

## Contaminación del suelo por microplásticos: panorama actual Soil contamination by microplastics: current panorama

J. M. Casso-Gaspara<sup>a</sup>, O. A. Acevedo-Sandoval<sup>b,\*</sup>, S. Martínez-Hernández<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Pachuca, Hidalgo, México.

<sup>b</sup> Área Académica de Química, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Pachuca, Hidalgo, México.

### Resumen

Actualmente los microplásticos (MP) son considerados un contaminante emergente, cuyos efectos en los ecosistemas del planeta han sido poco estudiados, el objetivo de esta investigación es determinar el estado de arte respecto a los MP en la matriz del suelo. Se realizó un análisis de diversas fuentes, como publicaciones revisadas por pares, incluidas revistas científicas y libros, en bases de datos que son referenciales académicos incluyendo ScienceDirect, Web of Knowledge, Scopus, Web of Science, entre otras. No se definió en la investigación un rango específico de tiempo con relación de artículos debido a la baja disponibilidad de trabajos. Se analizaron 96 artículos con diferentes temáticas de las cuales destacan las publicaciones con enfoque experimental y de investigación. De acuerdo al análisis realizado se concluye que los MP son un tipo de contaminación emergente y debido a que el interés por conocer sus efectos es reciente, aún existen pocos datos, como consecuencia se desconocen las concentraciones en suelos, así como las afectaciones al ambiente y a la salud humana, este tópico aún pasa por su etapa de investigación teórica.

**Palabras Clave:** Microplásticos, suelo, contaminante emergente, análisis bibliométrico.

### Abstract

Currently, MP microplastics are considered an emerging pollutant, whose effects on the planet's ecosystems have been poorly studied, the objective of this research was to determine the state of the art of MP in the soil matrix. An analysis of various sources was carried out, such as peer-reviewed publications, including scientific journals and books, in databases academic including ScienceDirect, Web of Knowledge, Scopus, Web of Science, among others; a specific time range in relation to articles was not defined in the research due to the low availability of works. Ninety-six articles with different topics were analyzed, among which the experimental approach and research stand out. According to the analysis carried out it is that concluded that MP is an emerging type of contamination and due to the fact that the interest to know its effects is recent, there are still few data, as a consequence, the concentrations in soils are unknown, as well as the effects on the environment and human health. This research topic it is in its still its theoretical research stage.

**Keywords:** Microplastics, soil, emerging pollutant and bibliometric analysis.

### 1. Introducción

Actualmente se vive en una época de plásticos, donde este material sintético ha revolucionado el estilo de vida de los seres humanos, siendo el producto desechable más utilizado en el planeta (Thompson *et al.*, 2009), el uso de plásticos en el año 2018 ascendió a 400 millones de toneladas, de las cuales el 79% fue esparcida en basureros o depositada a la intemperie, además el 12% de la producción plástica se incinero y solo el 9% de basura a nivel global fue reciclada (DW., 2018).

El termino Microplástico (MP) fue acuñado por Richard Thompson (2004), en su investigación *Lost at Sea: Where Is All the Plastic?*, lo define como fragmento plástico de un tamaño promedio de 5 mm. En años recientes se ha propuesto el rango del diámetro de los MP de 1 µm a 5 mm (Castañeta *et al.*, 2020). El estudio de este contaminante ha sido ampliamente documentado en sistemas acuáticos, no así para sistemas terrestres donde la investigación es reciente, en el año de 2010 aumentó el número de publicaciones científicas de 5 en 2000 a 20 aproximadamente en 2012 (Rillig, 2012), sin

\*Autor para la correspondencia: [acevedo@uaeh.edu.mx](mailto:acevedo@uaeh.edu.mx)

**Correo electrónico:** [ca369004@uaeh.edu.mx](mailto:ca369004@uaeh.edu.mx) (Juan Manuel Casso-Gaspar), [acevedo@uaeh.edu.mx](mailto:acevedo@uaeh.edu.mx) (Otilio Arturo Acevedo-Sandoval), [silvia\\_martinez10436@uaeh.edu.mx](mailto:silvia_martinez10436@uaeh.edu.mx) (Silvia Martínez-Hernández).

embargo a la fecha se desconocen los efectos concretos que este contaminante pueda tener en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los sistemas terrestres.

Existen dos tipos de microplásticos: 1) MP primarios, son aquellos que han sido fabricados con un diámetro de hasta 5mm, estos pueden encontrarse en distintos productos como cosméticos y productos de limpieza e higiene (jabones, detergentes y exfoliantes); y 2) MP secundarios, son los que provienen de plásticos de mayor tamaño que son fragmentados al quedar expuestos a las condiciones climáticas (Rillig, 2012 y Rumin et al., 2020), como la irradiación UV (fotodegradación) o por la biodegradación parcial de macroplásticos realizada por hongos y bacterias del suelo (Zhang et al., 2020 y Castañeta et al., 2020). Los fragmentos plásticos se dividen en: fibras, pequeños fragmentos, películas pequeñas y partículas, siendo las fibras las que están presentes en un sinnúmero de ambientes, esto debido a que se transportan fácilmente en el ambiente (Allen, 2019).

La clasificación de los MP en cuanto a su diámetro, varía en cada investigación analizada antes del 2020, lo anterior se debe a que no se existía un consenso general, teniendo así diferentes propuestas (tabla 1):

Tabla 1. Denominación aplicada al tamaño de partícula aplicada a los MP.

Denominación	Tamaño promedio $\mu$
Macroplásticos	2.5 cm (Chatterjee y Sharma, 2019).
Microplásticos	5 mm (Thompson et al., 2004).
Microplásticos de cosméticos	5 mm (Duis y Coors 2016).
Nanoplásticos	1nm-1000 nm (Rumin et al., 2020).

Por otro lado, Nizzetto et al. (2016) estimaron los niveles de contaminación en suelos para Europa, concluyendo que por cada millón de habitantes se incorporan al suelo de 125 a 850 toneladas de MP año<sup>-1</sup>, que provienen del desgaste de neumáticos, ropa, degradación de materiales plásticos y la deposición de lodos residuales, provenientes del tratamiento de aguas residuales, estiman que el aporte anual de este contaminante al suelo es 4 a 24 veces mayor a la de los océanos.

Actualmente la contaminación del suelo por MP es considerada como emergente, debido a que este contaminante se está concentrado de manera inusual en los suelos.

El objetivo de la presente investigación es establecer el impacto de los MP como contaminantes emergentes en la

matriz del suelo, a través de una revisión bibliográfica para determinar las tendencias y campos de investigación involucrados en el estudio de los MP a nivel mundial

## 2. Metodología

Se realizó una investigación bibliográfica, mediante una búsqueda exhaustiva, empleando palabras clave como: MP, contaminación, suelo y emergente, en bases de datos como ScienceDirect, Web of Knowledge, Scopus, Google académico, entre otras. Definidas las plataformas a visualizar, se analizaron artículos con la temática contaminación, MP, suelo, estas fueron clasificadas por título de la investigación, año, autores, tipo de artículo, contaminante estudiado o reportado y aportes de los estudios, debido a la poca disponibilidad de información no se estableció un rango específico de tiempo. Se realizó un análisis cuantitativo y cualitativo de los datos y se creó una base de datos en Excel, se elaboraron mapas donde se indica el país de procedencia de las publicaciones, polímeros reportados y concentraciones encontradas, estos fueron desarrollados mediante el software **QGIS versión 3.14**. Se empleó como capa vectorial base ArcGIS. Hub (2014, 31 marzo) shp mapa países del mundo. Se crearon capas vectoriales en formato shp a partir de los datos cuantitativos obtenidos de los artículos.

## 3. Resultados y discusión

Se analizaron 96 publicaciones. En la Figura 1 se muestra el enfoque de cada publicación analizada.



Figura 1: Temática de los artículos consultados. Elaboración propia 25/III/2022

La distribución por enfoque fue la siguiente:

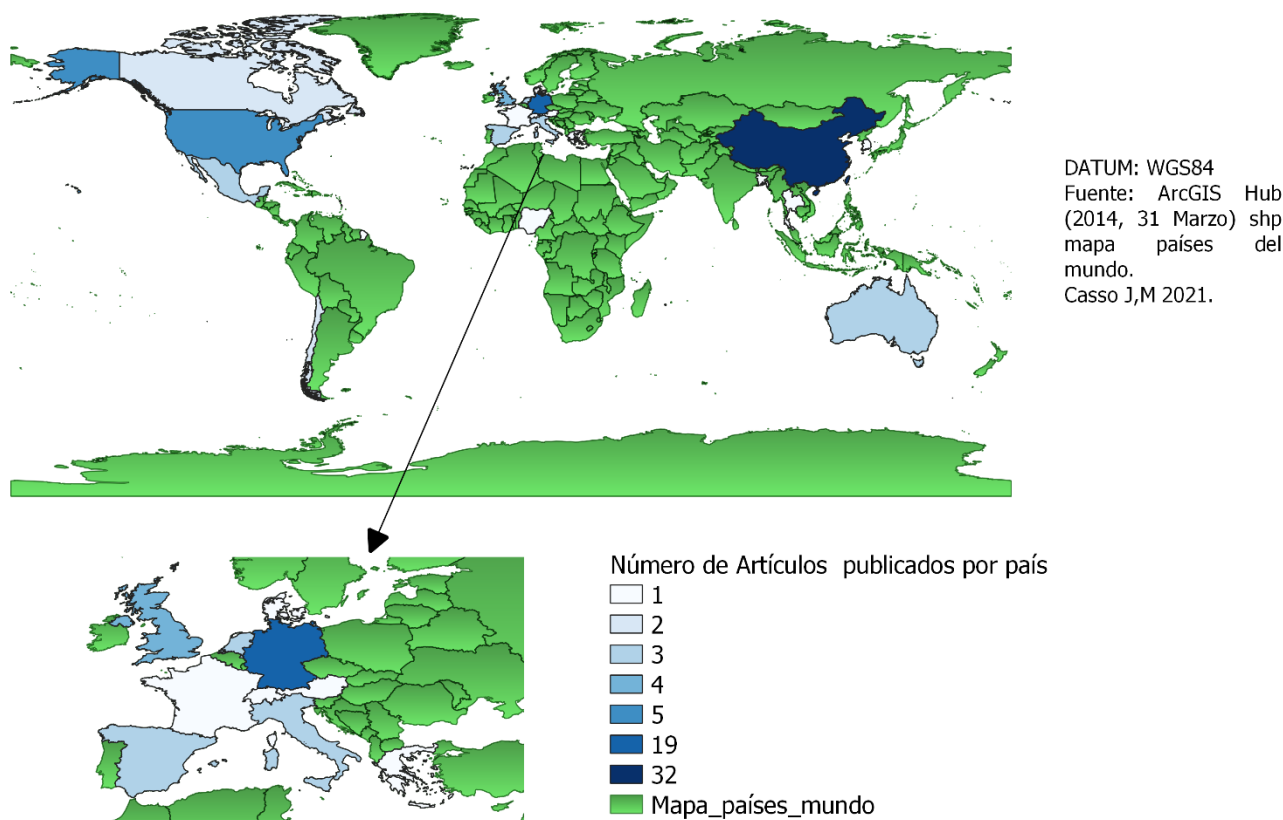
- Experimental ex situ: 42%, investigaciones realizadas en ambientes controlados.
- Revisión de artículos: 22%, investigaciones que se enfocan en revisar publicaciones anteriores y analizan sus metodologías y enfoques.

- c) Experimental: 20%, investigaciones realizadas en los lugares con posible contaminación, asimismo documentan los datos más cercanos a la realidad.
- d) Opinión: 8%, Proponen líneas de investigación y enfoques que estas tendrían que tener.
- e) Investigación y análisis de la problemática: 6%, consisten en investigar en artículos las metodologías y enfoques, así como analizar la problemática y sus posibles consecuencias.
- f) Apoyo ciudadano: 1 %, estas son investigaciones que se realizan con la ayuda de la ciudadanía.

La Figura 2 muestra el número de publicaciones por país, China es el país con mayor número de artículos (33.33 %),

seguido de Alemania (19.79 %) y en tercer lugar se encuentran Canadá, Estados Unidos y México (10.41 %). Australia aportó 3 artículos (3.12 %), mientras que Nigeria como único representante del continente africano reporta 1 artículo (1 %). Estos datos son relevantes ya que los sitios con mayor índice de publicaciones son los principales consumidores de plástico, China 25,357, EE.UU. 17.192, Inglaterra 2,893, Francia 2,319, Indonesia 2,259, Corea del sur 2,252, México 2,176, Alemania 1,817, España 1,586 y Australia 1,451 miles de toneladas (Roa, 2021), que al entrar en procesos de degradación se convierten en los denominados MP los cuales pueden ser primarios (exfoliantes de productos de cuidado personal) y secundarios (degradados por factores abióticos).

### Publicaciones por país

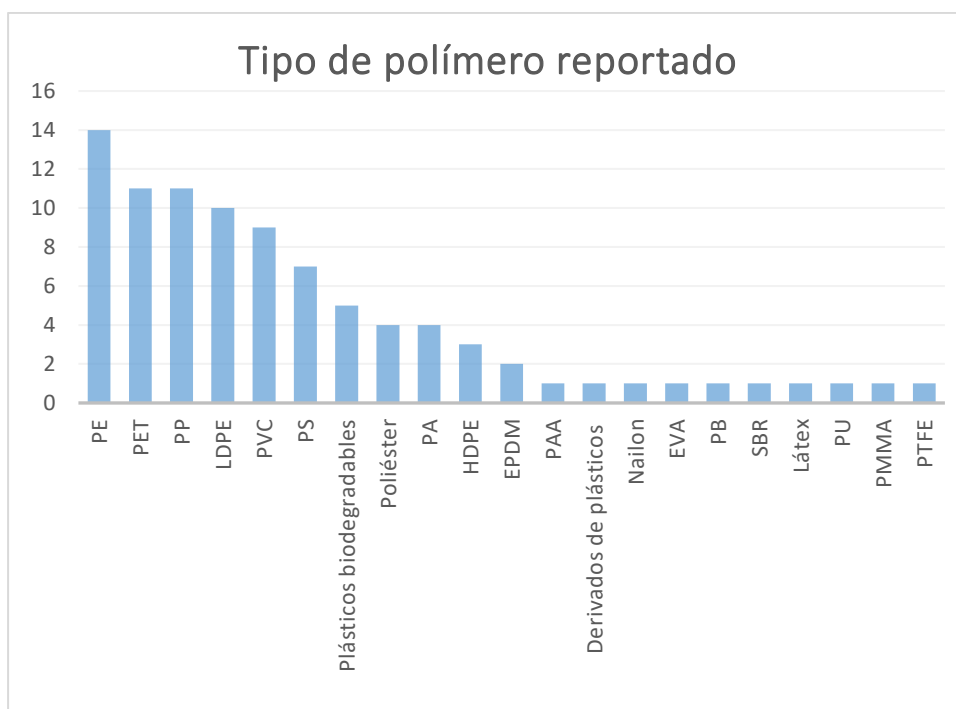


**Figura 2:** Número de publicaciones por país Elaboración propia 22/III/2022

En la actualidad existen infinidad de combinaciones de polímeros que son usados en diferentes industrias, algunas de las características que buscan al fabricar plásticos o MP son la resistencia, durabilidad y bajo costo de producción. Lo anterior hace sumamente complejo estandarizar protocolos para identificar los MP en suelos. En la Figura 3 se muestran los polímeros más encontrados en suelo.

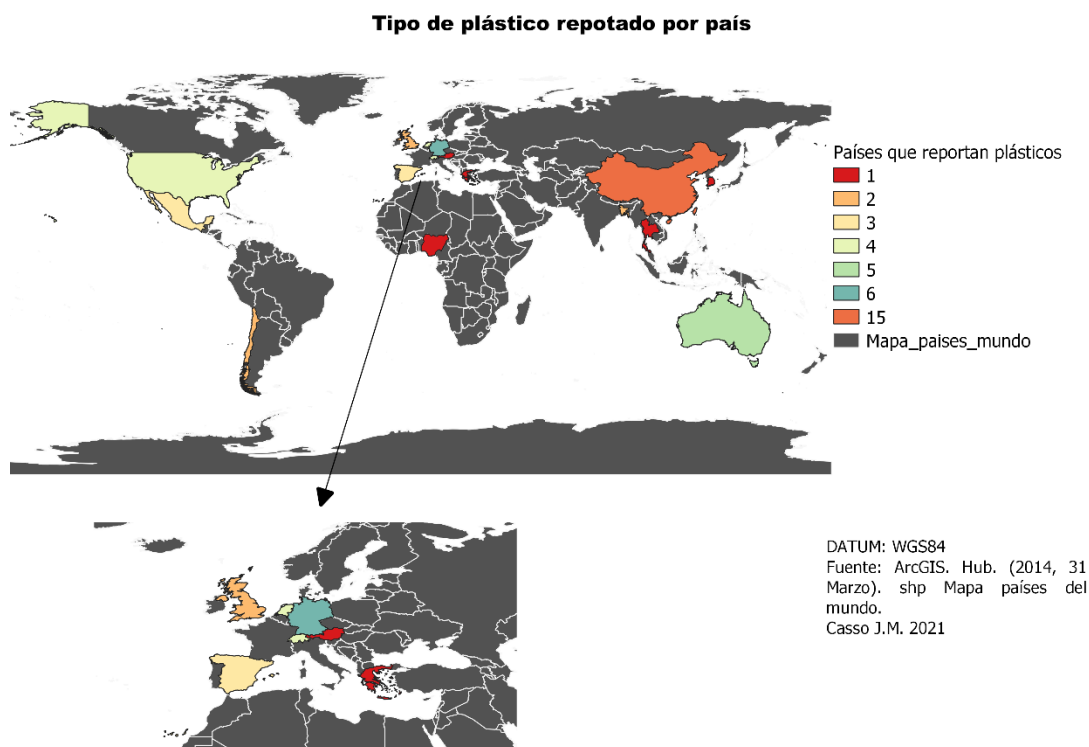
En cuanto a la distribución o frecuencia de los MP investigados por país, existen pocos datos disponibles ya que la mayoría de los trabajos son ex situ, es decir, en ambientes controlados. Los

países que destacan en el estudio de los efectos de los polímeros en suelo son: China con 15 polímeros, seguido por Alemania y Australia con 6 y 5 respectivamente, Países bajos, Suiza y EE.UU., con 4 cada uno. Kumar et al. (2020) infieren que el principal impacto en suelos agrícolas es la biomagnificación. Mientras que otros estudios han demostrado afectaciones de especies de invertebrados expuestos a los MP, los daños incluyen disminución de la tasa de supervivencia, menor talla, alteraciones metabólicas y disminución en la calidad reproductiva (Lei et al., 2018 y Zhu et al., 2018).



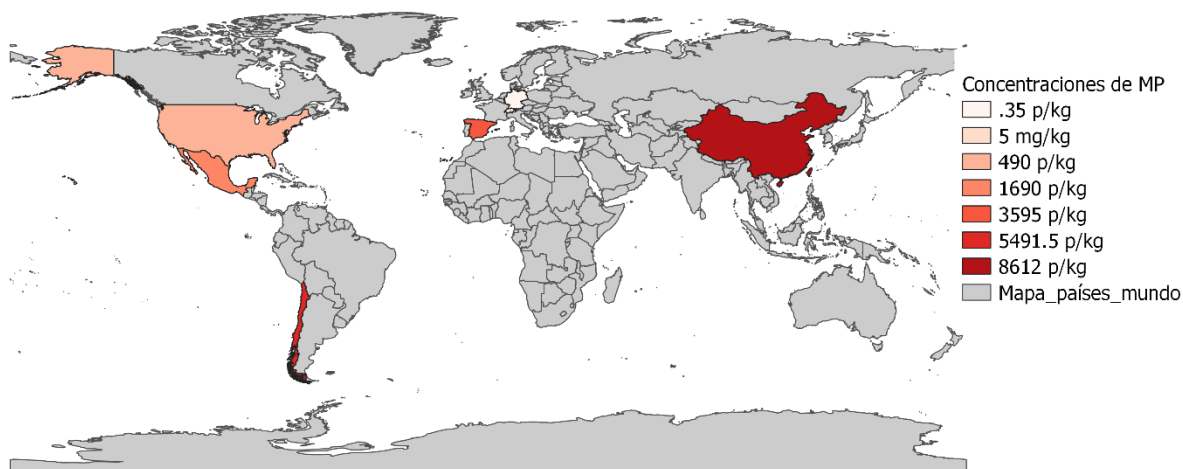
**Figura 3.** Frecuencia de cada tipo de polímero en las investigaciones analizadas.

PE (Polietileno), PET (Tereftalato de polietileno), PP (Polipropileno), LDPE (Poliestireno de baja densidad), PVC (Cloruro de polivinilo), PS (Poliestireno), Plásticos biodegradables, Poliéster, PA (Poliacrilato), HDPE (Polietileno de alta densidad), EPDM (Caucho terpolímero de etileno propileno), PAA poli-ácido acrílico, derivados de plástico, Nailon, EVA (Co-polímero de etileno vinil acetato), PB (Polibutadieno), SBR (Elastómero de estireno-butadieno), Látex, PU (Poliuretano), PMMA (Polimetilmetacrilato) y PTFE (Politetrafluoroetileno). Elaboración propia 22/III/ 2022



**Figura 4:** Número de polímeros reportados por país Elaboración. Propia 22/III/2022

### Concentraciones de MP (in situ)



DATUM: WGS84

Fuente: ArqGIS. Hub. (2014, 21 Marzo).

shp mapa países del mundo.

Casso J. M. 2021

**Figura 5:** Concentración promedio reportada en artículos In situ. Elaboración propia 22/III/2022

La figura 5 muestra los datos de las concentraciones promedio de MP reportadas en las investigaciones in situ, estos datos representan el panorama actual de este contaminante emergente a nivel global, el cual hasta la fecha es incierto debido a la poca disponibilidad de información, los datos indican que existe una ligera acumulación de MP en los suelos agrícolas muestreados en las investigaciones siendo China el país que tiene un número mayor de antecedentes aunque existen ciertas discrepancias en cuestión de la unidad ideal, actualmente la unidades más utilizadas para reportar la concentración de MP en suelo son: partículas/Kg y mg/Kg, si bien no existe un consenso para reportar este contaminante en los suelos, se deberá unificar para poder hacer predicciones sobre su concentración, establecer estrategias en materia de remediación en suelos, y en el caso de efectos citotóxicos establecer límites máximos permisibles en suelos según su uso.

El uso de técnicas para la separación de este material de la matriz del suelo es complicado, debido al complejo sistema de los suelos del planeta y no siempre se pueden obtener resultados positivos y cuantificables para cada unidad de suelo (Rillig, 2012 y Horton, 2017)

A pesar del reciente interés, aún es difícil determinar el giro que se tendrá en las investigaciones dentro de esta área de estudio, en los próximos años se prevé que el número de artículos aumente exponencialmente debido a la creciente

interés sobre los efectos de los MP en los diferentes ambientes del planeta.

#### 4. Conclusión

En la presente revisión se determinó que el estudio de los MP en la matriz del suelo es un nuevo tema de investigación que aún pasa por su etapa teórica experimental.

Los datos analizados indican que los países desarrollados o en vías de desarrollo son aquellos que están investigando, este tipo de contaminación, aunque existen casos particulares como Nigeria y Bangladesh. Existe cierto grado de relación entre los plásticos reportados de los artículos (PE, PET, PP y LDPE) y los plásticos de uso cotidiano a nivel global. La falta de datos sobre el tema en cuestión hace pasar desapercibida esta afectación que ante los escenarios más pesimistas podría afectar de manera discreta a la micro y macro diversidad del suelo.

Actualmente se trabaja en metodologías que permitan llevar a cabo la cuantificación e identificación de los materiales sintéticos, las técnicas abordadas hasta la fecha son básicas como identificación visual, técnicas de microscopía ópticas y modelos predictivos de contaminación, estos además deberían contemplar tipo de suelo a muestrear, prevenir el contacto con derivados plásticos, correcto transporte de muestras y selección de aditivos según el polímero a identificar.

Según las concentraciones reportadas en la bibliografía aún existe desconocimiento entre cuales son las concentraciones en

la cual los MP pueden llegar a ser un contaminante, aunque investigadores reportan que este contaminante puede afectar las propiedades del suelo desde concentraciones de 0.5 % y 10% de MP por Kg de suelo.

Existe una discrepancia entre cual es la unidad ideal para determinar la concentración de MP en los suelos, actualmente se reportan en peso de partículas (mg/kg) y número de partículas (p/kg) por muestra de suelo, en investigaciones futuras se tendrá que estandarizar la unidad ideal que sea adaptable a los enfoques de las investigaciones.

Aunque no es la primera revisión bibliográfica que aborda dicha problemática, es pionera en México, ya que indica los polímeros reportados, áreas y lugares que actualmente evalúan y analizan los efectos de tal contaminación emergente a nivel mundial.

## Agradecimientos

Agradezco profundamente a los doctores Otilio Acevedo y Sylvia Martínez por la atención brindada en la realización de esta investigación.

## Referencias

- Allen, S., Allen, D., Phoenix, V. R., 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(5), 339–344.
- Álvarez-López Tello, J., Robles, C., & del Castillo, R. F. (2021). Microplastic pollution in neotropical rainforest, savanna, pine plantations, and pasture soils in low land areas of Oaxaca, Mexico: Preliminary results. *Ecological Indicators*, 121, 107084. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107084>
- Beriot, N., Peek, J., Zornoza, R., Geissen, V., & Huerta Lwanga, E. (2021). Low density-microplastics detected in sheep faeces and soil: A case study from the intensive vegetable farming in Southeast Spain. *Science of the Total Environment*, 755, 142653. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142653>
- Castañeta, G., Gutiérrez, F. A., Nacaratte, F. y Manzano, A. C. (2020). Microplásticos: un contaminante que crece en todas las esferas ambientales, sus características y posibles riesgos para la salud pública por exposición. *Revista Boliviana de Química*, 37(3), 160-175. DOI:10.34098/2078-3949.37.3.4
- Chatterjee, S., & Sharma, S. (2019). Microplastics in our oceans and marine health. *Field Actions Science Reports*, 1(1), 54–61. <https://journals.openedition.org/factsreports/5257>
- Duis, K., & Coors, A. (2016). Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects. *Environmental Sciences Europe*, 28(1). <https://doi.org/10.1186/s12302-015-0069-y>
- DW Deutsche Welle. (2018). ONU: sólo 9 por ciento del plástico usado se recicla. DW.COM. <https://www.dw.com/es/ONU-s%C3%B3lo-9-por-ciento-del-pl%C3%A1stico-usado-en-el-mundo-se-recicla/a-44077167> (Agosto 2021).
- Horton, A. A., Walton, A., Spurgeon, D. J., Lahive, E., & Svendsen, C. (2017). Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Science of The Total Environment*, 586, 127–141. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.190>
- Huerta Lwanga, E., Mendoza Vega, J., Ku Quej, V., Chi, J. D. L. A., S Del Cid, L., Chi, C., Escalona Segura, G., Gertsen, H., Salánki, T., van der Ploeg, M., Koelmans, A. A., & Geissen, V. (2017). Field evidence for transfer of plastic debris along a terrestrial food chain. *Scientific Reports*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-14588-2>
- Kumar, M., Xiong, X., He, M., Tsang, D. C., Gupta, J., Khan, E., Harrad, S., Hou, D., Ok, Y. S., & Bolan, N. S. (2020). Microplastics as pollutants in agricultural soils. *Environmental Pollution*, 265, 114980. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114980>
- Lei, L., Liu, M., Song, Y., Lu, S., Hu, J., Cao, C., Xie, B., Shi, H., He, D., 2018. Polystyrene (nano) microplastics cause size-dependent neurotoxicity, oxidative damage and other adverse effects in *Caenorhabditis elegans*. *Environmental Science: Nano*, 5(8), 2009e2020. <https://doi.org/10.1039/C8EN00412A>
- Nizzetto, L., Futter, M., & Langaas, S. (2016). Are Agricultural Soils Dumps for Microplastics of Urban Origin? *Environmental Science & Technology*, 50(20), 10777–10779.
- Rillig, M. C. (2012). Microplastic in Terrestrial Ecosystems and the Soil? *Environmental Science & Technology*, 46(12), 6453–6454.
- Rillig, M. C., de Souza Machado, A. A., Lehmann, A., & Klümper, U. (2019). Evolutionary implications of microplastics for soil biota. *Environmental Chemistry*, 16(1), 3. <https://doi.org/10.1071/en18118>
- Rillig, M. C., Ingraffia, R., & de Souza Machado, A. A. (2017). Microplastic Incorporation into Soil in Agroecosystems. *Frontiers in Plant Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01805>
- Roa, M. M. (2021, 4 junio). ¿Qué países generan más residuos de plástico de un solo uso? Statista Infografías. <https://es.statista.com/grafico/25010/paises-con-la-mayor-cantidad-de-residuos-plasticos-de-un-solo-uso-generados/#%7E:text=Los%20tres%20pa%C3%ADses%20m%C3%A1s%20poblados,persona%20var%C3%ADa%20notablemente%20entre%20ellos>
- Rumin, Q., Davey, J., Zhen, L., Qin, L., & Changrong, Y. (2020). Behavior of microplastics and plastic film residues in the soil environment: A critical review. *Science of the Total Environment*, 703(134722), 4–48. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134722>
- Thompson, R. C., Swan, S. H., Moore, C. J., & vom Saal, F. S. (2009). Our plastic age. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1973–1976.
- Weber, C. J., Weihrauch, C., Opp, C., & Chiffard, P. (2020). Investigating microplastic dynamics in soils: Orientation for sampling strategies and sample pre-processing. *Land Degradation & Development*, 32(1), 270–284. <https://doi.org/10.1002/ldr.3676>
- Zhang, Y., Kang, S., Allen, S., Allen, D., Gao, T. and Sillanpää, M. (2020). Atmospheric microplastics: A review on current status and perspectives. *Earth Science Reviews*, 203; 103118 <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103118>
- Zhu, D., Chen, Q.L., An, X.L., Yang, X.R., Christie, P., Ke, X., Wu, L.H., Zhu, Y.G. (2018). Exposure of soil collembolans to microplastics perturbs their gut microbiota and alters their isotopic composition. *Soil Biology and Biochemistry*, 116, 302e310. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.10.027>
- Zubris, K. A. V., & Richards, B. K. (2005). Synthetic fibers as an indicator of land application of sludge. *Environmental Pollution*, 138(2), 201–211. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2005.04.013>