

REVISIÓN

IA Tools for the development of investigative skills

Herramientas de IA para el desarrollo de competencias investigativas

Mayra Alejandra Gaviria Alvarado¹  

¹Universidad de la Amazonia. Florencia, Colombia.

Citar como: Gaviria Alvarado MA. IA Tools for the development of investigative skills. LatIA. 2023; 1:17. <https://doi.org/10.62486/latia202317>

Enviado: 10-04-2023

Revisado: 08-07-2023

Aceptado: 15-10-2023

Publicado: 16-10-2023

Editor: Prof. Dr. Javier González Argote 

ABSTRACT

This article explores how the artificial intelligence (IA) it is transforming the education in natural sciences by means of strategies pedagogic innovators. The IA allows the learning personalization, adjusting the content and the rhythm to the individual necessities of the students, what improves the understanding and retention of complex concepts significantly. Also, the use of simulations and virtual models believe interactive and visual learning environments, enriching the educational experience. These tools also foment the development of critical and creative skills, promoting a more active and collaborative approach in the resolution of scientific problems. On the whole, these strategies not only improve the effectiveness of learning, but rather they also prepare the students to face the challenges of the XXI century with a solid base in science and technology.

Keywords: Artificial Intelligence; Learning Personalization; Virtual Simulations; Critical Skills; Teaching of Natural Sciences.

RESUMEN

Este artículo explora cómo la inteligencia artificial (IA) está transformando la educación en ciencias naturales mediante estrategias pedagógicas innovadoras. La IA permite la personalización del aprendizaje, ajustando el contenido y el ritmo a las necesidades individuales de los estudiantes, lo que mejora significativamente la comprensión y retención de conceptos complejos. Además, el uso de simulaciones y modelos virtuales crea entornos de aprendizaje interactivos y visuales, enriqueciendo la experiencia educativa. Estas herramientas también fomentan el desarrollo de habilidades críticas y creativas, promoviendo un enfoque más activo y colaborativo en la resolución de problemas científicos. En conjunto, estas estrategias no solo mejoran la eficacia del aprendizaje, sino que también preparan a los estudiantes para enfrentar los desafíos del siglo XXI con una base sólida en ciencia y tecnología.

Palabras clave: Inteligencia Artificial; Personalización del Aprendizaje; Simulaciones Virtuales; Habilidades Críticas; Enseñanza de Ciencias Naturales.

INTRODUCCIÓN

En la última década, la integración de la inteligencia artificial (IA) en la educación ha transformado significativamente las metodologías pedagógicas, particularmente en la enseñanza de las ciencias naturales. ⁽¹⁻³⁹⁾ Esta evolución responde a la necesidad de adaptar los métodos de enseñanza a un entorno cada vez más digitalizado y centrado en el estudiante. Tradicionalmente, la educación en ciencias naturales ha dependido de enfoques didácticos convencionales que, aunque efectivos en ciertos contextos, a menudo no logran

abordar las necesidades individuales de los estudiantes ni promover un aprendizaje profundo y significativo.

Los antecedentes de esta transformación se encuentran en el desarrollo y la implementación de tecnologías educativas avanzadas, que han permitido la creación de entornos de aprendizaje más interactivos y personalizados.^(40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51) Las herramientas de IA, tales como los sistemas de tutoría inteligente, simulaciones virtuales y análisis de datos, han demostrado ser efectivos en mejorar la comprensión y retención de conceptos científicos complejos. Estas tecnologías no solo facilitan la visualización de fenómenos abstractos, sino que también proporcionan retroalimentación en tiempo real y adaptan el contenido educativo según el progreso individual del estudiante.

Las líneas base para la implementación de estrategias pedagógicas basadas en IA incluyen la necesidad de infraestructura tecnológica adecuada, formación docente en el uso de herramientas de IA, y un enfoque curricular que promueva la experimentación y la resolución de problemas. La combinación de estos elementos crea un entorno propicio para el aprendizaje activo y colaborativo, donde los estudiantes no solo adquieren conocimientos teóricos, sino también desarrollan habilidades críticas y creativas necesarias para enfrentar los desafíos del siglo XXI.

MÉTODO

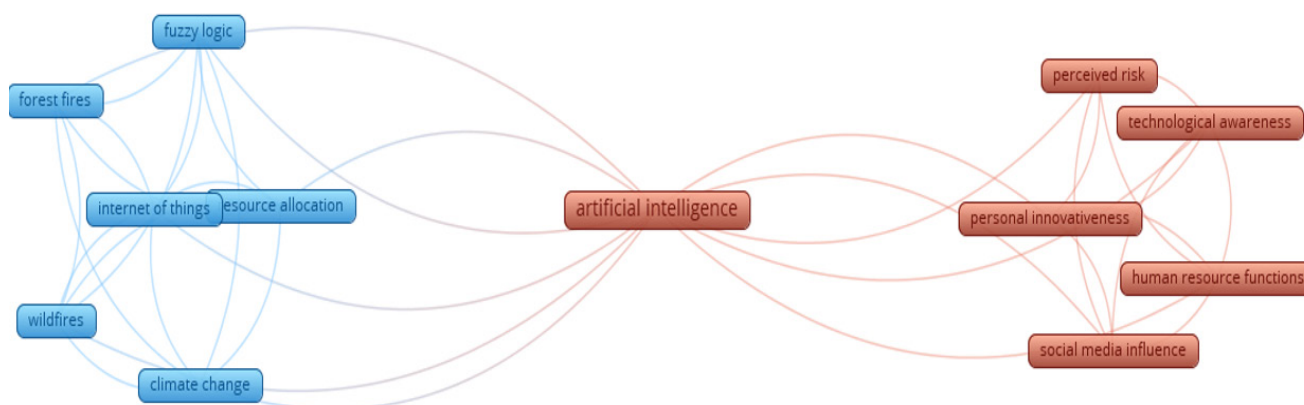
El enfoque metodológico de este artículo se basó en una revisión documental exhaustiva. LA autora se apoyó en varios autores que incluyeron artículos de análisis bibliométricos, los cuales aportan claridad en cuanto al proceder metodológico para este tipo de obras.^(52,53,54,55,56,57,58) Se realizaron búsquedas sistemáticas en bases de datos académicas y bibliotecas digitales, seleccionando artículos, informes y publicaciones relevantes sobre el uso de herramientas de inteligencia artificial (IA) para el desarrollo de competencias investigativas.^(59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71) Los criterios de inclusión se centraron en estudios publicados en los últimos dos años que abordaran la personalización del aprendizaje, el análisis de datos y la colaboración interdisciplinaria mediante IA. Se analizaron y sintetizaron los hallazgos para identificar tendencias, beneficios y desafíos en la implementación de IA en el ámbito educativo y de investigación. La revisión incluyó el análisis del contenido de las fuentes para proporcionar una visión integral y actualizada del tema.

Para la búsqueda y análisis de la producción científica se establecieron parámetros de búsqueda como: años 2023-2024, bases de datos Scopus, artículos originales o de revisión bibliográfica, idioma español o inglés. Las fuentes consultadas debían hacer referencia a las categorías: inteligencia artificial, ciencias naturales, habilidades investigativas, entornos virtuales de aprendizaje, simuladores virtuales, estrategias de innovación pedagógica y educación virtual.

Para la representación de los datos y el análisis bibliométrico, se emplearon las herramientas VOSviewer y Lens.org. Los aspectos que se tuvieron en cuenta para el diseño de los gráficos fueron: la coocurrencia de la palabra clave y su frecuencia de densidad. Además de los tipos de documentos, los autores más activos, los trabajos académicos más citados a lo largo del tiempo, las principales instituciones a los que se afiliaban los autores, los principales campos de estudios en los que se pudo percibir el auge de publicaciones en las ciencias naturales, el número de publicaciones por país y las principales revistas donde se ha publicado sobre el tema.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis a las fuentes consultadas que daban tratamiento a la inteligencia artificial y su relación con las ciencias naturales desde una visión innovadora, se pudo determinar, como se representa en la figura 1, que existe una asociación bastante uniforme en cuanto las temáticas propias de las ciencias informáticas y su inclusión en el campo de las naturales.



Fuente: red de coocurrencia desarrollada con el software VOSviewer con datos de Scopus

Figura 1. Coocurrencia de palabras clave

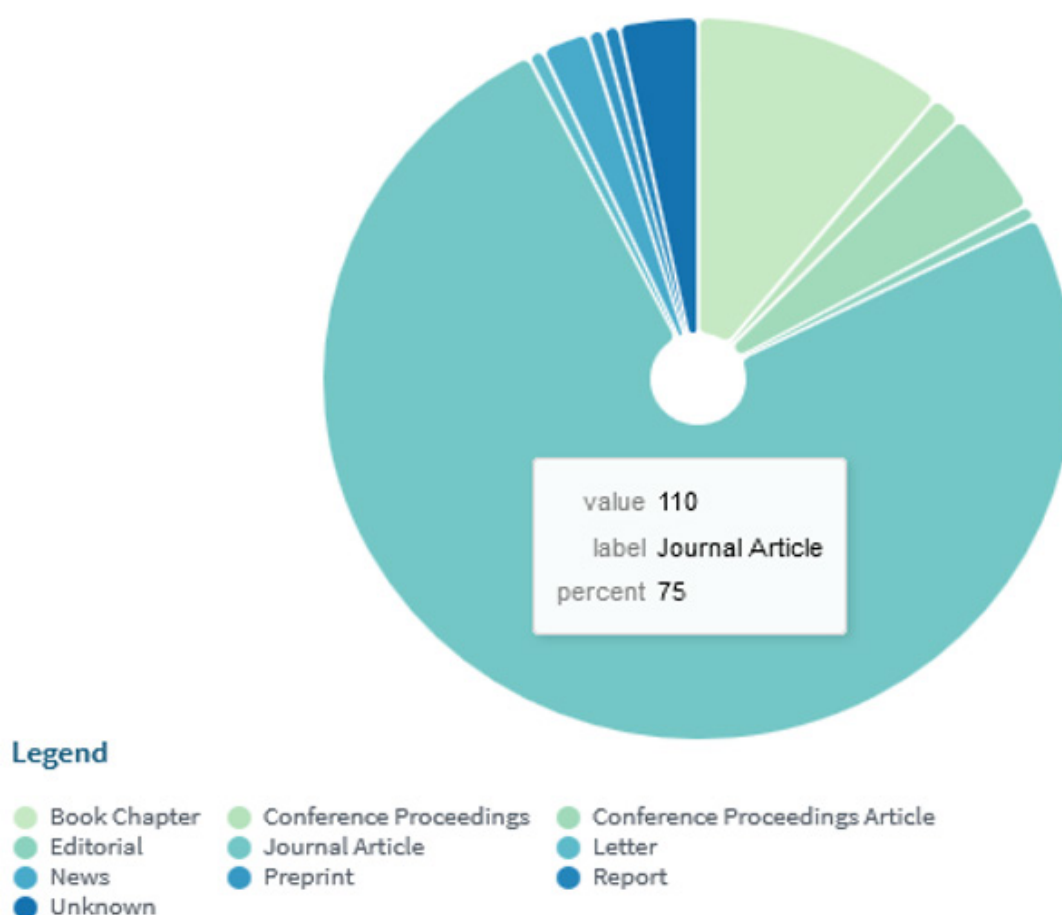
Aprendizaje Personalizado

Las tecnologías de inteligencia artificial (IA) están revolucionando la educación al permitir una adaptación precisa del contenido educativo a las necesidades individuales de los estudiantes, lo que facilita una enseñanza personalizada y efectiva. Entre las herramientas más destacadas se encuentran los sistemas de tutoría inteligente y los chatbots educativos, los cuales utilizan algoritmos avanzados para ajustar el ritmo y la dificultad del material en función del progreso y el nivel de comprensión de cada estudiante.

Los sistemas de tutoría inteligente, como los tutores virtuales, analizan el desempeño de los estudiantes en tiempo real, proporcionando retroalimentación inmediata y recursos adicionales cuando se detectan áreas de dificultad. Estos sistemas no solo identifican los conceptos que requieren mayor atención, sino que también sugieren ejercicios específicos y enfoques de estudio personalizados que se alinean con el estilo de aprendizaje del estudiante.

Por otro lado, los chatbots educativos actúan como asistentes virtuales disponibles las 24 horas, respondiendo preguntas, explicando conceptos y guiando a los estudiantes a través de los contenidos de manera interactiva. Estos chatbots pueden simular conversaciones humanas, haciendo que la interacción sea más natural y menos intimidante para los estudiantes, quienes pueden aprender a su propio ritmo y sin la presión del entorno de clase tradicional.

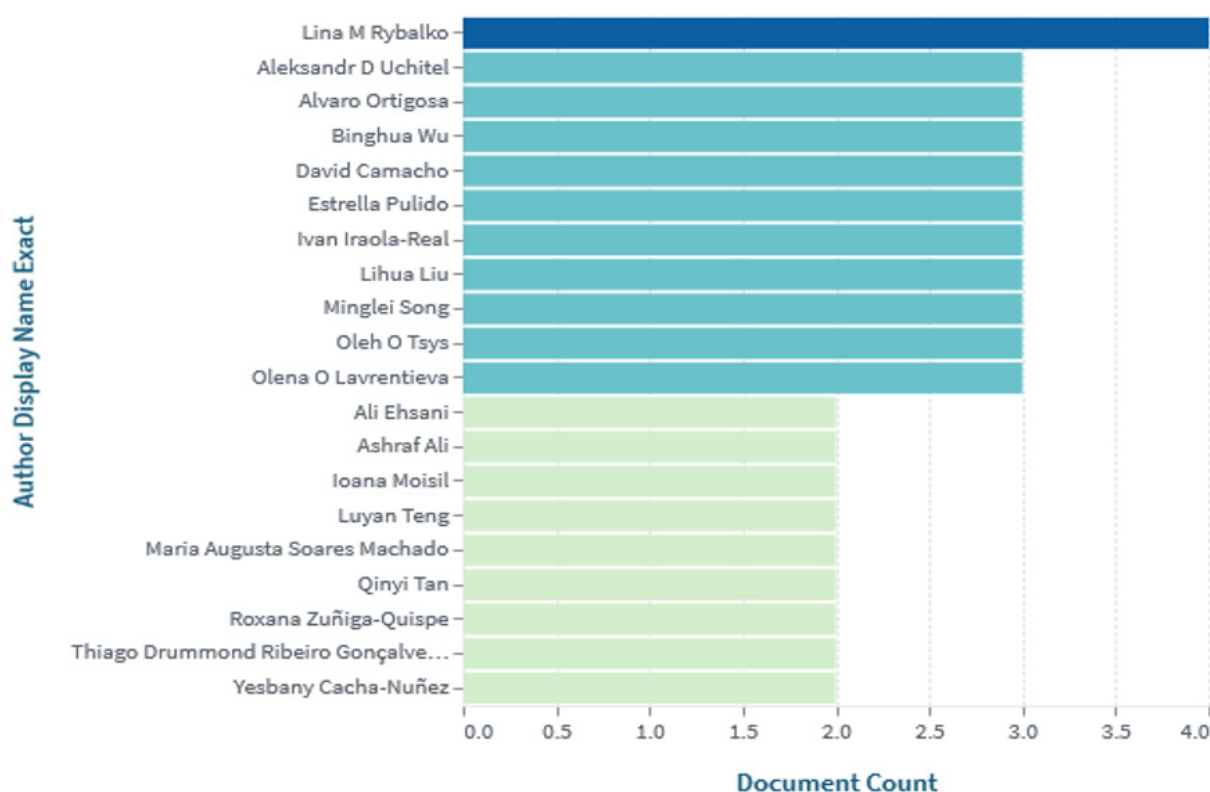
Además de ajustar el ritmo y la dificultad del material, estas tecnologías también facilitan la recopilación y análisis de datos sobre el rendimiento y las preferencias de aprendizaje de los estudiantes. Esta información permite a los educadores diseñar estrategias pedagógicas más efectivas y basadas en datos, mejorando continuamente la calidad de la enseñanza y promoviendo un aprendizaje más profundo y significativo.⁽⁷²⁻¹⁰²⁾



Fuente: gráfico desarrollado con Lens.org a partir de los datos obtenidos en Scopus

Figura 2. Tipos de publicaciones científicas que mostraron los beneficios de la relación entre inteligencia artificial y educación virtual

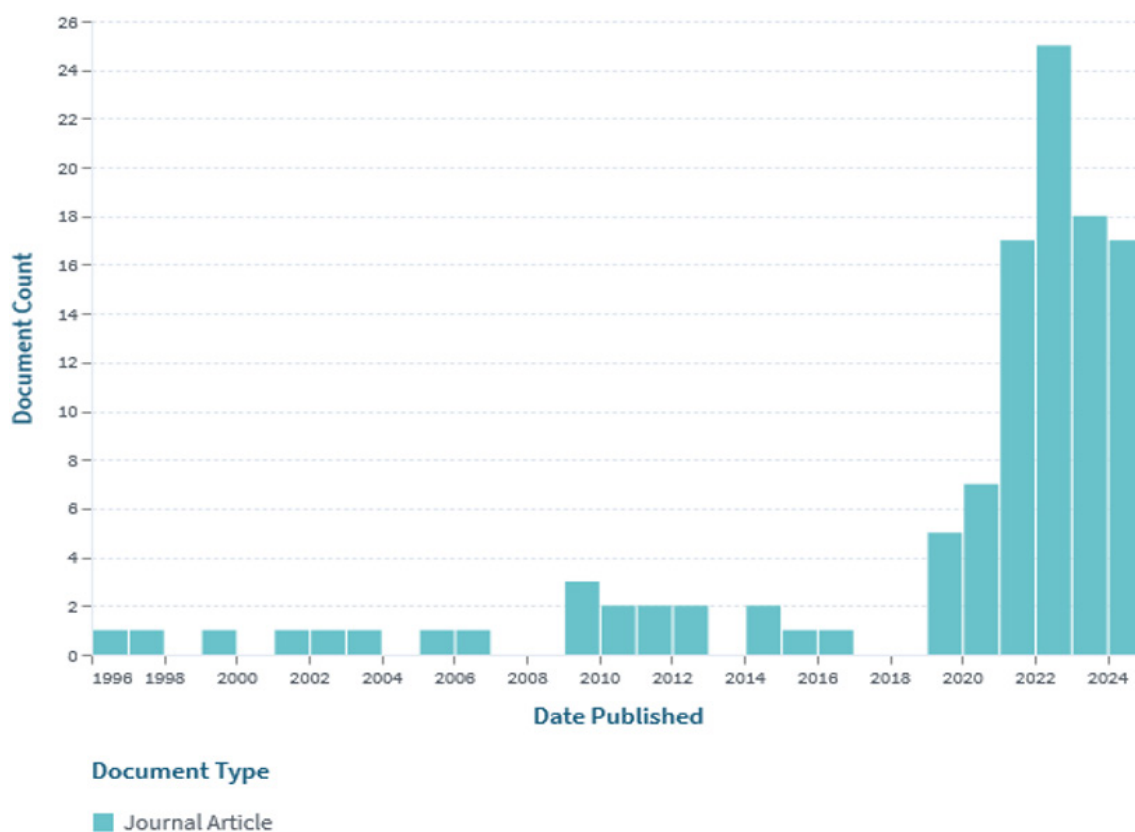
A su vez, la figura 3 muestra los autores más activos que han referido esta relación en sus investigaciones en los años 2023 y 2024:



Fuente: gráfico desarrollado con Lens.org a partir de los datos obtenidos en Scopus

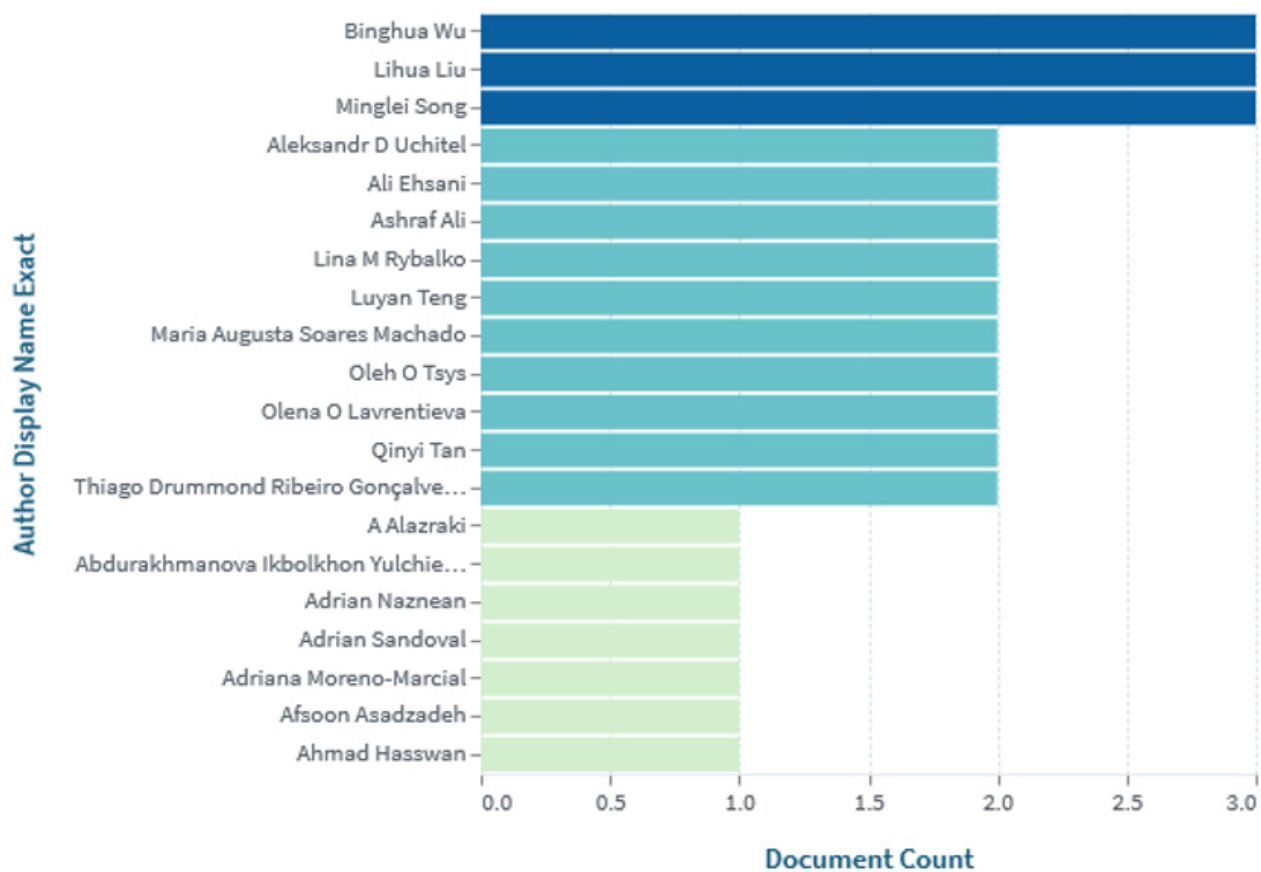
Figura 3. Autores más destacados en la producción científica sobre inteligencia artificial y educación virtual

En las siguientes figuras (figuras 4, 5 y 6) se muestran los trabajos académicos a lo largo del tiempo que han tratado el tema de la educación virtual basada en el empleo de la inteligencia artificial, los autores más destacados y las instituciones principales a las que se afilian estos autores, respectivamente.

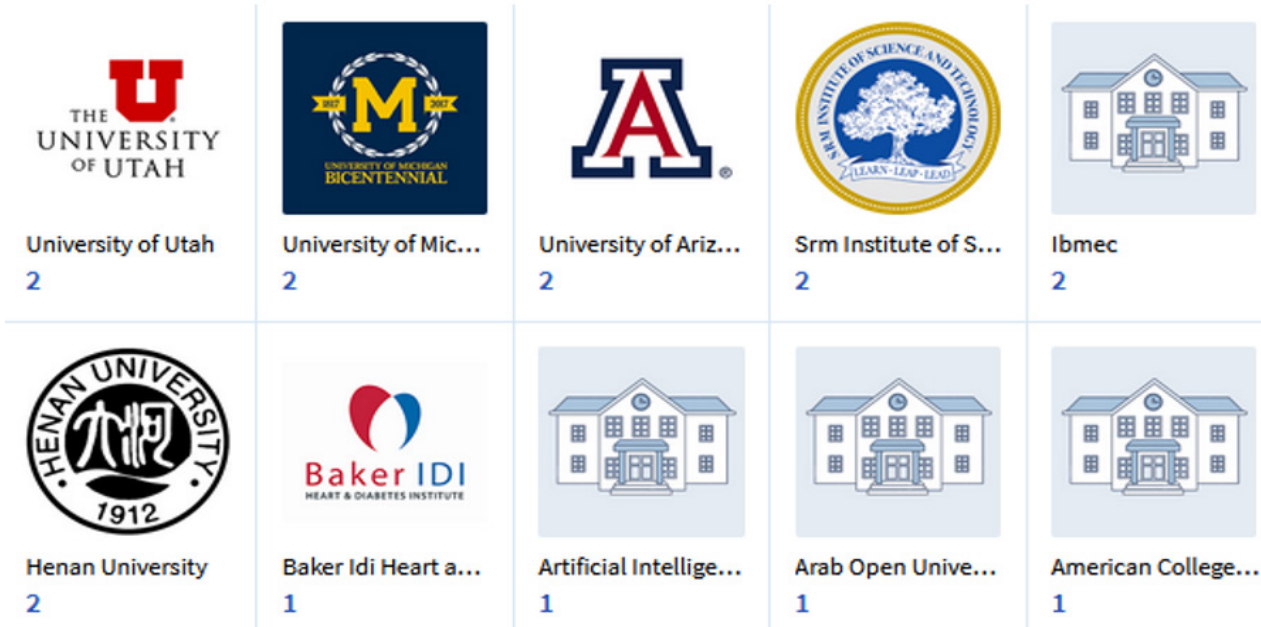


Fuente: gráfico desarrollado con Lens.org a partir de los datos obtenidos en Scopus

Figura 4. Trabajos académicos a lo largo del tiempo



Fuente: gráfico desarrollado con Lens.org a partir de los datos obtenidos en Scopus
Figura 5. Autores más activos



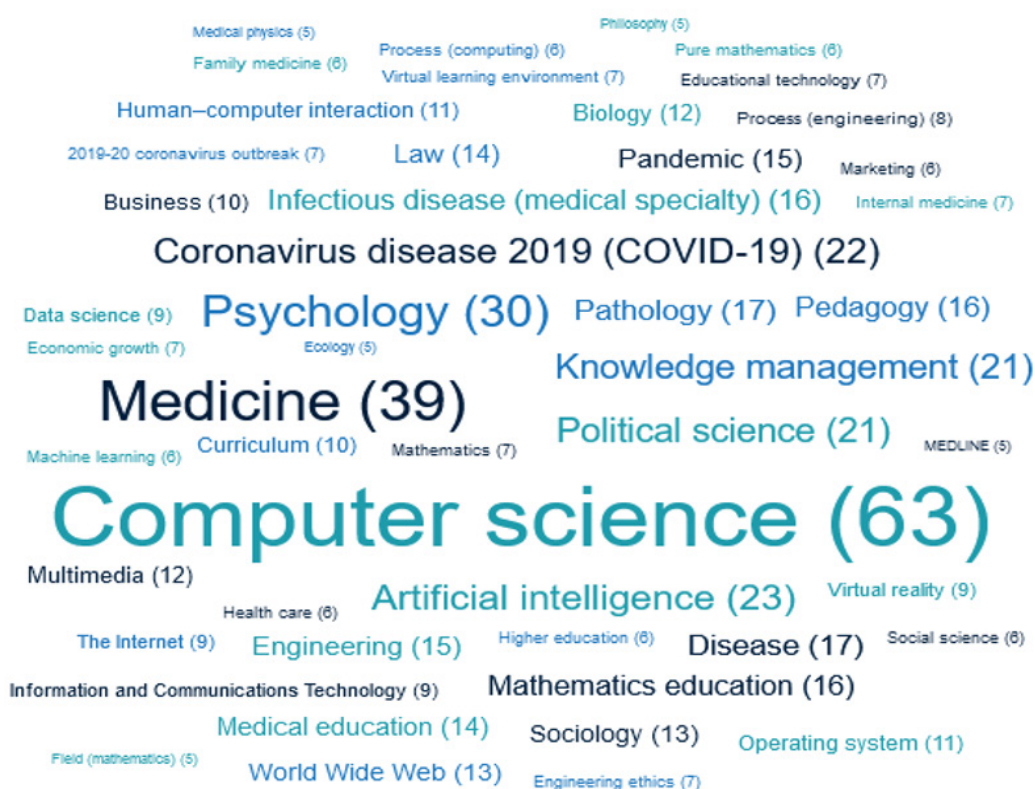
Fuente: gráfico desarrollado con Lens.org a partir de los datos obtenidos en Scopus
Figura 6. Logotipos de las principales instituciones y cantidad de autores afiliados

En resumen, la integración de la IA en el ámbito educativo está transformando la forma en que se imparten y se asimilan los conocimientos, ofreciendo una educación más personalizada y adaptativa que optimiza la comprensión y retención de los conceptos científicos.

La figura 7 muestra cómo en los últimos años ha aumentado el número de citas en publicaciones científicas sobre inteligencia artificial, desarrollo de habilidades investigativas, entornos virtuales de aprendizaje, simuladores virtuales, estrategias de innovación pedagógica y educación virtual.



Fuente: gráfico desarrollado con Lens.org a partir de los datos obtenidos en Scopus
 Figura 7. Logotipos de las principales instituciones y cantidad de autores afiliados



Fuente: gráfico desarrollado con Lens.org a partir de los datos obtenidos en Scopus
 Figura 8. Logotipos de las principales instituciones y cantidad de autores afiliados

Los principales campos de estudio, en este sentido, son variados; además, se aprecia gran relación e interdisciplinariedad. Esto permite comprender la aprehensión de la inteligencia artificial en la educación desde las ciencias naturales, médicas, sociales, de la educación y de la propia computación.

Aprendizaje Basado en Proyectos

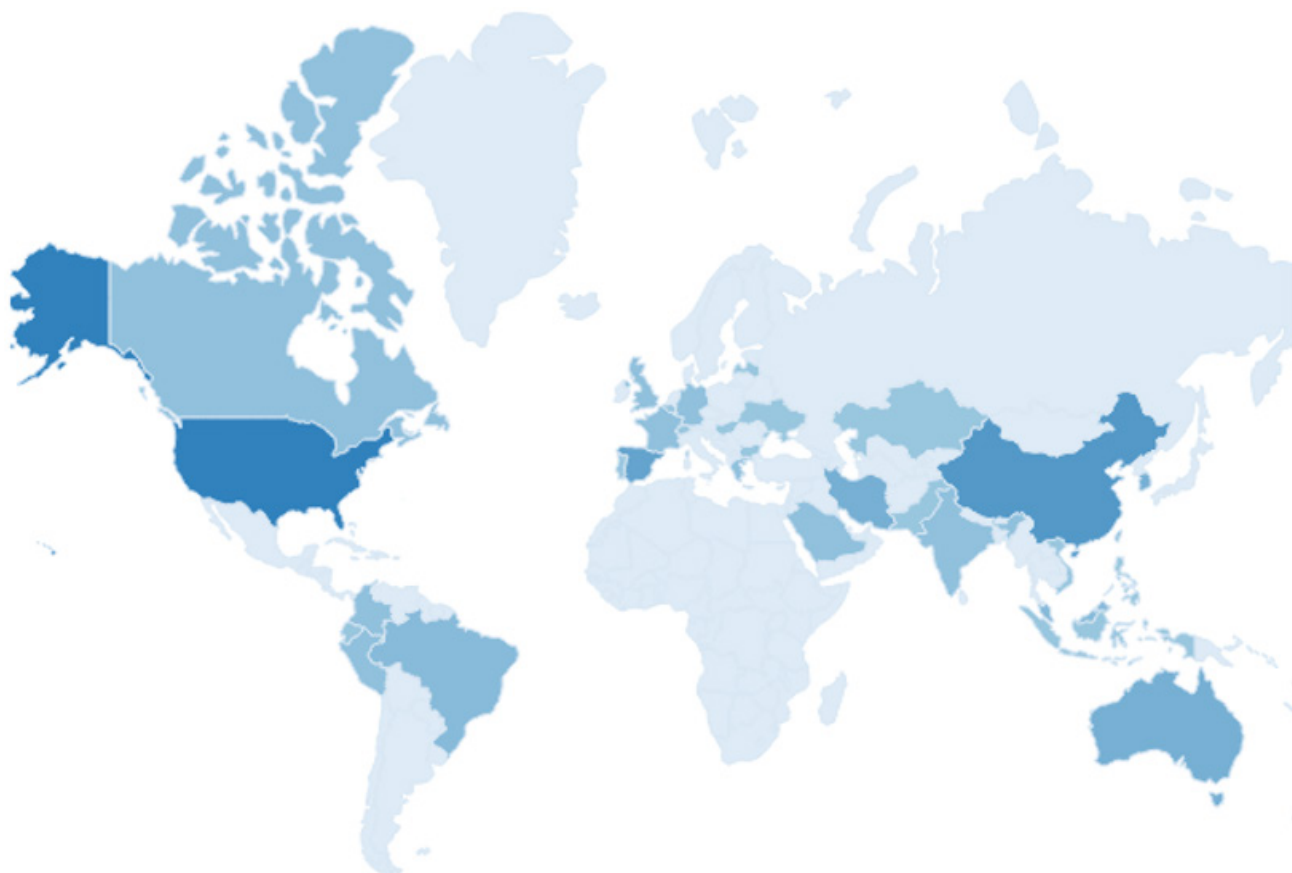
Esta estrategia educativa, impulsa a los estudiantes a trabajar en proyectos reales que incorporan la inteligencia artificial (IA) para abordar problemas del mundo real. Utilizando herramientas avanzadas como la simulación y el modelado virtual, los estudiantes tienen la oportunidad de experimentar y aplicar conocimientos científicos en contextos prácticos. Este enfoque no solo facilita la comprensión teórica, sino que también fomenta el desarrollo de habilidades críticas y creativas. Al involucrarse en proyectos prácticos, los estudiantes aprenden a analizar datos, formular hipótesis, probar soluciones y evaluar resultados, todo en un entorno controlado que simula situaciones del mundo real.

El uso de la simulación permite a los estudiantes replicar fenómenos científicos y observar resultados que serían difíciles de experimentar directamente en un laboratorio tradicional. Por ejemplo, pueden simular reacciones químicas, modelar sistemas biológicos complejos o prever el impacto de ciertos factores en un ecosistema. Esto les proporciona una comprensión más profunda y visual de los conceptos científicos.

El modelado virtual, por otro lado, ofrece una plataforma para crear representaciones digitales de objetos o sistemas, permitiendo a los estudiantes manipular variables y observar cómo cambian los resultados. Esta capacidad de experimentar de manera interactiva y visualmente atractiva hace que el aprendizaje sea más dinámico y envolvente, potenciando la retención y aplicación de conocimientos.

Además, trabajar en proyectos que utilizan IA expone a los estudiantes a tecnologías emergentes, preparándolos para futuros roles en campos científicos y tecnológicos. Aprenden a usar herramientas de análisis de datos, algoritmos de aprendizaje automático y otras tecnologías de IA que son cada vez más relevantes en diversos sectores.

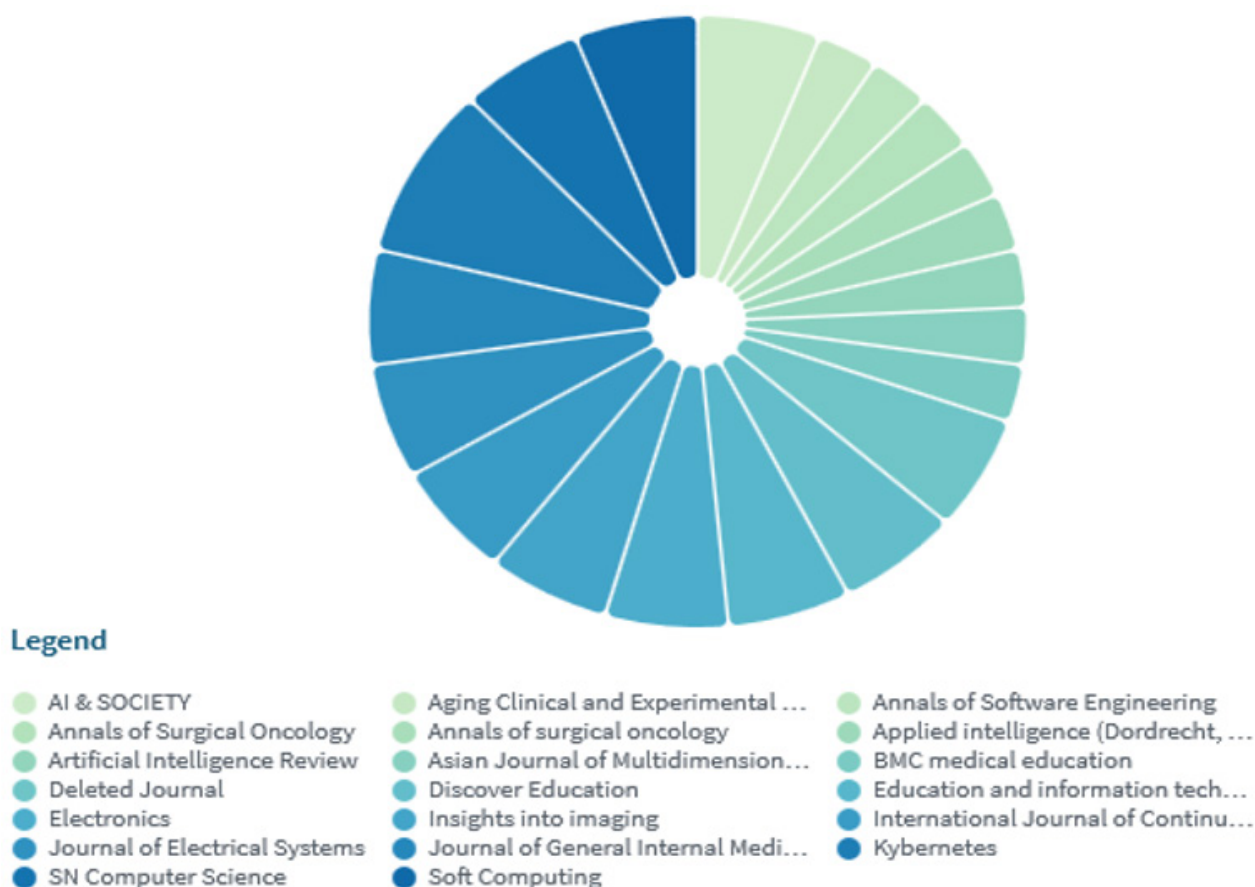
Los países de mayor producción científica en cuanto a la inteligencia artificial y las posibilidades que brinda para el desarrollo de habilidades investigativas, se muestran en el siguiente mapa. Los tonos azules más oscuros representan los países con mayor número de artículos publicados sobre la temática.



Fuente: gráfico desarrollado con Lens.org a partir de los datos obtenidos en Scopus

Figura 9. Países más activos

En este sentido, varias son las revistas que destacan en los últimos dos años (2023-2024) sobre el tema. Las dimensiones de las partes que integran el gráfico, en correspondencia con la gama de colores que representa a cada revista, muestran la frecuencia de artículos publicados:



Fuente: gráfico desarrollado con Lens.org a partir de los datos obtenidos en Scopus

Figura 10. Principales revistas

En resumen, esta estrategia no solo enriquece el aprendizaje teórico, sino que también equipa a los estudiantes con habilidades prácticas y tecnológicas esenciales para resolver problemas complejos del mundo real, fomentando una educación más completa y aplicable.

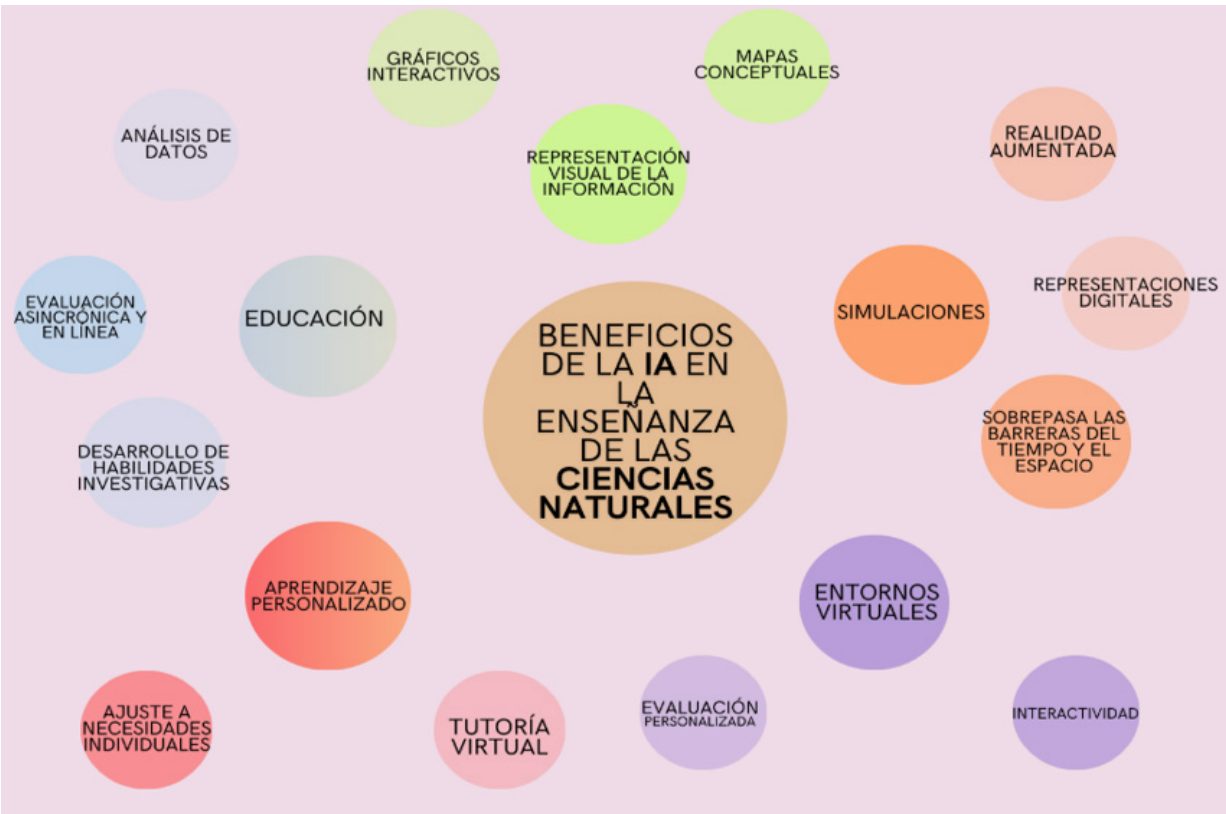
Representación Visual de la Información

La inteligencia artificial (IA) facilita significativamente la creación de modelos visuales y simulaciones que son fundamentales para ayudar a los estudiantes a comprender fenómenos complejos en ciencias naturales. Al emplear herramientas como mapas conceptuales, gráficos interactivos y simulaciones digitales, la IA transforma el aprendizaje en una experiencia más visual y tangible.

Los mapas conceptuales permiten a los estudiantes organizar y relacionar información de manera estructurada, facilitando la identificación de conexiones entre distintos conceptos científicos. Los gráficos interactivos, por otro lado, permiten manipular datos en tiempo real, proporcionando una comprensión dinámica y profunda de los fenómenos estudiados.

Las simulaciones digitales son particularmente útiles en las ciencias naturales, ya que permiten recrear escenarios y procesos que serían difíciles o imposibles de observar directamente en un entorno educativo tradicional. Por ejemplo, los estudiantes pueden simular reacciones químicas, modelar el comportamiento de sistemas ecológicos, o visualizar procesos geológicos a lo largo del tiempo.

Esta capacidad de experimentar de manera interactiva con fenómenos científicos complejos no solo mejora la comprensión y la retención de la información, sino que también hace que el aprendizaje sea más accesible y significativo para todos los estudiantes, independientemente de sus estilos de aprendizaje. Al integrar IA en el currículo de ciencias naturales, se fomenta un enfoque más activo y participativo, donde los estudiantes se convierten en protagonistas de su propio aprendizaje, desarrollando tanto su pensamiento crítico como sus habilidades analíticas y creativas.



Fuente: gráfico desarrollado con www.canva.com

Figura 11. Usos de la inteligencia artificial en la enseñanza de las ciencias naturales

Tabla 1. Vinculación entre Ciencias Naturales, Inteligencia Artificial y Educación		
Ciencias Naturales	Usos de la Inteligencia Artificial	Aplicación en la Educación
Física	Simuladores radiactivos y análisis de grandes volúmenes de datos	Utilización de entornos virtuales de aprendizaje
Química	Simulaciones moleculares y predicciones de sus propiedades	Personalización de la enseñanza
Geología	Optimización de procesos químicos complejos	Tutoría virtual sincrónica y asincrónica
	Identificación de propiedades de suelos	Representaciones gráficas
	Creación de mapas interactivos	Cálculos de elevados volúmenes de información
Astronomía	Estudios métricos	Retroalimentación entre estudiantes y profesores
Biología	Seguimiento a los desplazamientos de estrellas, conformación de galaxias y otros objetos celestes	No se limita al contexto de la escuela
	Estudios moleculares	Autoevaluación por parte del estudiante
	Control de especies	Desarrollo de habilidades investigativas
Medicina	Modificación de factores genotípicos y predicción de su incidencia en el tiempo	Aumenta la motivación
	Producción acelerada de fármacos	Avances en el rendimiento académico basado en la gamificación
	Reproducciones de órganos y prótesis con tecnología 3D	

CONCLUSIONES

Las estrategias pedagógicas, basadas en IA, han demostrado ser altamente efectivas en la enseñanza de ciencias naturales, al proporcionar un aprendizaje personalizado y adaptativo que responde a las necesidades individuales de los estudiantes. Estas herramientas permiten ajustar el contenido y el ritmo de enseñanza, mejorando significativamente la comprensión y retención de conceptos complejos.

La implementación de IA en el aula, facilita la creación de entornos de aprendizaje interactivos y visuales, como simulaciones y modelos virtuales, que enriquecen la experiencia educativa y promueven una comprensión más profunda de los fenómenos científicos.

La integración de IA fomenta el desarrollo de habilidades críticas y creativas en los estudiantes, promoviendo un enfoque más activo y colaborativo en la resolución de problemas. Esto no solo mejora el aprendizaje de conceptos científicos, sino que también prepara a los estudiantes para enfrentar los desafíos del mundo real con una base sólida en ciencia y tecnología.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abubakar AM, Gupta D, Parida S. A Reinforcement Learning Approach for Intelligent Conversational Chatbot For Enhancing Mental Health Therapy. *Procedia Computer Science*. 2024;235:916-25. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.04.087>
2. Assi H, Cao R, Castelino M, Cox B, Gilbert FJ, Gröhl J, et al. A review of a strategic roadmapping exercise to advance clinical translation of photoacoustic imaging: From current barriers to future adoption. *Photoacoustics*. 2023;32:100539. <https://doi.org/10.1016/j.pacs.2023.100539>
3. Bueno LA, Sigahi TFAC, Rampasso IS, Leal Filho W, Anholon R. Impacts of digitization on operational efficiency in the banking sector: Thematic analysis and research agenda proposal. *International Journal of Information Management Data Insights*. 2024;4(1):100230. <https://doi.org/10.1016/j.jjime.2024.100230>
4. Chen H-y, Chen Y-h, Liang Q-j, Wang Z-g, Cao J, Zhang D. Effect of Al₂O₃ insertion layer on ferroelectricity in HfO₂/ZrO₂ nanolaminates. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*. 2023;33(10):3113-21. [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(23\)66321-6](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(23)66321-6)
5. Chen Y, Pei W, Xiao H, Ma T. Incentive-compatible and budget balanced AGV mechanism for peer-to-peer energy trading in smart grids. *Global Energy Interconnection*. 2023;6(1):26-35. <https://doi.org/10.1016/j.gloi.2023.02.003>
6. Martínez Castillo PJ, López Cruz R, Silva Martínez D. Comportamientos de sustentabilidad. Una aplicación de la teoría VBN en estudiantes de ingeniería. *Región Científica*. 2024;3(1):2024259. <https://doi.org/10.58763/rc2024259> Chi Y, Liu Y. Research on Fintech Public Opinion Situation and Risk Identification Based on DTM. *Procedia Computer Science*. 2023;221:1178-86. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.08.104>
7. De Laurentiis V, Caldeira C, Sala S, Tonini D. Life cycle thinking for the assessment of waste and circular economy policy: status and perspectives from the EU example. *Waste Management*. 2024;179:205-15. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2024.02.037>
8. Ding Z-B, Shi Y-H, Chen J-F, Fan J, Zhou J. Recent advances in surgical management strategies for hepatocellular carcinoma. *hLife*. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.hlife.2024.06.007>
9. Du W, Qiu T, Liu H, Liu A, Wu Z, Sun X, et al. The predictive value of serum tumor markers for EGFR mutation in non-small cell lung cancer patients with non-stage IA. *Heliyon*. 2024;10(9):e29605. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29605>
10. Giannakidou S, Radoglou-Grammatikis P, Lagkas T, Argyriou V, Goudos S, Markakis EK, et al. Leveraging the power of internet of things and artificial intelligence in forest fire prevention, detection, and restoration: A comprehensive survey. *Internet of Things*. 2024;26:101171. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2024.101171>
11. Han X, Zheng Y, Prentice C, Chen S. Firm engagement: Scale development and verification. *Journal of Retailing and Consumer Services*. 2024;80:103902. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2024.103902>
12. Huang Y, Ren Y, Li X. Deep learning techniques for enhanced sea-ice types classification in the Beaufort Sea via SAR imagery. *Remote Sensing of Environment*. 2024;308:114204. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2024.114204>
13. Irkham I, Ibrahim AU, Pwavodi PC, Nwekwo CW, Hartati YW. CRISPR-based biosensor for the detection of Marburg and Ebola virus. *Sensing and Bio-Sensing Research*. 2024;43:100601. <https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2023.100601>
14. Jia D, Wen H, Sun F, Wang Q, Yang Q, Fu T. Dynamic modelling and engineering simulation of fluid mechanics in water injectors. *Petroleum Exploration and Development*. 2023;50(5):1236-45. [https://doi.org/10.1016/S1876-3804\(23\)60462-8](https://doi.org/10.1016/S1876-3804(23)60462-8)

15. Jiang C, Zhang Y, Deng P, Lin H, Fu F, Deng C, et al. The Overlooked Cornerstone in Precise Medicine: Personalized Postoperative Surveillance Plan for Non-Small Cell Lung Cancer. *JTO Clinical and Research Reports*. 2024;100701. <https://doi.org/10.1016/j.jtocrr.2024.100701>
16. Bolaños Garita R. Aprendizaje basado en proyectos: una adaptación pedagógica para la innovación y el desarrollo socio-organizacional. *Región Científica*. 2023;2(2):2023104. <https://doi.org/10.58763/rc2023104>
17. Ledesma JR, Ma J, Zhang M, Basting AVL, Chu HT, Vongpradith A, et al. Global, regional, and national age-specific progress towards the 2020 milestones of the WHO End TB Strategy: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet Infectious Diseases*. 2024;24(7):698-725. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(24\)00007-0](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(24)00007-0)
18. Li X, Liao M, Wang B, Zan X, Huo Y, Liu Y, et al. A drug repurposing method based on inhibition effect on gene regulatory network. *Computational and Structural Biotechnology Journal*. 2023;21:4446-55. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2023.09.007>
19. Li Y-p, Wang C-r, Du X-d, Tian W, Zhang T, Hu J-s, et al. Research status and quality improvement of wire arc additive manufacturing of metals. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*. 2023;33(4):969-96. [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(23\)66160-6](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(23)66160-6)
20. Mizdrakovic V, Kljajic M, Zivkovic M, Bacanin N, Jovanovic L, Deveci M, et al. Forecasting bitcoin: Decomposition aided long short-term memory based time series modeling and its explanation with Shapley values. *Knowledge-Based Systems*. 2024;299:112026. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2024.112026>
21. Mou D, Wang J, Wang Y, Tang X, Dong Z, Wang N, et al. Performance of anterior segment OCT-based algorithms in the opportunistic screening for primary angle-closure disease. *Heliyon*. 2024;10(7):e28885. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28885>
22. Qian L, Wu T, Kong S, Lou X, Jiang Y, Tan Z, et al. Could the underlying biological basis of prognostic radiomics and deep learning signatures be explored in patients with lung cancer? A systematic review. *European Journal of Radiology*. 2024;171:111314. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2024.111314>
23. Shahzad MF, Xu S, Naveed W, Nusrat S, Zahid I. Investigating the impact of artificial intelligence on human resource functions in the health sector of China: A mediated moderation model. *Heliyon*. 2023;9(11):e21818. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21818>
24. Tao J, Ting H, Hao X, Linbo F, Wei P, Tengfei M. P2P transaction method for distributed energy prosumers based on reputation value. *Global Energy Interconnection*. 2023;6(3):308-319. <https://doi.org/10.1016/j.gloi.2023.06.005>
25. Wang L, Cao J, Feng Y, Jia R, Ren Y. Application of uniportal video-assisted thoracoscopic surgery for segmentectomy in early-stage non-small cell lung cancer: A narrative review. *Heliyon*. 2024;10(9):e30735. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30735>
26. Wu L, Chang P, Chen W, Pei T. Generalized load graphical forecasting method based on modal decomposition. *Global Energy Interconnection*. 2024;7(2):166-78. <https://doi.org/10.1016/j.gloi.2024.04.005>
27. Xia Y, Sun G, Xiao J, He X, Jiang H, Zhang Z, et al. AlphaFold-guided redesign of a plant pectin methylesterase inhibitor for broad-spectrum disease resistance. *Molecular Plant*. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2024.07.008>
28. Jiménez Gómez JL, Carmona Suarez EJ. Construcción del pensamiento computacional mediante la incorporación de la educación STEM en el currículo de secundaria del departamento del Quindío (Colombia). *Región Científica*. 2023;2(1):202326. <https://doi.org/10.58763/rc202326>
29. Xu B, Xu T, Ding W, Huang S. Diagnosis of leg diseases in broiler chickens: A retrospective review1. *Journal of Integrative Agriculture*. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2023.12.034>
30. Xu N, Yang D, Arikawa K, Bai C. Application of artificial intelligence in modern medicine. *Clinical eHealth*. 2023;6:130-7. <https://doi.org/10.1016/j.ceh.2023.09.001>

31. Xu Y, Gao Y, Cheng Y, Sun Y, Li X, Pan X, et al. Substation clustering based on improved KFCM algorithm with adaptive optimal clustering number selection. *Global Energy Interconnection*. 2023;6(4):505-16. <https://doi.org/10.1016/j.gloi.2023.08.010>
32. Xue X, Abdulsahib GM, Khalaf OI, Jagan J, Loganathan K, Makota C, et al. Soft computing approach on estimating the lateral confinement coefficient of CFRP veiled circular columns. *Alexandria Engineering Journal*. 2023;81:599-619. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.09.053>
33. Yang B, Xie R, Duan J, Wang J. State-of-the-art review of MPPT techniques for hybrid PV-TEG systems: Modeling, methodologies, and perspectives. *Global Energy Interconnection*. 2023;6(5):567-91. <https://doi.org/10.1016/j.gloi.2023.10.005>
34. Yu Y, Liu M, Chen D, Huo Y, Lu W. Dynamic grouping control of electric vehicles based on improved k-means algorithm for wind power fluctuations suppression. *Global Energy Interconnection*. 2023;6(5):542-53. <https://doi.org/10.1016/j.gloi.2023.10.003>
35. Yuan B, Zhao M, Meng S, Zhang W, Zheng H. Intelligent identification and real-time warning method of diverse complex events in horizontal well fracturing. *Petroleum Exploration and Development*. 2023;50(6):1487-96. [https://doi.org/10.1016/S1876-3804\(24\)60482-9](https://doi.org/10.1016/S1876-3804(24)60482-9)
36. Zakaria A, Marei MI, Mashaly HM. A Hybrid Interleaved DC-DC Converter Based on Buck-Boost topologies for Medium Voltage Applications. *e-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*. 2023;6:100301. <https://doi.org/10.1016/j.prime.2023.100301>
37. Zeng Z, Yang S, Guo Y, Jin X, Wang R. Meta-heuristic Techniques in Microgrid Management: A Survey. *Swarm and Evolutionary Computation*. 2023;78:101256. <https://doi.org/10.1016/j.swevo.2023.101256>
38. Zhou Y, Ma Z, Chen H, Wang R. Analysis of multiple-faults of high-voltage circuit breakers based on non-negative matrix decomposition. *Global Energy Interconnection*. 2024;7(2):179-89. <https://doi.org/10.1016/j.gloi.2024.04.006>
39. Hajkowicz S, Sanderson C, Karimi S, Bratanova A, Naughtin C. Artificial intelligence adoption in the physical sciences, natural sciences, life sciences, social sciences and the arts and humanities: A bibliometric analysis of research publications from 1960-2021. *Technology in Society*. 2023;74:102260. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102260>
40. Miranda Larroza MM, Sanabria Zotelo ME. Estrategias didácticas en plataformas educativas: experiencia de docentes de Licenciatura en Administración en universidad pública de Paraguay. *Región Científica*. 2023;2(1):202330. <https://doi.org/10.58763/rc202330>
41. Dwivedi YK, Kshetri N, Hughes L, Slade EL, Jeyaraj A, Kar AK, et al. Opinion Paper: “So what if ChatGPT wrote it?” Multidisciplinary perspectives on opportunities, challenges and implications of generative conversational AI for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*. 2023;71:102642. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2023.102642>
42. Pérez A, Rega L-M, García Y. La plataforma MOODLE como espacio para la acción orientadora. *Revista Varela*. 2022;22(63):181-90. <https://revistavarela.uclv.edu.cu/index.php/rv/article/view/1428>
43. El khediri S, Benfradj A, Thaljaoui A, Moulahi T, Ullah Khan R, Alabdulatif A, et al. Integration of artificial intelligence (AI) with sensor networks: Trends, challenges, and future directions. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*. 2024;36(1):101892. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2023.101892>
44. Evans AZ, Adhaduk M, Jabri AR, Ashwath ML. Is Virtual Learning Here to Stay? A Multispecialty Survey of Residents, Fellows, and Faculty. *Current Problems in Cardiology*. 2023;48(6):101641. <https://doi.org/10.1016/j.cpcardi.2023.101641>
45. Hadi HK, Irawan MI, Nadlifatin R. The Relationship of Virtual Reality and Interpersonal Communication: Bibliometric Overview. *Procedia Computer Science*. 2024;234:1244-52. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.03.121>

46. Guerra DDD, Gamboa AJP, Cano CAG. Social network analysis in virtual educational environments: Implications for collaborative learning and academic community development. *AWARI*. 2023;4:1-12. <https://awari.pro-metrics.org/index.php/a/article/view/59>
47. Kyle RG, Bastow F, Harper-McDonald B, Jeram T, Zahid Z, Nizamuddin M, et al. Effects of student-led drama on nursing students' attitudes to interprofessional working and nursing advocacy: A pre-test post-test educational intervention study. *Nurse Education Today*. 2023;123:105743. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2023.105743>
48. Rahman MA, Faisal RR, Tho C. The Effectiveness of Augmented Reality Using Flash Card in Education to Learn Simple English Words as a Secondary Language. *Procedia Computer Science*. 2023;227:753-61. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.10.580>
49. Shim J. Investigating the effectiveness of introducing virtual reality to elementary school students' moral education. *Computers & Education: X Reality*. 2023;2:100010. <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2023.100010>
50. Velásquez Castro LA, Paredes-Águila JA. Revisión sistemática sobre los desafíos que enfrenta el desarrollo e integración de las tecnologías digitales en el contexto escolar chileno, desde la docencia. *Región Científica*. 2024;3(1):2024226. <https://doi.org/10.58763/rc2024226>
51. Živičnjak M, Mikulčić M, Rožić T, Rigo B. Application of container terminal virtual reality in student education. *Transportation Research Procedia*. 2023;74:26-33. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.11.108>
52. Sánchez, V, Pérez, AJ, Gómez, CA. Trends and evolution of Scientometric and Bibliometric research in the SCOPUS database. *Bibliotecas. Anales de Investigación*. 2024;20(1):1-22. <http://revistas.bnjm.sld.cu/index.php/BAI/article/view/834/685>
53. Chen, Y, Lin, M, & Zhuang, D. Wastewater treatment and emerging contaminants: Bibliometric analysis. *Chemosphere*. 2022;297:133932. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133932>
54. Dharmani, P, Das, S, & Prashar, S. A bibliometric analysis of creative industries: Current trends and future directions. *Journal of Business Research*. 2021; 135:252-267. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.06.037>
55. Núñez-Barahona EG, Espinosa-Cristia JF. Liderazgo ético y comportamiento de los empleados. Análisis cuantitativo en la producción científica. *Región Científica*. 2024;3(2):2024295. <https://doi.org/10.58763/rc2024295>
56. Gan, Y, He, Q, Li, C, Alsharafi, BLM, Zhou, H, & Long, Z. A bibliometric study of the top 100 most-cited papers in neuroendocrine prostate cancer. *Frontiers in Oncology*. 2023;13:1146515. <https://doi.org/10.3389/fonc.2023.1146515>
57. Kim, TH, & Kang, JW. Research Status Quo in Traditional Mongolian Medicine: A Bibliometric Analysis on Research Documents in the Web of Science Database. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2021:1-7. <https://doi.org/10.1155/2021/5088129>
58. Moral, JA, Herrera, E, Santisteban, A., & Cobo, MJ. Software tools for conducting bibliometric analysis in science: An up-to-date review. *El Profesional de la Información*. 2020;29(1). <https://doi.org/10.3145/epi.2020.ene.03>
59. Michelet G, Breitingner F, Horsman G. Automation for digital forensics: Towards a definition for the community. *Forensic Science International*. 2023;349:111769. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2023.111769>
60. Barra C, Grimaldi M, Muazzam A, Troisi O, Visvizi A. Digital divide, gender gap, and entrepreneurial orientation: How to foster technology adoption among Pakistani higher education students? *Socio-Economic Planning Sciences*. 2024;93:101904. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2024.101904>
61. Wolf D, Göbel T, Baier H. Hypervisor-based data synthesis: On its potential to tackle the curse of client-side agent remnants in forensic image generation. *Forensic Science International: Digital Investigation*. 2024;48:301690. <https://doi.org/10.1016/j.fsidi.2023.301690>

62. Roman-Acosta D, Rodríguez Torres E, Baquedano Montoya MB, López Zavala LC, Pérez Gamboa AJ. ChatGPT y su uso para perfeccionar la escritura académica en educandos de posgrado. *prax. pedagog.* 2024;24(36):53-75. <https://revistas.uniminuto.edu/index.php/praxis/article/view/3536>
63. Shinde AV, Patil DD. A Multi-Classifer-Based Recommender System for Early Autism Spectrum Disorder Detection using Machine Learning. *Healthcare Analytics.* 2023;4:100211. <https://doi.org/10.1016/j.health.2023.100211>
64. Miloro M, Han MD, Kwon T-G, Xi T, Borba AM, Reyneke JP, et al. Predicting the Future Focus of Orthognathic Surgery: Outcome-Driven Planning and Treatment With Function, Esthetics, and Occlusion as Key Indicators. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery.* 2024. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2024.06.168>
65. López González YY. Aptitud digital del profesorado frente a las competencias TIC en el siglo XXI: una evaluación de su desarrollo. *Región Científica.* 2023;2(2):2023119. <https://doi.org/10.58763/rc2023119>
66. Sakshi, Kukreja V. Recent trends in mathematical expressions recognition: An LDA-based analysis. *Expert Systems with Applications.* 2023;213:119028. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.119028>
67. Miller CM. A survey of prosecutors and investigators using digital evidence: A starting point. *Forensic Science International: Synergy.* 2023;6:100296. <https://doi.org/10.1016/j.fsisyn.2022.100296>
68. Beducci E, Acerbi F, Pinzone M, Taisch M. Unleashing the role of skills and job profiles in circular manufacturing. *Journal of Cleaner Production.* 2024;449:141456. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141456>
69. McNaughton KJ. The variability and clustering of Financial Intelligence Units (FIUs) - A comparative analysis of national models of FIUs in selected western and eastern (post-Soviet) countries. *Journal of Economic Criminology.* 2023;2:100036. <https://doi.org/10.1016/j.jeconc.2023.100036>
70. Martinez-Garcia A, Horrach-Rosselló P, Mulet-Forteza C. Mapping the intellectual and conceptual structure of research on CoDa in the 'Social Sciences' scientific domain. A bibliometric overview. *Journal of Geochemical Exploration.* 2023;252:107273. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2023.107273>
71. Cardeño Portela N, Cardeño Portela EJ, Bonilla Blanchar E. TIC y transformación académica en las universidades. *Región Científica.* 2023;2(2):202370. <https://doi.org/10.58763/rc202370>
72. Arnson B, Kang HR, Brooks ED, Gheorghiu D, Ilich E, Courtney D, et al. Genome editing using *Staphylococcus aureus* Cas9 in a canine model of glycogen storage disease Ia. *Molecular Therapy - Methods & Clinical Development.* 2023;29:108-19. <https://doi.org/10.1016/j.omtm.2023.03.001>
73. Das P, Hazra A, Saha S, Roy S, Mukherjee M, Hazra S, et al. Resolving the polycistronic aftermath: Essential role of topoisomerase IA in preventing R-loops in *Leishmania*. *Journal of Biological Chemistry.* 2024;300(4):107162. <https://doi.org/10.1016/j.jbc.2024.107162>
74. Déru V, Tiezzi F, VanRaden PM, Lozada-Soto EA, Toghiani S, Maltecca C. Imputation accuracy from low-to medium-density SNP chips for US crossbred dairy cattle. *Journal of Dairy Science.* 2024;107(1):398-411. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23250>
75. Fan H, Tian H, Jin F, Zhang X, Su S, Liu Y, et al. CypD induced ROS output promotes intracranial aneurysm formation and rupture by 8-OHdG/NLRP3/MMP9 pathway. *Redox Biology.* 2023;67:102887. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2023.102887>
76. Flores-Cruz RD, Espinoza-Guillén A, Reséndiz-Acevedo K, Mendoza-Rodríguez V, López-Casillas F, Jiménez-Sánchez A, et al. Doble synergetic anticancer activity through a combined chemo-photodynamic therapy and bioimaging of a novel Cas-ZnONPs all-in-one system. *Journal of Inorganic Biochemistry.* 2024;258:112623. <https://doi.org/10.1016/j.jinorgbio.2024.112623>
77. Genet SAAM, Wolfs JRE, Vu CBAK, Wolter M, Broeren MAC, van Dongen J, et al. Analysis of Neuron-Specific enolase isozymes in human serum using immunoaffinity purification and liquid chromatography-

tandem mass spectrometry quantification. *Journal of Chromatography B*. 2023;1223:123701. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2023.123701>

78. González-Cabrera M, Torres A, Salomone-Caballero M, Castro N, Argüello A, Hernández-Castellano LE. Intramammary administration of lipopolysaccharides at parturition enhances immunoglobulin concentration in goat colostrum. *animal*. 2024;18(2):101082. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101082>

79. Roman-Acosta D. más allá de las palabras: inteligencia artificial en la escritura académica. *Escritura Creativa*. 2023;4(2):37-58. https://ojs.nfshost.com/index.php/escritura_creativa/article/view/44

80. Heo S, Kang T, Bygrave AM, Larsen MR, Haganir RL. Experience-Induced Remodeling of the Hippocampal Post-synaptic Proteome and Phosphoproteome. *Molecular & Cellular Proteomics*. 2023;22(11):100661. <https://doi.org/10.1016/j.mcpro.2023.100661>

81. Hindenes LB, Ingebrigtsen T, Isaksen JG, Håberg AK, Johnsen L-H, Herder M, et al. Anatomical variations in the circle of Willis are associated with increased odds of intracranial aneurysms: The Tromsø study. *Journal of the Neurological Sciences*. 2023;452:120740. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2023.120740>

82. Huaman MAL, Vega-Chacón J, Quispe RIH, Negrón ACV. Synthesis and swelling behaviors of poly(2-hydroxyethyl methacrylate-co-itaconic acid) and poly(2-hydroxyethyl methacrylate-co-sodium itaconate) hydrogels as potential drug carriers. *Results in Chemistry*. 2023;5:100917. <https://doi.org/10.1016/j.rechem.2023.100917>

83. Jain S, Parimelazhagan Santhi P, Vinod R, Afrin Ruma S, Huhtinen K, Pettersson K, et al. Aberrant glycosylation of $\alpha 3$ integrins as diagnostic markers in epithelial ovarian cancer. *Clinica Chimica Acta*. 2023;543:117323. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2023.117323>

84. Jessouroun E, Oliveira MdM, Nogueira BA, Leitão OdL, de Figueredo EP, Leal MdLM, et al. Streptococcus agalactiae serotype la capsular polysaccharide production from a Brazilian strain. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*. 2024;7:100484. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2024.100484>

85. Li Z, Bi X, Dai Y, Ren R. Enhancing mango anthracnose control and quality maintenance through chitosan and iturin A coating. *LWT*. 2024;198:115955. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.115955>

86. Laplagne Sarmiento C, Urnicia JJ. Protocolos de B-learning para la alfabetización informacional en la Educación Superior. *Región Científica*. 2023;2(2):202373. <https://doi.org/10.58763/rc202373>

87. Liu K, Lin X, Chen X, Chen B, Li S, Li K, et al. Development and validation of a deep learning signature for predicting lymphovascular invasion and survival outcomes in clinical stage IA lung adenocarcinoma: A multicenter retrospective cohort study. *Translational Oncology*. 2024;42:101894. <https://doi.org/10.1016/j.tranon.2024.101894>

88. Madahar SS, Gideon A, Abdul-Sater AA. Nod-like receptors in inflammatory arthritis. *Biomedical Journal*. 2024;47(1):100655. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2023.100655>

89. Maruyama T, Fujii S, Takimoto H. Comparison of estimated and observed evapotranspiration from farmland using inverse analysis and FLUXNET2015. *Agricultural Water Management*. 2023;287:108414. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108414>

90. Mei Z, Xiaoxue L, Jun W, Erxun Z, Canwei S. Host-Induced Gene Silencing of Effector AGLIP1 Enhanced Resistance of Rice to Rhizoctonia solani AG1-IA. *Rice Science*. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2024.04.005>

91. Zheng Y, Stewart N. Improving EFL students' cultural awareness: Reframing moral dilemmatic stories with ChatGPT. *Computers and Education: Artificial Intelligence*. 2024;6:100223. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100223>

92. Jin Z, Goyal SB, Rajawat AS. The Informational Role of Artificial Intelligence in higher Education in the New era. *Procedia Computer Science*. 2024;235:1008-23. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.04.096>

93. Mendis T, Filipova B, Wang JJ, Pietropaolo M, Jackson MW. Affinity purification of serum-derived anti-IA-2 autoantibodies in type 1 diabetes using a novel MBP-IA-2 fusion protein. *Biochemistry and Biophysics Reports*. 2023;33:101413. <https://doi.org/10.1016/j.bbrep.2022.101413>
94. Rautila OS, Kaivola K, Rautila H, Hokkanen L, Launes J, Strandberg TE, et al. The shared ancestry between the C9orf72 hexanucleotide repeat expansion and intermediate-length alleles using haplotype sharing trees and HAPTK. *The American Journal of Human Genetics*. 2024;111(2):383-92. <https://doi.org/10.1016/j.ajhg.2023.12.019>
95. Schöffski P, Machiels J-P, Rottey S, Sadrolhefazi B, Musa H, Marzin K, et al. Phase Ia dose-escalation trial with the BET protein inhibitor BI 894999 in patients with advanced or metastatic solid tumours. *European Journal of Cancer*. 2023;191:112987. <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2023.112987>
96. Shrestha BR, Wu L, Goodrich LV. Runx1 controls auditory sensory neuron diversity in mice. *Developmental Cell*. 2023;58(4):306-19.e5. <https://doi.org/10.1016/j.devcel.2023.01.008>
97. Sundaram V, Ramanan RN, Selvaraj M, Ahemad N, Vijayaraghavan R, MacFarlane DR, et al. Probing the molecular interactions between cholinium-based ionic liquids and insulin aspart: A combined computational and experimental study. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2023;253:126665. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.126665>
98. Pérez Egües MA, Torres Zerquera L del C, Hernández Delgado M. Evaluación de las condiciones del Gabinete Psicopedagógico de la Universidad de Cienfuegos en la gestión de servicios de orientación virtual. *Región Científica*. 2023;2(2):202384. <https://doi.org/10.58763/rc202384>
99. Xu D, Gareev I, Beylerli O, Pavlov V, Le H, Shi H. Integrative bioinformatics analysis of miRNA and mRNA expression profiles and identification of associated miRNA-mRNA network in intracranial aneurysms. *Non-coding RNA Research*. 2024;9(2):471-85. <https://doi.org/10.1016/j.ncrna.2024.01.004>
100. Xu Y, Li Z. Alleviating glucose repression and enhancing respiratory capacity to increase itaconic acid production. *Synthetic and Systems Biotechnology*. 2023;8(1):129-40. <https://doi.org/10.1016/j.synbio.2022.12.007>
101. Zhang Y-h, Zhai M-j, Shi L, Lei Q-y, Zhang S-t, Zhang L, et al. Sustainable castor oil-based vitrimers: Towards new materials with reprocessability, self-healing, degradable and UV-blocking characteristics. *Industrial Crops and Products*. 2023;193:116210. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.116210>
102. Contreras S, Gonzalez A. Integration of artificial intelligence (AI) in the teaching of natural sciences: analysis and reflections from the chilean teacher's thinking and practice. *IATED*; 2023. <https://lens.org/161-670-078-009-808>

FINANCIACIÓN

La autora no recibió financiación para el desarrollo de la presente investigación.

CONFLICTO DE INTERÉS

Ninguno.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Mayra Alejandra Gaviria Alvarado.

Curación de datos: Mayra Alejandra Gaviria Alvarado.

Análisis formal: Mayra Alejandra Gaviria Alvarado.

Investigación: Mayra Alejandra Gaviria Alvarado.

Metodología: Mayra Alejandra Gaviria Alvarado.

Administración del proyecto: Mayra Alejandra Gaviria Alvarado.

Recursos: Mayra Alejandra Gaviria Alvarado.

Software: Mayra Alejandra Gaviria Alvarado.

Supervisión: Mayra Alejandra Gaviria Alvarado.

Visualización: Mayra Alejandra Gaviria Alvarado.

Redacción - borrador original: Mayra Alejandra Gaviria Alvarado.

Redacción - revisión y edición: Mayra Alejandra Gaviria Alvarado.