

**INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA AL MONITOREO DE OLEODUCTOS: UN
ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO
ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLIED TO OIL PIPELINE MONITORING: A
BIBLIOMETRIC ANALYSIS**

Autores: ¹Heydi María Solórzano Medranda.

¹ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-5315-0372>

¹E-mail de contacto: solorzanoheydi@gmail.com

Afiliación:¹*Autor Independiente, (Ecuador).

Artículo recibido: 10 de Agosto del 2026.

Artículo revisado: 12 de Agosto del 2026.

Artículo aprobado: 12 de Agosto del 2026.

¹Ingeniera Química, graduada de la Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, (Ecuador), con 3 años de experiencia profesional. Magíster en Petróleos, graduada de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, (Ecuador).

Resumen

La integridad de los oleoductos es fundamental para garantizar la seguridad operacional, evitar impactos ambientales y asegurar la continuidad del transporte de hidrocarburos. En este contexto, la inteligencia artificial ha adquirido un papel destacado en el monitoreo de oleoductos; no obstante, su rápido avance dificulta comprender su evolución, las tecnologías predominantes y las tendencias de investigación. Por ello, este estudio tuvo como objetivo realizar un análisis bibliométrico sobre la aplicación de la inteligencia artificial en el monitoreo de oleoductos a partir de publicaciones indexadas en Scopus y Web of Science, con el fin de evaluar la producción científica, las tecnologías más empleadas y las tendencias emergentes. La metodología se estructuró en tres fases: (i) definición de la estrategia de búsqueda y de la recopilación de datos; (ii) depuración y procesamiento de la información; y (iii) análisis de indicadores bibliométricos. El análisis bibliométrico incluyó 847 publicaciones indexadas entre 1994 y 2026, evidenciando un crecimiento sostenido de la producción científica a partir de 2019, con predominio de artículos científicos (69,54 %). Participaron 53 países, siendo China el principal contribuyente con el 40,9 % de las publicaciones, seguida de Estados Unidos y Canadá. El análisis de coocurrencia de palabras clave identificó cuatro líneas de investigación predominantes: detección de anomalías, evaluación de la integridad de oleoductos, monitoreo inteligente y detección de fugas mediante técnicas de inteligencia artificial.

Estos resultados ofrecen una visión integral del desarrollo científico de la inteligencia artificial aplicada al monitoreo de oleoductos e identifican las principales líneas de investigación que orientan futuros estudios en este campo.

Palabras clave: Análisis bibliométrico, Bibliometría, Inteligencia artificial, Monitoreo de oleoductos, Oleoductos, Petróleo.

Abstract

Pipeline integrity is essential to ensure operational safety, prevent environmental impacts, and guarantee the continuity of hydrocarbon transportation. In this context, artificial intelligence has emerged as a key technology for pipeline monitoring; however, its rapid development has made it difficult to understand its evolution, predominant technologies, and research trends. Therefore, this study aimed to conduct a bibliometric analysis of the application of artificial intelligence in pipeline monitoring based on publications indexed in Scopus and Web of Science, in order to evaluate scientific production, the most widely used technologies, and emerging trends. The methodology was structured into three phases: (i) definition of the search strategy and data collection; (ii) data cleaning and processing; and (iii) bibliometric indicator analysis. The bibliometric analysis included 847 publications indexed between 1994 and 2026, revealing sustained growth in scientific production since 2019, with scientific articles accounting for the largest share

(69.54%). A total of 53 countries contributed to the scientific output, with China leading the field (40.9% of publications), followed by the United States and Canada. Keyword co-occurrence analysis identified four predominant research areas: anomaly detection, pipeline integrity assessment, intelligent monitoring, and leak detection using artificial intelligence techniques. These findings provide a comprehensive overview of the scientific development of artificial intelligence applied to pipeline monitoring and identify the main research areas that may guide future studies in this field.

Keywords: Bibliometric analysis, Bibliometrics, Artificial intelligence, Pipeline monitoring, Oil pipelines, Petroleum.

Sumário

A integridade dos oleodutos é fundamental para garantir a segurança operacional, evitar impactos ambientais e assegurar a continuidade do transporte de hidrocarbonetos. Nesse contexto, a inteligência artificial tem desempenhado um papel de destaque no monitoramento de oleodutos; entretanto, seu rápido avanço dificulta a compreensão de sua evolução, das tecnologias predominantes e das tendências de pesquisa. Assim, este estudo teve como objetivo realizar uma análise bibliométrica sobre a aplicação da inteligência artificial no monitoramento de oleodutos, com base em publicações indexadas nas bases de dados Scopus e Web of Science, a fim de avaliar a produção científica, as tecnologias mais utilizadas e as tendências emergentes. A metodologia foi estruturada em três fases: (i) definição da estratégia de busca e da coleta de dados; (ii) depuração e processamento das informações; e (iii) análise dos indicadores bibliométricos. A análise bibliométrica incluiu 847 publicações indexadas entre 1994 e 2026, evidenciando um crescimento sustentado da produção científica a partir de 2019, com predominância de artigos científicos (69,54%). Participaram 53 países, sendo a China o principal contribuinte, com 40,9% das publicações, seguida pelos Estados Unidos e

pelo Canadá. A análise de coocorrência de palavras-chave identificou quatro linhas de pesquisa predominantes: detecção de anomalias, avaliação da integridade de oleodutos, monitoramento inteligente e detecção de vazamentos por meio de técnicas de inteligência artificial. Esses resultados oferecem uma visão abrangente do desenvolvimento científico da inteligência artificial aplicada ao monitoramento de oleodutos e identificam as principais linhas de pesquisa que orientam futuros estudos nesse campo.

Palavras-chave: Análise bibliométrica, Bibliometria, Inteligência artificial, Monitoramento de oleodutos, Oleodutos, Petróleo.

Introducción

En la industria hidrocarburífera, la etapa midstream abarca las actividades vinculadas al transporte y almacenamiento de hidrocarburos desde las áreas de producción hasta los centros de procesamiento y distribución (Ibrahim et al., 2019). Para ello, los sistemas de transporte por oleoductos constituyen una infraestructura esencial, ya que permiten la movilización continua y eficiente de petróleo, gas y otros fluidos entre pozos, plataformas e instalaciones terrestres. Además, se consideran la opción más segura y rentable para el transporte a grandes distancias frente a otros medios de transporte (Salgado et al., 2021).

No obstante, los oleoductos pueden verse afectados por múltiples causas, como impactos físicos, factores ambientales, defectos de construcción, envejecimiento de la infraestructura y riesgos operativos (Woldesellasse y Tesfamariam, 2023), que pueden comprometer su integridad y ocasionar fallas catastróficas o una disminución significativa de su rendimiento (Al-Sabaei et al., 2023). A medida que la infraestructura de los oleoductos envejece y aumentan las

demandas operativas, garantizar su seguridad y confiabilidad continúa siendo una prioridad crítica para la ingeniería y la seguridad pública (Eginov y Eginova, 2025). Esta problemática se refleja en los registros de la Administración de Seguridad de Materiales Peligrosos y Oleoductos (PHMSA, por sus siglas en inglés), que reportó 1497 incidentes asociados al transporte de líquidos peligrosos por tuberías en Estados Unidos entre 2021 y 2025. Las principales causas fueron fallas en materiales, soldaduras o equipos, la corrosión y los errores operacionales (Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration, 2025). Las consecuencias de las fallas en oleoductos se evalúan considerando aspectos como pérdidas humanas, impactos ambientales, daños a los activos y afectaciones económicas derivadas de la suspensión del transporte del producto (Woldesellasse y Tesfamariam, 2023).

En los sistemas de transporte por oleoductos, el monitoreo es una actividad preventiva esencial que, además de minimizar los gastos de mantenimiento y reparación, permite identificar oportunamente problemas como la corrosión o los daños estructurales antes de que deriven en fallas operativas, reduciendo así el riesgo de consecuencias graves (Al-Sabaei et al., 2023). Por ello, la integridad de los oleoductos requiere un monitoreo eficiente y en tiempo real para garantizar una operación segura (Verma et al., 2026). Sin embargo, los métodos convencionales de monitoreo suelen verse afectados por limitaciones asociadas al costo de los equipos de inspección y a la pérdida de precisión en oleoductos de mayor complejidad geométrica (Chen et al., 2025). Además, implican un gran volumen de diseño manual de características y el procesamiento de grandes volúmenes de datos generados por sensores (Verma et al., 2026). Estas limitaciones han impulsado la necesidad de implementar

soluciones basadas en tecnologías avanzadas y herramientas computacionales, en particular sistemas basados en inteligencia artificial capaces de detectar automáticamente anomalías en los oleoductos y proporcionar resultados precisos en tiempo real (Mayet et al., 2025).

El rápido crecimiento de la investigación sobre inteligencia artificial aplicada al monitoreo de oleoductos ha generado una amplia diversidad de enfoques, algoritmos y aplicaciones. Sin embargo, la literatura científica disponible se encuentra dispersa en múltiples publicaciones, lo que dificulta identificar tendencias, áreas emergentes y oportunidades de investigación. Asimismo, se observa una presencia limitada de estudios bibliométricos enfocados específicamente en este campo, lo que limita la comprensión global de su desarrollo científico. Este estudio plantea las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuál es el comportamiento bibliométrico de la investigación sobre inteligencia artificial aplicada al monitoreo de oleoductos?, ¿Qué técnicas de inteligencia artificial se utilizan con mayor frecuencia en el monitoreo de oleoductos?, ¿Cuáles son las principales aplicaciones de la inteligencia artificial en el monitoreo de oleoductos?

Este trabajo tiene como objetivo analizar la producción científica sobre la aplicación de la inteligencia artificial en el monitoreo de oleoductos mediante un análisis bibliométrico de publicaciones indexadas en las bases de datos Scopus y Web of Science (WoS), con el fin de identificar la evolución del campo, las principales líneas de investigación, las tecnologías más utilizadas, sus aplicaciones y los hallazgos más relevantes. Los resultados del análisis bibliométrico muestran un crecimiento sostenido de la investigación sobre inteligencia artificial aplicada al monitoreo de oleoductos, con un aumento significativo a partir de 2019.

China, Estados Unidos y Canadá destacan por su participación predominante en la producción de conocimiento científico en este campo. El análisis de coocurrencia de palabras clave revela que la detección de fugas, la detección de corrosión y la evaluación de la integridad de los oleoductos constituyen las principales aplicaciones de la inteligencia artificial en este campo. Este artículo se estructura en las siguientes secciones: (i) introducción al tema de estudio, (ii) materiales y métodos empleados para la búsqueda, selección y análisis bibliométrico de las publicaciones, (iii) resultados y hallazgos principales, y (iv) conclusiones del estudio.

Materiales y Métodos

El creciente interés en la aplicación de técnicas de inteligencia artificial para el monitoreo de oleoductos ha impulsado un aumento considerable de la producción científica en los últimos años. En este contexto, el análisis bibliométrico se presenta como una herramienta eficaz para examinar la evolución de este campo de investigación, identificar sus principales actores y reconocer las tendencias que han orientado su desarrollo mediante métricas cuantitativas (Cardona et al., 2024). El análisis bibliométrico de publicaciones científicas indexadas permite evaluar patrones de productividad, impacto científico, colaboración internacional y estructura temática y ofrece una visión global del estado y la dinámica de la investigación (Nandiyanto y Al Husaeni, 2022). La metodología de este estudio se estructuró en tres fases: (i) definición de la estrategia de búsqueda y de la recopilación de datos; (ii) depuración y procesamiento de la información; y (iii) análisis de indicadores bibliométricos. La búsqueda bibliográfica se realizó el 25 de abril de 2026 en Scopus y Web of Science, dos de las principales bases de datos de literatura científica revisada por pares, con amplia

cobertura de publicaciones científicas de alta calidad (Pranckutė, 2021). La estrategia de búsqueda se aplicó en los campos de título, resumen y palabras clave utilizando los operadores booleanos AND y OR. La sintaxis de búsqueda empleada fue: ("artificial intelligence" OR "computational intelligence" OR "AI" OR "machine learning" OR "deep learning" OR "neural network" OR "genetic algorithm" OR "Digital Twins") AND ("oil pipeline" OR "gas pipeline") AND ("monitoring" OR "anomaly detection" OR "leak detection" OR "fault detection" OR "corrosion" OR "pipeline integrity"). En Scopus, la búsqueda arrojó un total de 945 registros y en WoS se obtuvieron 394 registros. Los registros obtenidos de ambas bases de datos fueron exportados en formato BibTeX para su posterior procesamiento y análisis bibliométrico.

Los registros recuperados de Scopus y Web of Science se unificaron en una única base de datos utilizando RStudio (versión 2026.01.1+403). Además, se eliminaron los documentos duplicados (Berrezueta et al., 2024). Lo que permitió obtener 979 registros únicos. Posteriormente, la base consolidada se depuró utilizando Microsoft Excel. Se eliminaron los registros con información bibliográfica incompleta (Berrezueta et al., 2024). Lo que resultó en 847 registros válidos para el análisis bibliométrico. El análisis bibliométrico se realizó mediante el paquete Bibliometrix, ejecutado en RStudio, y el software VOSviewer (v.1.6.21).

Bibliometrix se empleó para calcular indicadores de desempeño científico, incluyendo la evolución anual de las publicaciones, la distribución por tipo de documento, los países con mayor contribución científica, los artículos científicos más citados y

la construcción del mapa temático basado en palabras clave de autor mediante Biblioshiny (Apriantero et al., 2024; Aria y Cuccurullo, 2017). Por su parte, VOSviewer se utilizó para construir y visualizar redes de coocurrencia de palabras clave y para la formación de clústeres temáticos que reflejan las principales líneas de investigación en el área de estudio (Nandiyanto & Al Husaeni, 2022).

Resultados y Discusión

La producción científica sobre inteligencia artificial aplicada al monitoreo de oleoductos comprende un total de 847 publicaciones indexadas en Scopus y Web of Science durante el período 1994-2026, con la participación de 2308 autores. Entre los tipos de documentos publicados en el área temática, destacan los artículos científicos, con el 69,54% de la producción total, seguidos por los artículos de conferencia, con el 22,9%, lo que en conjunto representa más del 92% de la literatura publicada sobre inteligencia artificial aplicada al monitoreo de oleoductos. En menor proporción se identificaron artículos de revisión (5,19%), capítulos de libro (2,13%) y otros tipos de documento (0,24%).

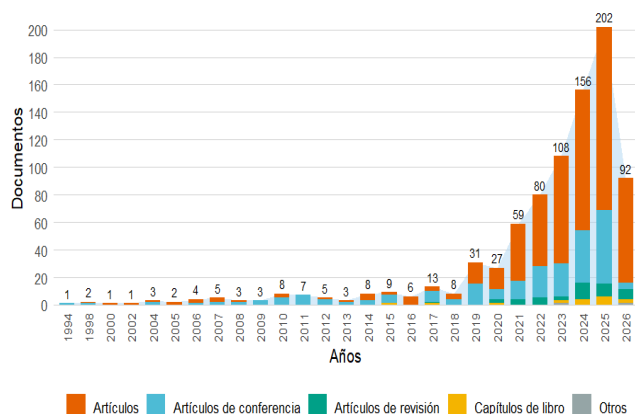


Figura 1. Evolución anual de la producción científica.

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 1 muestra la evolución anual de la producción científica y la distribución de los tipos de documentos. De 1994 a 2018, la producción científica fue escasa, con un promedio de 3,7 publicaciones por año (92 publicaciones en 25 años). Los primeros estudios de este periodo se centraron principalmente en el desarrollo de modelos predictivos basados en inteligencia artificial para el reconocimiento de patrones operacionales asociados al diagnóstico de fallas y a la detección de fugas (Belsito et al., 1998; Huali et al., 2004; Perschl, 1994; Sinha y Pandey, 2002).

Posteriormente, la inteligencia artificial comenzó a utilizarse para interpretar información proveniente de sensores ultrasónicos, sistemas de flujo magnético (MFL), vibraciones mecánicas y emisiones acústicas (Avelino et al., 2009; Chen Guanhua et al., 2010; Jin et al., 2005; Oagaro & Mandayam, 2008; Ravanbod, 2005). A partir de 2019, la producción muestra un incremento sostenido hasta alcanzar su máximo en 2025 con 202 publicaciones, mientras que la disminución registrada en 2026 (92 publicaciones) corresponde a un año aún en curso.

En los años más recientes, la investigación amplió su alcance mediante la integración de Machine Learning para la predicción de fallos (Al-Sabaei et al., 2023), visión por computador para la inspección automática (Eginov y Eginova, 2025), gemelos digitales para el diagnóstico de fugas (Al-Ammari et al., 2025) y modelos avanzados para la evaluación de la integridad estructural y la corrosión (Sarwar et al., 2024). Esta evolución evidencia una transición desde aplicaciones inicialmente orientadas al diagnóstico y al reconocimiento de fallas hacia enfoques más diversificados,

capaces de integrar múltiples fuentes de datos y técnicas de inteligencia artificial para abordar de manera más amplia el monitoreo, la inspección y la evaluación de la integridad de los oleoductos. La Tabla 1 presenta los artículos con mayor impacto científico en la investigación sobre inteligencia artificial aplicada al monitoreo de oleoductos, con un rango de citas entre 113 y 228. Los estudios de Wu et al. (2019), El-Abbasy et al. (2014) y El

Amine Ben Seghier et al. (2020) ocupan las tres primeras posiciones, con 228, 194 y 165 citas, respectivamente. El estudio realizado por Bastian et al. (2019), que registra 164 citas ocupa el cuarto lugar. En cuanto a la tasa de citas por año, el artículo de Priyanka et al. (2022), centrado en la aplicación de gemelos digitales, alcanza el valor más alto, con 33 citas por año.

Tabla 1. Artículos con mayor impacto científico según el número de citas.

N	Título	Revista	Citas	Citas/Año	Contribución	Referencia
1	Reconocimiento inteligente de vibraciones basado en una red neuronal convolucional unidimensional para el monitoreo de tuberías mediante DAS.	Journal of Lightwave Technology	228	32,6	Propuesta de un modelo basado en una red neuronal convolucional unidimensional y una máquina de vectores de soporte para mejorar el reconocimiento de señales en el monitoreo de oleoductos.	(Wu et al., 2019)
2	Modelos de redes neuronales artificiales para predecir el estado de oleoductos y gasoductos offshore.	Automation in Construction	194	16,2	Diseño de un modelo basado en redes neuronales artificiales para la evaluación y predicción del estado de oleoductos y gasoductos offshore.	(El-Abbasy et al., 2014)
3	Predicción de la profundidad máxima de corrosión por picaduras en oleoductos y gasoductos.	Engineering Failure Analysis	165	27,5	Desarrollo de un modelo híbrido de regresión por vectores de soporte optimizado mediante algoritmos metaheurísticos para la predicción de la profundidad máxima de corrosión por picaduras en oleoductos y gasoductos.	(El Amine Ben Seghier et al., 2020)
4	Inspección visual y caracterización de la corrosión externa en tuberías mediante una red neuronal profunda.	NDT and E International	164	23,4	Propuesta de un método basado en visión por computador y una red neuronal convolucional para la detección y localización automática de corrosión en tuberías.	(Bastian et al., 2019)
5	Análisis del riesgo de falla en tuberías mediante algoritmos de aprendizaje automático basados en datos.	Structural Safety	155	31	Demuestra que XGBoost es hasta 12 veces más rápido que modelos físicos en análisis de riesgo de fallo, viabilizando su aplicación a redes de tuberías de gran escala.	(Mazumder et al., 2021)
6	Nuevo modelo de algoritmo híbrido para la predicción de la tasa de corrosión interna en tuberías de flujo multifásico.	Journal of Natural Gas Science and Engineering	147	29,4	Desarrollo de un modelo híbrido de predicción de la tasa de corrosión en oleoductos de flujo multifásico basado en regresión por vectores de soporte, análisis de componentes principales y optimización por enjambre de partículas caóticas.	(Peng et al., 2021)
7	Marcos avanzados de inteligencia para predecir la profundidad máxima de corrosión por picaduras en oleoductos y gasoductos.	Process Safety and Environmental Protection	133	26,6	Evaluación comparativa de modelos de inteligencia artificial para la estimación de la profundidad máxima de corrosión por picaduras en oleoductos y gasoductos.	(Ben Seghier et al., 2021)
8	Gemelo digital para la estimación del riesgo en oleoductos mediante técnicas de pronóstico y aprendizaje automático.	Journal of Industrial Information Integration	132	33	Desarrollo de un sistema virtual inteligente basado en gemelo digital para la predicción del riesgo de fallas en sistemas de oleoductos.	(Priyanka et al., 2022)
9	Detección de fugas de gas mediante un modelo de red neuronal espacial y temporal.	Process Safety and Environmental Protection	130	32,5	Desarrollo de un modelo híbrido basado en una red neuronal convolucional y una red bidireccional de memoria a corto y largo plazo para la detección y el diagnóstico de fugas de gas.	(Kopbayev et al., 2022)
10	Extracción de características e identificación en un sistema distribuido de detección de vibraciones por fibra óptica para el monitoreo de la seguridad de oleoductos.	Photonic Sensors	117	13	Demuestra que la descomposición wavelet packet reduce la tasa de alarmas falsas al 5,6% en sistemas de sensado vibracional por fibra óptica para monitoreo de oleoductos.	(Wu et al., 2017)

Fuente: Elaboración propia.

La producción científica sobre inteligencia artificial aplicada al monitoreo de oleoductos involucra a 53 países. La Figura 2 muestra la distribución geográfica de las publicaciones a nivel mundial. China lidera la producción con

345 artículos, equivalentes al 40,9% del total, seguida de Estados Unidos con 91 artículos (10%) y de Canadá con 62 artículos (7,1%). En conjunto, estos tres países concentran más del 58% de la producción científica mundial. La

concentración de la producción científica en China, Estados Unidos y Canadá puede estar relacionada con la extensa infraestructura de transporte de hidrocarburos existente en estos países y con la necesidad de garantizar su seguridad e integridad mediante tecnologías avanzadas de monitoreo (Liang et al., 2024;

Shen y Zhou, 2024). En particular, el liderazgo de China podría asociarse con su posición destacada en la producción científica sobre inteligencia artificial, donde actualmente lidera en volumen de publicaciones, citas y concesión de patentes (Stanford HAI, 2026).

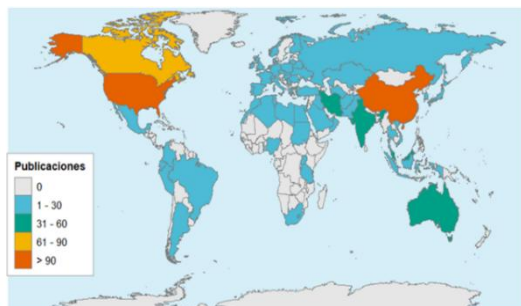


Figura 2. Distribución geográfica de la producción científica por país (1994-2026).

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la colaboración internacional, medida mediante el índice de publicaciones con múltiples países (MCP), Vietnam registra el mayor nivel de colaboración internacional (66,7%), seguido de Malasia (55%), Reino Unido (50%) y Tailandia (50%). China, pese a liderar en producción científica, presenta una tasa de colaboración internacional del 5,8%. En términos de impacto científico, China, Canadá y Australia son los países más citados a nivel mundial. El análisis de coocurrencia de palabras clave mediante VOSviewer permitió identificar cuatro clústeres temáticos, representados por diferentes colores en el mapa de coocurrencia mostrado en la Figura 3, que evidencian la estructura conceptual del campo y reflejan las principales líneas de investigación y las tendencias emergentes. El análisis de coocurrencia de palabras clave evidencia que las principales aplicaciones de la inteligencia artificial en el monitoreo de oleoductos se concentran en la detección de fugas (51 ocurrencias), seguida de la detección de corrosión (27 ocurrencias) y la evaluación de la

integridad estructural de los oleoductos (15 ocurrencias). En menor medida, también se identifican investigaciones orientadas al monitoreo de oleoductos y a la detección de anomalías, lo que evidencia la diversidad de aplicaciones desarrolladas en este campo.

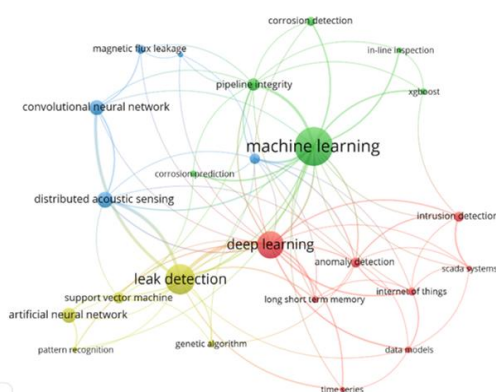


Figura 3. Red de coocurrencia de palabras claves del autor de cuatro clústeres.

Fuente: Elaboración propia.

La red evidencia que el machine learning constituye el nodo de mayor tamaño y el principal eje de conexión entre los distintos

grupos temáticos, lo que refleja su amplia presencia en la literatura analizada. El clúster 1 de color rojo agrupa términos como anomaly detection, deep learning, internet of things, long short term memory, SCADA systems, intrusion detection, data models y time series, asociados con la detección automática de eventos anómalos y ciberataques en sistemas de control de oleoductos mediante arquitecturas de aprendizaje profundo aplicadas a datos de series temporales provenientes de sensores IoT y sistemas SCADA (Javid y Salahshoor, 2025; Lu et al., 2025; Spandonidis et al., 2022; Verma et al., 2026; Zaslavski y Kalech, 2024).

El clúster 2, de color verde, reúne seis términos liderados por machine learning con 72 apariciones. Además, incluye pipeline integrity, corrosion detection, corrosion prediction, in-line inspection y XGBoost, y presenta una línea de investigación orientada a la evaluación de la integridad y el diagnóstico de la corrosión en oleoductos mediante aprendizaje automático (Nan et al., 2025; Shatnawi & Földesi, 2026; N. Wang et al., 2023; Y. Wang et al., 2025). El clúster 3 de color azul integra computer vision, convolutional neural network, distributed acoustic sensing, magnetic flux leakage y pipeline monitoring. Este grupo se asocia principalmente con el desarrollo de técnicas de inteligencia artificial orientadas al monitoreo mediante el procesamiento de señales e información provenientes de sensores (Chen et al., 2024; Shen y Zhou, 2024; Sun et al., 2023; Yang et al., 2017).

El clúster 4 amarillo comprende artificial neural network, support vector machine, genetic algorithm, pattern recognition y leak detection. Este clúster representa una línea de investigación centrada en la aplicación de algoritmos de inteligencia artificial para el reconocimiento de patrones y la detección de

fugas en oleoductos (Kubba y Trabelsi, 2024; Malekpour y She, 2021; Sharifi et al., 2025). En conjunto, la red muestra una estrecha interrelación entre los diferentes clústeres, particularmente a través de machine learning y leak detection, que actúan como nodos de mayor conectividad dentro de la estructura conceptual del campo. La Figura 4 presenta el mapa temático que clasifica las palabras clave de autor según dos factores: densidad (grado de desarrollo) y centralidad (grado de relevancia) (Apriantero et al., 2024). Esta clasificación permite identificar cuatro cuadrantes temáticos en la investigación sobre inteligencia artificial aplicada al monitoreo de oleoductos.

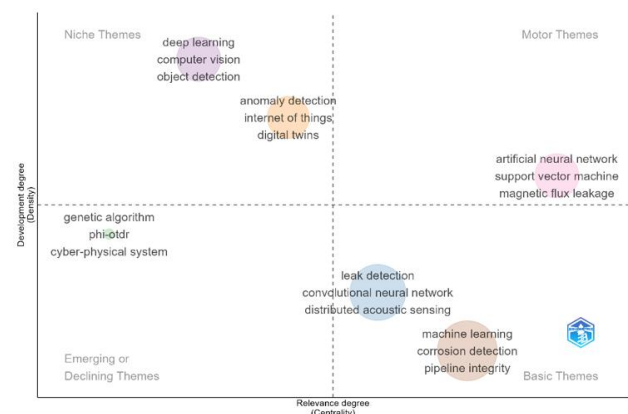


Figura 4. Mapa temático con las palabras claves de autores.

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadrante superior derecho, correspondiente a temas motores, se agrupan artificial neural network, support vector machine y magnetic flux leakage, los cuales presentan alta centralidad y alta densidad, lo que indica que son temas bien desarrollados y estrechamente vinculados con el resto del campo. En el cuadrante inferior derecho, correspondiente a los temas básicos, se identifican dos clústeres. El primero agrupa machine learning, corrosion detection y pipeline integrity, mientras que el segundo está

conformado por leak detection, convolutional neural network y distributed acoustic sensing. En ambos casos, se trata de temas de alta centralidad y menor densidad, lo que indica que constituyen conceptos fundamentales y ampliamente referenciados en el campo de investigación. El cuadrante superior izquierdo, correspondiente a los temas de nicho, comprende deep learning, computer vision y object detection en un clúster, y anomaly detection, Internet of Things y digital twins en otro. Estos temas presentan alta densidad, pero menor centralidad, lo que indica líneas de investigación especializadas y bien desarrolladas, aunque aún periféricas respecto al núcleo del campo. Finalmente, en el cuadrante inferior izquierdo, correspondiente a temas emergentes o en declive, se incluyen genetic algorithm, phi-OTDR y cyber-physical system, que presentan bajos niveles de centralidad y densidad en la estructura temática analizada. No obstante, con base únicamente en los resultados obtenidos, no es posible determinar si estos temas corresponden a líneas emergentes o en declive.

Conclusiones

En el presente estudio se realizó un análisis bibliométrico de la investigación sobre la aplicación de la inteligencia artificial en el monitoreo de oleoductos, a partir de publicaciones indexadas en Scopus y en Web of Science entre 1994 y 2026. Los resultados evidenciaron un crecimiento sostenido de la producción científica a partir de 2019, con predominio de artículos científicos y la participación de 53 países, liderados por China, Estados Unidos y Canadá. Asimismo, el análisis de coocurrencia identificó cuatro líneas de investigación predominantes relacionadas con la detección de anomalías, la evaluación de la integridad de oleoductos, el monitoreo inteligente y la detección de fugas mediante

técnicas de inteligencia artificial. Además, se evidenció que las principales aplicaciones de la inteligencia artificial se orientan a la detección de fugas, de corrosión y a la evaluación de la integridad de los oleoductos.

En conjunto, los resultados proporcionan una visión integral del desarrollo científico de este campo y constituyen una base de referencia para futuras investigaciones, al identificar las principales tendencias, aplicaciones y líneas de investigación relacionadas con la inteligencia artificial aplicada al monitoreo de oleoductos. Se recomienda que futuras investigaciones complementen el análisis bibliométrico con revisiones sistemáticas de la literatura que permitan profundizar en el desempeño, las ventajas y las limitaciones de las diferentes técnicas de inteligencia artificial aplicadas al monitoreo de oleoductos.

Las limitaciones de este estudio incluyen el uso exclusivo de las bases de datos Scopus y Web of Science, así como la dependencia de la estrategia de búsqueda empleada, factores que pudieron afectar la recuperación de algunas publicaciones relevantes.

Agradecimientos

La autora agradece al Ministerio de Educación, Deporte y Cultura del Ecuador (MINEDEC) y al Programa de Becas para el Fortalecimiento de la Industria de Hidrocarburos - 2024 por el apoyo brindado para la realización de sus estudios de maestría, en el marco de los cuales se desarrolló el presente trabajo como forma de compensación.

Referencias Bibliográficas

Al-Ammari, W. A., Sleiti, A. K., Rahman, M. A., Rezaei-Gomari, S., Hassan, I., & Hassan, R. (2025). Digital twin for leak detection and fault diagnostics in gas pipelines: A systematic review, model development, and

- case study. *Alexandria Engineering Journal*, 123, 91–111. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2025.03.054>
- Al-Sabaei, A. M., Alhussian, H., Abdulkadir, S. J., & Jagadeesh, A. (2023). Prediction of oil and gas pipeline failures through machine learning approaches: A systematic review. *Energy Reports*, 10, 1313–1338. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.08.009>
- Apriantoro, M. S., Dartim, & Andriyani, N. (2024). Bibliometric Analysis of Carbon Capture and Storage (CCS) Research: Evolution, Impact, and Future Directions. *Challenges in Sustainability*, 12(2), 152–162. <https://doi.org/10.56578/cis120205>
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix : An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Avelino, A. M., de Paiva, J. A., da Silva, R. E. F., de Araujo, G. J. M., de Azevedo, F. M., de O. Quintaes, F., Maitelli, A. L., Neto, A. D. D., & Salazar, A. O. (2009). Real time leak detection system applied to oil pipelines using sonic technology and neural networks. 2009 35th Annual Conference of IEEE Industrial Electronics, 2109–2114. <https://doi.org/10.1109/IECON.2009.5415324>
- Bastian, B. T., N, J., Ranjith, S. K., & Jiji, C. V. (2019). Visual inspection and characterization of external corrosion in pipelines using deep neural network. *NDT & E International*, 107, 102134. <https://doi.org/10.1016/j.ndteint.2019.102134>
- Belsito, S., Lombardi, P., Andreussi, P., & Banerjee, S. (1998). Leak detection in liquefied gas pipelines by artificial neural networks. *AIChE Journal*, 44(12), 2675–2688. <https://doi.org/10.1002/aic.690441209>
- Ben Seghier, M. E. A., Keshtegar, B., Taleb-Berrouane, M., Abbassi, R., & Trung, N.-T. (2021). Advanced intelligence frameworks for predicting maximum pitting corrosion depth in oil and gas pipelines. *Process Safety and Environmental Protection*, 147, 818–833. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.01.008>
- Berrezueta, E., Kovács, T., Herrera-Franco, G., Caicedo-Potosí, J., Jaya-Montalvo, M., Ordóñez-Casado, B., Carrión-Mero, P., & Carneiro, J. (2024). Laboratory Studies on Underground H2 Storage: Bibliometric Analysis and Review of Current Knowledge. *Applied Sciences*, 14(23), 11286. <https://doi.org/10.3390/app142311286>
- Cardona, L. F., Guzmán-Luna, J. A., & Restrepo-Carmona, J. A. (2024). Bibliometric Analysis of Intelligent Systems for Early Anomaly Detection in Oil and Gas Contracts: Exploring Recent Progress and Challenges. *Sustainability*, 16(11), 4669. <https://doi.org/10.3390/su16114669>
- Chen, D., Wen, M., Zhang, B., Zhang, J., Qin, T., & Zhang, G. (2025). Independent decoupling sensor featuring ultralow temperature coefficient of resistance for structural health monitoring of pipelines. *Nano Materials Science*. <https://doi.org/10.1016/j.nanoms.2025.11.004>
- Chen Guanhua, Li Jianwei, Zhang Zongjian, & Guan Jian. (2010). A pipeline leak detection method based on wavelet packet and BP neural network. 2010 International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering, 5822–5825. <https://doi.org/10.1109/MACE.2010.5535353>
- Chen, P., Li, R., Fu, K., Zhong, Z., Xie, J., Wang, J., & Zhu, J. (2024). A cascaded deep learning approach for detecting pipeline defects via pretrained YOLOv5 and ViT models based on MFL data. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 206, 110919. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2023.110919>
- Eginov, A. A., & Eginova, S. A. (2025). PipesDefectDetection: A novel deep learning framework for real-time gas pipeline safety monitoring and defect recognition. *SoftwareX*, 31, 102357. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2025.102357>

- El Amine Ben Seghier, M., Keshtegar, B., Tee, K. F., Zayed, T., Abbassi, R., & Trung, N. T. (2020). Prediction of maximum pitting corrosion depth in oil and gas pipelines. *Engineering Failure Analysis*, 112, 104505. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.104505>
- El-Abbasy, M. S., Senouci, A., Zayed, T., Mirahadi, F., & Parvizsedghy, L. (2014). Artificial neural network models for predicting condition of offshore oil and gas pipelines. *Automation in Construction*, 45, 50–65. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.05.003>
- Huali Chen, Hao Ye, Chen LV, & Hongyu Su. (2004). Application of support vector machine learning to leak detection and location in pipelines. *Proceedings of the 21st IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference (IEEE Cat. No.04CH37510)*, 2273–2277. <https://doi.org/10.1109/IMTC.2004.1351546>
- Ibrahim, R. I., Odah, M. K., & Al-Mufti, A. (2019). An Overview on the Recent Techniques for Improving the Flowability of Crude Oil in Pipelines. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 579(1), 012054. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/579/1/012054>
- Javid, A., & Salahshoor, K. (2025). Real-time leak detection system: A hybrid model of moving average and Kalman filters with long short-term memory (LSTM) on the Internet of things (IoT) platform. *Process Safety and Environmental Protection*, 202, 107713. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2025.107713>
- Jin, T., Que, P., Chen, L., Chen, T., & Li, L. (2005). Research on Recognition Algorithm of Offshore Oil Pipeline Defect Inspection Based on Magnetic Flux Leakage Method. *Journal of the Japan Petroleum Institute*, 48(4), 243–249. <https://doi.org/10.1627/jpi.48.243>
- Kopbayev, A., Khan, F., Yang, M., & Halim, S. Z. (2022). Gas leakage detection using spatial and temporal neural network model. *Process Safety and Environmental Protection*, 160, 968–975. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.03.002>
- Kubba, A. R., & Trabelsi, H. (2024). LoRa Network Enhancement of Oil Pipelines Leak Detection System Based on Artificial Intelligence. *2024 21st International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (SSD)*, 216–223. <https://doi.org/10.1109/SSD61670.2024.10549538>
- Liang, Y., Qiu, R., Tu, R., Du, J., Liao, Q., & Shao, Q. (2024). Key technologies and prospects for the operation of oil and gas pipeline networks in China. *Petroleum Science Bulletin*, 9(2), 213–223. <https://doi.org/10.3969/j.issn.2096-1693.2024.02.016>
- Lu, K.-D., Yang, Y.-W., Zeng, G.-Q., Peng, C., Geng, G.-G., & Weng, J. (2025). BPSO-AHDL-IDS: Binary Particle Swarm Optimization-Based Automated Hybrid Deep Learning Model for Intrusion Detection of Internet of Things. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 22, 15859–15877. <https://doi.org/10.1109/TASE.2025.3572510>
- Malekpour, A., & She, Y. (2021). Real-time leak detection in oil pipelines using an Inverse Transient Analysis model. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 70, 104411. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2021.104411>
- Mayet, A. M., Alizadeh, S. M., Parayangat, M., Grimaldo Guerrero, J. W., Raja, M. R., Muqet, M. A., & Mohammed, S. A. (2025). ACO-based feature selection and neural network modeling for accurate gamma-radiation based pipeline monitoring in the oil industry. *Applied Radiation and Isotopes*, 215, 111587. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2024.111587>
- Mazumder, R. K., Salman, A. M., & Li, Y. (2021). Failure risk analysis of pipelines using data-driven machine learning algorithms. *Structural Safety*, 89, 102047.

- <https://doi.org/10.1016/j.strusafe.2020.102047>
- Nan, Z., Chen, L., Cheng, C., & Zhou, X. (2025). An Interpretable Machine Learning Model for Fatigue Life Prediction of Long-Distance Natural Gas Pipelines with Internal Corrosion Defects. *Processes*, 13(12), 3963. <https://doi.org/10.3390/pr13123963>
- Nandiyanto, A. B. D., & Al Husaeni, D. F. (2022). Bibliometric analysis of engineering research using vosviewer indexed by google scholar. *Journal of Engineering Science and Technology*, 17(2), 883–894.
- Oagaro, J. A., & Mandayam, S. (2008). Multi-Sensor Data Fusion using Geometric Transformations for Gas Transmission Pipeline Inspection. 2008 IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, 1734–1737. <https://doi.org/10.1109/IMTC.2008.4547324>
- Peng, S., Zhang, Z., Liu, E., Liu, W., & Qiao, W. (2021). A new hybrid algorithm model for prediction of internal corrosion rate of multiphase pipeline. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 85, 103716. <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2020.103716>
- Perschl, F. (1994). Decision support system for fault diagnosis and recovery of gas distribution networks. Second International Conference on 'Intelligent Systems Engineering', 442–447. <https://doi.org/10.1049/cp:19940663>
- Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration. (2025). Pipeline Incident 20 Year Trends. U.S. Department of Transportation. <https://www.phmsa.dot.gov/>
- Pranckutė, R. (2021). Web of Science (WoS) and Scopus: The Titans of Bibliographic Information in Today's Academic World. *Publications*, 9(1), 12. <https://doi.org/10.3390/publications9010012>
- Priyanka, E. B., Thangavel, S., Gao, X.-Z., & Sivakumar, N. S. (2022). Digital twin for oil pipeline risk estimation using prognostic and machine learning techniques. *Journal of Industrial Information Integration*, 26, 100272. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100272>
- Ravanbod, H. (2005). Application of neuro-fuzzy techniques in oil pipeline ultrasonic nondestructive testing. *NDT & E International*, 38(8), 643–653. <https://doi.org/10.1016/j.ndteint.2005.03.001>
- Salgado, W. L., Dam, R. S. F., Salgado, C. M., Puertas, E. J. A., & Silva, A. X. (2021). System to detect the interface region and identify products transported by polyducts using artificial intelligence and gamma radiation through MCNP6 code. *Measurement*, 185, 110093. <https://doi.org/10.1016/J.MEASUREMENT.2021.110093>
- Sarwar, U., Mokhtar, A. A., Muhammad, M., Wassan, R. K., Soomro, A. A., Wassan, M. A., & Kaka, S. (2024). Enhancing pipeline integrity: a comprehensive review of deep learning-enabled finite element analysis for stress corrosion cracking prediction. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, 18(1). <https://doi.org/10.1080/19942060.2024.2302906>
- Sharifi, A., Ranjbar, S. F., Alamdardehi, S. A. M., Aslani, N., Zarezadeh, R., Majidi, H., & Asadi, F. (2025). Genetic algorithm optimization of negative pressure wave method for robust real time leak detection in long distance pipelines. *Scientific Reports*, 15(1), 36429. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-20525-5>
- Shatnawi, M., & Földesi, P. (2026). Automated Multi-Dimensional Corrosion Growth Modeling Based on In-Line Inspections. *IEEE Access*, 14, 57997–58015. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2026.3683313>
- Shen, Y., & Zhou, W. (2024a). A comparison of onshore oil and gas transmission pipeline incident statistics in Canada and the United States. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 45, 100679. <https://doi.org/10.1016/j.ijcip.2024.100679>

- Shen, Y., & Zhou, W. (2024b). Development of a convolutional neural network model to predict the size and location of corrosion defects on pipelines based on magnetic flux leakage signals. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 207, 105123. <https://doi.org/10.1016/j.ijpvp.2023.105123>
- Sinha, S. K., & Pandey, M. D. (2002). Probabilistic Neural Network for Reliability Assessment of Oil and Gas Pipelines. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 17(5), 320–329. <https://doi.org/10.1111/1467-8667.00279>
- Spandonidis, C., Theodoropoulos, P., & Giannopoulos, F. (2022). A Combined Semi-Supervised Deep Learning Method for Oil Leak Detection in Pipelines Using IIoT at the Edge. *Sensors*, 22(11), 4105. <https://doi.org/10.3390/s22114105>
- Stanford HAI. (2026). AI Index report 2026. <https://hai.stanford.edu/ai-index/2026-ai-index-report/research-and-development>
- Sun, C., Wan, Y., Zhu, P., & Lin, F. (2023). A CNN Model for Gas Pipeline Leakage Detection Based on MFCC Feature Extraction. *Proceedings of the 2023 12th International Conference on Networks, Communication and Computing*, 288–293. <https://doi.org/10.1145/3638837.3638881>
- Verma, P., Gandhi, K., Cheema, A. M., Ashfaq, M., Shah, D., Ali, S., & Tahir, M. (2026). DeepPipeNet enables deep learning based anomaly detection for oil and gas pipeline monitoring. *Discover Applied Sciences*, 8(5), 498. <https://doi.org/10.1007/s42452-026-08520-5>
- Wang, N., Song, L., Fang, H., Li, B., & Wang, F. (2023). Multi-Parameter Maximum Corrosion Depth Prediction Model for Buried Pipelines Based on GSCV-XGBoost. *IEEE Access*, 11, 116452–116471. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3326075>
- Wang, Y., Tang, F., Zhang, L., & Luo, Q. (2025). Corrosion Risk Prediction Model for Oil and Gas Pipelines Based on Machine Learning. *Proceedings of the 2nd International Conference on Intelligent Computing and Data Analysis*, 273–277. <https://doi.org/10.1145/3772726.3772768>
- Woldesellasse, H., & Tesfamariam, S. (2023). Risk analysis of onshore oil and gas pipelines: Literature review and bibliometric analysis. *Journal of Infrastructure Intelligence and Resilience*, 2(4), 100052. <https://doi.org/10.1016/j.iintel.2023.100052>
- Wu, H., Chen, J., Liu, X., Xiao, Y., Wang, M., Zheng, Y., & Rao, Y. (2019). One-Dimensional CNN-Based Intelligent Recognition of Vibrations in Pipeline Monitoring With DAS. *Journal of Lightwave Technology*, 37(17), 4359–4366. <https://doi.org/10.1109/JLT.2019.2923839>
- Wu, H., Qian, Y., Zhang, W., & Tang, C. (2017). Feature extraction and identification in distributed optical-fiber vibration sensing system for oil pipeline safety monitoring. *Photonic Sensors*, 7(4), 305–310. <https://doi.org/10.1007/s13320-017-0360-1>
- Yang, L., Shi, M., & Gao, S. (2017). The method of the pipeline magnetic flux leakage detection image formation based on the artificial intelligence. *Proceedings of the International Conference on Video and Image Processing*, 20–24. <https://doi.org/10.1145/3177404.3177434>
- Zaslavski, M., & Kalech, M. (2024). Time series processing-based malicious activity detection in SCADA systems. *Internet of Things*, 28, 101355. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2024.101355>



Esta obra está bajo una licencia de **Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional**. Copyright © Heydi María Solórzano Medranda.

Declaraciones éticas y editoriales del artículo

Contribución de los autores (Taxonomía CRediT),

Heydi María Solórzano Medranda: conceptualización de la investigación, diseño metodológico, desarrollo del proceso investigativo, análisis formal de los datos, redacción del borrador original del manuscrito, revisión crítica del contenido científico y supervisión general del estudio.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con la investigación presentada, la autoría del manuscrito ni la publicación del presente artículo.

Declaración de financiamiento

La presente investigación no recibió financiamiento específico de agencias públicas, comerciales o de organizaciones sin fines de lucro. En caso de existir financiamiento institucional o externo, este deberá ser declarado explícitamente por los autores en esta sección.

Declaración del editor

El editor responsable certifica que el proceso editorial del presente artículo se desarrolló conforme a los principios de integridad científica, transparencia y buenas prácticas editoriales. El manuscrito fue sometido a un proceso de evaluación mediante revisión por pares doble ciego, garantizando la confidencialidad de la identidad de los autores y revisores durante todo el proceso de dictamen académico. Asimismo, el editor declara que el artículo cumple con los criterios científicos, metodológicos y éticos establecidos por la revista.

Declaración de los revisores

Los revisores externos que participaron en la evaluación del presente manuscrito declaran haber realizado el proceso de revisión de manera objetiva, independiente y confidencial. Asimismo, manifiestan que no mantienen conflictos de interés con los autores ni con la investigación evaluada, y que sus observaciones y recomendaciones se fundamentan exclusivamente en criterios científicos, metodológicos y académicos.

Declaración ética de la investigación

Los autores declaran que la investigación se desarrolló respetando los principios éticos de la investigación científica, garantizando la confidencialidad de los datos y el respeto a los participantes del estudio. En los casos en que la investigación involucre seres humanos, los procedimientos deben ajustarse a los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki y a las normativas institucionales correspondientes.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial

Los autores declaran que el uso de herramientas de inteligencia artificial, en caso de haberse utilizado durante el proceso de investigación o redacción del manuscrito, se realizó únicamente como apoyo técnico para mejorar la claridad del lenguaje o el análisis de información, manteniendo siempre la responsabilidad intelectual sobre el contenido del artículo. Las herramientas de inteligencia artificial no fueron utilizadas como autoras del manuscrito ni sustituyen la responsabilidad académica de los investigadores.

Disponibilidad de datos

Los datos que respaldan los resultados de esta investigación estarán disponibles previa solicitud razonable al autor de correspondencia, respetando las normas éticas y de confidencialidad establecidas por la investigación.

