

ABRIL 2025

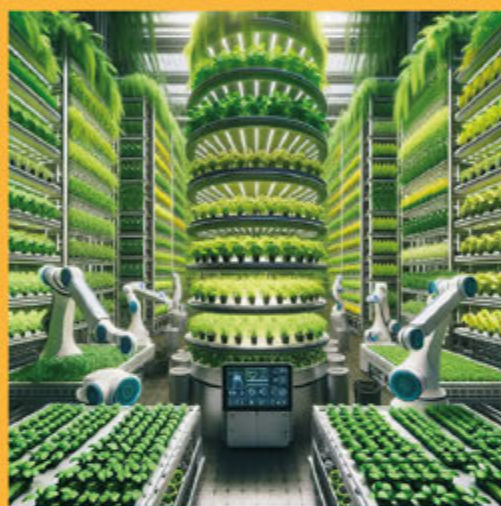
VOLUMEN 1

NÚMERO 1

Ciencias e Ingeniería

PARA CIUDADANOS

Revista de investigación científica



Lima - Perú

Ciencias e Ingeniería



Volumen I-Nº1 Abril 2025

Consejo Editorial

Director

Dr. Francisco Javier Wong Cabanillas

Editor, diseño y traducción

Bach. Carlos Alberto Vega Vidal

Diagramador de texto y asistencia de diseño

Bach. Carlos Alberto Vega Vidal

Comité Científico

Dra. Elena Rafaela Benavides Rivera
Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Lima-Perú

Dra. Ysabel Zevallos Parave
Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle.
Lima-Peru

Dr. Oscar Rafael Tinoco Gómez
Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Lima-Perú

Impacto de la IA en la optimización de la calidad de servicio en la gestión de residuos sólidos en una empresa: Revisión sistemática de literatura.

Ing. Aldo Fortunato Madueño Cairo
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Correo Electrónico: aldo.maduenoc@unmsm.edu.pe

Mg. Jorge Luis Roca Becerra
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Correo Electrónico: jrocab@unmsm.edu.pe

Resumen: En la investigación efectuada, se realizó un análisis sistemático para evaluar el efecto de la inteligencia artificial (IA) en la mejora de la calidad de servicio en la gestión de desechos sólidos en una organización. Se empleó el motor de búsqueda Scopus para localizar documentos relevantes sobre los temas seleccionados. Los documentos hallados se estandarizaron utilizando la metodología Picco y se establecieron los criterios de inclusión y exclusión de los artículos científicos utilizando la herramienta PRISMA. Además, se tomó en cuenta el nombre de los países y el año en que se publicó. Tras esta revisión, se determinó que la integración de la Inteligencia Artificial en la mejora de la calidad de servicio en la gestión de desechos sólidos tiene un efecto beneficioso en las entidades. Esto ocurre porque la Inteligencia Artificial tiene la capacidad de incrementar la eficiencia y la calidad del servicio proporcionado, decrecer gastos y simplificar la toma de decisiones. No obstante, también se detectó que la Inteligencia Artificial puede generar efectos adversos, como la disminución de puestos de trabajo. La automatización de algunas funciones puede resultar en el reemplazo de roles otorgados a las personas. Así mismo, se indicó que la Inteligencia Artificial puede provocar rechazo por su comportamiento poco humano o acogedor, particularmente en áreas de servicio al cliente.

Palabras clave: Calidad de servicio/ Optimización/ Residuos sólidos/ Inteligencia artificial.

Abstract: In the research carried out, a systematic analysis was carried out to evaluate the effect of artificial intelligence (AI) in improving the quality of service in solid waste management in an organization. The Scopus search engine was used to locate relevant documents on the selected topics. The documents found were standardized using the Picco methodology and the inclusion and exclusion criteria for scientific articles were established using the PRISMA tool. In addition, the name of the countries and the year in which it was published were taken into account. After this review, it was determined that the integration of Artificial Intelligence in improving the quality of service in solid waste management has a beneficial effect on entities. This occurs because Artificial Intelligence has the ability to increase the efficiency and quality of the service provided, reduce expenses and simplify decision-making. However, it was also detected

that Artificial Intelligence can generate adverse effects, such as the reduction of jobs. Automating some functions may result in replacing roles given to people. Likewise, it was indicated that Artificial Intelligence can cause rejection due to its less than human or welcoming behavior, particularly in customer service areas.

Keywords: Quality of service/ Optimization/ Solid waste/ Artificial intelligence.

Résumé: Dans la recherche réalisée, une analyse systématique a été réalisée pour évaluer l'effet de l'intelligence artificielle (IA) sur l'amélioration de la qualité de service en matière de gestion des déchets solides dans une organisation. Le moteur de recherche Scopus a été utilisé pour localiser les documents pertinents sur les sujets sélectionnés. Les documents trouvés ont été standardisés grâce à la méthodologie Picco et les critères d'inclusion et d'exclusion des articles scientifiques ont été établis à l'aide de l'outil PRISMA. De plus, le nom des pays et l'année de publication ont été pris en compte. Après cet examen, il a été déterminé que l'intégration de l'intelligence artificielle dans l'amélioration de la qualité de service dans la gestion des déchets solides a un effet bénéfique sur les entités. Cela est dû au fait que l'intelligence artificielle a la capacité d'augmenter l'efficacité et la qualité du service fourni, de réduire les dépenses et de simplifier la prise de décision. Cependant, il a également été détecté que l'intelligence artificielle peut générer des effets négatifs, tels que la suppression d'emplois. L'automatisation de certaines fonctions peut entraîner le remplacement des rôles attribués aux personnes. De même, il a été indiqué que l'intelligence artificielle peut provoquer un rejet en raison de son comportement peu humain ou accueillant, en particulier dans les zones de service client.

Mots-clés: Qualité de service/ Optimisation/ Déchets solides/ Intelligence artificielle.

1. Introducción

La inteligencia artificial ha ejercido un impacto significativo en la sociedad contemporánea, dado que ha transformado el modo en que las empresas emplean la información en diversas áreas. Con el objetivo de beneficiar sus procedimientos y ofrecer un mejor servicio a los usuarios. El progreso de la inteligencia artificial está marcado por la disponibilidad ilimitada de datos, gracias a la íntima conexión de la sociedad con la red. Esto ha posibilitado que tanto el saber explícito como el subyacente puedan ser guardados y empleados de forma digital. Basándonos en esta premisa, podemos utilizar estos sistemas para perfeccionar y organizar los algoritmos de forma más eficaz, lo cual nos facilita la generación de más conocimiento y la realización de acciones a través de la computación automatizada. En relación con este asunto, el resultado inevitable de la actividad humana es la generación de desechos que, combinados con el desarrollo urbano y los crecientes estándares de urbanización, aumentan el volumen y la complejidad de la vida urbana. La producción de residuos sólidos urbanos en todo el mundo asciende a aproximadamente 2.01 millones de toneladas al año y, a menudo, falta una gestión respetuosa con el medio ambiente. (Al-Shaikh, R. et al., 2024). La fase inicial

de clasificación de los residuos sólidos es crucial para la adecuada eliminación de los residuos resultantes, según los expertos en gestión de residuos, este procedimiento requiere fomentar la conducta y mantenerse comprometido con las políticas de gestión. La dificultad para promover este comportamiento surge de la dinámica cambiante de los usuarios y de los servicios. (Bouabdallaoui, Y. et al., 2024), la gestión de residuos abarca todo el proceso desde la eliminación de los residuos hasta la demolición. Los tipos de residuos que se pueden producir incluyen materiales gaseosos, líquidos o sólidos, industriales y biológicos, e industriales; así como residuos residenciales, comerciales y de centros comerciales. (Thada et al.2019).

La problemática ambiental, económica y social que plantea la gestión de residuos son importantes para las ciudades de todo el mundo. El documento sugiere un nuevo sistema de gestión de residuos que incorpore nuevas tecnologías como la automatización y la inteligencia artificial, lo que conducirá al desarrollo de la gestión de residuos (Arias, A. et al., 2024); el próximo papel de los robots y la inteligencia artificial en el reciclaje en diversos entornos públicos y su impacto potencial en la fuerza laboral. Describe los factores técnicos, sociales y de políticas que influyen en la gestión de residuos sólidos municipales, centrándose en el uso de diversos métodos tecnológicos para clasificar materiales reciclables en instalaciones de recuperación de materiales y promoviendo prácticas sostenibles. (Ochoa, J.et al., 2024).

La investigación revisa los avances en la gestión de residuos sólidos en técnicas artificiales (IA). Las técnicas híbridas y la IA se han utilizado para predecir el rendimiento de métodos utilizados para generación, segregación, almacenamiento y tratamiento de residuos sólidos. Sin embargo, se enfrentan desafíos claves en la aplicación de la IA en residuos sólidos, como la disponibilidad y selección de datos aplicables, la reproducibilidad deficiente y la menor evidencia de aplicaciones en residuos sólidos reales.

Por lo tanto, se plantea un esquema para crear y administrar servicios de clasificación de desechos sólidos urbanos basados en la inteligencia artificial, poniendo especial atención en el progreso de la planificación urbana sostenible. Se emplean métodos de investigación narrativa y de estudio de casos con el fin de ahondar en las ventajas de la tecnología de IA en los sistemas de clasificación de residuos. El marco abarca el reconocimiento inteligente, estrategias de administración, tecnologías de clasificación de desechos con inteligencia artificial, mejoras en los servicios y la participación y educación de las clientes impulsadas por inteligencia artificial. Según nuestro estudio, se ha señalado que la tecnología de inteligencia artificial puede aumentar la exactitud, la productividad y la rentabilidad al categorizar los desechos, lo que puede colaborar con la sostenibilidad ecológica y el bienestar de la población. No obstante, se necesita una validación más extensa de la efectividad de las aplicaciones de IA en diferentes entornos urbanos (Zhang, J. et al.,2024).

El propósito de la revisión metódica efectuada fue examinar el impacto de la inteligencia artificial en la calidad de servicio en la recolección de residuos en una organización. Se buscó recolectar datos significativos acerca de cómo la implementación de la inteligencia artificial ha impactado en la calidad de servicio en la gestión de residuos en

una entidad, además de las consecuencias beneficiosas y perjudiciales que surgen de su adopción.

El objetivo principal era adquirir un panorama general de las ventajas que la inteligencia artificial puede proporcionar en aspectos de eficiencia, calidad del servicio, disminución de costos y capacidad de decisión en la mejora de la calidad del servicio de recolección de residuos sólidos.

En ese marco, el documento actual está estructurado de la siguiente manera. La sección 1 consiste en una Introducción, la pregunta y objetivo general, y además de las preguntas y objetivos específicos. La sección 2 examina la Metodología, la cual muestra el procedimiento llevado a cabo para la búsqueda y selección de artículos relacionados con el tema, incluyendo un cuadro de contribuciones. La sección 3 contiene los hallazgos de la selección de artículos de revisión, que abarca revisiones sistemáticas de la literatura, de igual manera se incluyen los Aportes y Discusión. En la sección 4, que se refiere a las Conclusiones y Recomendaciones, se enfocan los hallazgos logrados durante la revisión sistemática de la literatura y se proponen futuras investigaciones relacionadas con el tema.

Pregunta General

P.G. ¿Cuál es el impacto de la inteligencia artificial en la calidad de servicio en la recolección de residuos sólidos en una organización?

Preguntas específicas

P.E.1. ¿Qué es la inteligencia artificial y cuáles son sus características en el horizonte actual?

P.E.2. ¿Por qué es relevante la calidad de servicio en la recolección de servicios?

P.E.3. ¿Qué tecnologías permiten el desarrollo de la inteligencia artificial en la calidad de servicio en la recolección de los residuos sólidos?

P.E.4. ¿Qué plataformas basadas en inteligencia artificial generan un impacto en la calidad de servicio en la recolección de residuos sólidos?

Objetivo general

La presente revisión tiene como principal contribución:

O.G. Analizar el impacto y relación que tiene la inteligencia artificial con la calidad de servicio en la recolección de residuos sólidos.

Objetivo específico

O.E.1. Conocer tanto la definición como las aplicaciones prácticas de la inteligencia artificial y sus características que ofrece en términos de eficiencia, capacidades y optimización.

Q.E.2. Presentar lo relevante de la calidad de servicio dentro de la recolección de residuos sólidos.

O.E.3. Identificar las tecnologías que permiten el desarrollo de la inteligencia artificial en la calidad de servicio en la recolección de residuos sólidos.

O.E.4. Mostrar el impacto de las plataformas basadas en inteligencia artificial en la calidad de servicio en la recolección de residuos sólidos.

2. Material y métodos

2.1. Pregunta PICOC

El formato más comúnmente utilizado para crear las interrogantes de investigación es conocido como PICO, que es un acrónimo. PICOC (Navarro-Mateu & Martín García-Sancho, 2007; Richardson et al., 1995; Stark & Woods, 2022). Surgió con la finalidad original de crear una pregunta estructurada que incluyera los elementos esenciales con el fin de luego diseñar una estrategia de búsqueda de información bibliográfica lo más efectiva posible, que permita acceder a las mejores pruebas científicas y aplicarlas en la toma de decisiones óptimas en diversos ámbitos de acción.

Se planteó la siguiente interrogante para la revisión sistemática de la literatura: ¿Cuál es el impacto de la inteligencia artificial para optimizar la calidad de servicio en la recolección de residuos sólidos en una organización? Palabras claves especializadas pertinentes.

En la tabla N.º 1, las palabras claves están de acuerdo con lo establecido en la pregunta "PICO", categorizando estas palabras siguiendo la estructura de la pregunta. La disposición se describe de la manera siguiente:

Tabla N° 1: Estrategia del acrónimo PICOC

Código	Palabras clave en español	Palabras clave en inglés
P	Organización	Organización
I	Inteligencia artificial	artificial intelligence
C	-	-
O	Calidad de servicio, Optimización	Service quality, Optimization
C	Gestión, Residuos solidos	Management, Solid waste

Fuente: elaboración propia

2.2. Ecuación de búsqueda

En esta etapa se examinan las palabras clave con el fin de comenzar la búsqueda y ayudar a encontrar publicaciones vinculadas al tema de estudio. La fórmula utilizada para buscar el RSL es la siguiente:

Title-abs-key (("organización" or "artificial intelligence" or "service quality" or "optimización" or "manangement ") and ("solid waste")) and (limit-to (exactkeyword , "artificial intelligence") or limit-to (exactkeyword , "waste management") or limit-to (exactkeyword , "municipal solid waste") or limit-to (exactkeyword , "solid waste") or limit-to (exactkeyword , "solid wastes") or limit-to (exactkeyword , "service quality") or limit-to (exactkeyword , "automation")) and (limit-to (pubyear , 2020) or limit-to (pubyear , 2021) or limit-to (pubyear , 2022) or limit-to (pubyear , 2023) or limit-to (pubyear , 2024)) and (limit-to (subjarea , "engi")) and (limit-to (doctype , "ar"))

2.3. Criterios de inclusión y exclusión de los artículos científicos

Los criterios juegan un papel fundamental en asegurar que una investigación sea coherente, relevante y válida, al mismo tiempo que protegen a los participantes involucrados. Definir criterios concretos de manera exacta contribuye a aumentar la calidad de la investigación, lo que facilita la interpretación y la aplicación generalizada de los resultados obtenidos.

En la tabla N° 2, se detallan los criterios de inclusión y exclusión seleccionados para realizar la investigación:

Tabla N° 2: Criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
i1. Publicaciones sobre la gestión de desechos sólidos fundamentadas en inteligencia artificial.	e1. Publicaciones que traten cuestiones de índole política, medioambiental, transversal y administrativa. Aportaciones de artículos y evaluaciones seleccionadas.
i2. Publicaciones relacionados con el ámbito de la inteligencia artificial.	e2. Publicaciones que discutan acerca de otras industrias que no dependen de la calidad del servicio. En el manejo de desechos utilizando tecnologías emergentes.
i3. Publicaciones que expongan la relevancia de incrementar la calidad en la gestión de residuos sólidos.	e3. Publicaciones poco vinculadas: se descartarán aquellos productos que, sin importar su relación con la inteligencia artificial y calidad de servicio, estén vinculados con la recolección de desechos sólidos.
i4. Publicaciones que utilicen la inteligencia artificial para incrementar la calidad del servicio en la gestión de desechos sólidos.	e4. Publicaciones con datos parcialmente insignificantes.
i5. Publicaciones con una antigüedad inferior a 5 años.	e5. Publicaciones que superen los 5 años de antigüedad.

Fuente: elaboración propia

2.4. Descripción del proceso de selección

Resultados obtenidos del proceso de búsqueda de literatura científica

El número de publicaciones encontradas a partir de la ecuación de búsqueda ingresada en la base de datos Scopus es de 466, incluyendo artículos y revisiones sistemáticas de literatura. Después de eso, las publicaciones fueron exportadas en formato CSV a una hoja de cálculo en Excel para poder seleccionar las publicaciones finales en el estudio.

Descripción de la lógica de selección considerada

En el proceso de selección se consideran los criterios básicos y principales desde el comienzo de la investigación. Los criterios detallados son: la inclusión en la base de datos general (Scopus), la utilización de otras bases de datos para obtener artículos adicionales (SciELO y Google Académico), la exclusión de publicaciones con más de cinco años de antigüedad, la presencia de acceso restringido y la limitación a artículos y revisiones.

En contraste, se especifican criterios más detallados, tales como los de admisión y exclusión para la etapa conclusiva de selección. Los criterios se especifican en la tabla 2, con el objetivo de establecer la cantidad total de publicaciones para ser incluidas en la RSL (Revisión sistemática de la literatura) y el diagrama de flujo PRISMA.

Descripción detallada del proceso de selección y sus resultados

El esquema PRISMA es una herramienta muy utilizada en revisiones sistemáticas, debido a que permite que los autores realicen análisis exhaustivos de forma rápida. Esto posibilita una comprensión profunda del tema de estudio, ya que resume de forma eficaz la evidencia pertinente y crea nuevos conocimientos en el ámbito (Sohrabi et al.,

2021). Por consiguiente, el organigrama se creó tomando como referencia cuatro aspectos esenciales para su progresión, tales como: la detección, selección, adecuación e incorporación.

En este punto se identifican los estudios que muestra la ecuación de búsqueda formulada ($n=466$), asimismo, se cuenta con estudios identificados en registros de fuentes adicionales ($n=0$). Todo ello genera un total de estudios identificados ($n=466$), excluyendo las publicaciones duplicadas realizadas en otra base de datos ($n=0$).

Cribado

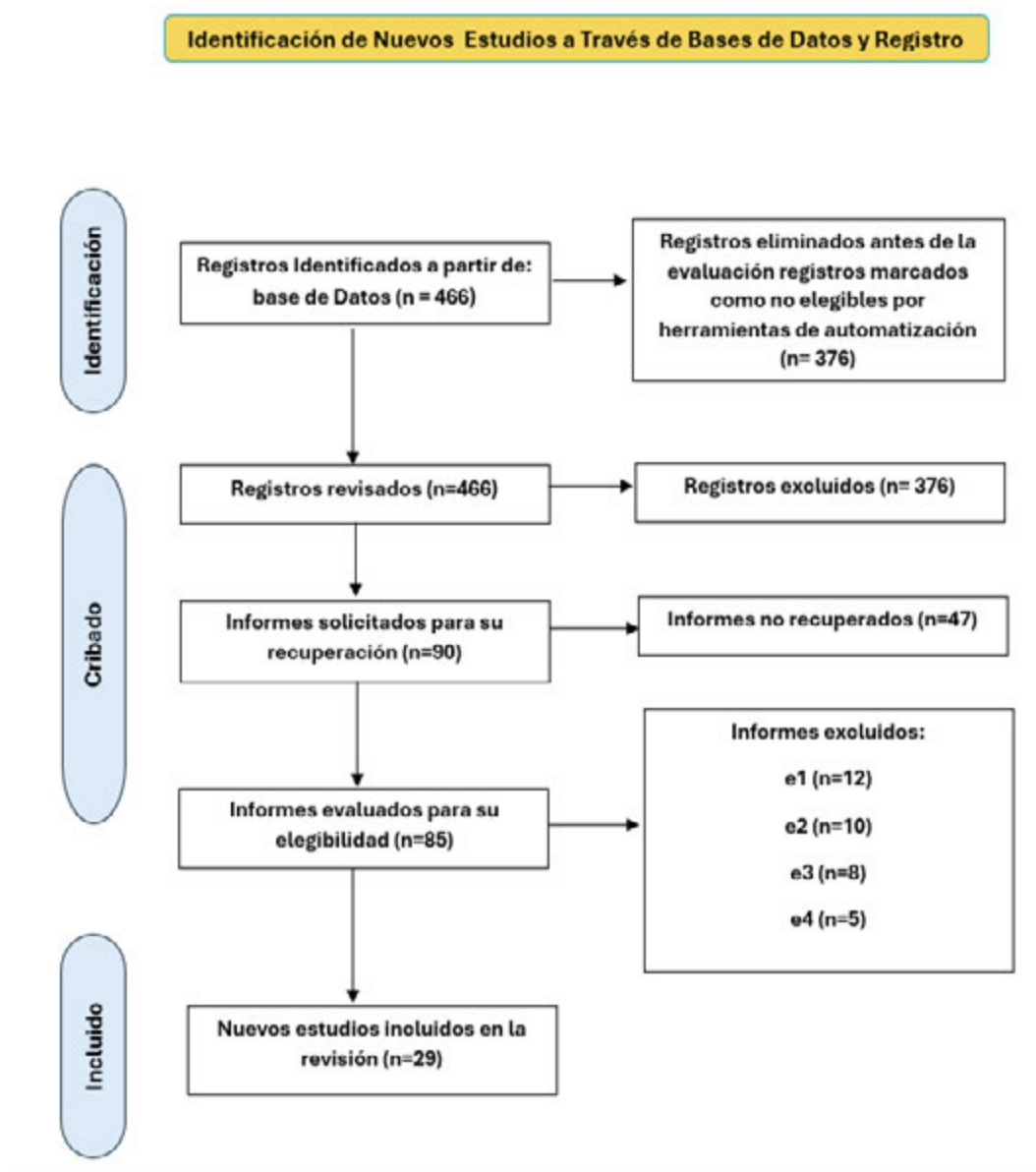
Basándonos en las publicaciones identificadas ($n=466$), se excluye las publicaciones sin acceso, con fecha límite y que no sean artículos y/o revisiones ($n=376$). Se obtienen publicaciones recuperadas para evaluación ($n=90$), excluyendo aquellas cuyo título y/o resumen no estén relacionados con Inteligencia Artificial, calidad de servicio, recolección de residuos; y gestión de residuos ($n=5$).

Idoneidad

Así es como se obtienen las publicaciones evaluadas para determinar su elegibilidad ($n=85$). Después, los criterios de inclusión y exclusión se utilizan para la selección final ($e1=15$; $e2=10$; $e3=8$; $e4=5$), llegando al resultado de estudios excluidos ($n=47$). Los estudios de lectura completa ($n=18$) finalmente son retirados.

Inclusión

De esta manera se logra obtener el número de investigaciones incluidas en el análisis ($n=29$), las cuales respaldarán la elaboración de la revisión.

Figura N° 1: Diagrama Prisma.

Fuente: elaboración propia

En la tabla N° 3, se especifica los años, autores, títulos, aportes y fuentes de los artículos seleccionados para la realización de la investigación.

Tabla N° 3: Aportes de artículos y revisiones seleccionados.

N°	AÑO	AUTOR	TITULO	APORTES	TITULO DE FUENTE
1	2024	Addas A.; Khan M.N.; Naseer F.	Gestión de residuos 2.0: aprovechamiento de la Internet de las cosas para una solución de ciudad inteligente eficiente y ecológica	El documento propone un nuevo sistema de gestión de residuos basado en Internet de las cosas (IoT), algoritmos y análisis en la nube para una recolección y procesamiento de residuos más eficiente, sostenible y ecológico en ciudades inteligentes. Se diseñó un sensor ultrasónico para monitorear el nivel de llenado, y una arquitectura de red celular y LoRaWAN proporciona conectividad. Una plataforma en la nube maneja el almacenamiento, procesamiento y análisis de datos de sensores. Los resultados en 10 ubicaciones en Lahore, Pakistán, mostraron beneficios cuantificables en operativas, económicas y sostenibilidad.	PLoS ONE
2	2024	Anan V.; Krishna Rao Patro E.; Anusuya Devi V.S.; Nagpal A.; Kumar Chandra P.; Albawi A.	Algoritmos de predicción basados en IA para mejorar el sistema de gestión de residuos: un análisis comparativo	La gestión de residuos se ha convertido en un tema apremiante debido a la urbanización, el crecimiento demográfico y el desarrollo económico. El Banco Mundial predice que la producción de residuos alcanzará los 3 400 millones de toneladas en 2050. Este documento analiza las técnicas y recursos necesarios para tratar diversos tipos de residuos, incluidos los agrícolas, industriales, los residuos sólidos urbanos y los residuos electrónicos. El avance de la inteligencia artificial se ha aprovechado para optimizar la gestión de residuos. El estudio se centra en los materiales de desecho no reciclables y su conversión en energía mediante tecnologías de conversión de residuos.	E3S Web of Conferences
3	2024	Chertow M.; Beck B.K.; Wrzesniewski A.; Calli B.	Perspectivas sobre el papel futuro de los robots y la IA en las instalaciones de recuperación de materiales: implicaciones para el reciclaje y la fuerza laboral de EE. UU.	Este estudio analiza el papel futuro de los robots y la inteligencia artificial (IA) en el reciclaje en los Estados Unidos, centrándose en diferentes entornos políticos y su impacto en la fuerza laboral. El estudio explora las influencias técnicas, sociales y políticas en la gestión de residuos sólidos urbanos y sugiere cuatro escenarios diferentes para el reciclaje para 2050, centrándose en instalaciones de reciclaje que maximicen la recuperación de materiales, la experiencia de los trabajadores y la competitividad económica. El estudio concluye que un fuerte apoyo al reciclaje y una tecnología robótica flexible con sistemas de visión de IA ofrecen mejores resultados.	Journal of Cleaner Production
4	2024	Bhattacharjee P.; More A.B.	El papel de la inteligencia artificial (IA) en la gestión de residuos sólidos: una sinopsis	La rápida urbanización y el crecimiento demográfico han llevado a un aumento global de la producción de residuos sólidos. La gestión ineficiente de residuos, la asignación inadecuada del transporte y la gestión inadecuada de los recursos humanos contribuyen a la gestión de residuos sólidos (SWM), un desafío importante en los países en desarrollo. Los investigadores están estudiando tecnologías avanzadas de inteligencia artificial (IA) para determinar su utilidad potencial en la SWM. Los algoritmos de ML se utilizan en todo el proceso, desde la creación de residuos hasta su eliminación y disposición final.	Inteligencia artificial, aprendizaje automático y diseño de interfaz de usuario
5	2024	Navia R.; Ross D.E.	Gestión de residuos e inteligencia artificial: ¿ya está sucediendo?	La Inteligencia Artificial (IA) es la ciencia que hace que las máquinas inteligentes funcionen como humanos, procesando grandes cantidades de datos. Ayuda a reconocer patrones, tomar decisiones y extraer conclusiones racionales útiles para los humanos. La Gestión de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) implica operaciones unitarias para minimizar los impactos ambientales y la salud pública, optimizar la eficiencia operativa y reducir los costos del sistema. La IA se ha aplicado para mejorar la gestión de RSU, siendo su aplicación más importante, la clasificación de materiales ópticos.	Gestión e investigación de residuos
6	2024	Sindiga B.; Kumar T.	Un sistema inteligente basado en aplicaciones para la segregación y recolección de residuos	La generación de residuos urbanos en la India está aumentando debido a la rápida urbanización y al crecimiento demográfico. Los métodos existentes para la recogida, el tratamiento y la recuperación de residuos son insuficientes, lo que lleva a una eliminación a gran escala de residuos no científicos y a una menor recuperación. Se necesita un sistema de intervenciones para organizar los esfuerzos en la gestión de residuos y reducir la tolerabilidad de los errores de segregación. La solución propuesta integra residuos urbanos, elementos humanos y tecnología en un sistema inteligente basado en aplicaciones, incluida la clasificación de imágenes y la recopilación de datos.	Procedia Computer Science
7	2024	Abu-Qdais H.; Shatah N.; Al-Alami E.	Sistema inteligente para la clasificación de residuos sólidos que utiliza una combinación de modelos de procesamiento de imágenes y aprendizaje automático	El estudio busca desarrollar un modelo de clasificación automatizada de residuos sólidos probando de modelos de aprendizaje automático tradicionales y profundos. Utilizando conjuntos de datos abiertos y generados en el entrenamiento y prueba del modelo, se mostraron una capacidad de predicción relativamente baja de los modelos tradicionales como Random Forest y Support Vector Machine en comparación con la red neuronal convolucional (CNN). El modelo de aprendizaje profundo JONET, desarrollado con una combinación de un modelo base entendido y una nueva arquitectura con 1024 neuronas, identifica seis clases de elementos de desechos sólidos con distintas precisiones.	Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence
8	2023	Arashpour M.	Marco de explicación de la IA para la investigación en gestión medioambiental	Este estudio desarrolla un marco tridimensional para explicar la IA (XAI) en la gestión ambiental. Introduce un enfoque basado en el contexto para la generalización y minimización del sobreajuste, el monitoreo directo de los parámetros del modelo de IA para una implementación adecuada de la junta directiva y un proceso de toma de decisiones basado en la interpretabilidad y solidez de las decisiones predictivas de la IA. Estas contribuciones avanzan significativamente el estado de la IA en la investigación de la gestión ambiental, promoviendo una mejor comprensión y uso de las redes de IA.	Journal of Environmental Management
9	2023	Heikkilä S.; Mäluht G.; Deviatkin I.	De los residuos al valor: mejora de la creación de valor circular en el ecosistema de gestión de residuos sólidos municipales mediante robots impulsados por inteligencia artificial	Este capítulo investiga la creación de valor circular en los ecosistemas de gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) utilizando robots de inteligencia artificial (IA). Se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas con varios actores de la red de actores focales de Finlandia. Los hallazgos resaltan la importancia de la comunicación y el intercambio de conocimientos entre industrias, formuladores de políticas y clientes para lograr el potencial de la economía circular. Para mejorar la coherencia del ecosistema, se requiere una mayor cooperación y apoyo de todos los actores.	Sustainable and Circular Management of Resources and Waste Towards a Green Deal
N°	AÑO	AUTOR	TITULO	APORTES	TITULO DE FUENTE
10	2023	Ghanbari F.; Kamalan H.; Sarraf A.	Predicción de la generación de residuos sólidos basada en modelos de inteligencia artificial de conjunto bajo análisis de incertidumbre	El documento presenta un modelo híbrido adaptativo basado en la descomposición modal empírica de conjuntos (EEMD) y modelos de IA para mejorar la precisión de la predicción de SWG municipal mensual. Utilizando datos de Teherán entre 1991 y 2013, se evaluó la eficacia del modelo y se comparó con varios modelos individuales. Las métricas estadísticas mostraron que el modelo EEMD-MARS tenía una mayor certeza y un potencial significativo para simular la generación de residuos sólidos.	Journal of Material Cycles and Waste Management
11	2023	Zafra-Gómez J.-L.; López-Pérez G.; Garrido-Montañés M.; Zafra-Gómez E.	Relación costo-eficiencia en residuos sólidos urbanos (RSU): diferentes alternativas en la prestación de servicios para los gobiernos locales españoles de tamaño pequeño y mediano	La prestación de servicios públicos locales es una preocupación de los gobiernos locales. La literatura académica es ampliamente analizada para maximizar eficiencia. Estos trabajos proponen el estudio de cuatro formas de gestión a través de una metodología de panel de datos de cascos de disposición gratuita (FDHDP) para el período 2014-2016.	Sustainability (Switzerland)
12	2023	Zhang J.; Yang H.; Xu X.	Investigación sobre el diseño de servicios de clasificación de basura impulsados por inteligencia artificial	Este artículo propone un marco para diseñar y gestionar servicios de clasificación de residuos basados en IA, centrándose en el desarrollo urbano sostenible. Utiliza investigación narrativa y estudios de casos para explorar los beneficios de la IA en los sistemas de clasificación de residuos. El marco incluye reconocimiento inteligente, estrategias de gestión, tecnologías de clasificación de residuos basadas en inteligencia artificial, reformas de servicios y participación de los clientes.	Sustainability (Switzerland)
13	2023	Oyeboye O.J.; Abdulazeez Z.O.	Optimización de la red de la cadena de suministro en la gestión de residuos sólidos mediante un enfoque híbrido de algoritmo genético y lógica difusa: un estudio de caso del estado de Lagos	Este estudio utiliza una estrategia híbrida de algoritmos genéticos y lógica difusa para mejorar la red de gestión de residuos en Lagos, Nigeria. Cuatro gobiernos locales participaron para identificar residuos sólidos en áreas seleccionadas, recopilar datos para comprender mejor la red y modular el algoritmo. El estudio encontró que los recolectores de residuos deben ser reconocidos como participantes importantes en el movimiento de residuos, aumentando su frecuencia 6 veces al día y proporcionando entre 9 y 20 recolectores de residuos por participante del servicio privado. Esto puede reducir significativamente la contaminación ambiental.	Nature Environment and Pollution Technology
14	2023	Mounadel A.; Ech-Chekh H.; Lassane Elhaj S.; Rachid A.; Sadik M.; Abdellouli B.	Aplicación de técnicas de inteligencia artificial en la gestión de residuos sólidos urbanos: una revisión sistemática de la literatura	El gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU) es un problema difícil para muchos países en diferentes niveles de desarrollo, ya que el crecimiento de la población y urbanización han aumentado la generación de RSU. La literatura se revisó sobre la aplicación de IA en RSU gestión, concluyendo que las redes neuronales artificiales son el enfoque más utilizado. Sin embargo, la falta y fiabilidad de datos limitan la avance de las IA en RSU.	Environmental Technology Reviews
15	2023	Voluati E.; Owusu-Sekyere E.; Imoro A.Z.	Análisis de calidad de los servicios de gestión de residuos sólidos en Ghana: un enfoque de puntuación de brecha	Las ciudades de Ghana enfrentan desafíos en la gestión de residuos sólidos (GRS) y el financiamiento, lo que lleva a la incorporación de empresas del sector privado en la prestación de servicios. Sin embargo, la investigación sobre la participación del sector privado en Ghana suele centrarse en la inyección de capital, mientras que las cuestiones de calidad del servicio suelen pasarse por alto. Un análisis utilizando el método del punto de brecha encontró una mala calidad del servicio en todas las dimensiones, lo que sugiere compromisos futuros de las empresas privadas en el desarrollo nacional.	Cleaner Waste Systems
16	2023	Chauhan S.; Gargish S.	Sistemas de gestión de residuos basados en AIoT	La rápida expansión de la población y la producción de residuos han provocado un entorno abrumador, atrayendo numerosas enfermedades infecciosas debido a la generación de gases tóxicos. Los sistemas tradicionales de gestión de residuos se están volviendo riesgosos en muchas zonas pobres. Se necesita inteligencia artificial (AIoT) para implementar sistemas de gestión de residuos basados en IA en las ciudades para mantener la limpieza y monitorear la recolección de residuos. Esta investigación analiza las tecnologías de gestión de residuos basadas en AIoT que pueden ayudar a eliminarlos.	AIoT Technologies and Applications for Smart Environments
17	2022	Shreyas Madhav A.V.; Rajaraman R.; Harini S.; Kilroot C.C.	Aplicación de la inteligencia artificial para mejorar la recolección de residuos electrónicos: una posible solución para la recolección y segregación de RAEE domésticos en la India	La reciente revolución tecnológica ha provocado un aumento significativo de los desechos electrónicos: la India produjo 3.2 millones de toneladas de desechos electrónicos en 2020. La gestión y el reciclaje adecuados de estos desechos son cruciales para las ciudades modernas. Sin embargo, las soluciones para la eliminación de los residuos en los hogares individuales son limitadas. Este artículo propone la implementación de un robot móvil que puede identificar desechos electrónicos comunes mediante el aprendizaje por transferencia y save como acceso para los camiones de desechos municipales existentes. Este enfoque innovador tiene como objetivo ahorrar un 20 % de costes y proporcionar una solución móvil viable para la recogida de residuos domésticos con una mínima intervención humana.	Waste Management and Research
18	2022	Ihsanullah I.; Alam G.; Jamal A.; Shuk F.	Avances recientes en aplicaciones de inteligencia artificial en la gestión de residuos sólidos: una revisión	El artículo revisa los avances en la gestión de residuos sólidos en técnicas artificiales (IA). Las técnicas híbridas e IA se han utilizado para predecir el rendimiento de métodos utilizados para generación, segregación, almacenamiento y tratamiento de residuos sólidos. Sin embargo, se enfrentan desafíos claves en la aplicación de la IA en residuos sólidos, como la disponibilidad y selección de datos aplicables, la reproducibilidad deficiente y la menor evidencia de aplicaciones en residuos sólidos reales.	Chemosphere
19	2022	Andeobu L.; Wibowo S.; Grandhi S.	Aplicaciones de inteligencia artificial para prácticas de gestión sostenible de residuos sólidos en Australia: una revisión sistemática	La generación de residuos sólidos ha sido una preocupación mundial, y los gobiernos se centran cada vez más en la recuperación de recursos mediante técnicas avanzadas de inteligencia artificial. Este estudio examina la aplicación de la IA en diversas áreas de gestión de residuos (SWM) en Australia, comparando su desempeño, beneficios y desafíos. Los resultados muestran que los modelos basados en IA tienen mejores capacidades de predicción que otros modelos utilizados para la generación y el reciclaje de residuos sólidos. El estudio sugiere que la creciente generación de residuos en Australia requiere una infraestructura de recuperación actualizada y mejorada y una tecnología de inteligencia artificial adecuada para la gestión sostenible de residuos. La adopción de tecnologías de reciclaje de IA en Australia beneficiaría a investigadores, gobiernos, formuladores de políticas, municipios y otras organizaciones de gestión de residuos, mejorando las tasas de reciclaje, eliminando el trabajo manual, reduciendo costos, maximizando la eficiencia y transformando la forma en que se aborda la gestión de residuos.	Science of the Total Environment
20	2022	Santhya N.J.; Chowdhury T.A.; Haque A.K.M.B.	Gestión inteligente de residuos basada en inteligencia artificial: una revisión sistemática	El texto revisa la literatura sobre sistemas inteligentes de gestión de residuos basados en inteligencia artificial. Se analiza 40 artículos de investigación entre 2001 y 2021, proponer marcos y modelos inteligentes para diferentes tipos de gestión de residuos. Esto se aborda como la gestión de residuos urbanos, la gestión inteligente de contenedores, la gestión domésticos, médicos, y residuos de construcción y industriales. Se también se discute de la representación categórica de los algoritmos de aprendizaje automático y profundo más utilizados.	Green Energy and Technology

N°	AÑO	AUTOR	TÍTULO	APORTES	TÍTULO DE FUENTE
21	2022	Wang A.; Chen X.; Wang X.; Wei J.; Song L.	Determinantes de la satisfacción con los servicios de gestión de residuos sólidos: una comparación central-local en China	El gobierno central de China ha implementado una política obligatoria de separación de residuos desde 2017, con el objetivo de gestionar cantidades crecientes de residuos. Sin embargo, existe un conocimiento limitado sobre la efectividad de estas políticas y los niveles de satisfacción de los residentes. Una encuesta en línea de 2021 mostró que la satisfacción de los residentes urbanos con los servicios de gestión de residuos sólidos era mayor que la satisfacción nacional, mientras que la satisfacción de los residentes rurales era menor. Para mejorar la satisfacción, el gobierno debería ampliar los sistemas básicos de gestión, mejorar los servicios de las ciudades rurales y no piloto y proporcionar instalaciones especiales para los residentes menos saludables.	International Journal of Environmental Research and Public Health
22	2022	Cheah C.G.; Chiu W.Y.; Lai S.F.; Chew K.W.; Chia S.R.; Show P.L.	Diseños innovadores de gestión de residuos sólidos basados en la industria 4.0: Maquinaria y economía circular digital	La Revolución Industrial 4.0 (RI 4.0) tiene como objetivo mejorar la gestión de residuos sólidos a través de aplicaciones y maquinaria digitales, eliminando, recuperando y reutilizando residuos de manera efectiva. Esta investigación tiene como objetivo descubrir y revisar el potencial de las tecnologías actuales que incorporan dichos innovadores Industrial 4.0 para la gestión de residuos sólidos. La aplicación de las tecnologías RI 4.0 muestra oportunidades prometedoras para la gestión y la eficiencia de los residuos. El aprendizaje automatizado, la inteligencia artificial y el reconocimiento de imágenes pueden automatizar la segregación de residuos, reducir la exposición a los mismos y mejorar la trazabilidad de los materiales. Los sistemas interconectados y la transferencia de datos permiten la creación de sistemas complejos, como el cálculo centralizado de ácidos nucleicos, lo que reduce los costos y elimina la necesidad de sistemas de información individuales.	Environmental Research
23	2021	Fayomi G.U.; Mini S.E.; Chisom C.M.; Fayomi O.S.I.; Udoye N.E.; Agbooda O.; Oomole D.	Gestión inteligente de residuos para ciudades inteligentes: impacto en la industrialización	Desechos, como sólidos, gaseosos y líquidos, aumentan a pesar de la población, urbanización y industrialización, afectando el mundo. La gestión de desechos involucra actividades como reutilización, reciclaje y reducción de generación. El monitoreo es una función clave en la gestión de desechos, incluyendo generación, recolección, transporte, tratamiento y eliminación. Este documento revisa la tecnología para una gestión inteligente.	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science
24	2021	Hasan M.A.	Retos de la gestión de residuos sólidos mediante inteligencia artificial	La gestión de residuos es atribuida a criterios tecnológicos, climáticos, financieros, geográficos, socioeconómicos y gubernamentales. En Camboya, el aumento de la producción de residuos sólidos urbanos provoca impactos negativos en la atmósfera y la salud pública. Este documento analiza modelos y estrategias de inteligencia artificial para la gestión y despoque de residuos orgánicos.	Journal of Environmental Protection and Ecology
25	2021	Fang F.; Ling L.	Diseño de la clasificación inteligente de residuos domésticos basada en reconocimiento de voz	Este artículo propone un diseño inteligente de contenedor de residuos domésticos para abordar la cuestión de la clasificación y la indistinguibilidad en las categorías de residuos de los residentes. El contenedor reconoce y determina el nombre de los residuos, lo asocia al contenedor de residuos adecuado y controla automáticamente la apertura del grifo.	ACM International Conference Proceeding Series
26	2021	Puche-Regalado J.C.; Porras-Alfonso S.; Jiménez A.; Aparicio-Castillo S.; Arranz-Val P.	Exploración de los determinantes de la satisfacción pública con la calidad de los servicios de recolección de residuos sólidos urbanos	Este estudio investiga los factores que influyen en la satisfacción pública con el servicio de recogida de residuos sólidos urbanos en Burgos, España. Se utiliza un modelo de ecuaciones estructurales, basado en los indicadores de calidad de servicio de SEMAT SA y las dimensiones de calidad de servicio de SERVQUAL. Los resultados muestran que Garantía y Capacidad de respuesta afectan positivamente la satisfacción del público, mientras que Confidencialidad, Empatía y Tangible no tienen efectos significativos. El estudio también destaca la importancia de la limpieza periódica del acero y los residuos, que está directamente relacionada con el aumento de los costos y el impacto de la contaminación. El estudio constata que el 84.37% de los ciudadanos están satisfechos con el servicio.	Environment, Development and Sustainability
27	2020	Abeygunawardhana A.G.D.T.; Shalinda R.M.M.M.; Bandara W.H.M.D.; Anesta W.D.S.; Kasthurirathna D.; Abeyrini L.	Contenedores inteligentes accionados por IA para la gestión de residuos	La urbanización ha hecho de la gestión de residuos una cuestión crucial para un medio ambiente limpio y saludable. Esta investigación se centra en un contenedor de residuos inteligente basado en inteligencia artificial (IA) que puede clasificar materiales de residuos sólidos disponibles como metal, vidrio y plástico. El aglutinante separa los desechos mediante procesamiento de imágenes y algoritmos de aprendizaje automático, y monitorea continuamente los niveles de desechos mediante sensores ultrasónicos. Esta aplicación móvil genera rutas óptimas de recolección de residuos y elimina la necesidad de costosos sensores y técnicas de filtrado.	ICAC 2020 - 2nd International Conference on Advancements in Computing, Proceedings
28	2020	Gan B.; Zhang C.	Factores que influyen en el comportamiento de clasificación y reciclaje de basura de los residentes urbanos Mecanismo impulsor en el entorno de la inteligencia artificial	La urbanización está aumentando la eliminación de residuos domésticos, lo que genera un problema de asedio de residuos. La tecnología de inteligencia artificial se ha aplicado a la clasificación de residuos, pero sólo ayuda a reducir la cantidad total de residuos. Este documento propone un estudio que involucra al gobierno, la sociedad, individuos y otras organizaciones para investigar la influencia de las actitudes de los residentes hacia la clasificación de desechos, las normas subjetivas, el control de comportamiento percibido, los factores situacionales y la regulación gubernamental legal sobre la deposición de desechos. Los resultados muestran que las actitudes de los residentes hacia la clasificación de residuos son significativas y que los factores de control gubernamental legal son clave para abordar este problema.	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science
29	2020	Abdallah M.; Abu Talib M.; Feroz S.; Nasir Q.; Abdalla H.; Mahdood B.	Aplicaciones de la inteligencia artificial en la gestión de residuos sólidos: una revisión sistemática de la investigación	Los procesos de gestión de residuos involucran numerosos parámetros técnicos, climáticos, ambientales, demográficos, socioeconómicos y legislativos. Las técnicas de Inteligencia Artificial (IA) han surgido recientemente como enfoques computacionales para resolver problemas de gestión de residuos sólidos. La IA ha demostrado ser eficaz para abordar problemas complejos, aprender de la experiencia y gestionar la incertidumbre. Esta revisión sistemática de 85 estudios realizados entre 2004 y 2019 proporciona un análisis exhaustivo de varios modelos y técnicas de IA, dominios de aplicación, métricas de rendimiento y plataformas de software utilizadas para estos modelos.	Waste Management

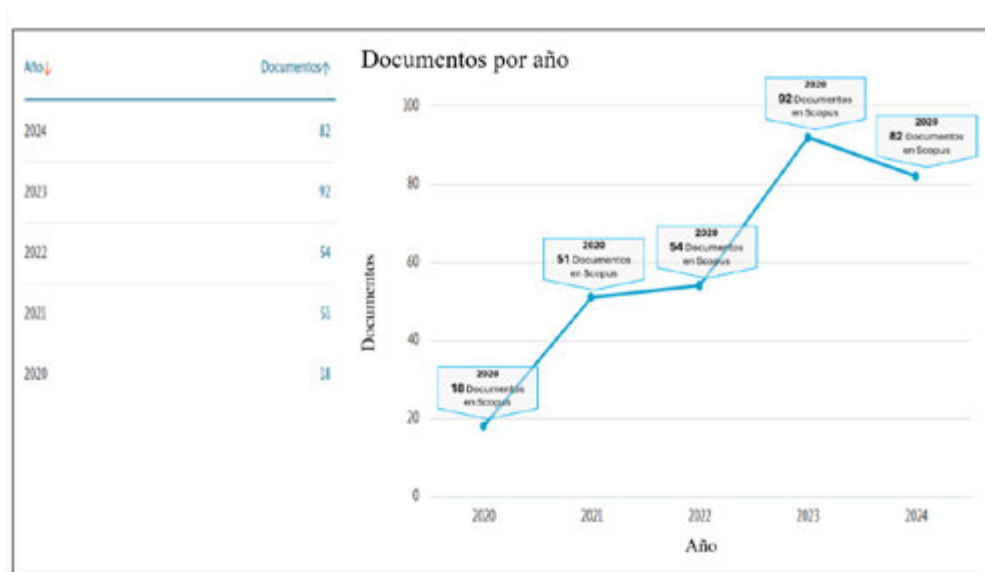
Fuente: elaboración propia

3. Resultados

3.1. Análisis Descriptivo de los artículos

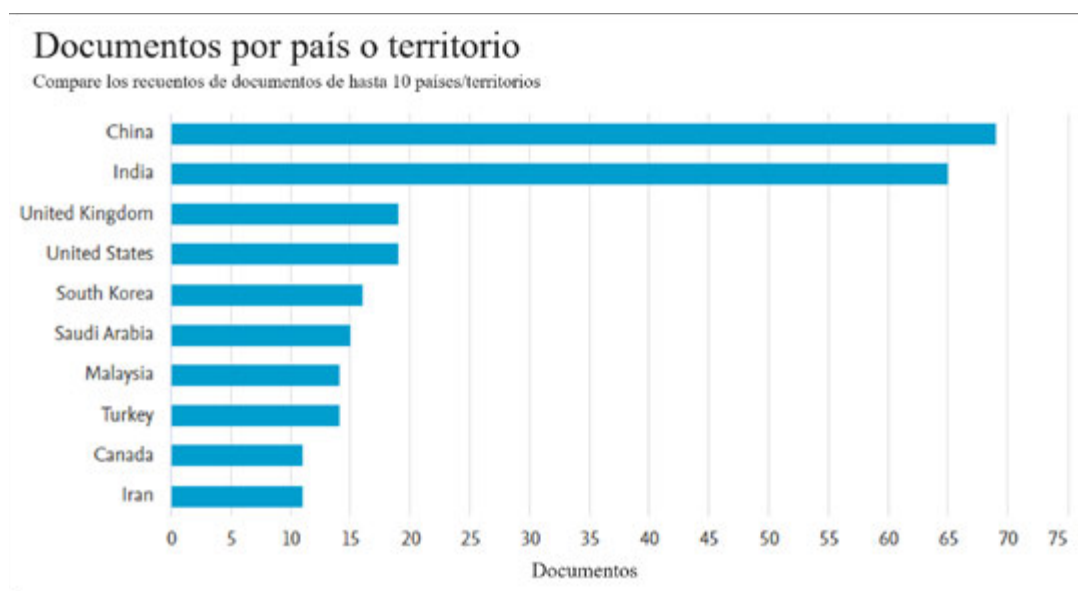
La elección efectuada muestra que desde el año 2020 se ha observado un interés en la investigación vinculada al uso de la Inteligencia artificial en la optimización de la calidad de servicio en la gestión de residuos sólidos en una organización con 18 documentos de investigación; no obstante, en el año 2021 se nota un incremento a 51 publicaciones efectuadas. En el 2022, con 54 publicaciones, el 2023 con 92 publicaciones y finalmente en el transcurso del año, se cuenta con 82 publicaciones.

A continuación, la Figura 2 muestra el número de artículos por año de publicación seleccionados durante la implementación de la metodología PRISMA. El número de publicaciones de estudios de investigación vinculados al asunto del efecto de la Inteligencia Artificial en la mejora de la calidad de servicio en la administración de desechos sólidos en una organización ha experimentado un incremento, tal como se puede observar en la figura 2. Los hallazgos presentados señalan que respecto al año 2020 a 2024 se observa un incremento del 18% al 86%, respectivamente. Basándonos en los criterios de exclusión e inclusión que se detallan en la tabla 2, se obtiene un total de 29 artículos.

Figura N° 2: Número de publicaciones por año.

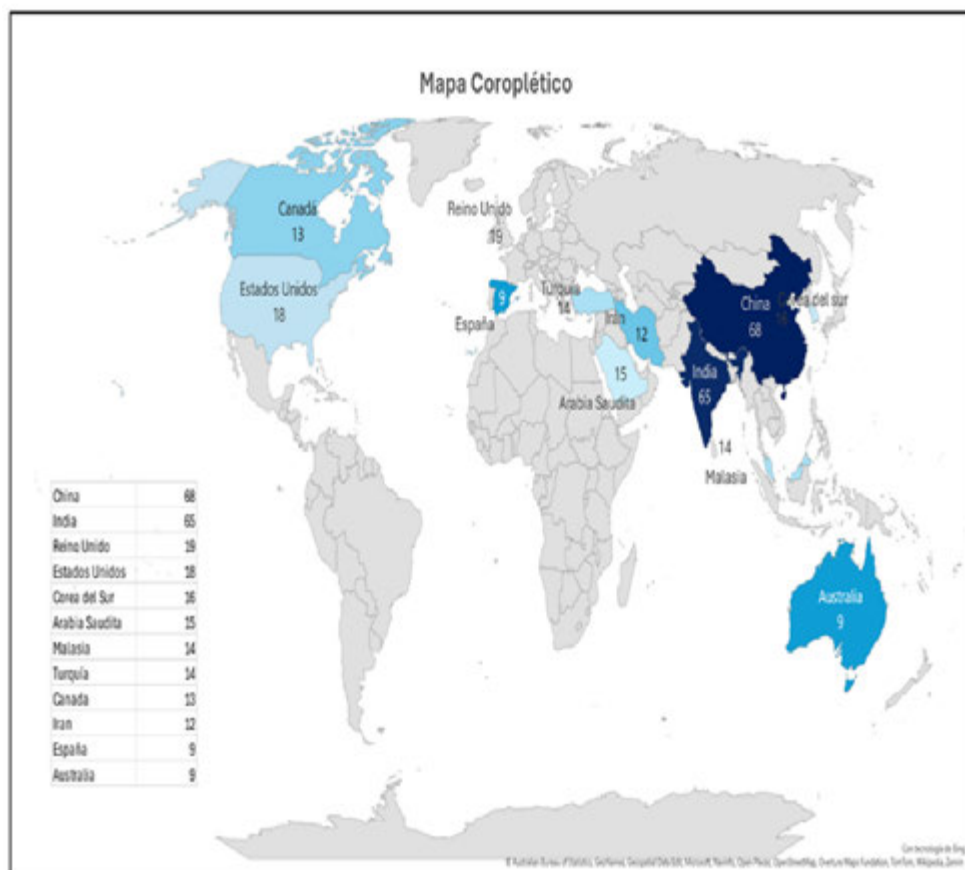
Fuente: elaboración propia

La figura 3 muestra el número de publicaciones por país, incluyendo la contribución de 10 países a esta revisión sistemática de la literatura. Además, se muestra la lista de los países correspondientes.

Figura N° 3: Cantidad de publicaciones por país.

Fuente: elaboración propia

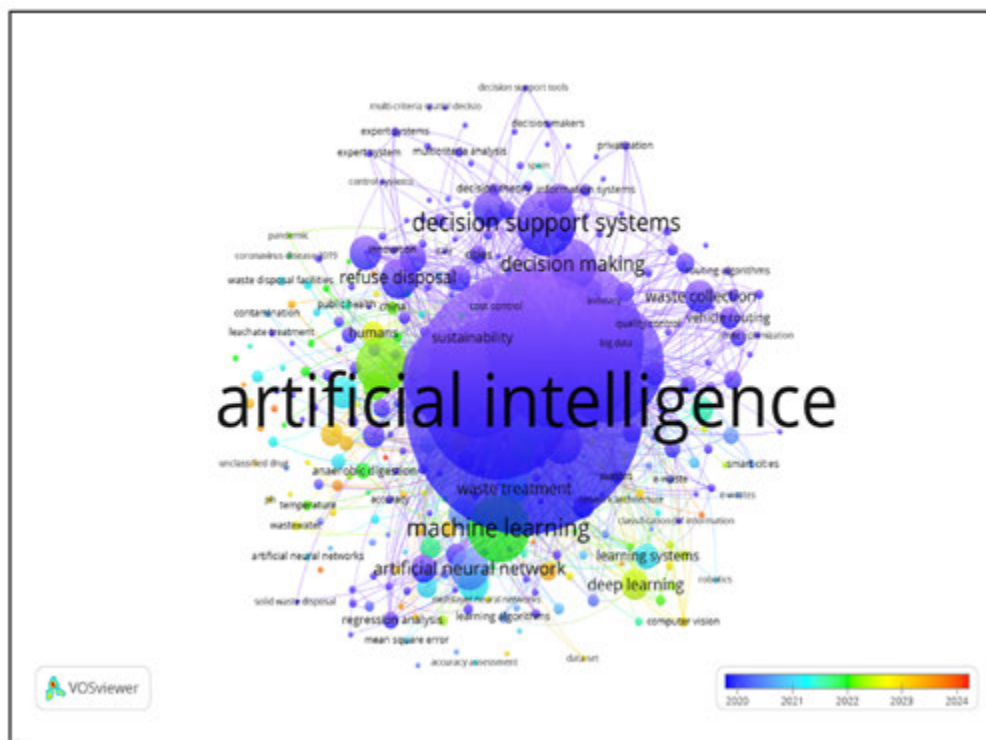
La figura 3 ilustra cómo China poseería más artículos en comparación con otros países.

Figura N° 4: Mapa coroplético.

Fuente: elaboración propia

En la figura 4, se muestra el mapa coroplético que sirve de referencia a los países que aportan en la búsqueda de publicaciones efectuadas en Scopus.

El proceso de elaboración del metaanálisis depende de reconocer las palabras clave que se registraron en cada artículo escogido (29 publicaciones). Por esta razón, en la figura 5 se empleó el software VOSviewer para obtener las palabras clave de la base de datos Scopus en un archivo CSV (Excel) y representar la relación que existe entre estas.

Figura N° 5: Gráfico relacional de palabras claves y años

Fuente: elaboración propia

Al utilizar la herramienta, se puede notar un gran tamaño en la palabra "Artificial Intelligence" de color morado, lo que indica que entre 2020 y 2022, el término clave ejerció un mayor impacto en las publicaciones empleadas para la revisión sistemática de la literatura.

3.2. Análisis de correlación de los artículos seleccionados

En esta etapa se llevó a cabo un estudio de correlación entre las cuestiones particulares planteadas inicialmente y los artículos escogidos en la tabla 3. A continuación se muestra la tabla 4, en la que se reflejan las cuestiones concretas y los autores que las resuelven.

En la tabla N° 4, se detallan a los autores que responden a las preguntas planteadas en la investigación:

Tabla N°4: Autores que responden a las preguntas planteadas

P.E	Pregunta Especifica	Autores
P.E 1	¿ Qué es la inteligencia artificial y cuáles son sus características en el horizonte actual de la gestión de residuos?	(Navia R.; Ross D.E.,2024);(Chertow M.; Reck B.K.; Wrzesniewski A.; Calli B.2024);(Arashpour M.,2024);(Sinthiya N.J.; Chowdhury T.A.; Haque A.K.M.B.,2022);(Abeygunawardhana A.G.D.T.; Shalinda R.M.M.M.; Bandara W.H.M.D.; Anesta W.D.S.; Kasthurirathna D.; Abeysiri L.,2021);(Abdallah M.; Abu Talib M.; Feroz S.; Nasir Q.; Abdalla H.; Mahfood B.,2020);(Gan B.; Zhang C.,2020).
P.E 2	¿ Por qué es relevante la calidad de servicio en la recolección de servicios?	(Arun V.; Krishna Rao Patro E.; Anusuya Devi V.S.; Nagpal A.; Kumar Chandra P.; Albawi A., 2024);(Bhattacharjee P.; More A.B.,2024);(Sinduja B.; Kumar T.,2024);(Sinduja B.; Kumar T.,2024);(Zafra-Gómez J.-L.; López-Pérez G.; Garrido-Montañés M.; Zafra-Gómez E.,2023);(Volsuuri E.; Owusu-Sekyere E.; Imoro A.Z.,2023);(Fayomi G.U.; Mini S.E.; Chisom C.M.; Fayomi O.S.I.; Udoye N.E.; Agboola O.; Oomole D.,2021);(Hasan M.A.,2021);(Puche-Regaliza J.C.; Porras-Alfonso S.; Jiménez A.; Aparicio-Castillo S.; Arranz-Val P.,2021);
P.E 3	¿ Qué tecnologías permiten el desarrollo de la inteligencia artificial en la calidad de servicio en la recolección de los residuos sólidos?	(Addas A, Khan MN, Naseer F ,2024);(Heikkilä S.; Malahat G.; Deviatkin I.,2023);(Zhang J.; Yang H.; Xu X.,2023);(Oyebode O.J.; Abdulazeez Z.O.,2023);(Chauhan S.; Gargrish S.,2022);(Ihsanullah I.; Alam G.; Jamal A.; Shaik F.,2022);(Andeobu L.; Wibowo S.; Grandhi S.,2022);(Wang A.; Chen X.; Wang X.; Wei J.; Song L.,2022);(Fang F.; Ling L.,2021);
P.E 4	¿ Que plataformas basadas en inteligencia artificial generan un impacto en la calidad de servicio en la recolección de residuos sólidos?	(Abu-Qdais H.; Shatnawi N.; AL-Alamie E.,2024);(Ghanbari F.; Kamalan H.; Sarraf A.,2023);(Mounadel A.; Ech-Cheikh H.; Lissane Elhaq S.; Rachid A.; Sadik M.; Abdellaoui B.,2023);(Shreyas Madhav A.V.; Rajaraman R.; Harini S.; Kiliroor C.C.,2023);(Cheah C.G.; Chia W.Y.; Lai S.F.; Chew K.W.; Chia S.R.; Show P.L.,2022);

Fuente: elaboración propia

3.2.1 La IA y cuáles son sus características en el horizonte actual de la gestión de residuos

La inteligencia artificial (IA) puede definirse simplemente como la ciencia que hace que las máquinas inteligentes (como computadoras, programas o robots controlados por computadora) funcionen como los humanos, procesando grandes cantidades de datos. En este sentido, la IA como herramienta puede ayudar a reconocer patrones, tomar decisiones y extraer conclusiones racionales que podrían ser útiles para los humanos. (Navia R.,2024).

a) Características

El papel futuro de los robots y la inteligencia artificial (IA) en el reciclaje en diferentes entornos de políticas y su impacto en la fuerza laboral. El estado del reciclaje en los estados está cambiando rápidamente, con desarrollos tecno económicos que trans-

forman la eficacia y la sostenibilidad del reciclaje y la fuerza laboral que emplea. (M. Chertow, et al.,2024), por lo general, la gestión de residuos implica una serie de criterios tecnológicos, climáticos, financieros, geográficos, socioeconómicos y gubernamentales. En el ciclo de fabricación y suministro, la gestión de los residuos sólidos es consecuencia de la actividad humana. (Hasan M.A.2021); con la creciente urbanización, los residuos se han convertido en un problema importante en el mundo actual. Por lo tanto, la gestión adecuada de los residuos es imprescindible para un medio ambiente limpio y saludable. Aunque las autoridades gubernamentales de la mayoría de los países ofrecen diversas soluciones para la gestión de residuos, los residuos sólidos tienden a tener un impacto significativo en el medio ambiente, ya que no se descomponen fácilmente. (Abeygunawardhana.2021); es por ello por lo que la gestión inteligente de residuos es un enfoque que utiliza tecnología moderna para gestionar los materiales de desecho de forma eficaz, eficiente y económica. La inteligencia artificial ofrece varios enfoques que pueden ayudar a construir sistemas inteligentes de gestión de residuos. Los sistemas basados en IA se utilizan para abordar problemas complicados, manejar la incertidumbre y exhibir la eficiencia de los sistemas inteligentes. (Sinthiya N.J.,2022); recientemente, las técnicas de inteligencia artificial (IA) han ganado impulso al ofrecer enfoques computacionales alternativos para resolver problemas de gestión de residuos sólidos (GRS). La IA ha sido eficiente para abordar problemas mal definidos, aprender de la experiencia y manejar la incertidumbre y los datos incompletos. (Abdallah M.,2020).

Respecto a las características anteriormente mencionadas, esta tecnología es capaz de brindar mejores facilidades y beneficios en sectores como la industria. El poder emergente de la IA ya se ha aprovechado hasta cierto punto para mejorar la gestión de los residuos sólidos urbanos, y sin duda hay muchas más oportunidades para que los académicos y los profesionales apliquen la IA para continuar esa tendencia. Hasta ahora, la aplicación más importante de la IA en la gestión de residuos se ha asociado con la clasificación óptica de diferentes materiales para mejorar la tasa de captura de reciclables. (Navia R.,2024).

b) Funcionamiento

El funcionamiento del avance de la inteligencia artificial en varios campos ha llamado la atención hacia la utilización de sus beneficios para lograr también una gestión optimizada de diferentes tipos de residuos. (Arun V.,2024); las redes de aprendizaje profundo impulsadas por IA son herramientas predictivas esenciales que dependen de la disponibilidad de datos de imágenes y de los avances en hardware de procesamiento. Sin embargo, se ha prestado poca atención a la IA explicable (XAI) en campos de aplicación, incluida la gestión medioambiental. (Arashpour M.,2023); El marco propuesto integra residuos sólidos urbanos, elementos humanos y tecnología en un sistema inteligente basado en aplicaciones. Esto incluye un contenedor inteligente que segrega los residuos en la fuente a través de la clasificación de imágenes y una aplicación para la comunicación y la recopilación de datos.

c) Beneficios

La inteligencia artificial (IA) ha surgido como una herramienta poderosa para aplicaciones en varios campos. Varios estudios también informaron sobre las aplicaciones de técnicas de IA en la gestión de residuos sólidos. Este artículo revisa críticamente los avances recientes en las aplicaciones de técnicas de IA para la gestión de residuos sólidos. Se han empleado con éxito varias técnicas híbridas e IA para predecir el rendimiento de varios métodos utilizados (Ihsanullah I.,2022)

- Generación,
- Segregación,
- Almacenamiento y
- Tratamiento de residuos sólidos

Por lo tanto, la adopción de aplicaciones de IA en la gestión de residuos sólidos comparando el rendimiento de las aplicaciones de IA, explora los beneficios y desafíos, y proporciona recomendaciones de mejores prácticas sobre cómo se puede optimizar la eficiencia de los recursos para mejorar los resultados económicos, ambientales y sociales. Este estudio encontró que los modelos basados en IA tienen mejores capacidades de predicción en comparación con otros modelos utilizados para pronosticar la generación y el reciclaje de residuos sólidos. (Andeobu et al., 2022).

3.2.2. La relevancia de la calidad de servicio en la recolección de servicios.

La conclusión sugirió que estos métodos de optimización basados en IA pueden generar mejoras en los diversos procesos de conversión de residuos en energía, haciendo que la gestión de los materiales de desecho sea más sostenible y confiable. (Arun., 2024); utilizando métodos de investigación narrativa y de estudio de casos para profundizar en los beneficios de la tecnología de IA en los sistemas de clasificación de residuos. El marco incluye reconocimiento inteligente, estrategias de gestión, tecnologías de clasificación de residuos basadas en IA, reformas de servicios y participación y educación del cliente impulsadas por IA. La investigación indica que la tecnología de IA puede mejorar la precisión, la eficiencia y la rentabilidad en la clasificación de residuos, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental y la salud pública (Zhang et al., 2023); los científicos e investigadores han estado trabajando para desarrollar tecnología de vanguardia con el fin de abordar este problema. Las tecnologías modernas de inteligencia artificial (IA) se están estudiando por su posible utilidad en la industria de la gestión de residuos sólidos (SWM). La gestión de residuos en su conjunto, incluida la recogida, el transporte y la clasificación, puede beneficiarse sustancialmente del uso inteligente de algoritmos de IA. (Bhattacharjee & More A.B. et al., 2024). Debido a las deficiencias en los métodos existentes de recolección, tratamiento y recuperación de residuos, se ha observado una eliminación no científica a gran escala y una menor recuperación de residuos. La segregación insuficiente en la fuente, los esfuerzos desorganizados, la menor conciencia e indiferencia hacia las malas prácticas (B Sinduja & Tarun Kumar,2024); la prestación de servicios públicos locales se ha convertido en una de las principales preocupaciones de los gobiernos locales. Por ello, la selección

de la forma de gestión más adecuada para maximizar los niveles de eficiencia en la prestación de servicios públicos locales ha sido ampliamente analizada en la literatura académica. (Zafra et al., 2023); se revisó la tecnología involucrada en lograr una gestión inteligente y sugiere el uso de inteligencia artificial (IA) para resolver la gestión de desechos, como la red neuronal convolucional para una clasificación eficiente e identificación de desechos y otra tecnología de IA. (Fayomi et al., 2021); los diversos modelos y estrategias de inteligencia artificial (IA) para la administración y el despliegue de residuos orgánicos, así como los informes sobre los criterios de salida de informes para la implementación de estos marcos. Toda la investigación se aplica para verificar la estimación acumulativa de la composición de los residuos residenciales, residenciales y de construcción y desarrollo a través de una red neuronal artificial de múltiples capas de retroalimentación (Hasan M.A.,2021); a pesar de ello, la relevancia de estos indicadores es lo suficientemente fuerte como para motivar a los tomadores de decisiones a dirigir sus esfuerzos e inversiones a mejorarlos, permitiendo así un servicio eficaz y eficiente con el nivel de calidad requerido y ajustando sus estrategias para aumentar la satisfacción de los ciudadanos.

3.2.3 Tecnologías que permiten el desarrollo de la inteligencia Artificial

La inteligencia artificial fusionada con tecnologías innovadoras parte de la industria 4.0 han sido objeto de análisis por diversos investigadores; en un nuevo sistema de gestión de residuos basado en Internet de las cosas (IoT), algoritmos y análisis en la nube para una recolección y procesamiento de residuos más eficiente, sostenible y ecológico en ciudades inteligentes. (Addas et al.,2024), la creación de valor circular en ecosistemas de gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) para los clientes finales mediante el uso de robots impulsados por inteligencia artificial (IA) (Heikkilä et al., 2023); las cadenas de suministro a menudo presentan deficiencias que pueden enriquecerse utilizando herramientas de Inteligencia Artificial (IA). El modelo de optimización es flexible y útil, por lo que todos los involucrados en la cadena pueden coexistir armoniosamente. Una de las razones que causan estas deficiencias en la gestión adecuada de los residuos es una red de cadena de suministro mal planificada (Oyebode O.J.& Abdulazeez Z.O.,2020). La gestión de residuos debe considerarse un problema serio, ya que impacta directamente en el medio ambiente y la salud del ser humano. En este trabajo de investigación, se discuten las tecnologías de contenedores inteligentes basadas en AIoT que brindan un monitoreo en tiempo real de la recolección de basura y el estado del contenedor que será útil en la eliminación de basura. (Alazab & Mamoun.,2023); el desarrollo de sistemas efectivos de gestión de residuos utilizando tecnologías avanzadas es vital para superar los desafíos que enfrentan los enfoques actuales. La inteligencia artificial (IA) ha surgido como una herramienta poderosa para aplicaciones en varios campos. Varios estudios también informaron sobre las aplicaciones de técnicas de IA en la gestión de residuos sólidos. Este artículo revisa críticamente los avances recientes en las aplicaciones de técnicas de IA para la gestión de residuos sólidos. Se han empleado con éxito varias técnicas híbridas e IA para predecir el rendimiento de varios métodos usados para la generación, segregación, almacenamiento y tratamiento de residuos sólidos. (Ihsanullah et al., 2022); un esquema de diseño de un contenedor de basura doméstico inteligente clasificado basado en el reconocimiento de voz. Cuan-

do los residentes dicen el nombre del residuo, el contenedor distinguirá y determinará su categoría, la asociará con el contenedor correspondiente y controlará la apertura automática de la tapa para guiar a los residentes a clasificar correctamente las cuatro categorías de basura reciclable (Fang & Ling.,2021).

3.2.4. Plataformas basadas en inteligencia artificial generan un impacto en la calidad de servicio en la recolección de residuos sólidos.

La Revolución Industrial 4.0 (RI 4.0) ofrece la oportunidad de mejorar la eficiencia en la gestión de los residuos sólidos a través de aplicaciones digitales y de maquinaria, eliminando, recuperando y reutilizando eficazmente los residuos. Esta investigación tiene como objetivo descubrir y revisar el potencial de las tecnologías actuales que abarcan diseños innovadores de la Industria 4.0 para la gestión de residuos sólidos. Se resumieron y evaluaron las máquinas y los procesos que hacen hincapié en la economía circular. La aplicación de las tecnologías de la RI 4.0 muestra oportunidades prometedoras para mejorar la gestión y la eficiencia en vista de los residuos sólidos. El aprendizaje automático (ML), la inteligencia artificial (IA) y el reconocimiento de imágenes se pueden utilizar para automatizar la segregación de residuos, reduciendo el riesgo de exponer a los trabajadores a residuos nocivos. La identificación por radiofrecuencia (RFID) y las comunicaciones inalámbricas permiten la trazabilidad de los materiales para comprender mejor las oportunidades de la economía circular. Además, la interconectividad de los sistemas y la transferencia automática de datos permiten la creación de un sistema más complejo que alberga un espacio de solución más grande; que antes no era posible, como la computación en la nube centralizada para reducir el costo al eliminar la necesidad de sistemas informáticos individuales (Cheah et al., 2022), la clasificación manual tradicional de los residuos sólidos es un proceso que requiere mucha mano de obra y puede suponer riesgos para la salud de los trabajadores. En la actualidad, la clasificación automatizada de los residuos sólidos mediante técnicas de aprendizaje automático se aplica ampliamente. Este estudio tiene como objetivo desarrollar un modelo de clasificación automatizada de residuos probando modelos de aprendizaje automático tradicionales y profundos. Para lograrlo, se utilizaron conjuntos de datos abiertos y generados en el entrenamiento y la prueba del modelo. Los resultados del estudio mostraron una capacidad de predicción relativamente baja de los modelos de aprendizaje automático tradicionales como Random Forest (RF) y Support Vector Machine (SVM) en comparación con la red neuronal convolucional (CNN) de aprendizaje automático. (Abu-Qdais et al., 2024); los desafíos actuales a los que se enfrentan los investigadores a la hora de implementar enfoques de IA en el sistema de residuos sólidos urbanos RSU. Se concluyó que las redes neuronales artificiales son el enfoque más utilizado en diversos problemas relacionados con los RSU. Sin embargo, la falta y la fiabilidad de los datos están limitando el avance de las técnicas de IA en este campo. Además, la mayoría de los estudios afirmaron que sus resultados son precisos y pueden implementarse en escenarios de la vida real. También se discuten las brechas detalladas y las sugerencias futuras para las técnicas de IA en los sistemas de residuos sólidos urbanos para futuras investigaciones.

4. Discusión

- La inteligencia artificial (IA) en el horizonte actual es significativo y multifacético mejorando la capacidad de las máquinas para realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana. Las IA utilizan algoritmos que permiten aprender de datos y mejorar su rendimiento con el tiempo sin ser programados explícitamente. La (IA) está transformando la gestión de residuos sólidos al ofrecer soluciones innovadoras que mejoran la eficiencia, la sostenibilidad y la participación ciudadana. Sin embargo, su implementación plantea una serie de desafíos y consideraciones éticas, sociales y económicas que deben ser abordadas.
- Se destaca la importancia de la calidad del servicio en la recolección de residuos sólidos, pues es fundamental para maximizar el potencial de la inteligencia artificial. Asegura la eficiencia operativa, mejora la satisfacción ciudadana, reduce costos y tiene un impacto positivo en el medio ambiente. La combinación de calidad de servicio y tecnologías avanzadas, como la IA, es clave para lograr un sistema de gestión de residuos que también promueve un enfoque más responsable y consciente hacia el medio ambiente. Al final, un sistema de gestión de residuos que integra estos elementos es clave para construir comunidades más limpias y sostenibles.
- El documento sostiene que las tecnologías de la industria 4.0 como los sensores Lot (Internet de las cosas), algoritmos de aprendizaje automático (IA), visión por computadora, Big Data, drones, robots, aplicaciones móviles y la comunicación de campo cercano (NFC), esta combinación de tecnologías no solo mejora la eficiencia y la efectividad de la recolección de residuos, sino que también contribuye a una mayor satisfacción ciudadana y a un enfoque más sostenible en la gestión de residuos sólidos. La integración de la IA y estas tecnologías emergentes promete transformar radicalmente cómo se gestionan los residuos en las ciudades modernas.
- Existen varias plataformas basadas en inteligencia artificial que están transformando la recolección de residuos sólidos y mejorando la calidad del servicio. Algunas de las más destacadas son: Sistemas de Optimización de Rutas que utilizan algoritmos de IA para analizar datos de tráfico, densidad poblacional y patrones de recolección, optimizando las rutas de los camiones de basura para reducir costos y tiempos de recolección. La implementación de tecnologías de inteligencia artificial en la recolección de residuos sólidos no solo optimiza el proceso, sino que también crea un impacto positivo en la calidad de vida de la población, promueve la sostenibilidad y fortalece el compromiso cívico. Estas innovaciones no solo mejoran la eficiencia operativa, sino que también contribuyen a una gestión de residuos más responsable y respetuosa con el medio ambiente, lo que es fundamental en el contexto actual.

5. Agradecimiento

A los dioses por darme amor y mucha vida para lograr mis metas, para mi familia por animarme cada día a alcanzar mis sueños y todos mis maestros que han sembrado conocimiento y sabiduría en mi corazón.

6. Conclusiones

- En el contexto de la gestión de residuos sólidos, la inteligencia artificial (IA) está emergiendo como una herramienta clave para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad. Algunas de sus características más relevantes incluyen: Clasificación automatizada. La IA puede utilizar técnicas de visión por computadora para identificar y clasificar diferentes tipos de residuos en plantas de reciclaje, aumentando la precisión y reduciendo la necesidad de intervención manual, optimizando las rutas de recolección de residuos, lo que ha reducido los costos operativos y el tiempo de recolección. Esto muestra cómo la tecnología puede hacer un uso más eficiente de los recursos disponibles.
- La implementación de inteligencia artificial en la gestión de residuos sólidos no solo optimiza la eficiencia operativa, sino que también transforma la calidad del servicio en múltiples dimensiones. Al permitir una recolección más ágil y precisa, mejorar la clasificación de residuos y fomentar la participación de la ciudadanía, la IA crea un ecosistema más sostenible y responsable. Este enfoque no solo reduce costos y mejora el reciclaje, sino que también impulsa la conciencia ambiental y la rendición de cuentas. En un mundo que enfrenta crecientes desafíos ambientales, la integración de tecnologías basadas en IA se vuelve esencial para lograr sistemas de gestión de residuos más inteligentes, eficientes y alineados a la calidad del servicio a través de una mejor planificación. Estos avances son esenciales para afrontar los desafíos actuales en la gestión de residuos y promover un entorno más positivo y transformador en la calidad de la gestión de residuos sólidos.
- La integración de la inteligencia artificial con tecnologías emergentes en la gestión de residuos sólidos representa un cambio paradigmático hacia un enfoque más eficiente, sostenible y responsivo. Esta combinación no solo optimiza los procesos operativos, como la recolección y clasificación de residuos, sino que también promueve la transparencia y la participación ciudadana. Al permitir una toma de decisiones basada en datos, se pueden anticipar necesidades, minimizar costos y reducir el impacto.
- Además, esta sinergia impulsa la innovación y fomenta una cultura de responsabilidad compartida en la gestión de residuos, creando un entorno más limpio y saludable para las comunidades. A medida que enfrentamos desafíos ambientales crecientes, el uso de estas tecnologías se vuelve esencial para avanzar hacia un futuro más sostenible y resiliente en la gestión de residuos. En última instancia, esta transformación no solo mejora la calidad del servicio, sino que también contribuye a un desarrollo más consciente y equilibrado de nuestras comunidades.
- En un contexto donde el cambio climático y la sostenibilidad son preocupaciones prioritarias, la adopción de tecnologías basadas en IA no solo mejora la calidad del servicio, sino que también impulsa una cultura de responsabilidad ambiental, transformando radicalmente la gestión de residuos en sectores urbanos e industriales a nivel global. Su capacidad para optimizar procesos, mejorar la eficiencia operativa y fomentar la sostenibilidad resalta su papel crucial en la creación de sistemas de gestión más inteligentes y responsables.
- Finalmente, al integrar la inteligencia artificial (IA) en la recolección, clasificación y reciclaje de residuos, se logran reducciones significativas en costos y emisiones, así

como un aumento en las tasas de reciclaje y la participación ciudadana. Además, la capacidad de anticipar problemas y adaptar estrategias en tiempo real permite a las autoridades y a las empresas abordar de manera proactiva los desafíos de la gestión.

7. Literatura Citada

- ABU-QDAIS, H., SHATNAWI, N., & AL-ALAMIE, E. A. (2024). INTELLIGENT SYSTEM FOR SOLID WASTE CLASSIFICATION USING COMBINATION OF IMAGE PROCESSING AND MACHINE LEARNING MODELS. JOURNAL OF EXPERIMENT & THEORETICAL ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 1-12. [HTTPS://DOI.ORG/10.1080/0952813X.2024.2323043](https://doi.org/10.1080/0952813X.2024.2323043)
- ADDAS A, KHAN MN, NASEER F. (2024). GESTIÓN DE RESIDUOS 2.0: APROVECHAMIENTO DE LA INTERNET DE LAS COSAS PARA UNA SOLUCIÓN DE CIUDAD INTELIGENTE EFICIENTE Y ECOLÓGICA. PLoS ONE 19(7): e0307608. [HTTPS://DOI.ORG/10.1371/JOURNAL.PONE.0307608](https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0307608)
- ANDEOBU, L., WIBOWO, S., & GRANDHI, S. (2022). ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATIONS FOR SUSTAINABLE SOLID WASTE MANAGEMENT PRACTICES IN AUSTRALIA: A SYSTEMATIC REVIEW. SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT, 834, 155389. ISSN 0048-9697, [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.SCITOTENV.2022.155389](https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2022.155389).([HTTPS://WWW.SCIENCEDIRECT.COM/SCIENCE/ARTICLE/PII/S0048969722024822](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722024822))
- ARASHPOUR, MEHRDAD. (2023). AI EXPLAINABILITY FRAMEWORK FOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT RESEARCH, JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT, ISSN 0301-4797, [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.JENVMAN.2023.118149](https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2023.118149).([HTTPS://WWW.SCIENCEDIRECT.COM/SCIENCE/ARTICLE/PII/S0301479723009374](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479723009374))
- ABDALLAH, M., TALIB, M. A., FERROZ, S., NASIR, Q., ABDALLA, H., & MAHFOOD, B. (2020). ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATIONS IN SOLID WASTE MANAGEMENT: A SYSTEMATIC RESEARCH REVIEW. WASTE MANAGEMENT, 109, 231-246. ISSN 0956-053X, [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.WASMAN.2020.04.057](https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2020.04.057).([HTTPS://WWW.SCIENCEDIRECT.COM/SCIENCE/ARTICLE/PII/S0956053X203022](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X203022))
- AGDT ABEYGUNAWARDHANA, RMMM SHALINDA, WHMD BANDARA, WDS ANESTA, D. KASTHURIRATHNA Y L. ABEYSIRI, "CONTENEDORES INTELIGENTES IMPULSADOS POR IA PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS", 2.ª CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE AVANCES INFORMÁTICOS (ICAC) DE 2020, MALABE, SRI LANKA, 2020, PÁGS. 482-487. [HTTPS://DOI: 10.1109/ICAC51239.2020.9357151](https://doi.org/10.1109/ICAC51239.2020.9357151)
- BOUABDALLAOUI, Y., DUCOULOMBIER, L., LAFHAJ, Z., & YIM, P. (2024). EXPLORING ARTIFICIAL INTELLIGENCE ROLE IN IMPROVING SERVICE BUILDING ENGAGEMENT IN SORTING. WASTE MANAGEMENT, 189, 68-76. ISSN 0956-053X, [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.WASMAN.2024.07.031](https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2024.07.031). ([HTTPS://WWW.SCIENCEDIRECT.COM/SCIENCE/ARTICLE/PII/S0956053X24004227](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X24004227))
- BHATTACHARJEE, P., & MORE, A. B. (2024). ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) IN SOLID WASTE MANAGEMENT: A SYNOPSIS. ARTIFICIAL INTELLIGENCE, MACHINE LEARNING AND USER INTERFACE DESIGN, 263(279), 263. [10.2174/9789815179606124010016](https://doi.org/10.2174/9789815179606124010016)

- CHERTOW, M., RECK, B. K., WRZESNIEWSKI, A., & CALLI, B. (2024). OUTLOOK ON THE FUTURE ROLE OF ROBOTS AND AI IN MATERIAL RECOVERY FACILITIES: IMPLICATIONS FOR US RECYCLING AND THE WORKFORCE. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 470, 143234. ISSN 0959-6526, [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.JCLEPRO.2024.143234](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143234). ([HTTPS://WWW.SCIENCEDIRECT.COM/SCIENCE/ARTICLE/PII/S0959652624026830](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652624026830))
- CHEAH, C. G., CHIA, W. Y., LAI, S. F., CHEW, K. W., CHIA, S. R., & SHOW, P. L. (2022). INNOVATION DESIGNS OF INDUSTRY 4.0 BASED SOLID WASTE MANAGEMENT: MACHINERY AND DIGITAL CIRCULAR ECONOMY. *ENVIRONMENTAL RESEARCH*, 213, 113619. ISSN 0013-9351, [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.ENVRES.2022.113619](https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113619). ([HTTPS://WWW.SCIENCEDIRECT.COM/SCIENCE/ARTICLE/PII/S001393512200946X](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001393512200946X))
- CHAUHAN S.; GARGRISH S. (2023). AIOT TECHNOLOGIES AND APPLICATIONS FOR SMART ENVIRONMENT P.183-198 ISBN: 9781839536335, 1-5231-5352-0 , 1-83953-634-9.
- FANG, FANG Y LING, LONG. (2021), EL DISEÑO DE LA CLASIFICACIÓN INTELIGENTE DE BASURA DOMÉSTICA BASADA EN EL RECONOCIMIENTO DE VOZ, ISBN 9781450390200, ASOCIACIÓN PARA MAQUINARIA COMPUTACIONAL, NUEVA YORK, NY, EE. UU. [HTTPS://DOI.ORG/10.1145/3469213.3470664](https://doi.org/10.1145/3469213.3470664)
- FAYOMI. (2021). SMART WASTE MANAGEMENT FOR SMART CITY: IMPACT ON INDUSTRIALIZATION. *JOURNAL IOP CONFERENCE SERIES: EARTH AND ENVIRONMENTAL SC.* 012040. [HTTPS://DOI10.1088/1755-1315/655/1/012040](https://doi.org/10.1088/1755-1315/655/1/012040). [HTTPS://DX.DOI.ORG/10.1088/1755-1315/655/1/012040](https://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/655/1/012040)
- GHANBARI, F., KAMALAN, H. Y SARRAF, A. (2023). PREDICCIÓN DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS BASADA EN MODELOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL DE CONJUNTO BAJO ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE. *J MATER CICLES WASTE MANAG* 25, 920–930 (2023). [HTTPS://DOI.ORG/10.1007/S10163-023-01589-9](https://doi.org/10.1007/s10163-023-01589-9)
- GAN, BAIQIANG, ZHANG, CHI. (2020). - INFLUENCING FACTORS OF URBAN RESIDENTS' GARBAGE CLASSIFICATION AND RECYCLING BEHAVIOR DRIVING MECHANISM IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE ENVIRONMENT *CONFERENCE SERIES: EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCE - IOP PUBLISHING- SN - 1755-1315- SN - 1755-1307*. 10.1088/1755-1315/619/1/012006. [HTTPS://DX.DOI.ORG/10.1088/1755-1315/619/1/012006](https://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/619/1/012006).
- HASAN, M. A. (2021). CHALLENGES OF SOLID WASTE MANAGEMENT USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE. *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL PROTECTION AND ECOLOGY*, 22(4), 1478-1487.
- HREYAS MADHAV A, RAJARAMAN R, HARINI S, KILIROOR CC. APLICACIÓN DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA MEJORAR LA RECOLECCIÓN DE DESECHOS ELECTRÓNICOS: UNA POSIBLE SOLUCIÓN PARA LA RECOLECCIÓN Y SEGREGACIÓN DE RAEE DOMÉSTICOS EN INDIA. *WASTE MANAGEMENT & RESEARCH*. 2022;40(7):1047-1053. [HTTPS://DOI: 10.1177/0734242X211052846](https://doi.org/10.1177/0734242X211052846)

- HEIKKILÄ, S., MALAHAT, G., & DEVIATKIN, I. (2023). FROM WASTE TO VALUE: ENHANCING CIRCULAR VALUE CREATION IN MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT ECOSYSTEM THROUGH ARTIFICIAL INTELLIGENCE-POWERED ROBOTS. IN *SUSTAINABLE AND CIRCULAR MANAGEMENT OF RESOURCES AND WASTE TOWARDS A GREEN DEAL* (pp. 415-428). ELSEVIER. ISBN 9780323952781, [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/B978-0-323-95278-1.00014-0](https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95278-1.00014-0). ([HTTPS://WWW.SCIENCEDIRECT.COM/SCIENCE/ARTICLE/PII/B9780323952781000140](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323952781000140))
- MOUNADEL, A., ECH-CHEIKH, H., LISSANE ELHAQ, S., RACHID, A., SADIK, M. Y ABDELLAOUI, B. (2023). APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA. *ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY REVIEWS* , 12 (1), 316–336. [HTTPS://DOI.ORG/10.1080/21622515.2023.2205027](https://doi.org/10.1080/21622515.2023.2205027)
- NAVIA R, ROSS DE. (2024). GESTIÓN DE RESIDUOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL: ¿YA ESTÁ SUCEDIENDO? *WASTE MANAGEMENT & RESEARCH*;42(4):285-286. [HTTPS://DOI: 10.1177/0734242X241232570](https://doi.org/10.1177/0734242X241232570)
- OYEBODE, O. J., & ABDULAZEEZ, Z. O. (2023). OPTIMIZATION OF SUPPLY CHAIN NETWORK IN SOLID WASTE MANAGEMENT USING A HYBRID APPROACH OF GENETIC ALGORITHM AND FUZZY LOGIC: A CASE STUDY OF LAGOS STATE. *NATURE ENVIRONMENT & POLLUTION TECHNOLOGY*, 22(4). PP. 1707-1722 2023 P-ISSN: 0972-6268. [HTTPS://NEPTJOURNAL.COM/UPLOAD-IMAGES/\(3\)D-1492.PDF](https://neptjournal.com/upload-images/(3)D-1492.pdf)
- PUCHE-REGALIZA, JC, PORRAS-ALFONSO, S., JIMÉNEZ, A. ET AL. (2021). EXPLORACIÓN DE LOS DETERMINANTES DE LA SATISFACCIÓN PÚBLICA CON LA CALIDAD DE LOS SERVICIOS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS *ENVIRON DEV SUSTAIN* 23 , 9927–9948. [HTTPS://DOI.ORG/10.1007/s10668-020-010](https://doi.org/10.1007/s10668-020-010)
- SINDUJA, B., & KUMAR, T. (2024). AN INTELLIGENT APP-BASED SYSTEM FOR WASTE SEGREGATION AND COLLECTION. *PROCEDIA COMPUTER SCIENCE*, 235, 2843-2856... PAGES 2843-2856, ISSN 1877-0509, [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.PROCS.2024.04.269](https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.04.269).
- SINTHIYA, N. J., CHOWDHURY, T. A., & HAQUE, A. B. (2022). ARTIFICIAL INTELLIGENCE BASED SMART WASTE MANAGEMENT—A SYSTEMATIC REVIEW. *COMPUTATIONAL INTELLIGENCE TECHNIQUES FOR GREEN SMART CITIES*, 67-92. [HTTPS://DOI.ORG/10.1007/978-3-030-96429-0_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-96429-0_3)
- VOLSURI, E., OWUSU-SEKYERE, E., & IMORO, A. Z. (2023). QUALITY ANALYSIS OF SOLID WASTE MANAGEMENT SERVICES IN GHANA: A GAP SCORE APPROACH. *CLEANER WASTE SYSTEMS*, 4, 100071. ISSN 2772-9125, [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.CLWAS.2022.100071](https://doi.org/10.1016/j.clwas.2022.100071). ([HTTPS://WWW.SCIENCEDIRECT.COM/SCIENCE/ARTICLE/PII/S2772912522000719](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772912522000719))
- VANYA ARUN, E. KRISHNA RAO PATRO, VS ANUSUYA DEVI, AMANDEEP NAGPAL, PRADEEP KUMAR CHANDRA Y ALI ALBAWI. (2024). ALGORITMOS DE PREDICCIÓN BASADOS EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA MEJORAR EL SISTEMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS: UN ANÁLISIS COMPARATIVO. *CONFERENCIA WEB E3S*, 552 (2024) 01052. DOI: [HTTPS://DOI.ORG/10.1051/E3SCONF/202455201052](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202455201052)

- WANG, A., CHEN, X., WANG, X., WEI, J., & SONG, L. (2022). DETERMINANTS OF SATISFACTION WITH SOLID WASTE MANAGEMENT SERVICES: A CENTRAL-LOCAL COMPARISON IN CHINA. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL RESEARCH AND PUBLIC HEALTH*, 19(8), 4610. 19(8):4610. [HTTPS://DOI.ORG/10.3390/IJERPH19084610](https://doi.org/10.3390/IJERPH19084610)
- ZHANG, J., YANG, H., & XU, X. (2023). RESEARCH ON SERVICE DESIGN OF GARBAGE CLASSIFICATION DRIVEN BY ARTIFICIAL INTELLIGENCE. *SUSTAINABILITY*, 15(23), 16454. [HTTPS://DOI.ORG/10.3390/su152316454](https://doi.org/10.3390/su152316454)
- ZAFRA-GÓMEZ, J. L., LÓPEZ-PÉREZ, G., GARRIDO-MONTAÑÉS, M., & ZAFRA-GÓMEZ, E. (2023). COST EFFICIENCY IN MUNICIPAL SOLID WASTE (MSW): DIFFERENT ALTERNATIVES IN SERVICE DELIVERY FOR SMALL AND MEDIUM SIZED SPANISH LOCAL GOVERNMENTS. *SUSTAINABILITY*, 15(7), 6198. [HTTPS://DOI.ORG/10.3390/su15076198](https://doi.org/10.3390/su15076198)

ÍNDICE DE IMÁGENES



De izquierda a derecha

1. <https://www.kevinbriggsphotography.net/https://lavoizdeperu.com/peru-en-top-ten-mundial-de-productores-de-cafe-arabica/>
2. <https://www.instagram.com/p/C8yykpGoSVo/?epik=djoyJnUgZmM-2MHExQ1NVb3RjMFhWbUg3U1RCZlBDeFUyVTRCSTImcDowJm49eX-ZaTUd3YllmaoVGymUzcGM3RGg1QSZoPUFBQUFBR2dQbElJ>
3. <https://agraria.pe/noticias/la-naranja-es-el-cultivo-sensacion-en-tac-na-32207>
4. <https://larepublica.pe/tag/anchoveta>
5. <https://residuosexpo.com/2025/conferencias/>
6. <https://andina.pe/agencia/noticia-en-region-junin-existe-una-poblacion-mas-88000-alpacas-517221.aspx>

Ciencias e Ingeniería



<https://ctscafe.pe/index.php/cienciaingenieria>
Volumen I- N° 1 Abril 2025

Contáctenos en nuestro correo electrónico
cienciaseingenierias@ctscafe.pe

Página Web:
<https://ctscafe.pe/index.php/cienciaingenieria>