

La investigación sobre residuos sólidos en Scopus (2002-2023): Un estudio basado en la producción científica del Perú

Solid waste research in Scopus (2002-2023): A study based on the Peru scientific production

Deivis Robin Arista-López

Universidad César Vallejo, Perú.

Email: daristal@ucvvirtual.edu.pe.

RESUMEN

Objetivo. En este estudio hicimos un análisis bibliométrico de la producción científica peruana sobre desechos sólidos.

Metodología. Se efectuó un análisis bibliométrico a partir de registros indizados en la base de datos Scopus la cobertura temporal fue desde el 2003 hasta el 2023. Los indicadores bibliométricos que se examinaron fueron productividad por revistas, productividad por instituciones, productividad por autores, artículos más citados, y co-ocurrencia de términos.

Resultados. Entre las fuentes de mayor productividad destacaron muchas conferencias internacionales orientadas desde la biología marina hasta la ingeniería ecológica. Son tres las instituciones que destacaron: Universidad Privada del Norte, Pontificia Universidad Católica del Perú y Universidad San Ignacio de Loyola. Hay un grupo de universidades públicas que destacaron, como: Universidad Nacional de Ingeniería, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú y Universidad Nacional del Centro del Perú. Se observó un pequeño grupo de autores que lideran como: De-la-Torre, G. E.; Vázquez-Rowe, I.; Marin, M. V.; y Ziegler-Rodriguez, K. Los artículos más citados estuvieron relacionados con el aprovechamiento energético de residuos agrícolas, la contaminación por residuos de equipos de protección personal durante la pandemia de COVID-19, la gestión de residuos sólidos en américa latina, el impacto ambiental y salud pública de los desechos plásticos relacionados con la COVID-19, y la evaluación y optimización de la gestión de residuos. El mapa de co-ocurrencia de términos evidenció ocho clústeres temáticos: (1) intersección entre la agricultura y el manejo de residuos, (2) procesos químicos en la reducción de residuos, (3) manejo de residuos en entornos acuáticos, (4) intersección entre la agricultura y el manejo de residuos con énfasis en enfoques, prácticas y estrategias, (5) residuos agro-industriales, (6) impacto de los residuos sólidos en la contaminación del aire y el agua, (7) perspectivas sociales sobre cuestiones medioambientales, y (8) ecoeficiencia en el sector de la construcción.

Recibido: 11-07-2024. **Aceptado:** 24-09-2024. **Publicado:** 21-02-2025.

Cómo citar: Arista-López, D. R.. (2025). La investigación sobre residuos sólidos en Scopus (2002-2023): Un estudio basado en la producción científica del Perú. *Iberoamerican Journal of Science Measurement and Communication*; 5(1), 1-11. DOI: 10.47909/ijsmc.148

Copyright: © 2025 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the CC BY-NC 4.0 license which permits copying and redistributing the material in any medium or format, adapting, transforming, and building upon the material as long as the license terms are followed.

Conclusiones. La investigación peruana sobre residuos sólidos tiene un fuerte enfoque a la agricultura, dado que esas temáticas resaltaron en tres de los ocho clústeres temáticos identificados.

Keywords: residuos sólidos; producción científica; bibliometría; Perú; contaminación ambiental; gestión de residuos.

ABSTRACT

Objective. In this study, we performed a bibliometric analysis of the Peruvian scientific production of solid waste.

Methodology. A bibliometric analysis was conducted based on records indexed in the Scopus database from 2003 to 2023. The bibliometric indicators examined were productivity by journals, productivity by institutions, productivity by authors, most cited articles, and co-occurrence of terms.

Results. Many journals and international conferences oriented from marine biology to ecological engineering stood out among the sources with the highest productivity. Three institutions stood out: Universidad Privada del Norte, Pontificia Universidad Católica del Perú, and Universidad San Ignacio de Loyola. There is a group of public universities that stood out, such as Universidad Nacional de Ingeniería, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Universidad Nacional Agraria La Molina, Peru, and Universidad Nacional del Centro del Perú. A small group of leading authors was observed: De-la-Torre, G.E., Vázquez-Rowe, I.; Marin, M.V., and Ziegler-Rodriguez, K. The most cited articles were related to the energetic use of agricultural waste, contamination by personal protective equipment waste during the COVID-19 pandemic, solid waste management in Latin America, environmental impact and public health of plastic waste related to COVID-19, and waste management evaluation and optimization. The co-occurrence map of terms revealed eight thematic clusters: (1) intersection between agriculture and waste management, (2) chemical processes in waste reduction, (3) waste management in aquatic environments, (4) intersection between agriculture and waste management with emphasis on approaches, practices and strategies, (5) agro-industrial waste, (6) impact of solid waste on air and water pollution, (7) social perspectives on environmental issues, and (8) eco-efficiency in the construction sector.

Conclusions. Peruvian research on solid waste strongly focuses on agriculture, given that these issues were highlighted in three of the eight thematic clusters identified.

Keywords: solid waste; scientific production; bibliometrics; Peru; environmental pollution; waste management.

1. INTRODUCCIÓN

LA GESTIÓN de desechos sólidos es un tema de preocupación mundial. Kaza *et al.* (2018) plantean que en el mundo se generan 2.01 billones de toneladas de desecho sólido municipal al año. Según las predicciones, se prevé que esta cifra aumente a un 3.40 billones de toneladas para el 2050. Muchos son los factores que influyen en ello, como el crecimiento poblacional, el consumismo, la producción de desechos, las urbanizaciones, los recursos limitados y las pobres políticas gubernamentales (Awino & Apitz, 2024). En gran medida se subestima este sector; sin embargo, los desechos sólidos aumentan el potencial de calentamiento global (Budi-hardjo *et al.*, 2023). Najafi *et al.* (2024) plantean que “*sudden changes in the quantity and composition of MSW can affect the main goals of waste management including environmental*

protection and material and energy recovery, or prioritize health goals” (p. 2).

La composición de los desechos sólidos está muy influenciada por factores de tipo socioeconómicos, culturales, geográficos y hasta estacionales (Ibarra-Esparza *et al.*, 2023). En el caso de Perú, país que constituye nuestro contexto de investigación, el Ministerio de Ambiente (2024) ha reportado que se genera un promedio anual de 8 450 715 toneladas de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos. Esto impone importantes retos en las políticas mediomambientales y urbanas para disminuir las cifras y contribuir con una mayor reducción y mejor manejo de desechos sólidos.

En este artículo queremos hacer un análisis bibliométrico de la producción científica peruana sobre desechos sólidos. Los resultados permitirán identificar las tendencias nacionales de investigación respecto al tema. Al respecto,

son varios los estudios bibliométricos que se han desarrollado sobre la temática. Kaur *et al.* (2021) identificaron las tendencias sobre el desecho sólido municipal para la producción de bioproductos, mediante el análisis de citas, co-ocurrencia de términos, y productividad de autores y países. Hallazgos importantes en su estudio fueron que Norteamérica produce la mayor parte de la literatura y, desechos sólidos municipales consituye la temática más citada. Mientras que, Fernández-González *et al.* (2020), orientados a el reciclaje de la fracción orgánica de los desechos sólidos municipales, concluyeron que el campo científico está aún en evolución como para imponer un modelo de economía circular. Con énfasis en el reciclaje, Li, Han y Lu (2019) evidenciaron que el e-desecho y la producción de biodiesel a partir de residuos de aceite era temáticas emergentes. Zhang *et al.* (2022) examinaron el reciclaje de desechos sólidos en la ingeniería de construcción de hormigón. Sus resultados evidenciaron que China está muy alejada de los avances de otros países en este tema en cuestión, siendo los estudios sobre cenizas volantes los más populares y citados.

La gestión de desechos sólidos fue también investigado por Rahaman *et al.* (2021). Tras mapear la literatura indizada en Web of Science, los autores evidenciaron las altas contribuciones de China y su cooperación con Canadá. Los autores recomendaron que nuevos estudios bibliométricos se enfocaran a temáticas como la gestión de desechos, específicamente sobre la gestión de residuos líquidos y gestión de residuos gaseosos. Otros estudios de interés, cuyas coberturas fueron amplias son los de Wong *et al.* (2020), Yang *et al.* (2013), Bhattacharjee *et al.* (2023), y Ravichandran y Vivekanandhan (2020).

2. METODOLOGÍA

La base de datos Scopus se empleó para recuperar la literatura. Entre los parámetros para ejecutar la estrategia de búsqueda se consideraron:

- publicaciones indizadas con al menos un autor afiliado a una institución peruana,
- cobertura temporal entre los años 2003-2023,
- tipología de documentos relevantes como artículos, artículos de congreso, capítulos de libro, y artículos de revisión, y

- presencia de término “solid waste” en las secciones más relevantes del documento como título, resumen y palabras clave.

La ecuación de búsqueda resultante fue la siguiente:

TITLE-ABS-KEY (“Solid waste”) AND PUBYEAR > 2002 AND PUBYEAR < 2024 AND (LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY, “Peru”)) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, “ch”) OR LIMIT-TO (DOCTYPE, “re”) OR LIMIT-TO (DOCTYPE, “cp”) OR LIMIT-TO (DOCTYPE, “ar”))

Para examinar la literatura peruana sobre desechos sólidos empleamos los siguientes indicadores:

- Productividad por revistas
- Productividad por instituciones
- Productividad por autores
- Artículos más citados
- Co-ocurrencia de términos

Una vez extraídos los registros de Scopus, se normalizaron en una base de datos local. Para el caso del análisis de co-ocurrencia de términos se hizo un mapa para identificar las principales temáticas reflejadas en la literatura. Se hizo un análisis de clúster que empleó el algoritmo Girvan-Newman (Kumar & Singh, 2024), un método que identifica estructuras comunitarias dentro de redes complejas. Esto se realizó mediante un proceso iterativo de eliminación de aristas basado en la centralidad de la interrelación, cuantificando la importancia de las aristas para conectar partes dispares de la red (Ali *et al.*, 2023). Este proceso aisló los conglomerados descomponiendo la red en subredes más pequeñas y cohesionadas, revelando así comunidades distintas de palabras clave estrechamente relacionadas, las cuales están más conectadas internamente que externamente (Freeman, 2011). Las agrupaciones resultantes se visualizaron espacialmente en un mapa que mostró su cohesión interna y relevancia.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El primero de nuestro análisis está enfocado a las fuentes donde los autores peruanos publican

(Tabla 1). En primer lugar destaca el *Proceedings of the LACCEI International Multi-conference for Engineering, Education, and Technology*, con 31 publicaciones. En segundo lugar, con 11 publicaciones destaca la revista *Science of the Total Environment*, la cual se orienta a los desafíos globales sobre gestión de residuos y sostenibilidad ambiental. Otras revistas destacadas son *Marine Pollution Bulletin*, *Chemical*

Engineering Transactions y *Waste Management*, las cuales reflejan el enfoque en la contaminación marina y la ingeniería química aplicada a la gestión de residuos. Mientras que, revistas como *Boletín de Malariología y Salud Ambiental* y *Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente* reflejan un interés en la salud pública y la relación entre los residuos y el bienestar humano.

Fuente	Documentos	Citas
proceedings of the laccei international multi-conference for engineering, education and technology	31	13
science of the total environment	11	866
marine pollution bulletin	6	313
chemical engineering transactions	5	29
waste management	5	371
boletin de malariologia y salud ambiental	4	1
revista kawsaypacha: sociedad y medio ambiente	4	0
environmental monitoring and assessment	3	12
lecture notes in networks and systems	3	4
revista peruana de medicina experimental y salud publica	3	20
sapientia	3	2
10th ieee international conference on renewable energy research and applications, icrera 2021	2	2
2022 5th international conference on robotics, control and automation engineering, rcae 2022	2	2
advances in intelligent systems and computing	2	2
chemosphere	2	83
environmental science and engineering	2	0
environmental science and pollution research	2	18
international journal of advanced computer science and applications	2	10
iop conference series: earth and environmental science	2	2
journal of cleaner production	2	77
journal of ecological engineering	2	2
journal of environmental management	2	13
produccion y limpia	2	0
resources, conservation and recycling	2	70
revista peruana de biologia	2	21
salud, ciencia y tecnologia	2	10
scientia agropecuaria	2	4
universidad y sociedad	2	1
wit transactions on ecology and the environment	2	1

Tabla 1. Fuentes de publicación más destacadas.

Entre las fuentes de mayor productividad destacan muchas conferencias internacionales especializadas, las cuales abarcan desde la biología marina hasta la ingeniería ecológica. Esto demuestra la naturaleza interdisciplinaria del tema de investigación. Dentro de esas conferencias se destacan: *10th IEEE International Conference on Renewable Energy Research and Applications*,

ICRERA 2021; 2022 5th International Conference on Robotics, Control and Automation Engineering, RCAE 2022; 2021 7th Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería, CONITI 2021 - Conference Proceedings; 2022 International Conference on Mechanical Engineering and Power Engineering, MEPE 2022; 2023 IEEE Colombian Conference

on Communications and Computing, COLCOM 2023 - Proceedings, y 7th International Conference on Acid Rock Drainage 2006, ICARD. La presencia de revistas y conferencias que tratan los temas de sostenibilidad, medio ambiente y bioproductos indica una tendencia hacia soluciones ecológicas y sustentables.

Respecto a la productividad por instituciones, son tres las destacadas: Universidad Privada del Norte con 26 publicaciones; mientras que la Pontificia Universidad Católica del Perú y la Universidad San Ignacio de Loyola destacan con 22 y 19 publicaciones respectivamente. Hay un grupo de universidades públicas que destacan, como por ejemplo: Universidad Nacional de Ingeniería, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Universidad Nacional Agraria La Molina y Universidad Nacional del Centro del Perú. Aunque, en general observamos una gran diversidad de instituciones involucradas, no solo las públicas sino también las universidades privadas, centros de investigación y consultorías especializadas. Con respecto a los centros especializados destacan el Centro Internacional de la Papa y el Centro de Ornitología y Biodiversidad, CORBIDI. Ello da muestras de un enfoque en nichos específicos de investigación, más allá del sector universitario.

Se observa un pequeño grupo de autores que lideran la producción científica en este campo, con algunos de ellos destacando significativamente por su volumen de publicaciones. Tal es el caso de De-la-Torre, G. E., quien se orienta a los estudios sobre contaminación por equipos de protección, el impacto de microplásticos, así como la contaminación en fauna marina. El segundo autor más productivo se orienta hacia los estudios sobre la circularidad en sistemas agroforestales, mitigación del cambio climático en vertederos, acción climática y seguridad alimentaria, así como la gestión de residuos sólidos en ciudades. Otros nombres destacados son Vázquez-Rowe, I.; Marin, M. V.; y Ziegler-Rodriguez, K.; por solo mencionar algunos casos (Véase Tabla 2).

Tras el análisis de los artículos más citados (Tabla 3), notamos un primer grupo altamente citados (más de 100 citas), cuyas temáticas están relacionadas con el aprovechamiento energético de residuos agrícolas, la contaminación por residuos de equipos de protección personal (PPE) durante la pandemia de COVID-19, la gestión de residuos sólidos en América Latina,

Autor	Número de artículos
De-la-Torre, G. E.	15
Vázquez-Rowe, I.	9
Kahhat, R.	8
Marin, M. V.	7
Ziegler-Rodriguez, K.	5
Rakib, M. R. J.	5
Pizarro-Ortega, C. I.	5
Izquierdo-Horna, L.	5
Dioses-Salinas, D. C.	5
Ramos, W.	4
Pretell, V.	4
Margallo, M.	4
Delgado, A.	4
Aldaco, R.	4
Zavala, S.	3
Yanayaco, D.	3
Rojas, J.	3
Requena-Sanchez, N.	3
Raymundo, C.	3
Morales Ramírez, M. J.	3
Iannacone, J.	3
Fernandez, G. I. L.	3
Damazo, M.	3
Camargo, S.	3
Balbin, N.	3

Tabla 2. Autores más productivos.

el impacto ambiental y salud pública de los desechos plásticos relacionados con la COVID-19, y la evaluación y optimización de la gestión de residuos. Mientras que un segundo grupo de estudios más citados (20-88 citas) tienen una orientación hacia temas sobre gestión de residuos sólidos en contextos urbanos y turísticos, reutilización de residuos agrícolas y digestión anaeróbica, impacto ambiental de los microplásticos y fármacos, evaluación de estrategias de mitigación del cambio climático, y variables socioculturales y económicas en la generación de residuos. Mientras que, los estudios menos citados (0 citas) son aquellos relacionados con la innovación tecnológica y automatización en la gestión de residuos, valorización y reutilización de residuos orgánicos e industriales, impacto ambiental y la salud pública asociados a la gestión de residuos. Aunque hay que destacar que los trabajos menos citados son de los años 2022 y 2023 mayormente, por lo que es muy pronto para que sus citas se reflejen en Scopus.

Autores	Título	Año	Fuente	# de citas
Quispe I.; Navia R.; Kahhat R.	Energy potential from rice husk through direct combustion and fast pyrolysis: A review	2017	Waste Manage.	196
De-la-Torre G. E.; Rakib M. R. J.; Pizarro-Ortega C. I.; Dioses-Salinas D. C.	Occurrence of personal protective equipment (PPE) associated with the COVID-19 pandemic along the coast of Lima, Peru	2021	Sci. Total Environ.	185
De-la-Torre G. E.; Aragaw T. A.	What we need to know about PPE associated with the COVID-19 pandemic in the marine environment	2021	Mar. Pollut. Bull.	148
Torres F. G.; De-la-Torre G. E.	Face mask waste generation and management during the COVID-19 pandemic: An overview and the Peruvian case	2021	Sci. Total Environ.	129
Margallo M.; Ziegler-Rodriguez K.; Vázquez-Rowe I.; Aldaco R.; Irabien Á.; Kahhat R.	Enhancing waste management strategies in Latin America under a holistic environmental assessment perspective: A review for policy support	2019	Sci. Total Environ.	127
Rakib M. R. J.; De-la-Torre G. E.; Pizarro-Ortega C. I.; Dioses-Salinas D. C.; Al-Nahian S.	Personal protective equipment (PPE) pollution driven by the COVID-19 pandemic in Cox's Bazar, the longest natural beach in the world	2021	Mar. Pollut. Bull.	110
Dioses-Salinas D. C.; Pizarro-Ortega C. I.; De-la-Torre G. E.	A methodological approach of the current literature on microplastic contamination in terrestrial environments: Current knowledge and baseline considerations	2020	Sci. Total Environ.	108
Haddad M. B.; De-la-Torre G. E.; Aboulouah M. R.; Hajji S.; Alla A. A.	Personal protective equipment (PPE) pollution associated with the COVID-19 pandemic along the coastline of Agadir, Morocco	2021	Sci. Total Environ.	104
Thiel M.; de Veer D.; Espinoza-Fuenzalida N. L.; Espinoza C.; Gallardo C.; Hinojosa I. A.; Kiessling T.; Rojas J.; Sanchez A.; Sotomayor F.; Vasquez N.; Villablanca R.	COVID lessons from the global south – Face masks invading tourist beaches and recommendations for the outdoor seasons	2021	Sci. Total Environ.	88
Nieto-Juárez J. I.; Torres-Palma R. A.; Botero-Coy A. M.; Hernández F.	Pharmaceuticals and environmental risk assessment in municipal wastewater treatment plants and rivers from Peru	2021	Environ. Int.	81
Garfí M.; Gelman P.; Comas J.; Carrasco W.; Ferrer I.	Agricultural reuse of the digestate from low-cost tubular digesters in rural Andean communities	2011	Waste Manage.	71
Gilardino A.; Rojas J.; Mattos H.; Larrea-Gallegos G.; Vázquez-Rowe I.	Combining operational research and Life Cycle Assessment to optimize municipal solid waste collection in a district in Lima (Peru)	2017	J. Clean. Prod.	60
Aragaw T. A.; De-la-Torre G. E.; Teshager A. A.	Personal protective equipment (PPE) pollution driven by the COVID-19 pandemic along the shoreline of Lake Tana, Bahir Dar, Ethiopia	2022	Sci. Total Environ.	52
Arbulú I.; Lozano J.; Rey-Maqueira J.	The challenges of municipal solid waste management systems provided by public-private partnerships in mature tourist destinations: The case of Mallorca	2016	Waste Manage.	52
Vriens B.; Peterson H.; Laurenzi L.; Smith L.; Aranda C.; Mayer K. U.; Beckie R. D.	Long-term monitoring of waste-rock weathering at the Antamina mine, Peru	2019	Chemosphere	48
Hatami T.; Rakib M. R. J.; Madadi R.; De-la-Torre G. E.; Idris A. M.	Personal protective equipment (PPE) pollution in the Caspian Sea, the largest enclosed inland water body in the world	2022	Sci. Total Environ.	47
De-la-Torre G. E.; Pizarro-Ortega C. I.; Dioses-Salinas D. C.; Ammendolia J.; Okoffo E. D.	Investigating the current status of COVID-19 related plastics and their potential impact on human health	2021	Curr. Opin. Toxicol.	43
Garfí M.; Ferrer-Martí L.; Villegas V.; Ferrer I.	Psychrophilic anaerobic digestion of guinea pig manure in low-cost tubular digesters at high altitude	2011	Bioresour. Technol.	40

Autores	Título	Año	Fuente	# de citas
Estrada-Ayub J. A.; Kahhat R.	Decision factors for e-waste in Northern Mexico: To waste or trade	2014	Resour. Conserv. Recycl.	40
Mohammadi A.; Malakootian M.; Dobaradaran S.; Hashemi M.; Jaafarzadeh N.; De-la-Torre G. E.	Occurrence and ecological risks of microplastics and phthalate esters in organic solid wastes: In a landfill located nearby the Persian Gulf	2023	Chemosphere	35
Santillán L.; Saldaña-Serrano M.; De-La-Torre G. E.	First record of microplastics in the endangered marine otter (<i>Lontra felina</i>); [Primer registro de microplásticos en la nutria marina (<i>Lontra felina</i>)]	2020	Mastozoología Neotropical	33
Arbulú I.; Lozano J.; Rey-Maqueira J.	The challenges of tourism to waste-to-energy public-private partnerships	2017	Renewable Sustainable Energy Rev	31
Vázquez-Rowe I.; Ziegler-Rodríguez K.; Margallo M.; Kahhat R.; Aldaco R.	Climate action and food security: Strategies to reduce GHG emissions from food loss and waste in emerging economies	2021	Resour. Conserv. Recycl.	30
Espinoza Pérez L.; Ziegler-Rodríguez K.; Espinoza Pérez A. T.; Vázquez Ó. C.; Vázquez-Rowe I.	Closing the gap in the municipal solid waste management between metropolitan and regional cities from developing countries: A life cycle assessment approach	2021	Waste Manage.	27
Zhang W.; Chai J.; Li S.; Wang X.; Wu S.; Liang Z.; Baloch M. Y. J.; Silva L. F. O.; Zhang D.	Physiological characteristics, geochemical properties and hydrological variables influencing pathogen migration in subsurface system: What we know or not?	2022	Geosci. Front.	25
Guerrero-Castillo P.; Reyes S.; Robles J.; Simirgiotis M. J.; Sepulveda B.; Fernandez-Burgos R.; Areche C.	Biological activity and chemical characterization of <i>Pouteria lucuma</i> seeds: A possible use of an agricultural waste	2019	Waste Manage.	25
Kannan G.; Mghili B.; De-la-Torre G. E.; Kolandhasamy P.; Machendiranathan M.; Rajeswari M. V.; Saravanakumar A.	Personal protective equipment (PPE) pollution driven by COVID-19 pandemic in Marina Beach, the longest urban beach in Asia: Abundance, distribution, and analytical characterization	2023	Mar. Pollut. Bull.	24
Izquierdo-Horna L.; Kahhat R.; Vázquez-Rowe I.	Reviewing the influence of sociocultural, environmental and economic variables to forecast municipal solid waste (MSW) generation	2022	Sustain. Prod. Consum.	22
Kiani M. S.; Van Waerebeek K.	A Review of the Status of the Indian Ocean Humpback Dolphin (<i>Sousa plumbea</i>) in Pakistan	2015	Adv. Marine Biol.	18
Mohamadi S.; Madadi R.; Rakib M. R. J.; De-la-Torre G. E.; Idris A. M.	Abundance and characterization of personal protective equipment (PPE) polluting Kish Island, Persian Gulf	2023	Sci. Total Environ.	17
Filimonau V.; Rosa M. S.; Franca L. S.; Creus A. C.; Ribeiro G. M.; Molnarova J.; Piumatti R. G.; Valsasina L.; Safaei A.	Environmental and carbon footprint of tourist accommodation: A comparative study of popular hotel categories in Brazil and Peru	2021	J. Clean. Prod.	17
Mghili B.; De-la-Torre G. E.; Aksissou M.	Assessing the potential for the introduction and spread of alien species with marine litter	2023	Mar. Pollut. Bull.	16
Ziegler-Rodríguez K.; Margallo M.; Aldaco R.; Irabien A.; Vazque-Rowe I.; Kahhat R.	Environmental performance of peruvian waste management systems under a life cycle approach	2018	Chem. Eng. Trans.	16
Churata R.; Almirón J.; Vargas M.; Tupayachy-Quispe D.; Torres-Almirón J.; Ortiz-Valdivia Y.; Velasco F.	Study of Geopolymer Composites Based on Volcanic Ash, Fly Ash, Pozzolan, Metakaolin and Mining Tailing	2022	Buildings	15

Autores	Título	Año	Fuente	# de citas
Requena-Sanchez N.; Carbonel-Ramos D.; Moonsammy S.; Klaus R.; Punil L. S.; Ng K. T. W.	Virtual Methodology for Household Waste Characterization During The Pandemic in An Urban District of Peru: Citizen Science for Waste Management	2022	Environ. Manage.	14
De-la-Torre G. E.; Pizarro-Ortega C. I.; Dioses-Salinas D. C.; Ribeiro V. V.; Urizar Garfias Reyes D. F.; Ben-Haddad M.; Rakib M. R. J.; Dobaradaran S.	Micro- and mesoplastic pollution along the coast of Peru	2023	Environ. Sci. Pollut. Res.	12
Muñoz Perez S. P.; Garcia Chumacero J. M.; Charca Mamani S.; Villena Zapata L. I.	Influence of the secondary aluminum chip on the physical and mechanical properties of concrete	2023	Innov. Infrastruct. Solut.	11
Benazir Abate T.; Flores J. V.	Reduction of thermotolerant coliforms present in the sea water by means of micro-nanobubbles of air-ozone of the beach los pavos, Lima, Peru	2017	Chem. Eng. Trans.	11
Almirón J.; Roudet F.; Duquesne S.	Influence of volcanic ash, rice husk ash, and solid residue of catalytic pyrolysis on the flame-retardant properties of polypropylene composites	2019	J Fire Sci	11
Goyzueta G.; Trigos C.	La rinconada: Public health risks in the artisanal mining village in Puno, Peru; [Riesgos de salud pública en el centro poblado minero artesanal la rinconada (5200 MSNM) En Puno Perú]	2009	Rev. Peru. Med. Exp. Salud Publica	11
Quiñonez A. S.; Hernandez F.	Habitat use and conservation status of birds from El Paraíso wetland, Lima, Peru; [Uso de hábitat y estado de conservación de las aves en el humedal El Paraíso, Lima, Perú]	2017	Rev. Peru. Biol.	11
Izquierdo-Horna L.; Damazo M.; Yanayaco D.	Identification of urban sectors prone to solid waste accumulation: A machine learning approach based on social indicators	2022	Comput. Environ. Urban Syst.	10
Trinidad H.; Huamán-Melo E.; Delgado A.; Cano A.	Vascular flora from Villa María and Amancaes Lomas, Lima, Peru; [Flora vascular de las lomas de Villa María y Amancaes, Lima, Perú]	2012	Rev. Peru. Biol.	10
Vosooghnia A.; Poletini A.; Rossi A.; Vázquez-Rowe I.; Francini G.	Carbon footprint of anaerobic digestion combined with ultrasonic post-treatment of agro-industrial organic residues	2021	J. Environ. Manage.	10

Tabla 3. Artículos más citados.

Tras definir 2 como umbral de ocurrencia de términos, se identificaron 442 palabras (Tabla 4). El término de mayor frecuencia es “solid waste”, con una aparición de 81 veces. Otros términos frecuentes son “waste management” y “solid waste management”, sugiriendo un amplio énfasis en el manejo y gestión de los residuos sólidos. En otra medida se nota la alta frecuencia de los términos “article” y “Peru”, indicando los contextos o estudios relacionados con los términos en el mapa. Los términos antes mencionados también son los que tienen la mayor fuerza de aristas en el mapa. Esto destaca su nivel de influencia, conexión e importancia para conectar los restantes temas.

En el mapa de co-palabras destacan muchos términos con baja frecuencia, pero su fuerza de aristas es bien alta. Tales son los casos de “ingestion” (Frecuencia: 2, Fuerza de arista: 80), “Charcoal” (Frecuencia: 2, Fuerza de arista: 79), “Calcium” (Frecuencia: 2, Fuerza de arista: 77), “Particle size” (Frecuencia: 2, Fuerza de arista: 75), y “Chromium” (Frecuencia: 2, Fuerza de arista: 73). Estas palabras, aunque tienen baja frecuencia, actúan como conectores críticos dentro de la red. Su alta fuerza de aristas indica su alto potencial como conceptos medulares en la investigación sobre gestión de residuos. Por otro lado, tenemos términos cuya ocurrencia es alta pero su fuerza de aristas es baja dentro

Palabra	Frecuencia	Fuera total de la arista
solid waste	81	915
waste management	43	643
article	36	885
peru	33	570
solid waste management	26	455
municipal solid waste	25	384
human	22	543
recycling	18	256
plastic	17	418
pollution	17	210
waste disposal	17	404
plastic waste	16	364
sustainable development	16	183
covid-19	15	385
marine pollution	14	372
pandemic	14	374
nonhuman	13	319
plastics	12	352
biogas	11	156
controlled study	11	308
environmental impact	11	191
anaerobic digestion	10	200
environmental monitoring	10	270
greenhouse gases	10	203
marine environment	10	260
personal protective equipment	10	296

Tabla 4. Distribución de frecuencia de palabras clave.

del mapa. Tales son los casos de “environmental awareness” (Frecuencia: 7, Fuerza de arista: 54), “conservation” (Frecuencia: 5, Fuerza de arista: 34), “environmental pollution” (Frecuencia: 5, Fuerza de arista: 52), “decision making” (Frecuencia: 5, Fuerza de arista: 43), “decision making”, y “economic and social effects” (Frecuencia: 4, Fuerza de arista: 38). Estamos en presencia de términos que tienen un amplio reconocimiento las investigaciones generadas; pero su baja fuerza de aristas indica que tienen aún un rol periférico, dado que no conectan términos centrales en la red. Estos son términos que se utilizan en discusiones generales o escenarios específicos; pero que no conectan términos más críticos o relevantes.

En la red de co-palabras, detectamos un grupo de palabras que son altamente frecuentes pero cuyo impacto de citas es bajo, como por ejemplo: “solid waste”, “sustainable development”, “biogas”, “environmental monitoring”, “climate change”, “waste treatment”, “heavy metal”, “polypropylene”, y “biomass”. Estos temas pueden ser menos citados debido a su naturaleza. Se tratan de términos muy comprendidos por la comunidad investigativa, por lo tanto, no constituyen investigación emergente sino más bien establecida.

El mapa de co-ocurrencia de términos evidenció ocho clústeres (véase la figura 1). El clúster 1 contiene 90 palabras, siendo el más extenso. El clúster 2 es cercano al 1 en términos de tamaño, con 87 palabras. Los clústeres 3, 4 y 5 tienen un significativo número de palabras, oscilando entre 56 y 65. Los clústeres más pequeños son el 7 y el 8.

En la figura 1 se muestra un diagrama de dispersión basado en las coordenadas X y Y. En el mismo se muestran los términos distribuidos espacialmente. Cada cluster ocupa distintas áreas dentro del diagrama. Dentro de los temas que representan los clústeres, identificamos los siguientes:

1. Cluster 1: intersección entre la agricultura y el manejo de residuos.
2. Cluster 2: procesos químicos en la reducción de residuos.
3. Cluster 3: manejo de residuos en entornos acuáticos.
4. Cluster 4: intersección entre la agricultura y el manejo de residuos con énfasis en enfoques, prácticas y estrategias.
5. Cluster 5: residuos agro-industriales.
6. Cluster 6: impacto de los residuos sólidos en la contaminación del aire y el agua.
7. Cluster 7: perspectivas sociales sobre cuestiones medioambientales.
8. Cluster 8: ecoeficiencia en el sector de la construcción.

Los clústeres identificados reflejan la variedad de enfoques en la investigación sobre residuos sólidos, desde la agricultura y procesos químicos hasta la ecoeficiencia en la construcción. Podemos observar cómo la mayoría de las temáticas en los clústeres están relacionadas con las temáticas a las que se orientan los autores más productivos.

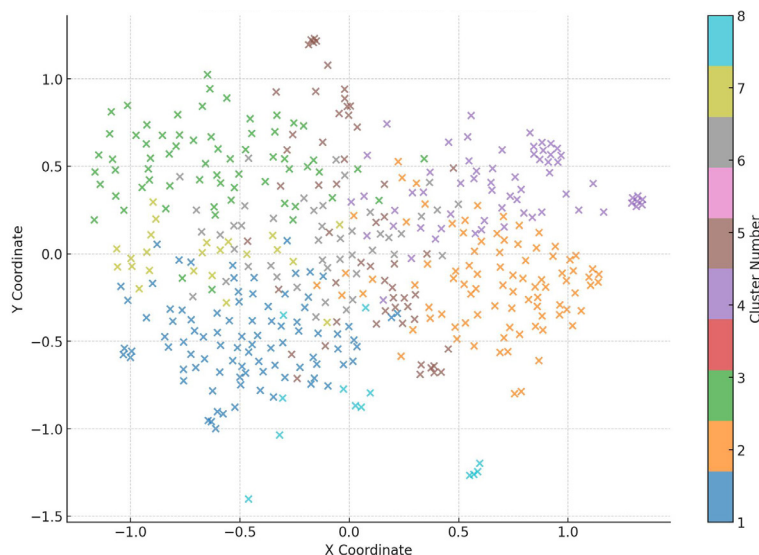


Figura 1. Red de co-ocurrencia de términos.

4. NOTAS FINALES

En este estudio se evidenció que la investigación peruana sobre desechos sólidos tiene un carácter técnico e interdisciplinario. Las conferencias y revistas orientadas a la gestión ambiental y sostenibilidad son los principales canales de comunicación de los trabajos al respecto. También observamos que esta área de investigación está dominada por universidades tanto privadas como públicas, en comparación con otro tipo de instituciones como centros de investigación u organizaciones públicas o privadas.

Con respecto a la autoría, se manifiesta un grupo pequeño de investigadores que lideran el tema. Sus orientaciones temáticas están muy en correspondencia con las temáticas identificadas en el mapa de co-ocurrencia de términos. Son ocho las temáticas clave abordadas por los investigadores peruanos. Podemos concluir que la investigación peruana sobre residuos sólidos tiene un fuerte enfoque a la agricultura, dado que esas temáticas resaltaron en tres de los ocho clústeres temáticos identificados.

Conflictos de interés

Declaro que no existen conflictos de interés.

Declaración de consentimiento de datos

Los datos generados durante el desarrollo de este estudio se han incluido en el manuscrito. ●

BIBLIOGRAFÍA

- AWINO, F. B., & APITZ, S. E. (2024). Solid waste management in the context of the waste hierarchy and circular economy frameworks: An international critical review. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 20(1), 9-35. DOI: 10.1002/ieam.4774.
- KAZA, S., YAO, L., BHADA-TATA, P., & VAN WOERDEN, F. (2018). *What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050*. Washington, DC.: World Bank Publications. DOI: 10.1596/978-1-4648-1329-0.
- KUMAR, P., & SINGH, D. (2024). The evaluation of community detection techniques on real-world networks. *Social Network Analysis and Mining*, 14(1), 162. <https://doi.org/10.1007/s13278-024-01324-8>
- ALI, M., HASSAN, M., KIFAYAT, K., KIM, J. Y., HAKAK, S., & KHAN, M. K. (2023). Social media content classification and community detection using deep learning and graph analytics. *Technological Forecasting and Social Change*, 188, 122252. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122252>
- FREEMAN, L. C. (2011). The development of social network analysis – with an emphasis on recent events. *The Sage Handbook of Social Network Analysis*, 21(3), 26-39.
- BUDIHARDJO, M. A., HUMAIRA, N. G., RAMADAN, B. S., WAHYUNINGRUM, I. F. S., & HUBOYO, H. S. (2023). Strategies to reduce greenhouse gas emissions from municipal

- solid waste management in Indonesia: The case of Semarang City. *Alexandria Engineering Journal*, 69, 771-783. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.02.029>
- MINISTERIO DE AMBIENTE (2024). Más de 148 500 toneladas de residuos sólidos municipales son valorizados en el país. *Gob.pe*. Available at <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/955458-mas-de-148-500-toneladas-de-residuos-solidos-municipales-son-valorizados-en-el-pais>
- NAJAFI, S., KHOSRAVANI, F., YOUSEFI, M., JAN-DAGHI, J., VALIZADEH, B., & TORKASHVAND, J. (2024). Development of municipal solid waste management guidelines in biological crisis based on international experiences and considering local techno-economic characteristics. *Results in Engineering*, 22, 102052. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102052>
- IBARRA-ESPARZA, F. E., GONZÁLEZ-LÓPEZ, M. E., IBARRA-ESPARZA, J., LARA-TOPETE, G. O., SENÉS-GUERRERO, C., CANSDALE, A., ... & GRADILLA-HERNÁNDEZ, M. S. (2023). Implementation of anaerobic digestion for valorizing the organic fraction of municipal solid waste in developing countries: Technical insights from a systematic review. *Journal of Environmental Management*, 347, 118993. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118993>
- KAUR, P., KAUR, G. J., ROUTRAY, W., RAHIMI, J., NAIR, G. R., & SINGH, A. (2021). Recent advances in utilization of municipal solid waste for production of bioproducts: A bibliometric analysis. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 4, 100164. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100164>
- FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, J. M., DIAZ-LOPEZ, C., MARTIN-PASCUAL, J., & ZAMORANO, M. (2020). Recycling organic fraction of municipal solid waste: Systematic literature review and bibliometric analysis of research trends. *Sustainability*, 12(11), 4798. <https://doi.org/10.3390/su12114798>
- RAHAMAN, M. S., ANSARI, K. M., KUMAR, H., & SHAH, K. (2022). Mapping and visualizing research output on global solid waste management: A Bibliometric Review of Literature. *Science & Technology Libraries*, 41(2), 174-202. <https://doi.org/10.1080/0194262X.2021.1960943>
- LI, N., HAN, R., & LU, X. (2018). Bibliometric analysis of research trends on solid waste reuse and recycling during 1992-2016. *Resources, Conservation and Recycling*, 130, 109-117. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.11.008>
- ZHANG, X., XIAO, Y., XUE, Y., LIU, J., CHEN, Z., & ZHANG, R. (2022). Global bibliometric developments on solid waste recycling in concrete construction engineering. *Materials*, 15(12), 4142. <https://doi.org/10.3390/ma15124142>
- WONG, S., MAH, A. X. Y., NORDIN, A. H., NYAKUMA, B. B., NGADI, N., MAT, R., ... & LEE, T. H. (2020). Emerging trends in municipal solid waste incineration ashes research: a bibliometric analysis from 1994 to 2018. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 7757-7784. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07933-y>
- YANG, L., CHEN, Z., LIU, T., GONG, Z., YU, Y., & WANG, J. (2013). Global trends of solid waste research from 1997 to 2011 by using bibliometric analysis. *Scientometrics*, 96, 133-146. <https://doi.org/10.1007/s11192-012-0911-6>
- FU, H. Z., HO, Y. S., SUI, Y. M., & LI, Z. S. (2010). A bibliometric analysis of solid waste research during the period 1993-2008. *Waste Management*, 30(12), 2410-2417. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.06.008>
- BHATTACHARJEE, S., PANJA, A., KUMAR, R., RAM, H., MEENA, R. K., & BASAK, N. (2023). Municipal solid waste compost: a comprehensive bibliometric data-driven review of 50 years of research and identification of future research themes. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(37), 86741-86761. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28663-x>
- RAVICHANDRAN, S., & VIVEKANANDHAN, S. (2020). Bibliometric analysis of solid waste management research publications (2010-2019) using SCOPUS database. *International Journal of Library and Information Studies*, 10(4), 1-12.

