

Evaluación bibliométrica de la presencia de metales pesados en alimentos en la seguridad alimentaria

Bibliometric assessment of the presence of heavy metals in food and Its implications for food safety

Marcial Plaza Santos*
Universidad Técnica de Oruro
Oruro - Bolivia
Universidad Nacional "Siglo XX"
La Paz - Bolivia
plazamarcial04@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0005-3757-4192>

Correspondencia:
plazamarcial04@gmail.com

Cómo citar este artículo:
Plaza, M. (2025). Evaluación bibliométrica de la presencia de metales pesados en alimentos en la seguridad alimentaria. *Esprint Investigación*, 4(4), 206-217. <https://doi.org/10.61347/ei.v4i4.201>

Recibido: 4 de septiembre de 2025
Aceptado: 14 de octubre de 2025
Publicado: 25 de noviembre de 2025

Resumen: Esta investigación presenta un análisis bibliométrico sobre la evaluación de la presencia de metales pesados en los alimentos y su impacto en la seguridad alimentaria, con el objetivo de identificar las tendencias y el desarrollo de la investigación en este campo. El estudio abarca el periodo 2025 y se basa en la base de datos Scopus, considerando artículos científicos y aportaciones en conferencias. Para el procesamiento y visualización de los datos se emplearon las herramientas Bibliometrix y VOSviewer. Los resultados evidencian una alta incidencia de metales pesados en los alimentos, lo que repercute significativamente en la seguridad alimentaria, especialmente en países con intensa actividad minera e industrial. En conclusión, la presencia de metales pesados sigue siendo un problema vigente que compromete la inocuidad y calidad de los alimentos a nivel global.

Palabras clave: Alimentos, metales pesados, salud animal, salud humana, seguridad alimentaria.

Abstract: This research presents a bibliometric analysis on the assessment of heavy metal presence in food and its impact on food safety, with the aim of identifying research trends and developments in this field. The study covers the year 2025 and is based on the Scopus database, considering both scientific articles and conference contributions. The tools Bibliometrix and VOSviewer were used for data processing and visualization. The results reveal a high incidence of heavy metals in food, which significantly affects food safety, particularly in countries with intense mining and industrial activities. In conclusion, the presence of heavy metals remains a persistent issue that compromises the safety and quality of food worldwide.

Keywords: Animal health, food, food safety, heavy metals, human health.

Copyright: Derechos de autor 2025 Marcial Plaza Santos.



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

1. Introducción

La contaminación de los alimentos por metales pesados constituye una de las principales amenazas actuales para la salud pública y la seguridad alimentaria a nivel global. Elementos como cadmio (Cd), plomo (Pb), arsénico (As) y mercurio (Hg) pueden incorporarse a la cadena alimentaria a través del suelo, el agua, el aire o por prácticas agrícolas e industriales inadecuadas. Una vez que ingresan al organismo, incluso en concentraciones reducidas, tienden a acumularse en tejidos humanos y pueden generar efectos tóxicos tanto crónicos como agudos, con repercusiones en los sistemas neurológico, renal, cardiovascular e inmunológico, tal como señalan Zhang et al. (2015).

En este contexto, la evaluación bibliométrica, entendida como el análisis cuantitativo de la producción científica relacionada con la exposición humana a metales pesados, su acumulación y los efectos adversos derivados del consumo de alimentos contaminados, resulta fundamental para dimensionar la magnitud del problema y orientar el diseño de políticas de mitigación efectivas. Este tipo de estudios combina el análisis químico de los contaminantes, que incluye detección, cuantificación y especiación; la estimación de la exposición mediante el consumo alimentario, la bioaccesibilidad y la biodisponibilidad; la evaluación del riesgo en sus dimensiones carcinogénica y no carcinogénica; y finalmente, las estimaciones de la carga de enfermedad atribuible a estos elementos en las poblaciones evaluadas.

De acuerdo con Ungureanu et al. (2023), la producción científica mundial sobre los riesgos sanitarios asociados con metales pesados en alimentos ha experimentado un incremento notable entre 1998 y 2026, con especial atención a elementos traza como Cd y Pb, así como al desarrollo del concepto de *risk assessment* en el ámbito alimentario. En esta misma línea, Mititelu et al. (2025), en su estudio *Assessing Heavy Metal Contamination in Food: Implications for Human Health and Environmental Safety*, enfatizan la importancia de identificar las fuentes antropogénicas de contaminación, la bioaccesibilidad y la bioacumulación, así como las consecuencias toxicológicas implicadas para la seguridad alimentaria.

Por su parte, Yumuşakbaş et al. (2025) evaluaron la acumulación de metales pesados y nutrientes esenciales en frutas, aportando datos concretos mediante técnicas instrumentales como ICP-OES (Espectroscopia de Emisión Óptica con Plasma Acoplado Inductivamente), herramienta clave para dimensionar riesgos y compararlos con estándares internacionales de inocuidad. En un enfoque complementario, Angon et al. (2024), en *Heliyon*, analizaron los efectos de los metales pesados en suelos, plantas y ecosistemas agrícolas, destacando su papel como fuentes primarias de contaminación y su impacto en la salud humana.

El conjunto de estas investigaciones se evidencia que, en numerosos países, los niveles de metales pesados en distintos tipos de alimentos superan los límites recomendados, especialmente en productos agrícolas, frutas, vegetales y alimentos de consumo especializado. Asimismo, se resalta la necesidad de caracterizar no solo la concentración total del metal, sino también su especiación química, su biodisponibilidad y las vías reales de exposición. Las evaluaciones de riesgo deben integrar dimensiones toxicológicas, patrones de consumo poblacional, condiciones de vulnerabilidad como en niños, mujeres embarazadas o personas con enfermedades crónicas y los marcos normativos aplicables.

En este sentido, el objetivo de esta investigación es realizar un análisis bibliométrico de las investigaciones y publicaciones relacionadas con la presencia de metales pesados en alimentos y su repercusión en la seguridad alimentaria a partir de la base de datos indexada de Scopus, a fin de conocer las aportaciones, los avances, los aspectos teóricos del tema analizado, las principales tendencias de investigación y los trabajos publicados más significativos.

2. Metodología

La metodología corresponde a un análisis bibliométrico de la producción científica sobre la presencia de metales pesados en alimentos y su repercusión en la seguridad alimentaria y sin determinar una escala territorial concreta. La aplicación de esta metodología consiste en evaluar la producción científica a partir de los resultados más relevantes (Trip et al., 2021; Gupta & Valeri, 2022). Además, permite observar el comportamiento de la variable analizada, sus relaciones con autores, la producción científica por países, las revistas que más publican en esta área temática, y las tendencias de investigación. Así, también se pueden observar las publicaciones en distintos ámbitos del conocimiento con un alto índice de calidad e impacto (Niebla et al., 2020).

La búsqueda de la producción científica se ha centrado en la base de datos de Scopus, porque reúne una notable calidad de la producción científica y garantiza la difusión y acceso adecuado. Bajo ese contexto, se considera relevante Scopus para la presente investigación con un total de 679 artículos.

El análisis bibliométrico se realizó para el periodo 1998–2026, definido a partir de los criterios de búsqueda aplicados a los artículos científicos recopilados en inglés, tanto por su predominio como idioma de comunicación científica como por el enfoque específico de esta investigación en la base de datos Scopus. Para el procesamiento y la visualización de los datos se emplearon las herramientas Bibliometrix y VOSviewer, ampliamente utilizadas en estudios bibliométricos (Corte et al., 2021). Sobre esta base, se seleccionaron los indicadores con mayor relevancia y sus principales implicaciones analíticas, siguiendo las recomendaciones de Gupta & Valeri (2022) para facilitar la interpretación de los resultados (Celebi et al., 2020; Fagadar et al., 2021). Finalmente, los criterios de búsqueda y los parámetros establecidos para examinar la presencia de metales pesados en alimentos y su relación con la seguridad alimentaria se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

Artículos más citados

Base de datos	Scopus
Idioma	Inglés
Periodo de análisis	1998 - 2026 (definido por la base de datos)
Fecha de consulta	Octubre 5, 2025
Tipos de documentos	Artículos científicos.
Campo y términos de búsqueda	TITLE (Heavy metals AND Food safety AND Food*) OR TITLE (Heavy metals AND Food AND Food safety) OR TITLE (Food AND Food safety AND Heavy metals)
Resultado total	679
Parámetros de análisis/indicadores bibliométricos	de Indicadores de cantidad: <ul style="list-style-type: none"> - Producción científica anual - Producción científica por países

Productividad por tipo de institución Indicadores de Impacto:

- Aportaciones más citadas
- Factor de impacto de las revistas con mayor Publicación

Indicadores de calidad:

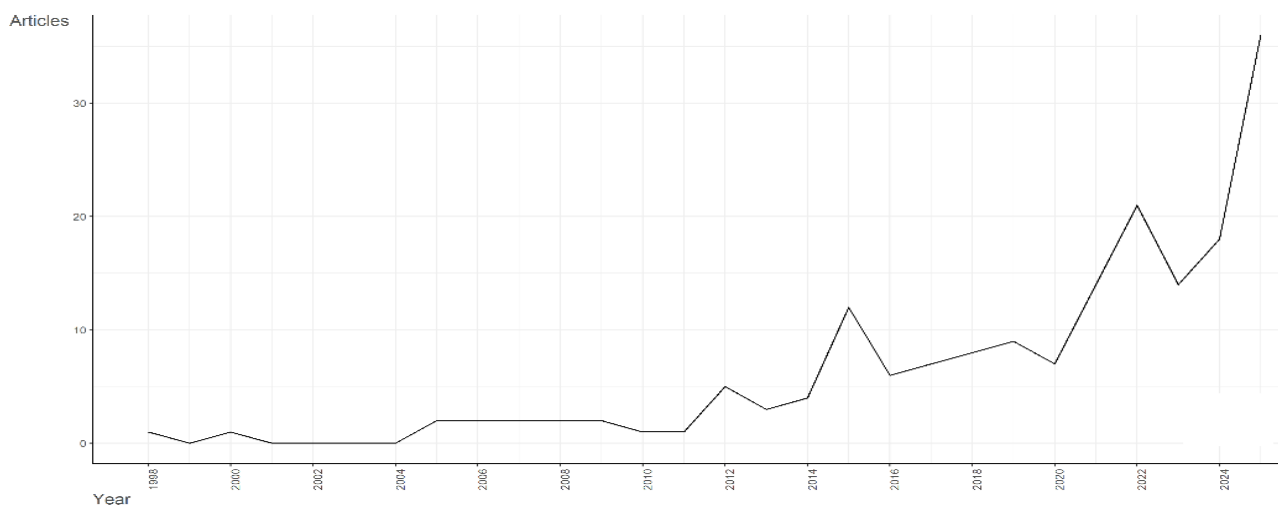
- Palabras clave y relación con otras temáticas
- Principales corrientes o tendencias de investigación (mapa temático)

3. Resultados

Como se puede apreciar en la Figura 1, la producción científica mantiene un comportamiento estable desde 1998 a 2011. Después se experimenta un crecimiento importante a partir de 2011, llegando a publicar un promedio de treinta artículos en el 2025, lo que representa un crecimiento del 664%, con una tendencia de crecimiento en las publicaciones sobre la presencia de metales pesados en alimentos y su repercusión en la seguridad alimentaria (Cruz et al., 2025). Su importancia radica en que constituye uno de los problemas más relevantes para la salud humana. En la actualidad se encuentran publicadas diversas investigaciones sobre la presencia de metales pesados en productos alimenticios.

Figura 1

Producción científica anual

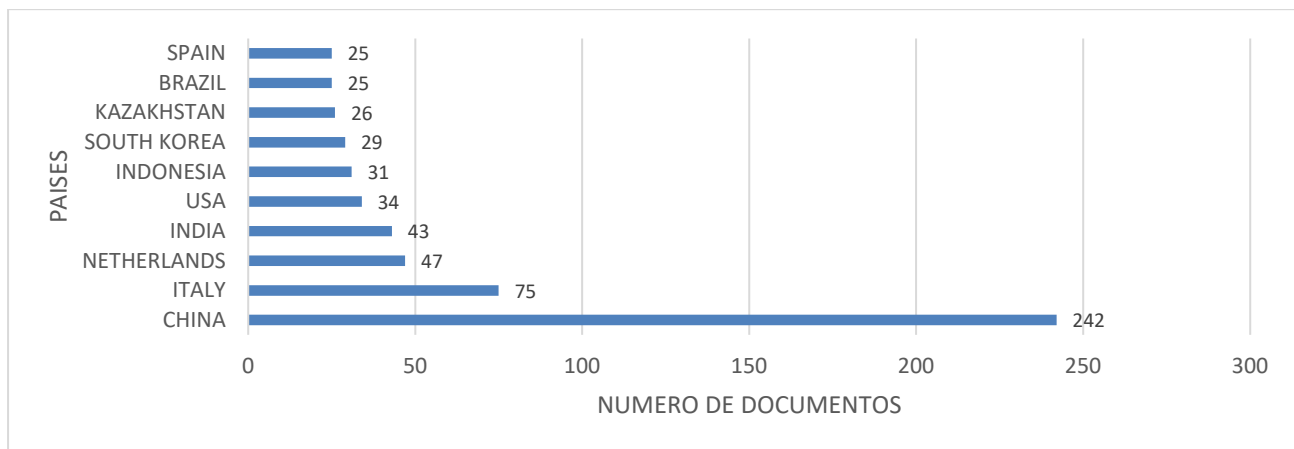


En estos análisis bibliométricos uno de los elementos de estudio consiste en identificar las instituciones con mayor contribución en torno a la variable o temática, así como también los países y los artículos científicos más destacados (Celebi et al., 2020; Niebla et al., 2020; Fagadar et al., 2021). De esta manera, en la Figura 2 se exponen los 10 países mejor posicionados por su contribución según países (CSP).

El ranking está liderado por China, con 242 artículos científicos; le siguen Italia con 75; Holanda, con 47; e India, con 43. Por debajo se encuentran Estados Unidos, con 34; Indonesia, con 31, Corea del Sur, con 29; Kazajistán, con 26; Brasil, con 25; y España con 25. Esta producción estaría vinculada al impulso y acompañamiento de sus instituciones en la investigación sobre la presencia de metales pesados en alimentos y su repercusión en la seguridad alimentaria (Ungureanu et al., 2023). A continuación, la Figura 2 presenta la distribución de la producción científica por país, lo que permite visualizar comparativamente el volumen de artículos publicados.

Figura 2

Producción científica por país

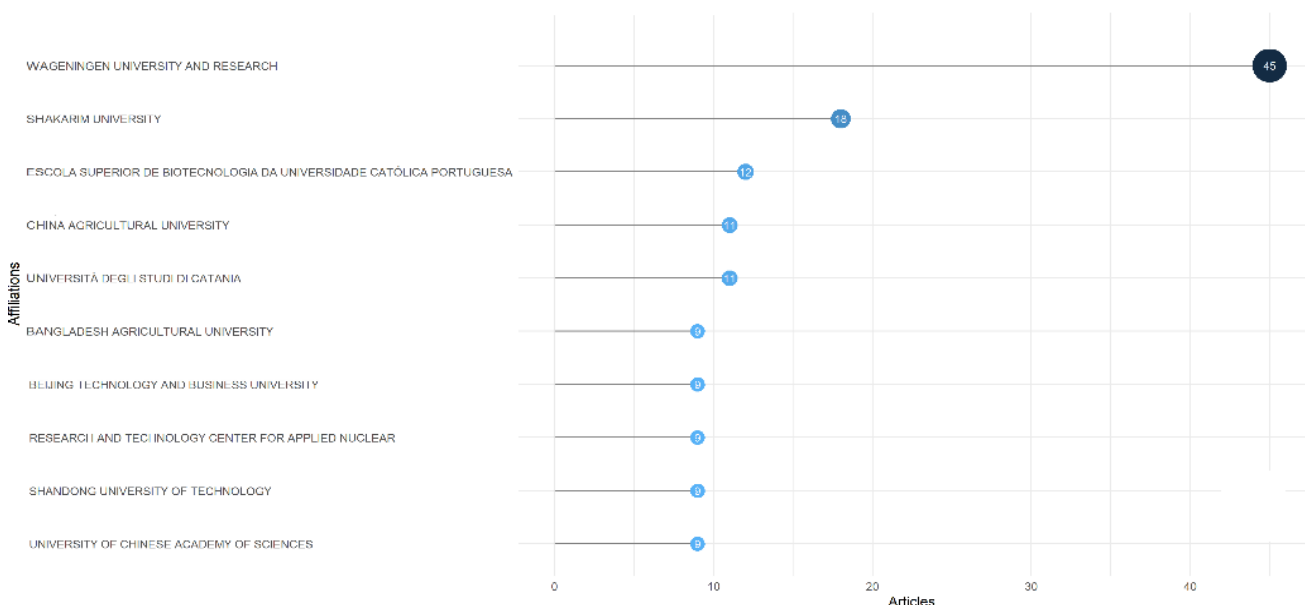


Nota. Elaboración propia con base en Bibliometrix (2025).

La Figura 3 muestra el aporte de las principales universidades e instituciones científicas a la producción sobre metales pesados en alimentos y su impacto en la seguridad alimentaria. En este análisis destacan diez instituciones, encabezadas por Wageningen University and Research, con 45 artículos. Le siguen Shakarim University (18 artículos), la Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica Portuguesa (12 artículos), así como la China Agricultural University y la Università degli Studi di Catania, ambas con 11 publicaciones. Finalmente, la Bangladesh Agricultural University, Beijing Technology and Business University, el Research and Technology Center for Applied Nuclear, la Shandong University of Technology y la University of Chinese Academy of Sciences presentan 9 artículos cada una. Estos resultados evidencian que la producción científica se concentra en las regiones donde están ubicadas estas instituciones y que los investigadores suelen trabajar dentro de redes locales de colaboración.

Figura 3

Productividad por tipo de institución.



Nota. Elaboración propia con base en Bibliometrix (2025).

En la Tabla 2 se identifica que la contribución con mayor impacto corresponde a Lemly (2004), cuyo trabajo registra 464 citaciones y se erige como una referencia fundamental en el estudio de la contaminación ambiental, particularmente en su consideración como un problema de seguridad ecológica a escala global. La solidez conceptual y metodológica de este aporte ha permitido consolidarlo como un punto de partida recurrente en investigaciones orientadas a evaluar riesgos ambientales en sistemas acuáticos.

Tabla 2*Aportaciones más citadas*

Orden	Autores	Título del artículo	No. de citaciones
1	Lemly, (2004)	<i>Aquatic selenium pollution is a global environmental safety issue</i>	464
2	Nocete et al. (2005)	<i>An archaeological approach to regional environmental pollution in the south-western Iberian Peninsula related to Third millennium BC mining and metallurgy</i>	128
3	Berger y Dallinger (1993)	<i>Terrestrial snails as quantitative indicators of environmental metal pollution</i>	126
4	Fugiel et al. (2017)	<i>Environmental impact and damage categories caused by air pollution emissions from mining and quarrying sectors of European countries</i>	122
5	Yavuz & Sabah, (2008)	<i>Geological and technical characterisation of Iscehisar (Afyon Turkey) marble deposits and the impact of marble waste on environmental pollution</i>	106

Nota. Elaboración propia con base en datos hallados en Scopus.

En segundo lugar, se sitúa el estudio desarrollado por Nocete et al. (2005), con 128 citaciones, el cual examina la contaminación ambiental asociada a procesos mineros y metalúrgicos en la región suroccidental de la Península Ibérica durante el tercer milenio a. C. Su enfoque interdisciplinario, que integra evidencia arqueológica y análisis ambiental, le ha otorgado relevancia en la comprensión histórica de la degradación ecológica vinculada a actividades extractivas.

El tercer lugar lo ocupan Berger & Dallinger (1993), con 126 citaciones, quienes demuestran la utilidad de los caracoles terrestres como indicadores cuantitativos de contaminación por metales. Su contribución destaca por ofrecer un modelo bioindicador que ha sido ampliamente reconocido en estudios de ecotoxicología para evaluar la presencia y movilidad de metales pesados en ambientes terrestres.

En cuarto lugar, se encuentra Fugiel et al. (2017), con 122 citaciones, cuyo análisis se centra en el impacto ambiental generado por emisiones atmosféricas provenientes de los sectores minero y de canteras en diversos países europeos. Su clasificación de categorías de daño ambiental proporciona un marco analítico robusto para la evaluación comparativa de impactos entre regiones y actividades extractivas.

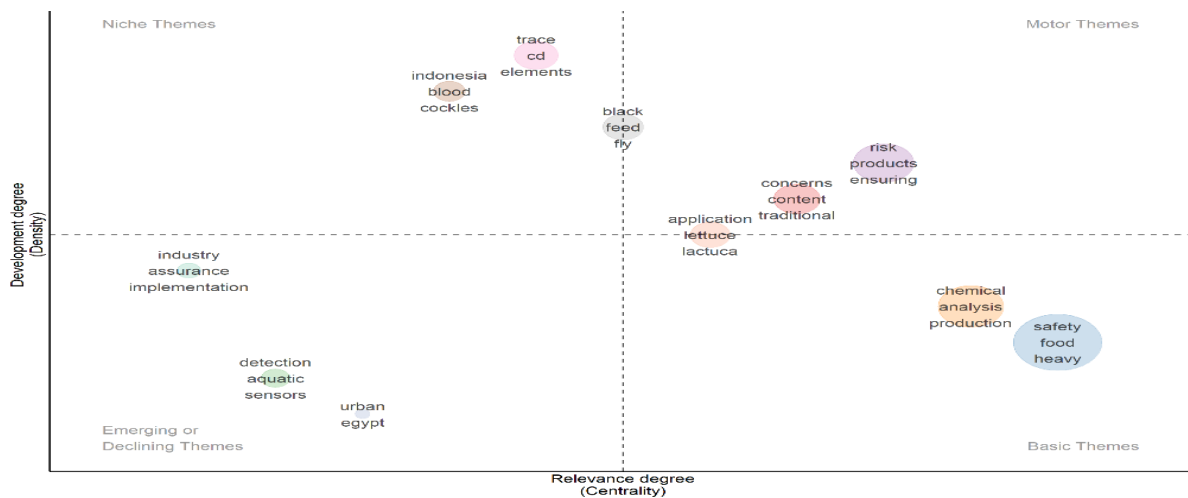
Finalmente, Yavuz & Sabah (2008) alcanzan 106 citaciones con un estudio orientado a la caracterización geológica y técnica de depósitos de mármol, así como a la identificación de los efectos ambientales derivados de los residuos generados por esta actividad. Este trabajo resalta la importancia

abordados y sus conexiones dentro del campo, destacando especialmente la presencia de metales pesados en alimentos y su repercusión en la seguridad alimentaria. Estos hallazgos ofrecen una visión integradora del estado actual del conocimiento y proporcionan un punto de referencia sólido para orientar futuras investigaciones y acciones en salud pública.

La Figura 5 presenta el mapa estratégico de temas, organizado en cuatro cuadrantes que permiten identificar el grado de desarrollo y relevancia de las principales líneas de investigación sobre metales pesados en alimentos y su repercusión en la seguridad alimentaria.

Figura 5

Principales corrientes de investigación.



Nota. Elaboración propia en base a VOSviewer (2025).

El Cuadrante A, correspondiente a los temas de nicho, reúne líneas altamente especializadas como el estudio del cadmio (Cd), la presencia de metales pesados en sangre y diversas investigaciones en contextos específicos, por ejemplo, Indonesia. Aunque estos tópicos presentan baja centralidad dentro del mapa temático, su elevada densidad demuestra un desarrollo profundo, lo que los convierte en componentes fundamentales para comprender los efectos biológicos de la exposición a metales pesados y su impacto en la salud humana (Yulistiani et al., 2021).

Por otro lado, el Cuadrante B agrupa los temas motores, es decir, aquellos que sostienen la estructura central del campo. En este espacio destacan los estudios sobre productos de riesgo, procesos de aseguramiento, composición química y aplicaciones tradicionales vinculadas a la evaluación toxicológica. Su centralidad revela la importancia de estos tópicos para explicar cómo los metales pesados se consolidan como riesgos clave para la salud pública, integrando perspectivas químicas, alimentarias y toxicológicas (López et al., 2025).

A diferencia de los anteriores, el Cuadrante C concentra los temas emergentes o en declive, caracterizados por una menor densidad y centralidad. En esta categoría se ubican la industria, la garantía, la implementación, la detección mediante sensores acuáticos y los estudios sobre el entorno urbano en Egipto. Su presencia indica líneas de investigación que aún están en fase de consolidación o que han perdido prioridad dentro de la agenda científica (El-Zeiny, 2022).

Finalmente, el Cuadrante D corresponde a los temas básicos, que funcionan como pilares conceptuales de todo el campo. Aquí se ubican el análisis químico, la producción de alimentos, la seguridad alimentaria y la presencia de metales pesados. Aunque presentan menor densidad, su alta centralidad evidencia su papel como referentes constantes en la literatura. Estos temas permiten

articular la relación entre inocuidad alimentaria y salud humana, además de conectar con los esfuerzos hacia sistemas alimentarios sostenibles (Rabadán et al., 2021). La investigación reciente subraya también la necesidad de fomentar competencias profesionales especializadas que garanticen prácticas adecuadas y sostenibles en la producción de alimentos (Mayor et al., 2022).

4. Discusión

Los resultados del análisis bibliométrico evidencian que la investigación sobre la presencia de metales pesados en alimentos y su repercusión en la seguridad alimentaria ha adquirido un papel importante en el medio ambiente y en la salud pública durante las últimas décadas. El notable incremento del 664 % en la producción científica entre (2011-2025) no solo demuestra un interés académico sostenido, sino también responde a los desafíos de la seguridad alimentaria y la sostenibilidad. Este patrón coincidió con lo reportado por Cruz et al. (2025) quienes señalan que la exposición a metales pesados constituye uno de los problemas ambientales más graves a nivel mundial.

La distribución geográfica de las publicaciones confirma un ascendente crecimiento en la producción científica, principalmente en países con desarrollo industrial y alta capacidad tecnológica como China, Italia, Holanda e India. El liderazgo de China, con más de 200 publicaciones, refleja su papel protagónico en las investigaciones sobre contaminación ambiental. En este sentido, la investigación se alinea con la teoría de la “transición ambiental”, según la cual las economías industrializadas tienden a invertir más recursos en la mitigación y el estudio de los contaminantes que ellas mismas generan (Ungureanu et al., 2023)

En cuanto al aporte institucional de la Wageningen University and Research y de otras universidades europeas y asiáticas sugiere la consolidación de redes internacionales de investigación con enfoque interdisciplinario. Estas instituciones no solo actúan como centros de producción científica, sino como redes de transferencia de conocimiento y formación de capacidades locales, fortaleciendo la cooperación académica en torno a la sostenibilidad alimentaria. Esta tendencia confirma lo expuesto por Fagadar et al. (2021), quienes destacan la creación de comunidades científicas especializadas.

La transición temática observada en los últimos años, del estudio de residuos de plaguicidas hacia contaminantes del suelo, toxicología ambiental y envejecimiento del suelo, muestra una mayor preocupación por los procesos de transferencia y acumulación de contaminantes en los suelos agrícolas. Además, la incorporación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente los relacionados con la salud (ODS 3), el agua limpia (ODS 6) y la producción responsable (ODS 12), evidencia un alineamiento de la ciencia con la agenda global de sostenibilidad, orientando las investigaciones hacia la prevención y mitigación del riesgo ambiental (Bruselas et al., 2025).

Por otra parte, la identificación de cuatro corrientes de investigación (nichos, motores, emergentes y básicas) permite comprender la dinámica interna del campo. Los temas motores, centrados en los riesgos para la salud humana, constituyen el núcleo de la producción científica y reflejan la preocupación principal de la comunidad investigadora. Los temas de nicho, como el estudio del cadmio en sangre, aportan profundidad analítica, mientras que los temas emergentes, relacionados con la detección de contaminantes mediante sensores, evidencian la incorporación de tecnologías avanzadas y enfoques innovadores. Finalmente, los temas básicos sobre análisis químico y seguridad alimentaria confirman que la base del conocimiento sigue siendo el control y la evaluación de los alimentos como eje de la salud pública y la sostenibilidad.

5. Conclusiones

El análisis bibliométrico realizado permite delinear con claridad la evolución y las tendencias de investigación relacionadas con la presencia de metales pesados en alimentos y su repercusión en la seguridad alimentaria. Los resultados muestran que la producción científica se mantuvo estable hasta inicios del siglo XXI, para luego experimentar un crecimiento acelerado que alcanza su punto más alto en los últimos años del periodo analizado. Este incremento evidencia el interés creciente por comprender los impactos de los metales pesados en la salud humana, así como la necesidad de fortalecer la sostenibilidad y la inocuidad de los sistemas alimentarios.

En términos geográficos, la concentración de publicaciones en determinados países refleja la relación entre actividad industrial, capacidad científica y prioridad del problema. Regiones con altos niveles de urbanización, minería o procesos agroindustriales intensivos tienden a liderar la producción científica, lo que sugiere que el desarrollo de políticas públicas y mecanismos de control está estrechamente vinculado con la disponibilidad de evidencia científica generada localmente.

Mediante el análisis institucional se confirma la existencia de polos de investigación consolidados, formados por universidades y centros especializados que articulan redes de colaboración y producción académica de alto impacto. Estas instituciones funcionan como núcleos de desarrollo científico, impulsando investigaciones que abordan desde la contaminación ambiental hasta la evaluación de riesgos y la salud pública.

Desde el punto de vista temático, se observa una transición relevante: las investigaciones iniciales centradas en residuos de plaguicidas y toxicidad específica evolucionan hacia enfoques más amplios que incluyen contaminantes del suelo, procesos de transferencia hacia la cadena alimentaria, toxicología ambiental, envejecimiento del suelo y sostenibilidad agrícola. Los mapas temáticos evidencian cuatro corrientes claramente diferenciadas: temas de nicho, temas motores, temas emergentes y temas básicos. Esta organización permite comprender la madurez del campo, así como los desafíos que aún requieren mayor exploración.

En síntesis, la investigación sobre metales pesados en alimentos ha evolucionado desde aproximaciones locales hacia un enfoque global y multidisciplinario, estrechamente vinculado con la salud pública, la inocuidad alimentaria y la sostenibilidad. La evidencia acumulada subraya la necesidad de seguir fortaleciendo la investigación en áreas emergentes, incorporar nuevas metodologías analíticas, ampliar la evaluación de riesgos y promover políticas integrales que garanticen la protección de la salud humana frente a la contaminación por metales pesados.

Referencias

- Angon, P., Islam, S., Shreejana, K., Arpan, D., Nafisa, A., Amrit, P. & Suchi, S. (2024). Sources, effects and present perspectives of heavy metals contamination: Soil, plants and human food chain. *Heliyon*, 10(7), 34-56. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28357>
- Berger, B., & Dallinger, R. (1993). Terrestrial snails as quantitative indicators of environmental metal pollution. *Environmental Monitoring and Assessment*, 25, 65-84. <https://doi.org/10.1007/BF00549793>
- Bruselas, F., Geller, A., Giacchetto, A., Aloísio, J., Santos de Freitas, A., Balen, A., Prior, M., & De Castro, W. (2025). Microbial Contamination in Commercial Honey: Insights for Food Safety and Quality Control. *Research in Microbiology*, 16(6), 128. <https://doi.org/10.3390/microbiolres16060128>

- Celebi, D., Pirnar, I., & Eris, E. (2020). Bibliometric analysis of social entrepreneurship in gastronomy tourism, *Tourism: An International Interdisciplinary Journal*, vol. 68 (1), pp. 58-67. <https://doi.org/10.37741/t.68.1.5>
- Corte, V., Del Gaudio, G., Sepe, F. & Luongo, S. (2021). Destination resilience and innovation for advanced sustainable tourism management: A bibliometric analysis, *Sustainability*, 13(22), 12632. <https://doi.org/10.3390/su132212632>
- Cruz, B., Guerrero, J., Navarro, G., & Mieles, J. (2025). Interpretación bibliométrica del crecimiento anual de la producción científica en educación para el desarrollo sostenible. *Innova Science Journal*, 3(4), 304- 316. <https://doi.org/10.63618/omd/isj/v3/n4/138>
- El-Zeiny, A. (2022). Review of land-use impacts on surface water quality in Egypt. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 50(6), 987–1001. <https://doi.org/10.1007/s12524-022-01505-y>
- Fagadar, C. F., Trip, D. T., & Badulescu, D. (2021). Academic contributions in entrepreneurship tourism research: A bibliometric analysis. *Oradea Journal of Business and Economics*, 6(1), 62–73. <https://doi.org/10.47535/1991ojbe122>
- Fugiel, A., Burchart, D., Czaplicka, K., & Smoliński, A. (2017). Environmental impact and damage categories caused by air pollution emissions from mining and quarrying sectors of European countries. *Journal of Cleaner Production*, 143, 159-168. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.136>
- Gupta, A. & Valeri, M. (2022). Mapping research on family business in tourism and hospitality: a bibliometric analysis. *Journal of Family Business Management*, 12(3), 367-392. <http://doi.org/10.1108/JFBM-10-2021-0121>
- Lemly, A. (2004). Aquatic selenium pollution is a global environmental safety issue. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 59(1), 44–56. [https://doi.org/10.1016/S0147-6513\(03\)00095-2](https://doi.org/10.1016/S0147-6513(03)00095-2)
- López, A., Rivas, I. & Miranda, M. (2025). Trace Mineral Imbalances in Global Health: Challenges, Biomarkers, and the Role of Serum Analysis. *Nutrients*, 17(13), 2241. <https://doi.org/10.3390/nu17132241>
- Mayor, L., Lindner L., Knöbl, F., Ramalho, A., Berruto, R., Sanna, F., Rossi, D., Tomao, C., Goodburn, B., Avila, C., Leijdens, M., Stollewerk, K., Bregler, M., Koidis, C., Morin, A., Milicić, V., Fadini, G., Lazaro, J., & Busato, P. (2022). Skill Needs for Sustainable Agri-Food and Forestry Sectors (I): Assessment through European and National Focus Groups. *Focus Group*, 3(14), 9607-9623. <https://doi.org/10.3390/su14159607>
- Mititelu, M., Neacșu, S., Busnatu, S., Scafa, A., Andronic, O., Lăcraru, A., Ioniță, B., Lupuliasa, D., Negrei, C., & Olteanu, G. (2025). Assessing Heavy Metal Contamination in Food: Implications for Human Health and Environmental Safety. *Toxics*, 13(5), 333. <https://doi.org/10.3390/toxics13050333>
- Niebla, J., Pinedo, F., & Leyva, E. (2020). Entrepreneurship on family business: Bibliometric overview (2005-2018). *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 38(5), 5.589-5.604. <https://doi.org/10.3233/JIFS-179649>
- Nocete, F., Álex, E., Nieto, J., & Bayona, S. (2005). An archaeological approach to regional environmental pollution in the south-western Iberian Peninsula related to third millennium BC mining and metallurgy. *Journal of Archaeological Science*, 32(11), 1566–1576. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2005.04.012>

- Rabadán, A., Nieto, R. & Bernabéu, R. (2021). Food Innovation as a Means of Developing Healthier and More Sustainable Foods. *Journal*, 10 (3), 2069. <https://doi.org/10.3390/foods10092069>
- Trip, D., Fagadar, C., Badulescu, D. & Badulescu, A. (2021). Entrepreneurship and tourism through the lens of sustainability. Charting the knowledge base through bibliometric analysis. *Geo Journal of Tourism and Geosites*, 34(1), 140-146. <https://doi.org/10.30892/gtg.34118-629>
- Ungureanu, E., Mocanu, A., Stroe, C., Duta, D. y Mustatea, G. (2023). Assessing Health Risks Associated with Heavy Metals in Food: A Bibliometric Analysis. *Foods*, 12(21), 3974. <https://doi.org/10.3390/foods12213974>
- Yavuz, M., & Sabah, E. (2008). Geological and technical characterisation of Iscehisar (Afyon, Turkey) marble deposits and the impact of marble waste on environmental pollution. *Journal of Environmental Management*, 87(1), 106–116. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.01.004>
- Yulistiani, R., Erwanadi, & Raharjo, D. (2021). *Bacteria contamination and cadmium heavy metal content of blood cockle (Anadara granosa Linn) satay on street vendors in Surabaya, Indonesia*. In International Conference on Science and Technology (ICST 2021). E3S Web of Conferences, 328, 01013. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202132801013>
- Yumuşakbaş, H., Uğur, Y., Maraş, Z., Büyüksoylu, S., & Erdoğan, S. (2025). Assessment of heavy metal accumulation and essential nutrients in fruits: implications for food safety and environmental sustainability. *Environmental Monitoring and Assessment*, 197(6), 622. <https://doi.org/10.1007/s10661-025-14075-6>
- Zhang, X., Zhong, T., Liu, L. y Ouyang, X. (2015). Impact of Soil Heavy Metal Pollution on Food Safety in China. *PLoS ONE* 10(8): e0135182. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135182>

Transparencia

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés de naturaleza alguna como parte de la presente investigación.

Fuente de financiamiento

Los autores financiaron completamente la investigación.

Contribución de autoría

Marcial Plaza Santos: Conceptualización, metodología, software, validación, análisis formal, investigación, gestión de datos, visualización, redacción - preparación del borrador original, redacción - revisión y edición, financiamiento, administración del proyecto, recursos, supervisión.

Los autores contribuyeron activamente en el análisis de los resultados, revisión y aprobación del manuscrito final.