



Contaminación ambiental por residuos plásticos derivados del uso de sistemas de riego agrícola: una revisión bibliométrica de tendencias científicas globales (2015–2025)

Environmental pollution from plastic waste derived from the use of agricultural irrigation systems: a bibliometric review of global scientific trends (2015–2025)

Ana Paula Serna-Abascal

Posgrado de Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua

Universidad Autónoma Chapingo, México

0009-0006-2532-0272 | a.ps.a@hotmail.com

Rubén Velasco-Hernández*

Posgrado de Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua

Universidad Autónoma Chapingo, México

0009-0000-8200-3552 | rvelascoh@chapingo.mx

*Autor para correspondencia

Ausel Horacio Gutiérrez-Méndez

Posgrado de Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua

Universidad Autónoma Chapingo, México

0009-0006-0986-7542 | gutmenah@gmail.com

Cita APA: Serna-Abascal, A. P., Velasco-Hernández, R. y Gutiérrez-Méndez, A. H. (2025). Contaminación ambiental por residuos plásticos derivados del uso de sistemas de riego agrícola: una revisión bibliométrica de tendencias científicas globales (2015–2025). *Revista Arbitrada de Ciencias Ambientales*, 1(1), 51-74. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18487590>

Resumen

Esta revisión de literatura con análisis bibliométrico examina la evolución de la producción científica y las principales corrientes de investigación en torno a la contaminación ambiental asociada al uso de cintas y tuberías plásticas en sistemas de microirrigación agrícola durante el periodo 2015–2025. Se utilizó la base de datos Scopus®, junto con las herramientas VOSviewer y Bibliometrix, para identificar tendencias temáticas, patrones de colaboración y enfoques metodológicos predominantes. Los resultados evidencian un incremento sostenido en la producción científica, con una concentración relevante en países como China e Italia, así como una creciente colaboración internacional. Instituciones europeas y asiáticas destacan como actores clave en el desarrollo del conocimiento en este campo. Las palabras clave predominantes reflejan un enfoque central en la contaminación del suelo agrícola, los microplásticos, los residuos plásticos y su interacción con los sistemas de riego por goteo. La literatura analizada confirma que la degradación y fragmentación de los plásticos agrícolas influyen en las propiedades físicas y químicas del suelo, así como en la movilidad de contaminantes. En conjunto, los hallazgos subrayan la necesidad de fortalecer estrategias de gestión, recuperación y reciclaje de plásticos agrícolas, así como de promover enfoques de economía circular para mitigar los impactos ambientales asociados a la agricultura tecnificada.

Palabras clave: microirrigación, plásticos agrícolas, contaminación del suelo.

Abstract

This literature review with bibliometric analysis examines the evolution of scientific production and the main research trends related to environmental contamination associated with the use of plastic tapes and pipes in agricultural micro-irrigation systems during the period 2015–2025. The Scopus® database was used, together with the VOSviewer and Bibliometrix tools, to identify thematic trends, collaboration patterns, and prevailing methodological approaches. The results reveal a sustained increase in scientific output, with a significant concentration in countries such as China and Italy, as well as a growing level of international collaboration. European and Asian institutions emerge as key contributors to knowledge development in this field. Predominant keywords indicate a central focus on agricultural soil contamination, microplastics, plastic residues, and their interaction with drip irrigation systems. The analyzed literature confirms that the degradation and fragmentation of agricultural plastics affect the physical and chemical properties of soils, as well as the mobility of contaminants. Overall, the findings highlight the need to strengthen management, recovery, and recycling strategies for agricultural plastic waste, and to promote circular economy approaches to mitigate the environmental impacts associated with technologically intensive agriculture.

Key words: micro-irrigation, agricultural plastics, soil pollution.

Introducción

La agricultura moderna depende cada vez más de la implementación de sistemas de riego eficientes para garantizar rendimientos elevados para responder al crecimiento de la demanda alimentaria, garantizar la seguridad alimentaria y optimizar el uso de recursos naturales como el agua y el suelo. En este contexto, el uso racional del agua y una gestión adecuada de los nutrientes (fertirriego) se han vuelto estrategias clave para alcanzar mayores rendimientos agrícolas. La microirrigación como riego por goteo, las cintas y las tuberías de baja densidad, son parte de estos sistemas que han ganado adopción amplia en múltiples regiones. Sin embargo, asociado a estos beneficios, emergen preocupaciones ambientales significativas relacionadas con los desechos que se generan con el uso de estos métodos de riego que, junto a los residuos de los agroquímicos, son residuos difíciles de manejar; la degradación y fragmentación de estos materiales plásticos favorece la liberación de microplásticos que se acumulan en agroecosistemas y ecosistemas circundantes, con potenciales impactos negativos sobre la calidad del suelo y el funcionamiento ambiental (Serna-Abascal *et al.*, 2022; Castro *et al.*, 2025).

En este contexto, investigaciones recientes han empezado cuestionar la vida útil de los materiales plásticos utilizados en los sistemas de riego agrícola, su durabilidad (tiempo en descomponerse) e impacto ambiental, tales como: la toxicidad asociada a aditivos y la interacción con procesos agroecológicos; como la microbiología del suelo, fisicoquímica de suelos y sanidad de cultivos (Khalid *et al.*, 2023). Gündoğdu *et al.* (2022), encontraron fragmentos plásticos en el suelo provenientes de líneas de riego y películas de invernadero, lo que confirma que la quema abierta, el desgaste y la fragmentación de estos materiales son fuentes duraderas de contaminación en la agricultura. Asimismo, trabajos desarrollados en Alemania, Italia y China concuerdan que los residuos plásticos agrícolas son actualmente uno de los retos más importantes para la sostenibilidad del riego intensivo (Blanco *et al.*, 2018; Wen *et al.*, 2023; Yu *et al.*, 2025).

Sumado a esta problemática, se han identificado riesgos asociados a la interacción entre los residuos plásticos derivados de los sistemas de fertirriego y los agroquímicos utilizados en la agricultura. El polietileno (PE) que es uno de los plásticos más empleados en la fabricación de invernaderos, empaques, acolchados y tuberías para microirrigación, presenta la capacidad de adsorber y liberar residuos de pesticidas y fertilizantes durante su vida útil, debido a su composición química que involucra largas cadenas poliméricas (Castro *et al.*, 2025).

En este sentido, aunque el foco principal de la contaminación analizada corresponde a los residuos plásticos agrícolas, diversos estudios han señalado

que su interacción con agroquímicos puede intensificar los impactos ambientales en los suelos agrícolas. Desde una perspectiva más amplia, Xiuzhi et al. (2020) estudiaron el impacto ambiental del proceso de construcción y los materiales empleados, mediante la cuantificación de la huella hídrica y de carbono, a través del análisis del ciclo de vida de los materiales; determinaron que es necesario evaluar los impactos ambientales de los proyectos de construcción de sistemas de riego desde una perspectiva de ciclo de vida, en lugar de centrarse únicamente en el aumento del rendimiento agrícola y la reducción de la cantidad de agua de riego. Asimismo, el uso de aguas residuales tratadas para la irrigación agrícola se ha promovido como una estrategia de reutilización hídrica frente a la escasez de agua. No obstante, diversos estudios han evidenciado que esta práctica puede favorecer la acumulación de microplásticos en suelos agrícolas, debido a la limitada eficiencia de los sistemas convencionales de tratamiento para su remoción (Aydin et al., 2025). Estos microplásticos pueden persistir en los agroecosistemas, interactuar con las propiedades fisicoquímicas del suelo y representar un riesgo ambiental a largo plazo. Como consecuencia del manejo inadecuado de residuos agroindustriales y agroquímicos, estos contaminantes pueden incorporar elementos orgánicos e inorgánicos persistentes que permanecen en el ambiente y se dispersan en distintas matrices agrícolas, contribuyendo al desequilibrio de los agroecosistemas (Velázquez et al., 2022). Las metodologías empleadas para la identificación y cuantificación de microplásticos y otros contaminantes asociados en matrices ambientales agrícolas incluyen: 1) el análisis de isótopos estables de carbono y nitrógeno para entender la bioacumulación; 2) el uso de microscopía óptica y espectroscopía infrarroja (EIR) para identificar la composición y concentración en diversas matrices (agua, sedimentos, biota), y 3) el conteo directo de partículas en muestras.

Bollaín y Agulló (2019), señalan que no existe una metodología normalizada de métodos analíticos, como tampoco rigor en la definición y descripción de los microplásticos que permitan la comparación de resultados entre estudios. Por su parte Junhao et al. (2021), analizaron diferentes metodologías y sugieren la combinación de técnicas para dar mejor certeza en los resultados, proponen la implementación de análisis de bajos costos debido a la cantidad de información que se maneja. Ambas investigaciones analizan las metodologías empleadas para el análisis de estos contaminantes, la segunda más enfocada a la agricultura, sin embargo, no existen estudios que analicen de forma específica el impacto ambiental que tienen los materiales utilizados en la microirrigación.

En el ámbito agrícola, Junhao et al. (2022), mostraron que la dinámica hídrica y el transporte de sales en sistemas de goteo se ven afectadas por los residuos plásticos presentes en el perfil del suelo, lo cual influye

negativamente en la eficiencia del fertirriego. Sun et al. (2023) y Zhou et al. (2025), estudiaron cómo los microplásticos interactúan con elementos traza como el arsénico, resaltando la importancia de tener en cuenta los efectos sinérgicos entre contaminantes químicos y físicos en sistemas de riego agrícola.

Serna-Abascal et al. (2022) realizaron una revisión de alcance con análisis bibliométrico de la literatura científica sobre materiales alternativos utilizados en la agricultura. Dentro de los enfoques metodológicos identificados en los estudios analizados, se reporta el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) como una herramienta empleada para evaluar los impactos ambientales asociados a materiales convencionales y biobasados a lo largo de su ciclo de vida. No obstante, los autores señalan que este tipo de evaluaciones integrales sigue siendo limitado en el ámbito agrícola, particularmente en lo referente a procesos de degradación y fin de vida de los materiales. Por último, estudios como los de Blanco et al. (2018) y Cillis et al. (2022) demostraron que el uso de herramientas digitales como los SIG (Sistemas de Información Geográfica) son de gran utilidad para recopilar, gestionar y analizar los coeficientes espaciales de plástico agrícola; con el propósito de calcular volúmenes de desechos y poder planear infraestructura para reciclaje en el sur de Europa.

En general, la evidencia indica que entre 2015 y 2025 se ha registrado un aumento en el nivel de contaminación por plásticos agrícolas, en el cual los sistemas de microirrigación pueden actuar como medio de dispersión de residuos plásticos derivados de su uso y degradación, más que como la causa primaria de la contaminación. Cuando no se cuenta con planes adecuados de gestión, recuperación y reciclaje de residuos plásticos agrícolas, los beneficios hídricos asociados a la eficiencia y al ahorro de agua del riego por goteo pueden verse contrarrestados por la acumulación de residuos plásticos duraderos y sustancias potencialmente tóxicas en el ambiente.

La finalidad de este trabajo fue examinar, mediante un enfoque sistemático y bibliométrico de carácter descriptivo y exploratorio, la evidencia científica más reciente sobre el impacto ambiental asociado al uso y la disposición de cintas y tuberías empleadas en el riego agrícola. El análisis integró investigaciones relacionadas con la contaminación por plásticos, su interacción con los químicos del fertirriego y la gestión de estos residuos a escala global, con el propósito de identificar tendencias, patrones de investigación y vacíos de conocimiento en este campo de estudio.

Materiales y métodos

Se realizó un estudio mixto para caracterizar las corrientes científicas en torno a este tema, mediante un análisis bibliométrico de carácter descriptivo

y exploratorio, basado en los enfoques clásicos de la bibliometría científica propuestos por Garfield (1972) y desarrollados posteriormente por Callon et al. (1991), así como en los aportes metodológicos contemporáneos de Aria y Cuccurullo (2017). Este enfoque permitió mapear indicadores de tendencias temporales, redes de colaboración, matrices de citación y los principales actores científicos involucrados (autores, instituciones y países). El procesamiento y análisis de los datos bibliográficos se realizó mediante el paquete Bibliometrix y su interfaz gráfica Biblioshiny (Aria y Cuccurullo, 2017), complementado con el software VOSviewer, utilizado para la visualización de redes de coautoría y colaboración internacional. Adicionalmente, se llevó a cabo una revisión sistemática para evaluar críticamente la evidencia empírica disponible sobre los impactos ambientales asociados al uso de sistemas de microirrigación, así como las estrategias de mitigación y las prácticas de gestión de residuos plásticos reportadas en la literatura científica.

Dando respuestas a las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son las consecuencias ambientales más importantes que derivan del uso y deterioro de tuberías y cintas de riego de polietileno?
2. ¿Cuáles han sido las estrategias y enfoques aplicados para investigar la contaminación por plásticos en suelos agrícolas entre 2015 y 2025?
3. ¿Cuáles son las áreas del mundo que generan más producción científica en el tema y qué redes de cooperación son las más comunes?

En la búsqueda se utilizó la base de datos Scopus® por su alta cobertura temática, funcionalidad analítica y su proceso de búsqueda estructurado; además, es una base de datos completa en términos de ciencias agronómicas, ambientales e ingenierías. Para registrar la evolución reciente de las investigaciones, se eligió el periodo entre 2015 y 2025; el sistema de palabras utilizado para localizar y recuperar información científica relevante de la vasta colección de datos en Scopus®, fue el siguiente: "TITLE-ABS-KEY (("drip irrigation" OR "microirrigation" OR "plastic irrigation" OR "irrigation tube" OR "irrigation pipe") AND ("plastic waste" OR "agricultural plastics" OR "plastic pollution" OR "microplastics" OR "plastic residues") AND ("environmental impact" OR "soil pollution" OR "water contamination" OR "waste management" OR "open burning" OR "agricultural waste")) AND PUBYEAR > 2014"

Para contestar las preguntas, se utilizó un método combinado basado en las pautas PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) y en el planteamiento de Koutsos et al. (2019) para estudios que incorporan análisis bibliométrico, que constó de las siguientes etapas:

- 1) Identificación: exploración a fondo en la base de datos Scopus (Elsevier).
- 2) Cribado: eliminación de estudios fuera del enfoque temático y de duplicados.

- 3) Elegibilidad: evaluación de título, resumen y texto completo.
- 4) Inclusión: elección definitiva de artículos pertinentes para análisis y síntesis.

La elección de artículos se realizó siguiendo la metodología de embudo propuesta por Koutsos et al. (2019) mediante tres etapas de filtrado (L1-L3). Aplicando como primer filtro, el análisis de los títulos, en la segunda etapa la revisión del resumen y, por último, el estudio del documento, los filtros y sus características se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Cribado de artículos mediante la metodología de embudo de Koutsos.

Nivel	Tipo de cribado	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
L1 – Título	Revisión temática inicial	Estudios que mencionen plásticos agrícolas, cintas, tuberías o sistemas de riego.	Publicaciones sobre contaminación marina o industrial sin relación agrícola.
L2 – Resumen	Evaluación de relevancia	Artículos experimentales, revisiones o estudios de análisis de ciclo de vida relacionados con contaminación por plásticos o fertirriego.	Trabajos sin enfoque ambiental o sin vinculación con riego o fertilización.
L3 – Totalidad	Revisión a texto completo	Investigaciones con datos sobre acumulación, migración o gestión de residuos plásticos agrícolas.	Documentos sin texto completo, duplicados o carentes de sustento metodológico.

Fuente: Elaboración propia, con datos de Koutsos et al. (2019)

En la construcción de los mapas y del análisis bibliométrico, la información de los artículos seleccionados se extrajo de la base de datos Scopus® en formato CSV. El procesamiento, análisis y visualización de los datos se realizó mediante el paquete Bibliometrix y su interfaz gráfica Biblioshiny, desarrollados por Aria y Cuccurullo (2017), ejecutados en el entorno R (versión 4.3.1).

A partir de esta base de datos se generaron indicadores de desempeño científico y de estructura intelectual del área, orientados a describir la evolución temporal de la producción científica entre 2015 y 2025, así como a identificar redes de coautoría y colaboración internacional entre países e instituciones. Adicionalmente, se analizaron las relaciones de coocurrencia de palabras clave y los patrones de citación con el fin de reconocer autores, revistas y líneas de investigación con mayor influencia en el campo de estudio. La visualización de las redes de colaboración internacional y coautoría entre países se realizó mediante el software VOSviewer (versión 1.6.20), desarrollado por van Eck y Waltman (2010), el cual permite representar gráficamente la intensidad y estructura de los vínculos científicos entre nodos. Por su parte, el

análisis de palabras clave se llevó a cabo a partir de las palabras clave de autor extraídas de Scopus®, y su representación gráfica se realizó mediante Bibliometrix/Biblioshiny, generando análisis descriptivos de frecuencia y agrupamiento temático.

En conjunto, estos procedimientos se aplicaron bajo un enfoque descriptivo y exploratorio, con el objetivo de identificar patrones, tendencias y dinámicas de investigación relacionadas con la contaminación por plásticos derivados del uso de sistemas de microirrigación agrícola

Resultados

En la búsqueda se recuperaron dieciséis artículos, durante análisis sistemático un artículo no continuó al siguiente paso por el título, debido a los criterios de inclusión; en la etapa L2 por el criterio del contenido del resumen, se excluyó un registro; cuando se leyeron en pares a totalidad se retiraron tres, al no encontrar los artículos completos, proceso mostrado en la Figura 1. Posteriormente se dispusieron los resultados en orden cronológico de 2015 a 2025 para identificar patrones geográficos y también a lo largo del tiempo.

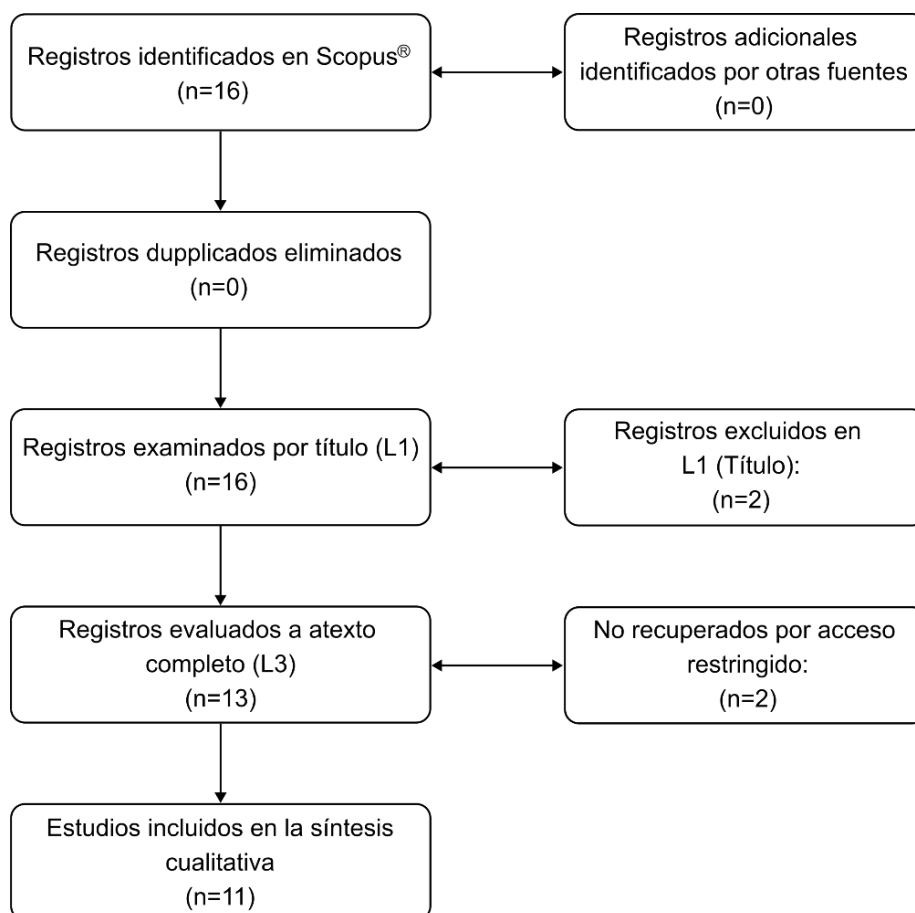


Figura 1. Diagrama de flujo, resultado del proceso de selección de estudios (criterios PRISMA).

En el análisis bibliométrico se investigó el avance, la estructura y la dinámica de la producción científica vinculada al tema durante el periodo 2015–2025. Los resultados obtenidos con la base de datos procesada en Biblioshiny muestran un incremento progresivo en la producción científica a partir de 2015, con una concentración de publicaciones en un número reducido de países e instituciones, así como patrones de colaboración internacional incipientes. El procesamiento de la base de datos mediante Biblioshiny permitió identificar los principales autores, revistas y núcleos temáticos predominantes, evidenciando un interés creciente de la comunidad científica por los impactos ambientales asociados a los sistemas de microirrigación.

La Tabla 2 sintetiza los datos generales de la información que se analizó, el periodo (2015-2025), la procedencia de los documentos (8 fuentes), con 10 artículos científicos y una ponencia de congreso. Se tuvo en promedio 1.3 artículos por año, con un promedio de citas de 41.36 por documento y una colaboración internacional entre autores de 18.18%.

Tabla 2. Información principal.

Descripción	Resultados
INFORMACIÓN PRINCIPAL SOBRE LOS DATOS	
Periodo de análisis	2015-2025
Fuentes (revistas, libros)	8
Documentos	11
Tasa de crecimiento anual (%)	21.9
Edad promedio de los documentos	2.09
Promedio de citas por documento	41.36
Referencias totales	102
CONTENIDO DE LOS DOCUMENTOS	
Palabras clave Plus (ID)*	348
Palabras clave de autor (DE)**	52
AUTORES	
Número total de autores	74
Autores con publicaciones individuales	0
COLABORACIÓN ENTRE AUTORES	
Documentos de autor único	0
Coautores por documento	7
Colaboración internacional (%)	18.18
TIPOS DE DOCUMENTOS	
Artículos	10
Ponencias en congresos	1
INFORMACIÓN PRINCIPAL SOBRE LOS DATOS	
Periodo de análisis	2015-2025
Fuentes (revistas, libros)	8
Documentos	11

Descripción	Resultados
Tasa de crecimiento anual (%)	21.9
Edad promedio de los documentos	2.09
Promedio de citas por documento	41.36
Referencias totales	102

*ID (Palabras clave plus) corresponde a las palabras clave generadas automáticamente por la base de datos a partir de los títulos de las referencias citadas, mientras que **DE (Palabras clave de autor) hace referencia a las palabras clave proporcionadas por los autores de los documentos analizados. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus® mediante Bibliometrix (2025).

Producción científica y colaboración internacional por país

En la Tabla 3 se presenta la producción científica por país según la afiliación de los autores. Los resultados muestran que China concentra el mayor número de afiliaciones, seguida por Italia y España. Este indicador refleja la frecuencia con la que cada país aparece en las afiliaciones de los autores, por lo que un mismo documento puede contabilizarse más de una vez cuando incluye coautores de distintas nacionalidades.

Tabla 3. Producción científica por país según afiliación de autores.

País	Autores
CHINA	49
ITALY	13
SPAIN	10
TURKEY	3
UK	1
USA	1

Elaboración propia a partir de datos de Scopus® mediante Bibliometrix (2025).

La distribución geográfica de la producción científica por nación se muestra en la Figura 2. Se observa una notable concentración en Europa y Asia, siendo China la nación con el mayor número de publicaciones, seguida por España e Italia, tal como se indicó en la Tabla 3. Esta tendencia refleja o demuestra que la investigación se encuentra concentrada en regiones con infraestructura académica sólida, y también el hecho de que Asia está emergiendo como un centro importante para la producción de conocimiento científico en las distintas áreas.

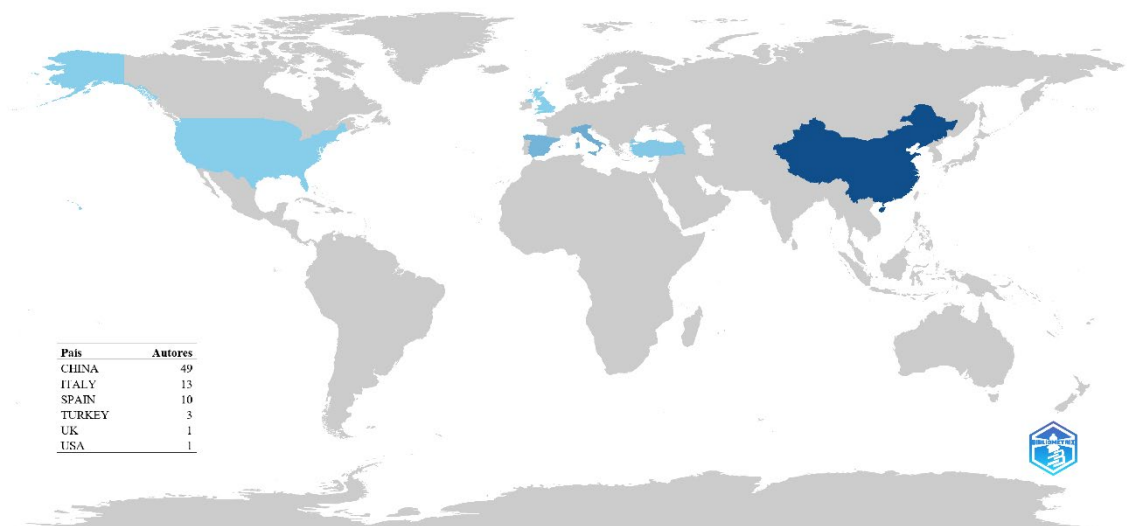


Figura 2. Distribución geográfica de la producción científica por país. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus®, mediante Bibliometrix (2025).

Por otro lado, la Figura 3 ilustra la red de cooperación internacional entre naciones, creada mediante VOSviewer, que permite observar los vínculos de coautoría y el grado de interacción. En esta red, China es el nodo principal, conectándose directamente con Estados Unidos y, en menor medida, con Reino Unido, Turquía y España.



Figura 3. Red de colaboración internacional entre países. Elaboración propia a partir de datos de Scopus®, mediante VOSviewer (2025).

La Tabla 3, junto con las Figuras 2 y 3, permite analizar la producción científica y los patrones de colaboración internacional en el tema. Los resultados muestran que China concentra el mayor número de afiliaciones, posicionándose como el principal eje articulador de la cooperación científica, con vínculos directos principalmente con Estados Unidos y, en menor medida, con países europeos.

La distribución geográfica evidencia una concentración de la producción científica en Asia y Europa; sin embargo, mientras China presenta una red de colaboración más estructurada, los países europeos exhiben

conexiones más dispersas, lo que sugiere una menor intensidad de cooperación entre ellos. En este contexto, el hecho de que Italia no forme parte del clúster principal indica que, aunque su producción científica es relevante en términos de volumen, esta se desarrolla con mayor independencia o con una participación más limitada en redes internacionales de colaboración.

En conjunto, estos hallazgos evidencian un proceso de internacionalización científica liderado por Asia, en el que la colaboración se articula principalmente a través de nodos centrales, más que mediante redes regionales densamente interconectadas.

Instituciones y autores más productivos

En la Figura 4 se identifican las instituciones con mayor número de publicaciones en el periodo analizado. Cabe precisar que los valores mostrados corresponden al número de documentos en los que aparece al menos un autor afiliado a cada institución, por lo que un mismo documento puede contabilizarse en más de una institución cuando existe coautoría interinstitucional. Las instituciones más productivas son la Università degli Studi di Bari Aldo Moro (Italia), con 10 artículos, y la Yunnan Agricultural University (China), con 9 publicaciones, seguidas por la China Agricultural University (7), la Inner Mongolia Normal University (5), la Northwest A&F University (5), la Peking University (5), la Shihezi University (5) y la Universidad de Santiago de Compostela (5). La distribución institucional confirma la concentración de la producción científica en China, en concordancia con los resultados obtenidos en el análisis por país. Asimismo, se observa una participación relevante de instituciones europeas, particularmente de Italia y España, lo que evidencia la contribución de Europa en el área, aunque con un volumen de publicaciones menor en comparación con el liderazgo asiático, especialmente chino, en investigación agrícola, ambiental y tecnológica.

De los datos analizados durante la revisión se encontraron los autores más productivos, los cuales están representados en la Figura 5. Donde destacan Evelia Schettini, con tres publicaciones, y Giuliano Vox con dos, ambos de la Università degli Studi di Bari Aldo Moro (Italia). Después de ellos, el resto de autores, encontrados en el análisis, tienen una única publicación individual, entre estos se encuentran Ignacio Bernabé, Ileana Blanco, Enrique Blázquez-Blázquez, Gabriela Castro, María L. Cerrada, Giuseppe Cillis y Miguel Cobo-Golpe. La concentración de publicaciones en un reducido número de autores italianos y la dispersión de los demás indican que la producción científica en el área aún no presenta redes consolidadas de colaboración autoral, sino contribuciones puntuales desde distintos contextos institucionales. En resumen, los hallazgos indican que la Università degli Studi di Bari Aldo Moro es un referente institucional, incluyendo a los investigadores más activos y a la mayor producción de este ámbito. Esto indica que en Europa

hay un núcleo académico consolidado, que se ha visto enriquecido por la expansión sostenida de las universidades chinas en años recientes.

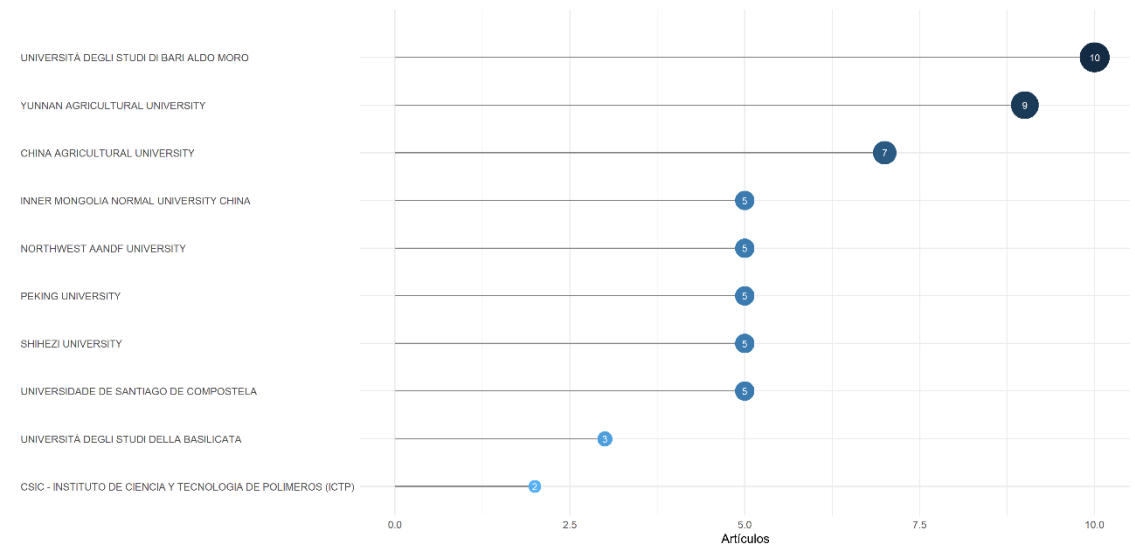


Figura 4. Instituciones con mayor número de publicaciones. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus®, mediante Bibliometrix (2025).

A partir del análisis bibliométrico se identificaron los autores más productivos, los cuales se presentan en la Figura 5. Destacan Evelia Schettini, con tres publicaciones, y Giuliano Vox, con dos, ambos afiliados a la Università degli Studi di Bari Aldo Moro (Italia). El resto de los autores identificados en el corpus cuenta con una sola publicación dentro del periodo analizado, generalmente como coautores en distintos trabajos. Esta distribución refleja una alta concentración de la producción científica en un número reducido de investigadores, así como la ausencia de redes consolidadas de colaboración autorial en el área, predominando contribuciones puntuales desde diversos contextos institucionales. Cabe señalar que, si bien China fue identificada previamente como el país con mayor impacto en términos de afiliaciones y redes de colaboración, este liderazgo se manifiesta principalmente a través de una participación colectiva de múltiples autores, más que en la presencia de investigadores individuales altamente productivos. En conjunto, los resultados indican que la Università degli Studi di Bari Aldo Moro constituye un referente institucional relevante, al concentrar a los investigadores más activos del tema, mientras que la expansión reciente de universidades chinas ha contribuido a diversificar la producción científica en años recientes.

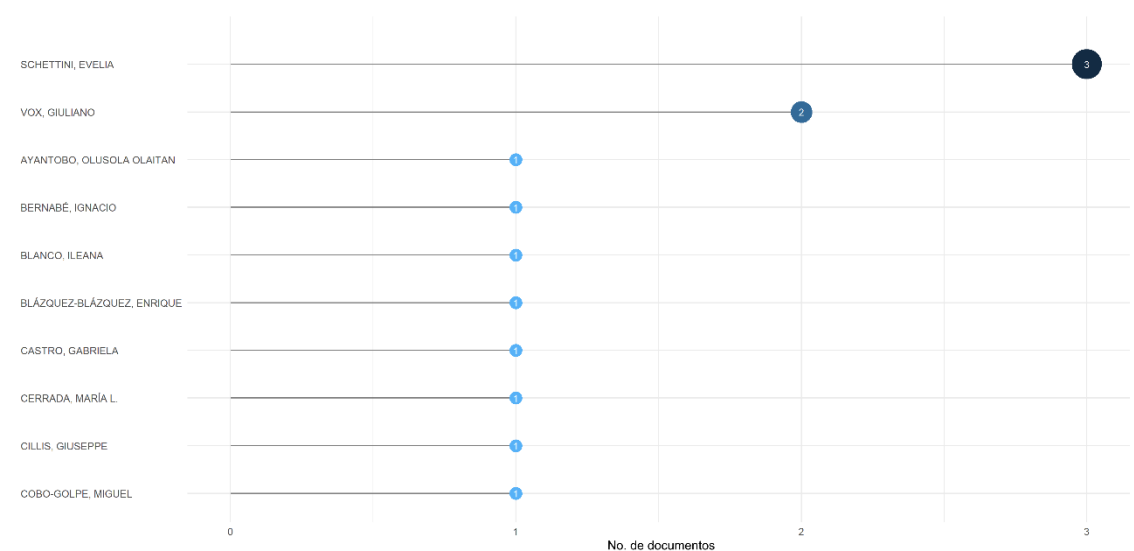


Figura 5. Autores con mayor número de publicaciones. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus®, mediante Bibliometrix (2025).

Análisis de palabras clave

La nube de palabras conocida como “Word Cloud” que se muestra en la Figura 6 se creó con las palabras clave de autor que se obtuvieron de los documentos analizados. La frecuencia de aparición de cada término se refleja en su tamaño, lo que indica su importancia temática dentro del conjunto total de publicaciones. Las palabras con mayor frecuencia y tamaño en la nube corresponden a soil pollution, plastic waste, microplastics, irrigation (agriculture), drip irrigation, agricultural soil y polyethylene, lo que evidencia un núcleo temático centrado en la contaminación del suelo agrícola asociada al uso de plásticos y microplásticos en sistemas de riego. De manera complementaria, la presencia de términos como waste management, biodegradation, environmental monitoring y polypropylene indica una línea de investigación orientada a la gestión, mitigación y monitoreo ambiental de los residuos plásticos en agroecosistemas productivos. En conjunto, la nube de palabras muestra que la literatura científica reciente se concentra en la interacción entre la contaminación plástica, entendida como la contaminación ambiental derivada de la presencia y degradación de residuos plásticos provenientes de insumos e infraestructura agrícola y los sistemas de riego agrícola, con una tendencia creciente hacia el desarrollo de soluciones tecnológicas y prácticas sustentables. Cabe señalar que las palabras clave analizadas corresponden a términos en idioma inglés, dado que la estrategia de búsqueda bibliográfica se realizó en la base de datos Scopus mediante cadenas TITLE-ABS-KEY, conforme se describe en la sección de Materiales y métodos.



Figura 6. Nube de palabras generada a partir de las palabras clave de autor. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus®, mediante Bibliometrix (2025).

La Tabla 4 aborda el contexto temático de este resultado con más profundidad, en la que se muestra el producto o resultado de un examen más detallado del contenido, las perspectivas y las contribuciones de cada artículo examinado.

Tabla 4. Enfoques y hallazgos de las principales investigaciones recuperadas del análisis bibliométrico realizado referente al tema.

Año	Autores / País	Objetivo o enfoque del estudio	Principales hallazgos	Implicaciones ambientales o de manejo
2018	Blanco, I.; Loisi, R.V.; Sica, C.; Schettini, E. Vox G. (Italia)	Crear un sistema SIG para calcular los residuos plásticos agrícolas en función de la superficie y el tipo de cultivo	Cuantifica los volúmenes de residuos de plásticos agrícolas para cada cultivo y zona. Identifica áreas problemáticas con acumulación de manguera y acolchado. Evidencia la viabilidad de una metodología geoespacial replicable.	Facilitar la organización a nivel regional de centros destinados al reciclaje y acopio. Proponer un fundamento para las políticas de manejo de desechos agrícolas y trazabilidad.

Año	Autores / País		Objetivo o enfoque del estudio	Principales hallazgos	Implicaciones ambientales o de manejo
2022	Cillis, G.; Statuto, D.; Schettini, E.; Vox, G.; Picuno, P. (Italia)		Utilizar (SIG) para crear un atlas digital del empleo de plásticos agrícolas.	Establece el coeficiente de plástico agrícola. Mapea la distribución por provincia y cultivo. Identifica los flujos de desechos plásticos.	Proporcionar un instrumento práctico para medir la logística de recolección y fomentar estrategias de economía circular.
2022	Gündoğdu, R.; Önder, D.; Gündoğdu, S.; Gwinnett, C. (Turquía)		Calcular el residuo plástico proveniente de películas y sistemas de riego en terrenos agrícolas.	Identificar una alta concentración de micro-, meso- y macroplásticos (hasta 1.2×10^4 partículas kg^{-1}). Determina que la fuente principal de contaminación es la fragmentación de cintas de riego y acolchados plásticos	Promover la instauración de protocolos de gestión posterior y prevenir la quema a cielo abierto de residuos plásticos agrícolas.
2022	Jia, W.; Karapetrova, A.; Zhang, M.; Xu, L.; Li, K.; Huang, M.; Wang, J.; Huang, Y. (China)		Desarrollar un método automatizado para la detección y cuantificación de microplásticos.	Demuestra que los métodos visuales infravaloran concentraciones hasta en un 60 %. Verifica que la exactitud y la comparabilidad aumentan con los sistemas automatizados.	Contribuir a la estandarización del monitoreo de microplásticos en zonas de fertirriego.
2022	Junhao, C.; Pengpeng, C.; Xiaodong, G.; Qifang, Z.; Yunjie, F.; Xiaobo, G.; Xining, Z.		Examinar el impacto que tienen el caudal de los emisores y los residuos plásticos sobre la circulación	La migración de agua y sales se ve alterada por los residuos plásticos. La movilidad de microplásticos se	Proponer mejoras en el diseño hidráulico del fertirriego para reducir el traslado de contaminantes.

Contaminación ambiental por residuos plásticos derivados del uso de sistemas de riego agrícola: una revisión bibliométrica de tendencias científicas globales (2015–2025)

Año	Autores / País	Objetivo o enfoque del estudio	Principales hallazgos	Implicaciones ambientales o de manejo
	Yuannong, L. (China)	de agua y sales bajo riego por goteo.	aumenta con caudales más altos, mientras que la salinización disminuye.	
2023	Sun, H., Shi, Y., Zhao, P., Long, G., Li, C., Wang, J., Qiu, D., Lu, C., Ding, Y., Liu, L., He, S. (China)	Analizar cómo los microplásticos biodegradables y los de polietileno afectan la movilidad del arsénico y el fósforo.	Los microplásticos alteran la biodisponibilidad de metales y nutrientes. Los materiales biodegradables no disminuyen el riesgo ambiental en todos los casos.	Requerir la evaluación de materiales alternativos con base en su comportamiento químico y ambiental.
2023	Wen, Y., Liu, J., Zhang, J., Li, W., Ayantobo, O. O., Wang, Z. (China)	Examinar el impacto de los residuos macroplásticos en las condiciones hidrotérmicas del terreno.	Aumentarla temperatura del suelo y disminuye la humedad. Se impacta negativamente el desarrollo y crecimiento de las plantas.	Recomendar el retiro posterior a la cosecha y la mejora de los sistemas de recolección mecanizada.
2025	Castro, G.; Fernández-Fernández, V.; Cobo-Golpe, M. (España)	Detectar la huella química de pesticidas adsorbidos en polietileno agrícola.	Los plásticos retienen compuestos organoclorados y organofosforados. La contaminación persiste incluso después del lavado	Prevenir la contaminación secundaria mediante la limpieza de residuos antes del reciclaje.
2025	Yu, H., Zhang, W., Li, J., Yang, J., Yang, X., Hai, C., Wang, Y., Yang, Y. (China)	Medir la distribución vertical y las vías de transporte de microplásticos en suelos agrícolas con riego por goteo.	Los suelos bajo riego contienen hasta tres veces más microplásticos que los no irrigados. Los microplásticos penetraron hasta	Monitorear sistemáticamente los microplásticos en suelos agrícolas bajo riego por goteo para prevenir su acumulación y migración profunda.

Año	Autores / País	Objetivo o enfoque del estudio	Principales hallazgos	Implicaciones ambientales o de manejo
			100 cm de profundidad.	
2025	Zhou, Y., Du, Y., Sheng, J., Liu, Y., Wan, C., Dong, H., Gu, J., Long, H., Zhang, H. (China)	Examinar la capacidad medioambiental del suelo y el riesgo ecológico asociado a la presencia de microplásticos en la cuenca agrícola del río Tarim.	Se registro una alta abundancia de microplásticos (8.9×10^3 partículas kg^{-1}). El análisis basado en la capacidad ambiental del suelo (SECC) indico una capacidad de carga ambiental elevada, cercana a los umbrales de riesgo ecológico. Capacidad de carga ambiental elevada.	Proponer umbrales de riesgo y planes de mitigación regional basados en la capacidad ambiental del suelo para la gestión de micro plásticos.
2025	Dell'Acqua, A. C., Convertino, F., Schettini, E. (Italia-España-Brasil)	Analizar de forma global la contaminación de suelos agrícolas con plásticos y sus consecuencias ambientales.	El estudio resume los principales mecanismos de degradación de los plásticos en suelos agrícolas, incluyendo fotooxidación y abrasión. Identifica como fuentes predominantes de contaminación plástica el uso de acolchados (mulching), cintas y tuberías de riego. Asimismo, evidencia alteraciones en la estructura del suelo y en el microbiota edáfico asociadas a la presencia de plásticos.	Recomendar la incorporación de plásticos agrícolas en políticas de protección de suelos y fortalecer estrategias de circularidad para reducir su acumulación y sus impactos ambientales.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus®.

Discusión

Los resultados del análisis de los once artículos incluidos en la revisión, sintetizados en la Tabla 4, permiten visualizar el avance del conocimiento científico sobre la contaminación por plásticos agrícolas desde una perspectiva temática, metodológica y geográfica en el periodo 2015–2025. Este avance se evidencia a través de la evolución de los enfoques de investigación, el incremento en la complejidad metodológica y la diversificación de las variables ambientales analizadas a lo largo del tiempo. Los primeros estudios, desarrollados mayoritariamente en Europa, se centraron en la cartografía y cuantificación de residuos plásticos agrícolas mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG), aportando herramientas fundamentales para la planificación territorial, la gestión de residuos y el impulso de estrategias de economía circular (Blanco *et al.*, 2018; Cillis *et al.*, 2022). Estos trabajos establecieron una base metodológica sólida para el análisis de la distribución espacial de los residuos y la identificación de zonas con mayor acumulación asociada a determinados cultivos y prácticas agrícolas. A partir de 2022, se observa un incremento significativo de la producción científica en Asia, particularmente en China y Turquía, acompañado de un cambio hacia enfoques experimentales y métodos automatizados orientados a la detección y cuantificación de microplásticos en suelos agrícolas. Estos estudios permiten analizar con mayor precisión la interacción entre los residuos plásticos y los sistemas de riego por goteo, evidenciando que los métodos visuales tradicionales tienden a subestimar las concentraciones reales, mientras que los procedimientos automatizados incrementan la exactitud de las estimaciones (Junhao *et al.*, 2022; Jia *et al.*, 2022). Asimismo, se identifica el desgaste de cintas de riego como una fuente constante y relevante de contaminación plástica en los sistemas agrícolas (Gündoğdu *et al.*, 2022). Entre 2023 y 2025, la investigación se orienta predominantemente hacia un enfoque integral del riesgo ambiental, incorporando el análisis de la movilidad de contaminantes físicos y químicos, la transferencia de metales y nutrientes, y los cambios en las propiedades del suelo asociados a la presencia de microplásticos (Zhou *et al.*, 2025; Sun *et al.*, 2023). Estos estudios destacan el impacto de los microplásticos sobre la biodisponibilidad de elementos como fósforo y arsénico, así como la necesidad de establecer umbrales de riesgo ambiental y herramientas de evaluación de la capacidad de carga del suelo para apoyar la toma de decisiones en la gestión agrícola. Finalmente, investigaciones recientes evidencian la capacidad de los plásticos agrícolas, particularmente el polietileno, para adsorber agroquímicos, lo que refuerza la importancia de implementar prácticas adecuadas de limpieza y manejo previo al reciclaje con el fin de evitar procesos de contaminación secundaria (Castro *et al.*, 2025). En conjunto, los resultados muestran que la problemática de la contaminación por microplásticos y nano plásticos en sistemas de riego

agrícola constituye un campo de investigación emergente, cuyo crecimiento puede observarse tanto en el aumento del número de publicaciones como en la sofisticación de los enfoques metodológicos y analíticos. Esta tendencia sugiere que, en los próximos años, la investigación continuará ampliándose hacia evaluaciones más integrales del riesgo ambiental, la sostenibilidad de los sistemas agrícolas y la cooperación científica internacional.

Conclusiones

La contaminación por plásticos en los suelos agrícolas se ha consolidado como un campo de investigación emergente y multidisciplinario, en el que convergen las ingenierías, así como las ciencias agronómicas y ambientales. En la última década, China ha encabezado la producción científica y la colaboración internacional en este ámbito, destacando la Yunnan Agricultural University y la Università degli Studi di Bari Aldo Moro como instituciones clave en el desarrollo del conocimiento asociado a esta problemática. Si bien la contaminación plástica en agroecosistemas puede tener múltiples orígenes, la evidencia analizada en esta revisión indica que los residuos plásticos derivados del uso y degradación de insumos e infraestructura agrícola, particularmente cintas y tuberías empleadas en sistemas de riego por goteo, constituyen una fuente relevante y persistente de acumulación de plásticos en los suelos agrícolas. Estos materiales, al fragmentarse, dan lugar a microplásticos que interactúan con las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, alterando su estructura, la dinámica hídrica y la movilidad de contaminantes, además de actuar como vectores para el transporte de agroquímicos y otros compuestos potencialmente tóxicos.

La evidencia científica muestra una evolución en los enfoques metodológicos utilizados para estudiar esta problemática, pasando de estrategias de cartografía y cuantificación espacial de residuos plásticos a métodos experimentales y automatizados orientados a la detección, cuantificación y evaluación del riesgo ambiental asociado a microplásticos en suelos agrícolas. Este avance ha permitido documentar con mayor precisión los mecanismos de acumulación, migración vertical y persistencia de los plásticos en sistemas agrícolas intensivos, sin que ello implique la existencia de una metodología única o estandarizada para evidenciar la contaminación del suelo, dada la complejidad inherente de los procesos físicos, químicos y biológicos involucrados. Asimismo, diversos estudios recientes advierten que la presencia de microplásticos en suelos agrícolas puede influir en la biodisponibilidad de nutrientes y contaminantes, lo que plantea riesgos potenciales para la funcionalidad del suelo y, de manera indirecta, para la seguridad de los sistemas productivos. Aunque el análisis detallado de los efectos sobre la cadena alimentaria constituye un campo de investigación

específico, la literatura revisada señala la necesidad de considerar estos riesgos dentro de una perspectiva preventiva y de manejo integral. En conjunto, los resultados de esta revisión bibliométrica indican que, si no se implementan estrategias adecuadas de gestión, recuperación y reciclaje de residuos plásticos agrícolas, los beneficios asociados a la eficiencia hídrica del riego tecnificado pueden verse contrarrestados por la acumulación de plásticos de larga persistencia en el ambiente. Por ello, se destaca la importancia de fortalecer la transferencia tecnológica, la cooperación científica internacional y la incorporación de principios de sostenibilidad y economía circular en las políticas públicas relacionadas con la gestión de plásticos agrícolas. Finalmente, este estudio pone de manifiesto que el principal desafío para avanzar hacia una agricultura verdaderamente sostenible radica en la transición hacia sistemas de manejo que integren la reducción de residuos, el uso de materiales alternativos y la implementación de prácticas de gestión ambientalmente responsables, garantizando su viabilidad técnica y económica para los productores, así como la protección a largo plazo del suelo, el ambiente y la salud pública.

Referencias

- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Blanco, I., Loisi, R. V., Sica, C., Schettini, E., & Vox, G. (2018). Agricultural plastic waste mapping using GIS. A case study in Italy. *Resources, Conservation, and Recycling*, 137, 229–242. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.06.008>
- Bollaín, C., & Agulló, D. V. (2019). Presencia de microplásticos en aguas y su potencial impacto en la salud pública. *Revista Española de Salud Pública*, 93, 1-10. Obtenido de <https://ojs.sanidad.gob.es/index.php/resp/article/view/1130>.
- Castro, G., Fernández-Fernández, V., Cobo-Golpe, M., Ramil, M., Blázquez-Blázquez, E., Cerrada, M. L., Bernabé, I., Martínez Urreaga, J., de la Orden, M. U., & Rodríguez, I. (2025). The fingerprint of pesticides in agricultural used polyethylene. *Waste Management (New York, N.Y.)*, 200(114767), 114767. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2025.114767>
- Callon, M., Courtial, J. P., & Laville, F. (1991). Co-word analysis as a tool for describing the network of interactions between basic and technological research: The case of polymer chemistry. *Scientometrics*, 22(1), 155–205. <https://doi.org/10.1007/bf02019280>
- Chen, X., Thorp, K. R., van Oel, P. R., Xu, Z., Zhou, B., & Li, Y. (2020). Environmental impact assessment of water-saving irrigation systems across 60 irrigation construction projects in northern China. *Journal of Cleaner Production*, 245(118883), 118883. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118883>
- Cillis, G., Statuto, D., Schettini, E., Vox, G., & Picuno, P. (2022). Implementing a GIS-based digital atlas of agricultural plastics to reduce their environmental footprint: Part

- II, an inductive approach. *Applied Sciences* (Basel, Switzerland), 12(15), 7545. <https://doi.org/10.3390/app12157545>
- Dell'Acqua, A. C., Convertino, F., & Schettini, E. (2025). Agricultural soil pollution by plastics: An overview of the main aspects. En L. Sartori, P. Tarolli, L. Guerrini, G. Zuecco, & A. Pezzuolo (Eds.), *Biosystems engineering: Promoting resilience to climate change – AIIA 2024 mid-term conference* (pp. 1008–1015). Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-84212-2>
- Garfield, E. (1972). Citation analysis as a tool in journal evaluation. *Science* (New York, N.Y.), 178(4060), 471–479. <https://doi.org/10.1126/science.178.4060.471>
- Gündoğdu, R., Önder, D., Gündoğdu, S., & Gwinnett, C. (2022). Plastics derived from disposable greenhouse plastic films and irrigation pipes in agricultural soils: a case study from Turkey. *Environmental Science and Pollution Research International*, 29(58), 87706–87716. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21911-6>
- Jia, W., Karapetrova, A., Zhang, M., Xu, L., Li, K., Huang, M., Wang, J., & Huang, Y. (2022). Automated identification and quantification of invisible microplastics in agricultural soils. *The Science of the Total Environment*, 844(156853), 156853. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156853>
- Junhao, C., Pengpeng, C., Xiaodong, G., Qifang, Z., Yunjie, F., Xiaobo, G., Xining, Z., & Yuannong, L. (2022). Effects of plastic film residue and emitter flow rate on soil water infiltration and redistribution under different initial moisture content and dry bulk density. *The Science of the Total Environment*, 807(Pt 2), 151381. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151381>
- Junhao, C., Xining, Z., Xiaodong, G., Li, Z., Qi, H., & Siddique, K. H. (2021). Extraction and identification methods of microplastics and nanoplastics in agricultural soil: A review. *Journal Of Environmental Management*, 294, 112997. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112997>
- Khalid, N., Aqeel, M., Noman, A., & Rizvi, Z. F. (2022). Impact of plastic mulching as a major source of microplastics in agroecosystems. *Journal Of Hazardous Materials*, 445, 130455. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.130455>
- Koutsos, T. M., Menexes, G. C., & Dordas, C. A. (2019). An efficient framework for conducting systematic literature reviews in agricultural sciences. *The Science of the Total Environment*, 682, 106–117. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.354>
- Sartori, L., Tarolli, P., Guerrini, L., Zuecco, G., & Pezzuolo, A. (Eds.). (2025). *Biosystems engineering: Promoting resilience to climate change – AIIA 2024 mid-term conference. Lecture Notes in Civil Engineering*. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-84212-2>
- Serna-Abascal, C., Pérez-López, A., Villaseñor-Perea, C. A., & Mancera-Rico, A. (2022). Plastics alternative materials used in agriculture: A systematic review and bibliometric analysis. *Journal of agricultural sciences*, 17(1), 122. <https://doi.org/10.4038/jas.v17i1.9615>
- Sun, H., Shi, Y., Zhao, P., Long, G., Li, C., Wang, J., Qiu, D., Lu, C., Ding, Y., Liu, L., & He, S. (2023). Effects of polyethylene and biodegradable microplastics on

- photosynthesis, antioxidant defense systems, and arsenic accumulation in maize (*Zea mays* L.) seedlings grown in arsenic-contaminated soils. *The Science of the Total Environment*, 868(161557), 161557. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161557>
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523–538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- Velázquez-Chávez, L. de J., Ortiz-Sánchez, I. A., Chávez-Simental, J. A., Pámanes-Carrasco, G. A., Carrillo-Parra, A., & Pereda-Solís, M. E. (2022). Influencia de la contaminación del agua y el suelo en el desarrollo agrícola nacional e internacional. *Tip revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 25. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.482>
- Wen, Y., Liu, J., Zhang, J., Li, W., Ayantobo, O. O., & Wang, Z. (2023). Effects of macroplastics on soil hydrothermal environment, cotton yield, and fiber quality under mulched drip irrigation in the arid region of Northwest China. *Field Crops Research*, 302(109060), 109060. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.109060>
- Yu, H., Zhang, W., Li, J., Yang, J., Yang, X., Hai, C., Wang, Y., & Yang, Y. (2025). Vertical distribution and multi-source pathways of microplastics in agricultural soils: A study of typical irrigation areas in the upper Yellow River basin. *Environmental Pollution* (Barking, Essex: 1987), 381(126479), 126479. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2025.126479>
- Zhou, Y., Du, Y., Sheng, J., Liu, Y., Wan, C., Dong, H., Gu, J., Long, H., & Zhang, H. (2025). Assessment of microplastic ecological risk and environmental carrying capacity of agricultural soils based on integrated characterization: A case study. *The Science of the Total Environment*, 960(178375), 178375. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.178375>