

















REVISIÓN

Bibliometric analysis of the applicability of artificial intelligence in the integrated management of medical waste

Análisis bibliométrico de la aplicabilidad de inteligencia artificial en la gestión integral de desechos médicos

Diego Cajamarca Carrazco¹  , María Gabriela Tobar-Ruiz¹  , Diego Marcelo Almeida López¹  , Carlos Eduardo Cevallos Hermida¹  , Verónica Magdalena Llangarí Arellano²  , Mateo Augusto Zavala Tobar³  , María Magdalena Paredes Godoy⁴  

¹Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 060155, Riobamba, Ecuador.

²investigadora Independiente. 060101, Riobamba, Ecuador.

³Universidad Uniandes. 180215, Ambato, Ecuador.

⁴Universidad Nacional de Chimborazo. 060107, Riobamba, Ecuador.

Citar como: Cajamarca Carrazco D, Tobar-Ruiz MG, Almeida López DM, Cevallos Hermida CE, Llangarí Arellano VM, Zavala Tobar MA, et al. Bibliometric analysis of the applicability of artificial intelligence in the integrated management of medical waste. Data and Metadata. 2024; 3:.375. <https://doi.org/10.56294/dm2024.375>

Enviado: 26-01-2024

Revisado: 20-04-2024

Aceptado: 19-08-2024

Publicado: 20-08-2024

Editor: Adrián Alejandro Vitón-Castillo 

ABSTRACT

The integrated management of medical waste (MD) is a crucial challenge for public health and the environment, aggravated in recent times by population growth and the emergence of pandemics. In this context, the implementation of innovative technologies such as Artificial Intelligence (AI) presents itself as a promising solution. These technological tools can facilitate the identification, classification and tracking of DMs, thus optimizing their collection, treatment and final disposal in an efficient and sustainable manner. For this purpose, it was established to analyze the scientific production related to the integrated management of medical waste and the applicability of Artificial Intelligence. The Scopus database was used during the period 2017 - 2024 based on the PRISMA 2020 methodology. The behavior of the studies presented 9 nodes representing 116 publications. For the co-occurrence of keywords, five clusters and 56 selected keywords were found, which corroborates the importance of the study. However, the application of emerging technologies in combination with comprehensive approaches can significantly contribute to improve DM management, from an adaptive, resilient, and inclusive approach.

Keywords: Medical Waste; Artificial Intelligences; Bibliometric Analysis; Environmental Management.

RESUMEN

La gestión integral de desechos médicos (DM) es un desafío crucial para la salud pública y el ambiente, agravada en los últimos tiempos por el crecimiento poblacional y el surgimiento de pandemias. En este contexto, la implementación de tecnologías innovadoras como la Inteligencia Artificial, (IA) se presenta como una solución prometedora. Estas herramientas tecnológicas pueden facilitar la identificación, clasificación y seguimiento de los DM, optimizando así su recolección, tratamiento y disposición final de manera eficiente y sostenible. Para lo cual se estableció analizar la producción científica relacionada con la gestión integral de los desechos médicos y la aplicabilidad de la Inteligencia Artificial. Se utilizó la base de datos Scopus durante el periodo 2017 - 2024 en base a la metodología PRISMA 2020. El comportamiento de los estudios presento 9 nodos que representaron 116 publicaciones. Para la coocurrencia de las palabras clave, se hallaron cinco clusters y 56 palabras clave seleccionada, que corroboro a la importancia del estudio. Sin embargo, la aplicación de tecnologías emergentes en combinación con enfoques integrales puede contribuir significativamente a mejorar la gestión de DM, desde un enfoque adaptativo, resiliente, e inclusivo.

Palabras clave: Desechos Médicos; Inteligencia Artificial; Análisis Bibliométrico; Gestión Ambiental.

INTRODUCCIÓN

Durante décadas, los países en vías de desarrollo han abordado el reto de caracterizar de manera eficiente los desechos médicos (DM) generados en los procesos sanitarios de atención integral del sistema de salud.^(1,2,3) Esto debido al incremento de la población mundial, la expansión urbanística, y pandemias como la COVID-19,⁽⁴⁾ el deficiente manejo de los DM, generan daños irreversibles al ambiente debido a su volumen de producción que alcanza cifras que bordean el 1 al 2 % de los DM generados en los centros hospitalarios.⁽⁵⁾ Por lo que, las autoridades sanitarias, requieren sistemas confiables de soporte tecnológico en base a la IA, para ejecutar estrategias que aseguren métodos de eliminación responsable, sistemas de monitoreo de gestión sanitaria de DM, desde su generación hasta la disposición final con una prospectiva futurista en correlación con una sociedad resiliente y sostenible.^(6,7,8)

Investigaciones anteriores al estudio acotan que la composición de los DM es la siguiente: desechos no peligrosos y desechos peligrosos en un 85 % y 15 % respectivamente,^(9,10) materiales que contienen bacterias, virus, esporas, elementos cortopunzantes y radioactivos, que pueden provocar deterioro ambiental.⁽¹¹⁾ Por lo que, si no se gestionan de manera adecuada pueden representar una amenaza para la salud física, polución del entorno natural afectando principalmente a los recursos edáficos, hídricos, y atmosféricos. Consecuentemente en las instituciones de atención médica es fundamental la administración del manejo integral de los DM, con una visión sostenible en la disposición final, que facilite al acceso de la información para mitigar los riesgos sanitarios y el impacto ambiental.^(12,13)

La investigación bibliométrica irrumpe y explora las investigaciones en el manejo de los desechos sólidos generados en la cadena de producción hospitalaria⁽¹⁴⁾, de la cual el objetivo de esta meta-revisión es prioriza la aplicabilidad de la IA en la gestión integral de los DM, generados en los espacios de prestación de servicios de salud y actividades relacionadas.

MÉTODO

La investigación se basa en la recopilación y análisis de estudios de IA y la gestión de DM. El estudio empleó un análisis bibliométrico basado en la metodología de Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta Analyses (PRISMA 2020),⁽¹⁵⁾ que consta de cuatro fases: identificación, selección, inclusión y exclusión,^(16,17) este enfoque garantiza la precisión en la selección de artículos y extracción de datos de naturaleza científica a partir enero del 2024. Adicional se indagaron artículos relevantes sobre el estudio, utilizando la base de datos científicos Scopus, teniendo en cuenta un rango de publicación desde el año 2017 hasta 2024. Por otro lado, se aplicaron los criterios de exclusión pertinentes, con un resultado final de 260 documentos. Los expedientes se codificaron deductivamente con las palabras clave “Desechos médicos”, “análisis bibliométrico”, “inteligencias artificiales”, “gestión ambiental”, después de analizar los títulos, resúmenes, palabras clave y realizar una búsqueda de texto completo en idioma inglés, se eliminaron los artículos duplicados (artículos inaccesibles, artículos no relevantes, capítulos de libros, indexación incompleta), incluyendo con un total de 100 artículos para la revisión. Los documentos también se revisaron cualitativamente (se analizaron en profundidad) para detectar conceptos relevantes.

Adicional se perfiló gráficos y mapeo de redes bibliométricos mediante la utilización del software libre VOS Viewer (versión 1.6.20) y el paquete Microsoft Excel (versión office 365), esta diagramación visual representó los resultados significativos para el estudio.⁽¹⁸⁾

Para brindar respuesta a la metodología se elaboró la figura 1. Donde se muestra la metodología PRISMA 2020 empleada en este estudio mediante el diagrama de flujo de la revisión sistemática.

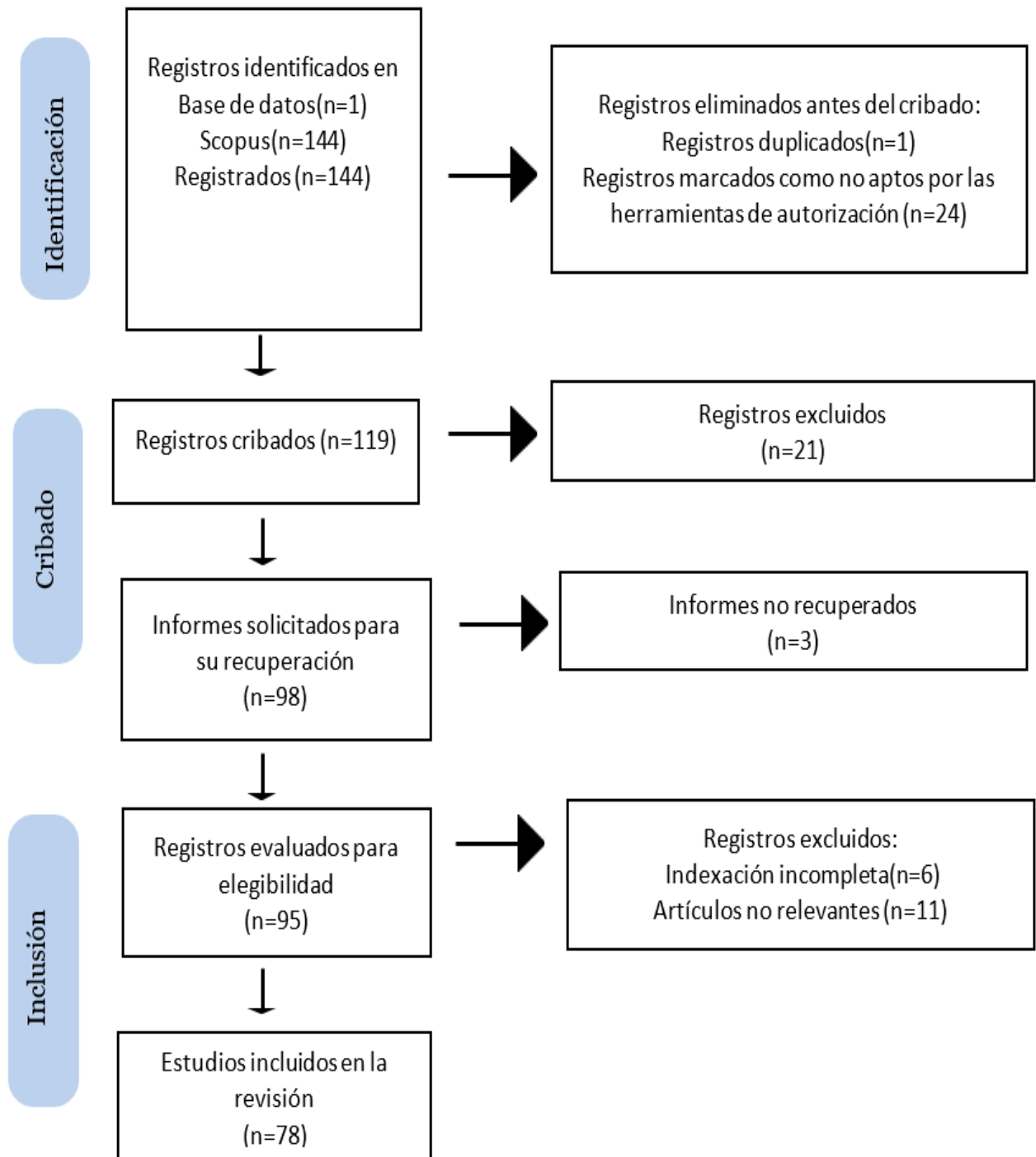


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA. 2020 para la investigación

RESULTADOS

Distribución geográfica

61 naciones aportaron con publicaciones científicas correlacionadas con la aplicabilidad de la IA y la gestión de DM. La Figura 2 visualiza el mapa bibliométrico distribuido por países, en la que cada nodo (9 en total) aportaron con 116 publicaciones, adicional podemos mencionar que el mapa también representa dos clústeres:

Clústeres 1: Reino Unido, China, Estados Unidos, e India

Clústeres 2: Arabia Saudita, Taiwán, Malasia, Alemania, e Irán

Donde en el centro y correlacionando con el resto de los países se encuentra Taiwán, por otro lado, en la figura 3. Se representa un análisis de los países con mayor número de publicaciones donde existen dos países representativos, China e India con 29 publicaciones cada uno, sin dejar a un lado a Estados Unidos que reporta un número de publicaciones en el tema de 18 artículos de alto impacto, pero la cantidad de citas de sus documentos es de 1134.

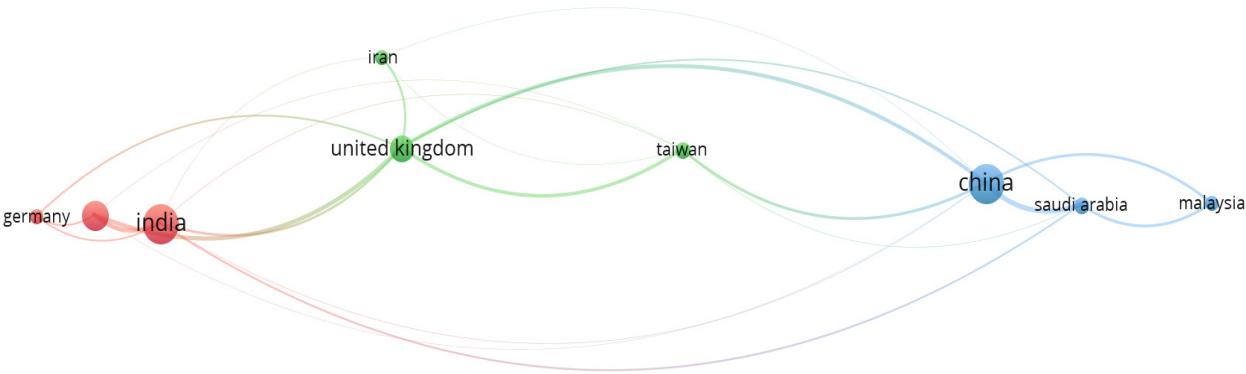


Figura 2. Mapa bibliométrico de la distribución geográfica de correlación entre países

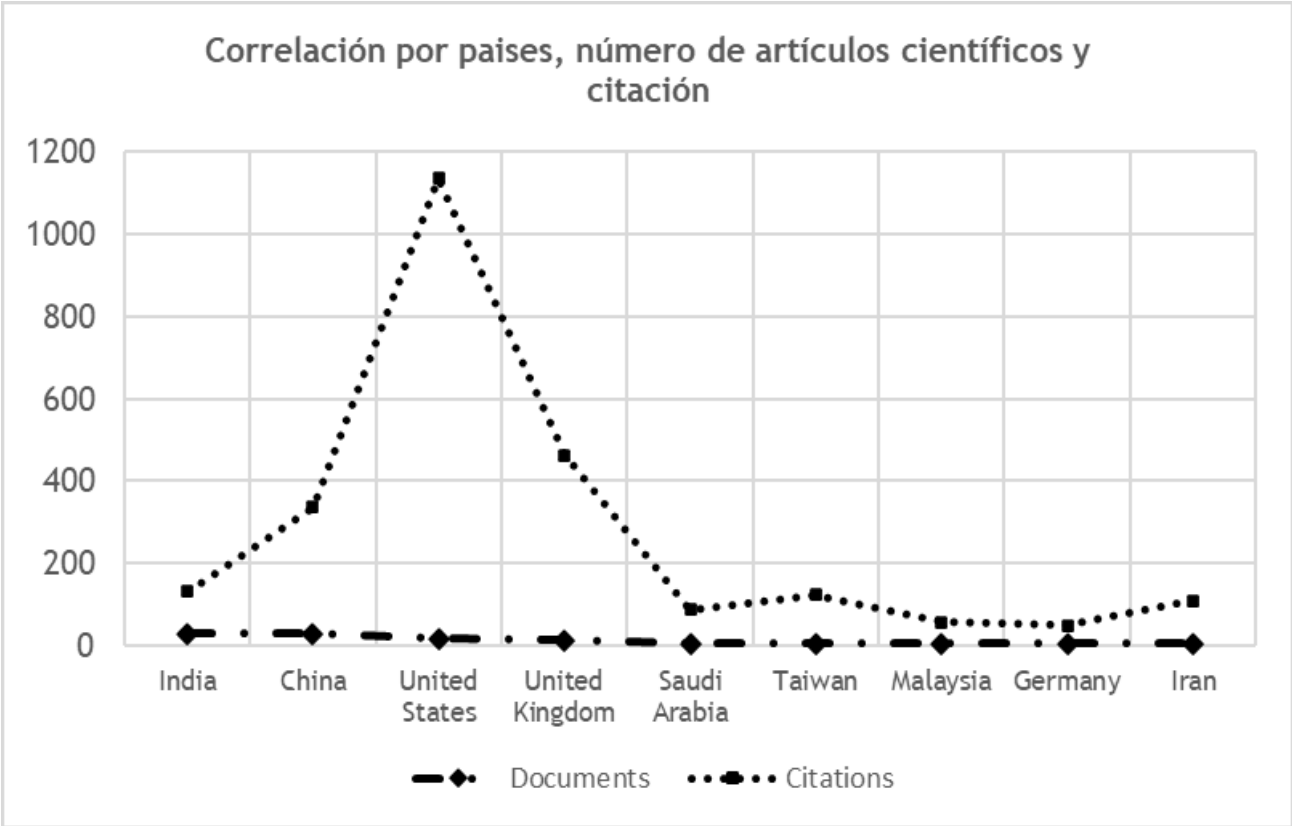


Figura 3. Análisis de la correlación entre países

Adicional se examinó la coocurrencia de las palabras clave, donde se hallaron cinco clusters y 56 palabras clave seleccionadas, relacionadas con el tema de investigación de la aplicabilidad de la IA y el manejo adecuado de los DM (figura 4).

Tabla 1. Aportes proporcionados de co-ocurrencia de los autores de acuerdo con las palabras clave en la revisión de metaanálisis

Palabra clave	Ocurrencias	Fuerza total del enlace
Inteligencia artificial	28	18
Aprendizaje automático	16	12
Aprendizaje profundo	10	10
Asistencia sanitaria	5	2
Covid 19	5	1
Sostenibilidad	5	1

De acuerdo con las 492 palabras clave de los autores, 69 cumplían los requisitos de ocurrencia, considerando la de mayor perseverancia para este criterio la palabra clave IA con 28 ocurrencias para un recuento completo.

Adicional se muestra en la tabla 2. El análisis cuantitativo considerando el título de la investigación, el autor y la contribución a la ciencia correlacionada del al IA en el manejo integran de los DM.

Tabla 2. Contribución de los documentos científicos en relación con el título de la investigación, autor y aportes proporcionados en la revisión de metaanálisis

Título de la investigación	Autor	Fuerza total del enlace
Machine learning methods for hospital readmission prediction: systematic analysis of literature	⁽²⁶⁾	Creciente interés en utilizar la IA, para prever la reincidencia hospitalaria y su correlación con la generación de DM.
Risk Management for Whole-Process Safe Disposal of Medical Waste: Progress and Challenges	⁽²⁷⁾	El estado del arte explora tópicos sobre el aprovechamiento de las tecnologías emergentes como: el Internet de las cosas, Big Data, y la IA, en la gestión eficiente de los DM durante la última década.
Protocol for the design and accelerated optimization of a waste-to-energy system using AI tools	⁽²⁸⁾	Implementación de conversión de DM, en metanol mediante la aplicación de la IA que dispone de conectividad entre sistemas como MATLAB y Aspen Plus.
AIMDP: An Artificial Intelligence Modern Data Platform. Use case for Spanish national health service data silo	⁽²⁹⁾	La propuesta se enmarca en la gestión y capacidad para análisis prospectivos futuros en el manejo de DM o de datos sanitarios con la utilización de la plataforma de IA Modern Data Platform (AIMDP) con base a Big Data, IA.
Big Data Analytics and AI for Green Supply Chain Integration and Sustainability in Hospitals	⁽³⁰⁾	El propósito del estudio se enmarca en el análisis de Big Data en la gestión de los desperdicios hospitalarios incrementados por el incremento de la necesidad médica, que involucra ahorro financiero y sostenibilidad ambiental a partir del impulso de la IA generativa, preservando de esta manera los recursos naturales para las futuras generaciones.
An innovative medical waste management system in a smart city using XAI and vehicle routing optimization	⁽³¹⁾	La innovación tecnológica al servicio del manejo de DM con la utilización de bolsas con etiquetas de caracterización e identificación en contenedores inteligentes incorporados con sensores de reconocimiento y control de movilidad de transporte de residuos especiales hospitalarios con sistemas de posicionamiento satelital (GPS) y un lenguaje tecnológico de IA explicativa (IAX), aprovechando scikit-learn, xgboost, catboost, lightgbm y skorch.
Towards blockchain-based hospital waste management systems; applications and future trends	⁽³²⁾	La gestión de los residuos hospitalarios en la actualidad dispone de un aliado tecnológico para el manejo integral de sus desechos, caso particular la IA, Internet de las cosas y tecnología blockchain, mencionadas aplicaciones permiten óptimos procesos de clasificación, transferencia, disposición final, formación del personal hospitalario en temas relacionados con la normativa legal ambiental, sistemas de alcantarillas hospitalarios y gestionar metodológicas como las 12R.
IOT Monitoring System of Medical Waste Based on Artificial Intelligence	⁽³³⁾	Proponen un sistema cerrado de manejo eficiente de DM, basado en tecnología de reconocimiento facial y el principio de ingeniería de sistemas, que se implementa en tres instancias: 1.- Centro de monitoreo y control de desechos médicos. 2.- Búsqueda de personal calificado para la caracterización de los materiales peligrosos. 3.- Seguridad de vida del personal a cargo de la actividad.

Comparative study of predicting hospital solid waste generation using multiple linear regression and artificial intelligence	(34)	Una correcta gestión de los DM necesita de una estimación precisa de la generación de los desechos, por lo que se necesita de modelos completos para su prospección, en tal virtud la aplicación de métodos de aplicación automático aumenta el poder de predicción de los desechos hospitalarios producidos para su correcta gestión.
A study of medical waste management based on the internet of things technology and ecological perspective	(35)	El internet de las cosas utiliza para su funcionalidad tecnología de dispositivos de identificación por radiofrecuencia, logrando conexión entre persona objeto, objeto y objeto a través de conexión de varias redes, por lo que su aplicabilidad en la gestión de los DM puede mejorar la eficiencia y la racionalidad en la generación, el transporte, y la disposición final del desecho.

CONCLUSIONES

La gestión de desechos médicos es un desafío significativo que requiere soluciones innovadoras, como la implementación de la inteligencia artificial, para mejorar la eficiencia y seguridad en la recolección y tratamiento de estos desechos.

Es fundamental desarrollar estrategias integrales y metodologías robustas para abordar de manera holística el problema de los desechos médicos, involucrando a diversos actores como instituciones de salud, autoridades gubernamentales y empresas de gestión de residuos, así como establecer normativas específicas para regular su generación y eliminación.

La combinación de tecnologías emergentes, enfoques estratégicos y medidas regulatorias adecuadas puede contribuir significativamente a mejorar la gestión de residuos médicos, promoviendo la salud pública y la sostenibilidad ambiental a largo plazo.

Finalmente, el comportamiento de los estudios presento 9 nodos que representaron 116 publicaciones. Para una coocurrencia en las palabras clave, se hallaron cinco clusters, en el que Taiwán se encuentra en el centro y correlacionando con el resto de los países.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Moldovan F, Moldovan L. Sustainable Waste Management in Orthopedic Healthcare Services. *Sustainability*. enero de 2024;16(12):5214.
2. Banjar H, Alrowithi R, Alhadrami S, Magrabi E, Munshi R, Alrige M. An Intelligent System for Proper Management and Disposal of Unused and Expired Medications. *Int J Environ Res Public Health*. enero de 2022;19(5):2875.
3. Hossain MdS, Santhanam A, Nik Norulaini NA, Omar AKM. Clinical solid waste management practices and its impact on human health and environment - A review. *Waste Manag*. 1 de abril de 2011;31(4):754-66.
4. Jiménez-Lacarra V, Martínez-Cámara E, Santamaría-Peña J, Jiménez-Macías E, Blanco-Fernández J. Healthcare in the Time of COVID-19: An Environmental Perspective on the Pandemic's Impact on Hospitals. *Appl Sci*. enero de 2024;14(10):4007.
5. Hadipour M, Saffarian S, Shafiee M, Tahmasebi S. Measurement and management of hospital waste in southern Iran: a case study. *J Mater Cycles Waste Manag*. 1 de octubre de 2014;16(4):747-52.
6. Bhardwaj A, Kishore S, Pandey DK. Artificial Intelligence in Biological Sciences. *Life*. septiembre de 2022;12(9):1430.
7. Tirkolaee EB, Torkayesh AE. A Cluster-based Stratified Hybrid Decision Support Model under Uncertainty: Sustainable Healthcare Landfill Location Selection. *Appl Intell*. 1 de septiembre de 2022;52(12):13614-33.
8. Mehran MT, Raza Naqvi S, Ali Haider M, Saeed M, Shahbaz M, Al-Ansari T. Global plastic waste management strategies (Technical and behavioral) during and after COVID-19 pandemic for cleaner global urban life. *Energy Sources Part Recovery Util Environ Eff*. 2021;
9. Rahman MM, Bodrud-Doza M, Griffiths MD, Mamun MA. Biomedical waste amid COVID-19: perspectives from Bangladesh. *Lancet Glob Health*. 1 de octubre de 2020;8(10):e1262.
10. Saxena P, Pradhan IP, Kumar D. Redefining bio medical waste management during COVID- 19 in india: A

way forward. *Mater Today Proc.* 1 de enero de 2022;60:849-58.

11. Miamiliotis AS, Talias MA. Healthcare Workers' Knowledge about the Segregation Process of Infectious Medical Waste Management in a Hospital. *Healthcare.* enero de 2024;12(1):94.

12. Ahlaqqach M, Benhra J, Mouatassim S. Optimisation des tournées de collecte et de desserte des déchets médicaux transitant par un entrepôt commun. *Logistique Manag.* 2 de enero de 2017;25(1):25-33.

13. Goodarzian F, Ghasemi P, Gunasekaran A, Labib A. A fuzzy sustainable model for COVID-19 medical waste supply chain network. *Fuzzy Optim Decis Mak.* 1 de marzo de 2024;23(1):93-127.

14. Daoud AO, Elattar H, Abdelatif G, Morsy KM, Peters RW, Mostafa MK. Implications of the COVID-19 Pandemic on the Management of Municipal Solid Waste and Medical Waste: A Comparative Review of Selected Countries. *Biomass.* junio de 2024;4(2):555-73.

15. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *J Clin Epidemiol.* 1 de junio de 2021;134:178-89.

16. Reis y Melão - 2023 - Digital transformation A meta-review and guidelin.pdf [Internet]. [citado 26 de junio de 2024]. Disponible en: [https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440\(23\)00041-5.pdf](https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440(23)00041-5.pdf)

17. Jing Y, Wang C, Chen Y, Wang H, Yu T, Shadiev R. Bibliometric mapping techniques in educational technology research: A systematic literature review. *Educ Inf Technol.* 1 de junio de 2024;29(8):9283-311.

18. Bueno IM, Teixeira JESL. Waste Plastic in Asphalt Mixtures via the Dry Method: A Bibliometric Analysis. *Sustainability.* enero de 2024;16(11):4675.

19. Wawale SG, Shabaz M, Mehbodniya A, Soni M, Deb N, Elashiri MA, et al. Biomedical Waste Management Using IoT Tracked and Fuzzy Classified Integrated Technique. *Hum-Centric Comput Inf Sci.* 15 de julio de 2022;12(0):401-14.

20. Mohamed NH, Khan S, Jagtap S. Modernizing Medical Waste Management: Unleashing the Power of the Internet of Things (IoT). *Sustainability.* enero de 2023;15(13):9909.

21. Chauhan A, Jakhar SK, Chauhan C. The interplay of circular economy with industry 4.0 enabled smart city drivers of healthcare waste disposal. *J Clean Prod.* 10 de enero de 2021;279:123854.

22. Ching T, Himmelstein DS, Beaulieu-Jones BK, Kalinin AA, Do BT, Way GP, et al. Opportunities and obstacles for deep learning in biology and medicine. *J R Soc Interface.* 4 de abril de 2018;15(141):20170387.

23. Andeobu L, Wibowo S, Grandhi S. Environmental and Health Consequences of E-Waste Dumping and Recycling Carried out by Selected Countries in Asia and Latin America. *Sustainability.* enero de 2023;15(13):10405.

24. Montesinos L, Checa Rifá P, Rifá Fabregat M, Maldonado-Romo J, Capacci S, Maccaro A, et al. Sustainability across the Medical Device Lifecycle: A Scoping Review. *Sustainability.* enero de 2024;16(4):1433.

25. Jemiolo P, Storman D, Orzechowski P. Artificial Intelligence for COVID-19 Detection in Medical Imaging—Diagnostic Measures and Wasting—A Systematic Umbrella Review. *J Clin Med.* enero de 2022;11(7):2054.

26. Chen T, Madanian S, Airehrour D, Cherrington M. Machine learning methods for hospital readmission prediction: systematic analysis of literature. *J Reliab Intell Environ.* 1 de marzo de 2022;8(1):49-66.

27. Yang T, Du Y, Sun M, Meng J, Li Y. Risk Management for Whole-Process Safe Disposal of Medical Waste: Progress and Challenges. *Risk Manag Healthc Policy.* junio de 2024;Volume 17:1503-22.

28. Zhou J, Shi T, Qian Q, He C, Ren J. Protocol for the design and accelerated optimization of a waste-to-energy system using AI tools. *STAR Protoc.* 15 de diciembre de 2023;4(4):102685.

29. Ortega-Calvo AS, Morcillo-Jimenez R, Fernandez-Basso C, Gutiérrez-Batista K, Vila MA, Martin-Bautista MJ. AIMDP: An Artificial Intelligence Modern Data Platform. Use case for Spanish national health service data

silos. Future Gener Comput Syst. 1 de junio de 2023;143:248-64.

30. Allahham M, Sharabati AA, Hatamlah H, Ahmad AYB, Sabra S, Daoud MK. Big Data Analytics and AI for Green Supply Chain Integration and Sustainability in Hospitals. WSEAS Trans Environ Dev. 2023;19:1218-30.

31. Boudanga Z, benhadou S, Medromi H. An innovative medical waste management system in a smart city using XAI and vehicle routing optimization. F1000Research. 2023;12.

32. Bamakan SMH, Malekinejad P, Ziaeeian M. Towards blockchain-based hospital waste management systems; applications and future trends. J Clean Prod. 2022;349.

33. Wang C, Ma Y, Zhong G. IOT Monitoring System of Medical Waste Based on Artificial Intelligence. En 2021. p. 139-43.

34. Golbazi S, Nabizadeh R, Sajadi HS. Comparative study of predicting hospital solid waste generation using multiple linear regression and artificial intelligence. J Environ Health Sci Eng. 2019;17(1):41-51.

35. Li J, Peng J, Gao H, Zhao X. A study of medical waste management based on the internet of things technology and ecological perspective. Fresenius Environ Bull. 2020;29(10):9226-31.

FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiamiento para la presente investigación cuantitativa.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no existir ningún conflicto de interés sobre la obra científica.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA:

Conceptualización: Diego Cajamarca Carrazco, María Magdalena Paredes Godoy, María Gabriela Tobar-Ruiz, Diego Marcelo Almeida López.

Curación de datos: Diego Cajamarca Carrazco, María Magdalena Paredes Godoy, Carlos Eduardo Cevallos Hermida, Mateo Augusto Zavala Tobar.

Análisis formal: Diego Cajamarca Carrazco, María Magdalena Paredes Godoy, Carlos Eduardo Cevallos Hermida, Mateo Augusto Zavala Tobar.

Investigación: Diego Cajamarca Carrazco, María Magdalena Paredes Godoy, Verónica Magdalena Llangari Arellano, Mateo Augusto Zavala Tobar.

Metodología: Diego Cajamarca Carrazco, María Magdalena Paredes Godoy, Verónica Magdalena Llangari Arellano, Mateo Augusto Zavala Tobar.

Software: Diego Cajamarca Carrazco, María Magdalena Paredes Godoy, Mateo Augusto Zavala Tobar.

Validación: Diego Cajamarca Carrazco, María Magdalena Paredes Godoy, Diego Marcelo Almeida López, Carlos Eduardo Cevallos Hermida, Verónica Magdalena Llangari Arellano, Mateo Augusto Zavala Tobar.

Redacción - borrador original: Diego Cajamarca Carrazco, María Magdalena Paredes Godoy, María Gabriela Tobar-Ruiz, Diego Marcelo Almeida López, Verónica Magdalena Llangari Arellano

Redacción - revisión y edición: Diego Cajamarca Carrazco, María Magdalena Paredes Godoy, María Gabriela Tobar-Ruiz, Diego Marcelo Almeida López, Mateo Augusto Zavala Tobar.