras y fragmentos (Blettler *et al.* 2017) (Figura 2).

La excesiva presencia de los microplásticos representa una seria amenaza para la salud humana, la biodiversidad y los ecosistemas terrestres (Wright y Kelly 2017). Son fuente de contaminantes debido a los aditivos (sustancias químicas) utilizados durante el proceso de transformación del plástico en productos comerciales (p. ej., los plastificantes aplicados para impartirle flexibilidad al PVC –usado común-

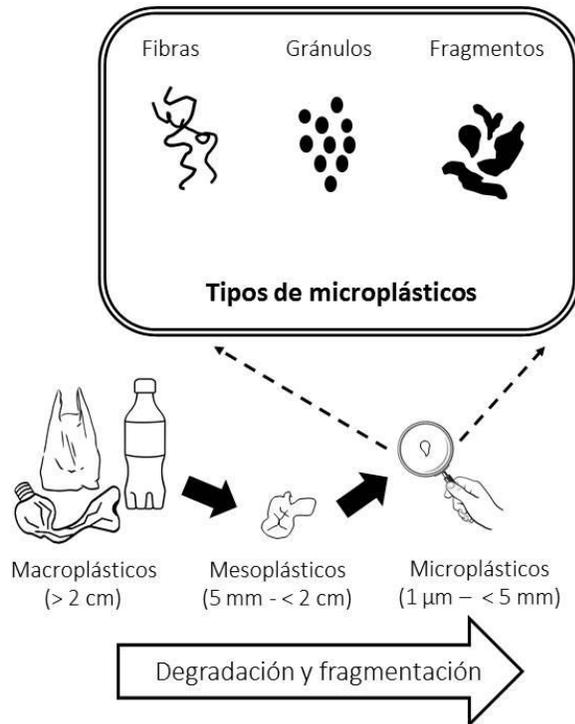


Figura 2. Clasificación de los plásticos de acuerdo a su tamaño y diferentes formas de microplásticos (fibras, gránulos y fragmentos) presentes en el suelo. (Figura elaborada por Jonás Álvarez-Lopezello).

mente en las mangueras de jardín—) y cuyas tasas de liberación aumentan a medida que éstos se degradan y fragmentan. Los microplásticos también adsorben y transportan otros contaminantes (hidrocarburos, metales tóxicos, antibióticos y pesticidas) en y entre diferentes ecosistemas (Dissanayake *et al.* 2022).

Las fuentes de origen e impacto de los microplásticos son en gran medida ignoradas y poco conocidas por la mayoría de la población; no obstante, es importante mencionar que se han encontrado partículas de microplásticos en la mayoría de los ecosistemas terrestres del mundo (desde las regiones polares hasta los bosques tropicales). Una mayor contaminación y concentración de microplásticos a nivel mundial coincide con las zonas más industrializadas y densamente pobladas (Álvarez-Lopezello *et al.* 2021). En las ciudades la contaminación por microplásticos puede ser hasta 20 veces mayor en comparación con las zonas agrícolas y rurales, y éstas a su vez tienen de tres a cuatro veces más partículas de microplásticos que los bosques con

cierto grado de perturbación (Figura 3).

Un número considerable de evidencia científica (Zhang *et al.* 2020, Álvarez-Lopezello *et al.* 2021) ha manifestado que el suelo es el principal vertedero de microplásticos, donde la mayor proporción, de acuerdo con su forma, son las fibras, seguidas de los fragmentos y los gránulos (en este orden de mayor a menor). La evidencia disponible señala que entre las principales fuentes de origen de microplásticos en el suelo se encuentra la basura (botellas y bolsas plásticas principalmente), la ropa y el calzado de uso diario, el desgaste de neumáticos, los revestimientos de plástico (como el césped artificial, alfombras y adornos para el hogar), los productos de aseo y cuidado personal (p. ej., maquillajes y kits de belleza, pastas dentales y cepillos para cabello) y los acolchados plásticos e invernaderos usados en la producción agrícola (Zhang *et al.* 2020) (Figura 4).

La cantidad, estratificación y tipo de microplásticos en el suelo es desigual, lo anterior dificulta su estudio y monitoreo, es por ello que el impacto de estos contaminantes en el suelo aún requiere de mucha investigación. Pese a que los estudios sobre los microplásticos en los seres vivos están en ciernes, se sabe que éstos pueden alterar la microbiota (la actividad microbiana y enzimática) y la supervivencia y desarrollo de plantas y animales (Figura 5). Ejemplo de ello es que los microplásticos inhiben el crecimiento y aumentan las tasas de mortalidad de las lombrices de tierra (Huerta-Lwanga *et al.* 2016), los colémbolos (insectos de seis patas) y los isópodos (conocidos como cochinillas). Sin embargo, esto no es lo más grave pues las lombrices, con presencia de microplásticos en su aparato digestivo, suelen ser consumidas por muchas aves de corral —como los pollos— y finalmente (los microplásticos) pueden llegar a los seres humanos, a través de la cadena alimenticia (lombriz-humano). Incluso, se han detectado microplásticos en el sistema digestivo del ganado vacuno: suelen administrarse —de manera no deliberada— por medio de suplementos minerales (Sheehan *et al.* 2022).

Las plantas también se ven afectadas, debido a la contaminación por microplásticos, a lo largo de todo su ciclo de vida: desde la germinación hasta su crecimiento y desarrollo. Las plantas pueden presentar bloqueo físico en la raíz, inhibiendo la absorción de agua y nutrientes, reduciendo así la actividad fotosintética y por tanto el rendimiento vegetal (Rillig *et*



Figura 3. Presencia y concentración de microplásticos en los diversos ambientes terrestres (zonas urbanas, agrícolas y bosques). (Figura elaborada por Jonás Álvarez-Lopezello).

al. 2019). A la par, los microplásticos también pueden estar presentes en las partes aéreas comestibles de los vegetales: en las hojas y los tallos (suelen adherirse a través de aplicaciones foliares de fertilizantes) (Sun *et al.* 2021), lo cual plantea un riesgo para la cadena alimenticia, pues, podría comprometer la obtención de muchos alimentos (cereales, frutas y leguminosas) en el mediano y largo plazo.

La presencia de microplásticos en el suelo podría modificar sus propiedades físicas, como la estructura (el arreglo de las partículas del suelo: arenas, limos y arcillas), la densidad aparente (indicador de la compactación del suelo) y la porosidad del suelo, responsable de la disponibilidad del agua y la aireación. Todos estos factores dificultan los procesos naturales (ciclos biogeoquímicos) del suelo haciéndolo más propenso a ciertos daños como la erosión (Rillig *et al.* 2019, Rillig *et al.* 2021). Además, los microplásticos afectan el ciclo de nutrientes como el del carbono, nitrógeno y fósforo, involucrados en la descomposición de la materia orgánica y en la liberación de elementos esenciales en el crecimiento y supervivencia de las plantas y numerosos microorganismos del suelo (Huerta-Lwanga *et al.* 2016, Rillig *et al.* 2019).

Si bien es cierto que hasta ahora estamos comenzando a vislumbrar cada vez más –y mejor– los efectos adversos de los microplásticos en diversos ambientes; aún nos falta ahondar para comprender los

impactos de los distintos tipos y formas de microplásticos. Por ejemplo, en este momento no existe un protocolo estandarizado para la extracción y cuantificación de microplásticos del suelo. Por lo tanto, es necesario desarrollar métodos precisos, factibles y reproducibles considerando una amplia gama de tamaños, tipos y formas de plásticos.

Las investigaciones han demostrado que la mejor estrategia para evitar un problema mayor (un colapso ambiental) es reciclar y tratar de reducir el uso y desecho (en tiraderos a cielo abierto) de productos plásticos y sus derivados. A la par, necesitamos contar con medios legales para regular la producción y empleo de plásticos. Además, es urgente que los gobiernos integren desarrollos tecnológicos en las estrategias de gestión de los restos plásticos e inviertan en la infraestructura necesaria para lograrlo.

Hoy por hoy, faltan estudios clínicos rigurosos que exploren las consecuencias e implicaciones del consumo (ingestión de alimentos, bebidas y por inhalación) de microplásticos con la salud humana; hasta ahora, los resultados de las investigaciones indican que las personas expuestas a altas concentraciones de microplásticos podrían desarrollar cáncer, la provocación de respuestas inmunitarias y de estrés, y la inducción de toxicidad en la reproducción y el desarrollo (Sharma *et al.* 2020, Blackburn y Green 2022).



Figura 4. Principales fuentes de contaminación y origen de los distintos tipos de microplásticos presentes en el suelo. (Figura elaborada por Jonás Álvarez-Lopezello).

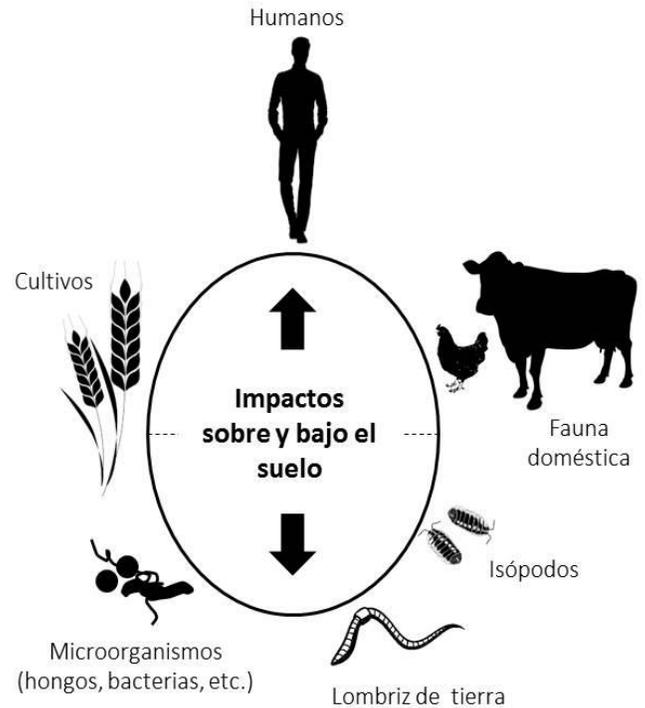


Figura 5. Ejemplo de organismos en los cuales se ha reportado la presencia o algún tipo de efecto negativo de los microplásticos sobre y debajo del suelo. (Figura elaborada por Jonás Álvarez-Lopezello).

Referencias

- Andrady A.L. y Neal M.A. 2009.** Applications and societal benefits of plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 364(1526): 1977-1984. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0304>
- Álvarez-Lopezello J., Robles C. y del Castillo R.F. 2021.** Microplastic pollution in neotropical rainforest, savanna, pine plantations, and pasture soils in lowland areas of Oaxaca, Mexico: Preliminary results. *Ecological Indicators* 121: 107084. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107084>
- Blackburn K. y 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>
- Blettler M., Ulla M.A., Rabuffetti A.P. y Garello N. 2017.** Plastic pollution in freshwater ecosystems: macro-, meso-, and microplastic debris in a floodplain lake. *Environmental monitoring and assessment* 189(11): 1-13. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6305-8>
- Crutzen J.P. 2006.** The “Anthropocene”. En: Ehlers E. y Krafft T. Eds. *Earth system science in the Anthropocene*. pp. 13-18. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Dissanayake P.D., Kim S., Sarkar B., Oleszczuk P., Sang M., ... y Ok Y.S. 2022.** Effects of microplastics on the terrestrial environment: A critical review. *Environmental Research* 209: 112734. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.112734>

- Hosler D., Burkett S.L. y Tarkanian M.J. 1999.** prehistoric polymers: rubber processing in ancient Mesoamerica. *Science* 284(5422): 1988–1991. DOI: 10.1126/science.284.5422.198
- Hopewell J., Dvorak R. y Kosior E. 2009.** Plastics recycling: challenges and opportunities. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 364(1526): 2115–2126. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0311>
- Huerta-Lwanga E., Gertsen H., Gooren H., Peters P., Salánki T., ... y Geissen V. 2016.** Microplastics in the terrestrial ecosystem: implications for *Lumbricus terrestris* (Oligochaeta, Lumbricidae). *Environmental Science & Technology* 50(5): 2685–2691. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b05478>
- Rillig M.C., Lehmann A., de Souza Machado A.A. y Yang G. 2019.** Microplastic effects on plants. *New Phytologist* 223(3): 1066–1070. <https://doi.org/10.1111/nph.15794>
- Rillig M.C., Leifheit E. y Lehmann J. 2021.** Microplastic effects on carbon cycling processes in soils. *PLoS Biology* 19(3): e3001130. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001130>
- Sharma M.D., Elanjickal A.I., Mankar J.S. y Krupadam R.J. 2020.** Assessment of cancer risk of microplastics enriched with polycyclic aromatic hydrocarbons. *Journal of Hazardous Materials* 398: 122994. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122994>
- Sheehan K.L., Lawson P. y Emerson B. 2022.** Fate of plastics in cattle digestive systems. *Journal of Agricultural Safety and Health* 28(4): 1–10. [@2022](https://doi.org/10.13031/ja.14991)
- Sun H., Lei C., Xu J. y 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>
- Wright S.L. y Kelly F.J. 2017.** Plastic and human health: a micro issue? *Environmental Science & Technology* 51(12): 6634–6647. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00423>
- Zalasiewicz J., Waters C.N., Do Sul J.A.I., Corcoran P.L., Barnosky A.D., ... y Yonah Y. 2016.** The geological cycle of plastics and their use as a stratigraphic indicator of the Anthropocene. *Anthropocene* 13: 4–17. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2016.01.002>
- Zhang B., Yang X., Chen L., Chao J., Teng J. y Wang Q. 2020.** Microplastics in soils: a review of possible sources, analytical methods and ecological impacts. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology* 95(8): 2052–2068. <https://doi.org/10.1002/jctb.6334>

Desde el Herbario CICY, 14: 212–217 (6-octubre-2022), es una publicación semanal editada por el Herbario CICY del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., con oficinas en Calle 43 x 32 y 34 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Tel. 52 (999) 942-8330 Ext. 110, www.cicy.mx/Sitios/Desde_Herbario/, webmas@cicy.mx. Editores responsables: Rodrigo Duno de Stefano, Diego Angulo y Lilia Lorena Can Itzá. Reserva de Derechos al Título Exclusivo No. 04-2016-041413195700-203, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, ISSN: 2395-8790. Responsable de la publicación: José Fernely Aguilar Cruz, Calle 43 x 32 y 34 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Fecha de última modificación: 6 de octubre de 2022. Las opiniones expuestas por los autores no necesariamente expresan la postura del editor de la publicación. De la misma manera, la responsabilidad sobre la veracidad y la precisión de los contenidos, le corresponde totalmente a los autores de los ensayos.