



El impacto de la contaminación plástica en los suelos y cultivos agrícolas

Berenice González Santiago^{1,2*}
Jonathan Osiris Vicente Escobar³
Ana Adela Lemus Santana²

¹ Departamento de Ciencias de la Salud, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa.

² Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada Unidad Legaria, del Instituto Politécnico Nacional.

³ Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica, División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa

*Autor para correspondencia: gonzsbe@gmail.com, gobe@xanum.uam.mx

Una de las investigaciones más estudiadas y documentadas sobre la contaminación por plásticos es la referente a los ríos y océanos. Sin embargo, los residuos plásticos también están presentes en los suelos, a simple vista es posible identificar objetos plásticos de gran tamaño, pero a nivel microscópico se ha constatado su abundante presencia. Las partículas plásticas de tamaños diminutos son las que están afectando de sobremanera los ecosistemas terrestres, especialmente los cultivos comestibles. En este artículo se describe el panorama actual de como los plásticos afectan los suelos y sus ecosistemas, así como las consecuencias en la producción agrícola.

Introducción

La producción y el uso indiscriminado de los plásticos en la sociedad ha ocasionado daños en los ecosistemas terrestres y marinos. Los plásticos son materiales poliméricos, con propiedades únicas como flexibilidad, bajo peso, versatilidad, durabilidad y bajos costos de producción en comparación con otros materiales como textiles, papel o metales, de manera que, es la opción inmediata para usos múltiples. La flexibilidad que caracteriza a los plásticos le permite ser un material manipulable en varias formas y tamaños, lo que lo hace adecuado para diversas aplicaciones.

Los plásticos son materiales sintéticos que se crean combinando diversas sustancias químicas con productos petroquímicos.

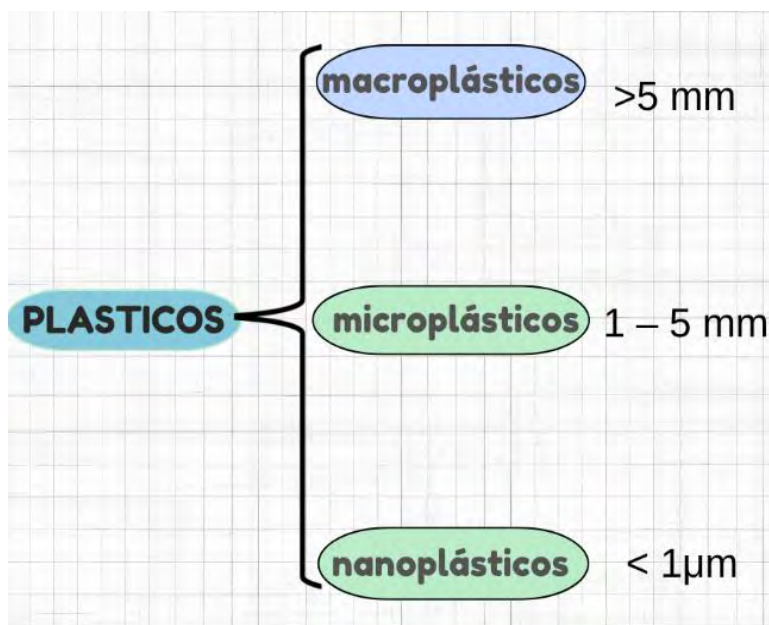


La agricultura ha incorporado ampliamente el uso de plásticos, lo que ha llevado a una acumulación significativa de residuos en los suelos.

Su fabricación con procesos eficientes y económicos hace que el plástico siga siendo una opción importante para la industria y sus consumidores. En efecto, en 2021, la producción global de plásticos registró un total de 390,7 millones de toneladas. El sector de envases y embalajes fue el mayor consumidor de plásticos, representando el 44% de la producción total. Le siguen la construcción y edificación con el 18%, la industria automotriz con el 8% y otros sectores.

Los envases de plástico reducen costos de transporte, eficiencia de combustible, y con ello una menor emisión de contaminantes. Si bien presentan estas ventajas, incluso ambientales, ¿por qué el plástico es perjudicial para el medio ambiente?

Generalmente los plásticos provienen de combustibles fósiles como el petróleo y el gas natural, es decir, su proceso de síntesis es llevado a cabo con recursos no renovables. Los plásticos son materiales sintéticos que se crean combinando diversas sustancias químicas con productos petroquímicos. Entre las sustancias químicas añadidas a los plásticos se encuentran plastificantes como el ftalato de



bisfenol A (BPA), el cual mejora la flexibilidad y la maleabilidad; estabilizantes, como el plomo y el cadmio, que evitan la degradación y el envejecimiento; colorantes, como los pigmentos y los tintes, que proporcionan color y opacidad; y refuerzos, como la fibra de vidrio y el carbono, que mejoran la resistencia y la rigidez.

Figura 1. Clasificación de los plásticos con base en su tamaño.



Es por ello que, los productos finales plásticos son resistentes a la intemperie y al ser desechados generan toneladas de residuos contaminantes, muchos de los cuales terminan en cuerpos de agua y en los suelos.

En lo que se refiere a partículas diminutas de plástico, de acuerdo a su tamaño se clasifican como microplásticos (MPs) y nanoplásticos (NPs) (Figura 1). En ambas

escalas micro (50–500 μm) y nano (<50 μm), los materiales son considerados contaminantes persistentes emergentes por los impactos negativos en la biodiversidad del suelo y sus ecosistemas, los cuales se detallan más adelante.



Figura 2. Contaminantes plásticos presentes en suelos y cultivos.

Desarrollo

La agricultura ha incorporado ampliamente el uso de plásticos, lo que ha llevado a una acumulación significativa de residuos en los suelos, generando una problemática ambiental que requiere atención. Para ilustrar, a continuación, se detallan algunos ejemplos. El acolchado plástico es ampliamente utilizado en las regiones agrícolas para mejorar la rentabilidad de los cultivos. La técnica también es conocida como herbicida plástico agrícola; se basa en el uso de una cubierta de plástico sobre los surcos de tierra (Figura 2). Con esta actividad se obtienen ventajas en términos de control de malezas, conservación de agua y regulación de la temperatura del suelo. Además, al reducirse los cambios bruscos de temperatura, se contribuye a un mejor aprovechamiento de nutrientes, mejorando así la calidad en los cultivos y generando una producción superior.



Sin embargo, este método utiliza grandes cantidades de plásticos que, al finalizar el ciclo de cultivo, se quedan en el suelo. Su persistencia en el medio ambiente se debe a su lenta degradación, lo cual provoca una liberación de contaminantes y gases de efecto invernadero que dañan el ecosistema.

La mayoría de las partículas plásticas identificadas en los suelos son polietileno.

Otras fuentes de contaminación plástica que han tenido lugar por décadas en el sector agrícola son los envases plásticos y los contenedores, así como las mangueras utilizadas en los sistemas de irrigación. El uso extendido de los envases plásticos utilizados para almacenar insumos agrícolas, como semillas y fertilizantes, e incluso los contenedores de herbicidas contribuyen a la contaminación de los suelos (Figura 2). Estos objetos plásticos están hechos de polietileno de alta densidad (HDPE), un plástico popular para envasar estos productos químicos. El HDPE es muy resistente y, por lo tanto, difícil de descomponer. Sin embargo, con el tiempo puede degradarse debido a la exposición a la luz solar, el calor y otros productos químicos. Por último, en los sistemas de irrigación agrícola el uso de las mangueras de cloruro de polivinilo (PVC) también contribuye a la filtración de microplásticos en los suelos.

Composición de los plásticos usados en la actividad agrícola

La composición de estos plásticos es principalmente a base de polietileno (PE), un polímero versátil que se presenta en diversas formas, con la fórmula química $(C_2H_4)_n$. Aunque muchos de los tipos de polietileno comparten esta fórmula, pueden variar en su densidad, estructura y propiedades. El PE se clasifica según su densidad. Al tener una baja densidad se le denomina LDPE, y con alta densidad, se le nombra HDPE (Figura 3). Una de las características del polietileno es su resistencia química, lo que lo hace ideal para múltiples aplicaciones. Sin embargo, esta misma propiedad también lo convierte en un contaminante persistente y resistente a la descomposición cuando se abandona a la intemperie. La mayoría de las partículas plásticas identificadas en los suelos son polietileno, este reconocimiento se realiza mediante espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier, siguiendo la huella dactilar de este compuesto.

Cuando el plástico HDPE se descompone en partículas más pequeñas, se convierte en contaminantes diminutos como los MPs o NPs, que se incorporan fácilmente al suelo y se acumulan en la matriz de este.

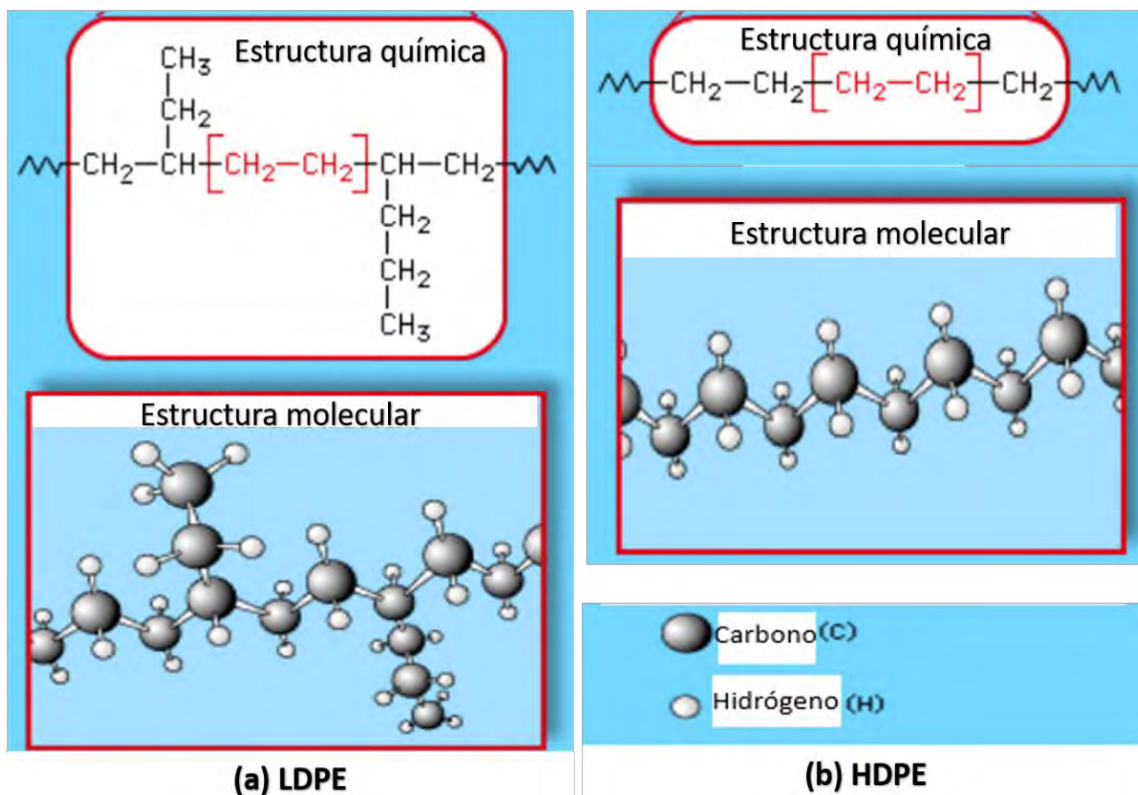


Figura 3. Compuestos de polietileno, de baja densidad (a, LDPE) y de alta densidad (b, HDPE), presentes en los contaminantes plásticos.

Efectos de los plásticos al ecosistema del suelo

Los MPs llegan a los suelos agrícolas a través de diferentes vías; por medio del uso de fertilizantes orgánicos, los cuales se producen a partir de residuos biológicos y pueden contener MPs. Un estudio encontró que la cantidad de microplásticos varía según el método de pretratamiento y el tipo de planta. Estos MPs pueden ingresar en la red alimentaria y potencialmente convertirse en alimento humano. Los agrotexiles, como tejidos y mallas, se fabrican a base de plásticos; son materiales innovadores en agricultura y jardinería, ofrecen protección integral a cultivos y mejoran condiciones de crecimiento. Sin embargo, también son una fuente de contaminación plástica.

El agua residual tratada utilizada para el riego de cultivos puede contener MPs, pese al proceso de tratamiento. Estos microplásticos pueden originarse en diversas fuentes, como la ropa sintética y textiles, que se desprenden durante el lavado y llegan al sistema de aguas residuales.



Una vez en el suelo, los microplásticos pueden modificar la composición y por lo tanto su estructura, ya que, al ser retenidos en la matriz, pueden formar agregados y generar una alteración que conlleva a un impacto negativo en el microbiota, dañando así a los microorganismos (hongos micorrízicos) y la fauna del suelo (lombrices) y causando cambios en el ecosistema.

De igual manera, la retención de plásticos en los suelos presenta alteración en el transporte de fluidos como el agua y nutrientes (Figura 4). Estos contaminantes también pueden ser absorbidos por las plantas y ser transportados a distintas partes de los cultivos, incluyendo las raíces, tallos, hojas y frutos. Cuando esto sucede, puede generar un estrés oxidativo en las plantas, que altera e inhibe el ciclo celular de las células vegetales, afectando sus procesos bioquímicos; por lo tanto, se modifica la tasa de germinación y crecimiento.

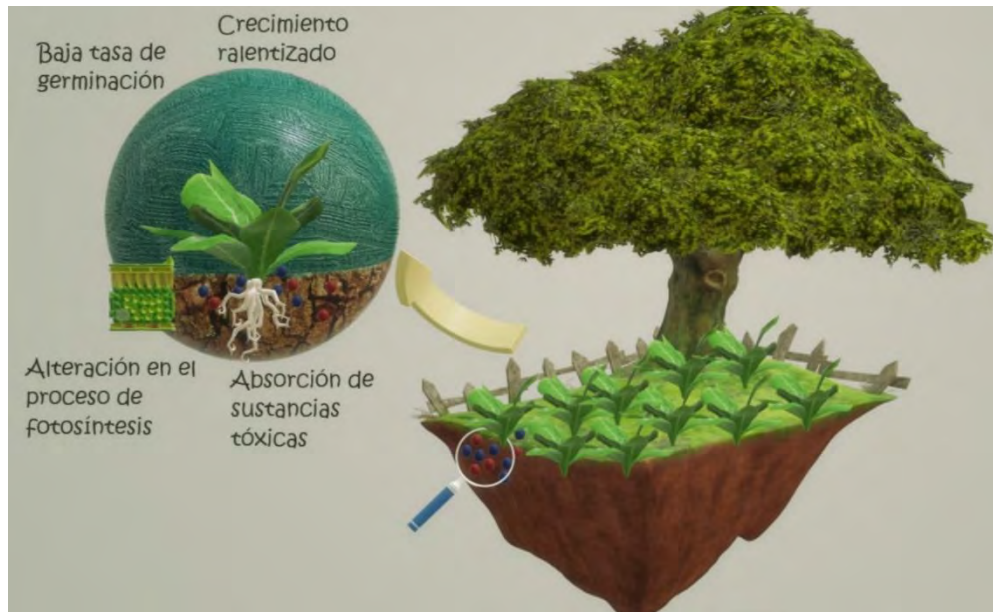


Figura 4. Efectos negativos de los plásticos en el ciclo de las plantas y del ecosistema del suelo.

En este contexto, todos los residuos plásticos tienen efectos adversos sobre el suelo, y por ende en todo organismo viviente presente en él, afectando desde plantas hasta fauna (Figura 5). Por ejemplo, estudios en los cultivos de fresa han documentado que la presencia de microplásticos tiene un efecto en su crecimiento. En comparación con los cultivos de control (sin contaminantes), la presencia de MPs reduce la altura de las plantas en un 27%, la longitud de los tallos y la superficie de las raíces hasta en un 21% cuando se cultivan en presencia de MPs y nanopartículas de cobre.



De forma similar, estudios realizados en el cultivo de algodón, con la prevalencia de MPs en concentraciones en el suelo a partir de 37,5 kg/ha, han demostrado efectos nocivos, generando reducciones en la producción de hasta 19 % dependiendo de las concentraciones de MP.



Figura 5. Afectaciones en los suelos por la contaminación plástica.

Reportes sobre productos agrícolas como zanahorias, manzanas y lechugas en condiciones de contaminación por MPs han descubierto que pueden contener hasta 100,000 partículas de MPs por gramo. Lo cual implica una contaminación muy preocupante que, además de comprometer la calidad nutricional de los alimentos, también puede introducir sustancias químicas tóxicas en la cadena alimentaria, ya que la presencia de MPs puede adsorber otras sustancias como metales pesados, contaminantes orgánicos o antibióticos, creando condiciones para un aumento de la toxicidad en los cultivos.

Un estudio reciente sobre las bolsas de té reveló una aportación importante sobre la contaminación generada por los plásticos. Las bolsitas de té que se utilizan de manera habitual, hechas de nylon-6, polipropileno y celulosa, liberan micro y nanoplasticos en las infusiones. Utilizando técnicas avanzadas de caracterización, como espectroscopia infrarroja y microscopía electrónica, los investigadores detectaron la presencia de estos plásticos en las bolsas de té. Lo que es aún más preocupante es que muchas de estas bolsas se agregan a las compostas para producir biofertilizantes.



El acolchado plástico es ampliamente utilizado en las regiones agrícolas para mejorar la rentabilidad de los cultivos.

Sin embargo, al liberar cantidades significativas de plásticos, estas bolsas pueden contaminar el suelo y el medio ambiente.

Reciclaje y alternativas al uso de plásticos agrícolas

Como se ha mencionado, el empleo de materiales plásticos de un solo uso en la agricultura genera enormes cantidades de desechos. Por ejemplo, en México, la norma NMX-E-232-CNCP-2014 establece y describe los símbolos de identificación que deben tener los productos fabricados de plástico, en función del tipo de material, con la finalidad de facilitar su selección, separación, acopio, recolección, reciclado y/o reaprovechamiento. Con base en datos de la ECOCE, se estima que, en el año 2024, en México se reciclaron cerca del 64 % de los envases de empaque de PET; sin embargo, no se tienen datos oficiales del reciclado de plásticos de uso agrícola. Se considera que, a nivel mundial, la recuperación de plásticos de esta índole aún se encuentra en una etapa incipiente.

Gran parte de los residuos plásticos agrícolas son quemados, enterrados, abandonados en campo abierto o dispuestos en vertederos, dañando así los ecosistemas y la biodiversidad del suelo. El reciclado mecánico y químico son los dos principales métodos de recuperación de residuos plásticos; en este sentido, es fundamental evaluar los costos económicos y ambientales inherentes a cada uno de ellos. Por ejemplo, el reciclado químico (especialmente el uso de disolventes) es altamente contaminante y los retos técnicos para llevarlo a escala industrial han sido uno de los factores que han limitado su uso.

La bioeconomía sostenible y circular se ha planteado como una alternativa promisoriosa para la producción de plásticos biodegradables, utilizando de forma racional recursos naturales como plantas, algas, hongos y bacterias. Desde esta perspectiva, se han desarrollado materiales opcionales, como los plásticos 'oxo-degradables', biodegradables y compostables, los cuales pueden ser degradados rápidamente por microorganismos del suelo, reduciendo así el impacto ambiental.

En diversos estudios se ha propuesto la transformación de plásticos agrícolas en productos de valor agregado como hidrocarburos y diferentes productos químicos a través de una degradación térmica por pirólisis.



La gestión de residuos plásticos agrícolas es un tema multipolar que atañe a los sectores públicos y privados, en temas de investigación, políticas públicas y cuestiones económicas. Además, es esencial que los productores comprendan los riesgos de la presencia y acumulación de microplásticos en los cultivos. Por ello, además de la advertencia, se requiere una labor de concientización y la difusión de información accesible, junto con la oferta de soluciones económicamente viables y biodegradables que reemplacen en gran medida los plásticos sintéticos de uso tan extendido en la agricultura.

**Una vez en el suelo,
los microplásticos
pueden modificar
la composición y
por lo tanto su
estructura.**

Conclusión

El uso de todo objeto plástico genera contaminación, lo cual tiene efectos negativos tanto en sistemas acuáticos como en terrestres, lo cual implica un gran daño a los organismos vivientes. En particular, las grandes ciudades han impulsado reemplazar las bolsas de plástico de un solo uso por opciones ecológicas; con ello, una fracción de desechos podría minimizarse. En las actividades agrícolas, el polietileno es el residuo plástico derivado de la técnica del acolchado y su degradación es extremadamente lenta. La mayoría de los plásticos presentes en las zonas agrícolas poseen propiedades mecánicas que hacen posible su reciclaje. En este contexto, a nivel mundial se han realizado reformas en aras de modificar las normas y leyes, para regular el uso de plásticos y promover mejores prácticas para la gestión de sus residuos.

Si bien se ha logrado identificar la presencia de microplásticos en el suelo, aún existen muchos desafíos y oportunidades para abordar este problema con el fin de proteger el ecosistema y la biodiversidad. En resumen, es necesario seguir investigando para desarrollar tecnologías y abordar este problema emergente. Es por esto que debemos tener consciencia sobre los productos que desechamos, ya que, además de impactar en nuestros océanos, también se afectan los suelos y, por lo tanto, los campos agrícolas. Se requieren medidas de emergencia para mitigar la contaminación del suelo por plásticos y orientar hacia una producción agrícola sostenible.



Literatura recomendada

V.-H. Hoang, M.-K. Nguyen, T.-D. Hoang, M. C. Ha, N. T. T. Huyen, V. K. H. Bui, *et al.* (2024). Sources, environmental fate, and impacts of microplastic contamination in agricultural soils: A comprehensive review. *Science of The Total Environment*, 950, 175276.

J. M. Casso-Gaspara, O. A. Acevedo-Sandoval, S. Martínez-Hernández. (2022). Contaminación del suelo por microplásticos: panorama actual. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 19, 55-60.

Sobarzo, C., Lloret, E., Navarro, V. S., Schoebitz, M., Calviño, D. F., Rubio, J. R., & Belmonte, R. Z. (2023). Evaluación de la presencia de microplásticos y plaguicidas en el suelo de un cultivo de fresa y su efecto en la salud y en el microbioma del suelo. *XXXIII Reunión Nacional de Suelos: Pamplona-Iruña*, 142-143.

https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5383089&fecha=24/02/2015#gsc.tab=0.

Página web consultada en mayo 2025

Semblanzas de autores

Dra. Berenice González Santiago. Doctorada por la Universidad de St. Andrews, Reino Unido. Licenciada y Maestra en Química por la UAM-Iztapalapa. Investigadora SNII I, con enfoque en el diseño de materiales funcionales para aplicaciones en remediación ambiental.



Dra. Ana Adela Lemus Santana. Profesora investigadora del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Legaria, del IPN. Química de formación, con Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas por la UNAM. Cuenta con reconocimiento SNII II, sus áreas de investigación son en nanomateriales, síntesis de materiales adsorbentes y sus aplicaciones, participación activa en proyectos de energías renovables.

Dr. Jonathan Osiris Vicente Escobar. Realizo estudios de Licenciatura en Química Farmacéutica Biológica en la UAM-Xochimilco. Ha trabajado para el sector industrial alimenticio y en gestión de laboratorios. Es maestro y Doctor en Ciencias Químicas por la UAM-Iztapalapa.

Envía tus contribuciones científicas a la revista **Terra Latinoamericana**, órgano de difusión de la SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO, A. C.

