

REVISIÓN

Tools for AI-driven Development of Research Competencies

Herramientas de IA para el desarrollo de competencia investigativas

Chris Nathalie Aristizábal Valbuena¹  

¹Universidad del Quindío. Armenia, Colombia.

Citar como: Aristizábal Valbuena CN. Tools for AI-driven Development of Research Competencies. LatIA. 2023; 1:16. <https://doi.org/10.62486/latia202316>

Enviado: 09-04-2023

Revisado: 07-07-2023

Aceptado: 21-10-2023

Publicado: 22-10-2023

Editor: Prof. Dr. Javier González Argote 

ABSTRACT

Artificial intelligence (AI) tools are transforming scientific research by enabling the analysis of large volumes of data and the generation of new hypotheses and theoretical models. In 2024, there is an expected proliferation of smaller and more efficient AI models that can run on accessible hardware, facilitating the democratization of access to this technology. This will allow academic institutions and small businesses to implement and optimize AI models without the need for expensive infrastructures. The ability of AI to handle and analyze large datasets has been particularly useful in fields such as biomedicine, where it has accelerated the discovery of new treatments and therapies. Furthermore, the integration of AI models into local devices addresses critical concerns regarding data privacy and security, enabling the secure processing of sensitive information. These tools not only enhance the efficiency and accuracy of research but also foster innovation by expanding the frontiers of knowledge in diverse disciplines.

Keywords: Artificial Intelligence; Research; Data Analysis; Biomedicine; Data Privacy.

RESUMEN

Las herramientas de inteligencia artificial (IA) transforman la investigación científica al permitir el análisis de grandes volúmenes de datos y la generación de nuevas hipótesis y modelos teóricos. En 2024, se espera una proliferación de modelos de IA más pequeños y eficientes que se pueden ejecutar en hardware accesible, lo que favorece la democratización al acceso de esta tecnología. Esto permitirá que instituciones académicas y pequeñas empresas implementen y optimicen modelos de IA sin necesidad de costosas infraestructuras. La capacidad de la IA para manejar y analizar grandes conjuntos de datos ha sido especialmente útil en campos como la biomedicina, donde ha acelerado el descubrimiento de nuevos tratamientos y terapias. Además, la integración de modelos de IA en dispositivos locales aborda preocupaciones críticas de privacidad y seguridad de datos, lo que posibilita el procesamiento seguro de información sensible. Estas herramientas no solo mejoran la eficiencia y precisión de la investigación, sino que también fomentan la innovación al ampliar las fronteras del conocimiento en diversas disciplinas.

Palabras clave: Inteligencia Artificial; Investigación; Análisis de Datos; Biomedicina; Privacidad de Datos.

INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) emergió como una herramienta transformadora en una amplia gama de disciplinas, incluyendo la investigación académica. Su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos, identificar patrones y generar insights revoluciona la forma en que los investigadores abordan problemas complejos y desarrollan nuevas competencias.^(1,2)

En el contexto de la investigación, las herramientas de IA no solo facilitan la automatización de tareas repetitivas, sino que también potencian la capacidad analítica y creativa de los investigadores. La evolución de la IA ha sido rápida y multifacética. La IA ha pasado de ser una curiosidad académica a una tecnología de uso común en diversas industrias.^(3,4,5)

La integración de IA en la investigación es impulsada por la necesidad de manejar grandes volúmenes de datos y obtener resultados en tiempos más cortos. Además, la IA demostró ser crucial en el desarrollo de investigaciones interdisciplinarias, lo que facilita la colaboración entre diferentes campos del conocimiento.^(6,7)

La IA permite automatizar tareas rutinarias y repetitivas, lo que libera tiempo para que los investigadores se concentren en actividades más creativas y estratégicas. Esto incluye desde la recopilación y limpieza de datos hasta el análisis y visualización de resultados.^(8,9)

La capacidad de la IA para manejar y analizar grandes conjuntos de datos ha permitido a los investigadores identificar patrones y tendencias que serían imposibles de detectar manualmente. Esto es útil en campos como la biomedicina, donde la IA ha acelerado el descubrimiento de nuevos tratamientos y terapias.^(10,11,12)

Además, las herramientas de IA no solo analizan datos, sino que también pueden generar nuevas hipótesis y modelos teóricos. Mediante técnicas avanzadas de aprendizaje automático, es posible explorar un mayor número de variables y relaciones. Lo que amplía las fronteras del conocimiento en diversas disciplinas.^(13,14,15)

Las herramientas de IA redefinen la investigación académica, proporcionan a los investigadores nuevos métodos y enfoques para desarrollar competencias investigativas. Estas tecnologías abren nuevas oportunidades para la innovación y el descubrimiento. Por tanto, el objetivo de este artículo es analizar el papel de las herramientas de la IA para el desarrollo de competencias investigativas.

MÉTODOS

El presente artículo se basó en una revisión documental con el objetivo de explorar y analizar las tendencias y aplicaciones de las herramientas de inteligencia artificial (IA) en el desarrollo de competencias investigativas.^(16,17) El proceso de investigación se dividió por etapas previamente definidas (figura 1).

Durante todo el proceso de revisión documental, se respetaron los derechos de autor al citar y referenciar adecuadamente las fuentes utilizadas. Asimismo, se garantizó la confidencialidad y privacidad de los datos recopilados, en caso de que se hayan utilizado datos sensibles.⁽¹⁸⁾

Esta metodología permitió compilar una visión comprensiva y actualizada sobre el impacto de las herramientas de IA en el desarrollo de competencias investigativas, proporcionando una base sólida para las conclusiones presentadas en el artículo.^(19,20)

1. Selección de Fuentes	Se realizaron búsquedas en bases de datos especializadas y se aplicaron criterios de inclusión y exclusión para seleccionar los artículos, informes u otros documentos relevantes. Además, se consideraron búsquedas manuales y consultas a expertos en el campo para identificar fuentes adicionales.
2. Proceso de búsqueda y recolección de datos	Se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva de información utilizando palabras clave y operadores booleanos para refinar las búsquedas. Se aplicaron límites de tiempo e idioma según las necesidades del estudio. También se realizaron búsquedas adicionales en las referencias de los artículos seleccionados para asegurar la exhaustividad de la recopilación de datos.
3. Criterios de selección y evaluación de la calidad de las fuentes	Se establecieron criterios claros para seleccionar las fuentes de información relevantes. Estos criterios incluyeron la relevancia del contenido para el tema de investigación, la rigurosidad científica, la solidez metodológica de los estudios, la actualidad de los documentos y la reputación de las fuentes. Se evaluaron y se descartaron aquellas fuentes que no cumplieran con estos criterios.
4. Proceso de análisis de los datos	Se realizó un análisis de los datos extraídos de las fuentes seleccionadas. Se utilizaron técnicas de síntesis para identificar temas o categorías recurrentes en la literatura revisada. Se extrajeron datos relevantes y se organizó la información recopilada de manera coherente.

Figura 1. Fases por las que transitó el proceso de revisión

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una primera aproximación a la literatura permitió corroborar que el papel de las herramientas de la IA ha mejorado el análisis de datos al permitir una mayor precisión y eficiencia. Estas facilitan el análisis de grandes volúmenes de datos textuales, visuales y auditivos en la medida que facilitan insights relevantes y profundos. Estos datos permitieron un primer acercamiento a los principales puntos de análisis en materia de aplicación de las herramientas de la IA. A partir de lo cual, se elaboraron unidades de contenido teórico que constituyeron los acápites teóricos que conformaron el análisis de resultados.

Modelos de IA más accesibles y eficientes

En 2024, se anticipa una proliferación de modelos de IA más pequeños y eficientes que pueden ejecutarse en hardware más accesible. Esta evolución permitirá a instituciones académicas y pequeñas empresas implementar y mejorar modelos de IA sin necesidad de invertir en infraestructuras costosas.^(21,22)

Los avances en técnicas como la adaptación de baja clasificación (LoRA) y la cuantificación (quantization) permiten que estos modelos reduzcan la cantidad de parámetros necesarios para su funcionamiento. Estas técnicas hacen posible que los modelos de IA se ejecuten de manera eficiente en dispositivos locales sin comprometer el rendimiento.⁽²³⁾

Al mantener los datos sensibles y el procesamiento en dispositivos locales, se reduce el riesgo asociado con la transferencia de información a través de redes públicas o su almacenamiento en servidores de terceros. Esto es relevante en sectores como la salud, la educación y las finanzas, donde la protección de datos es crítica.⁽²⁴⁾

Otra ventaja de estos modelos más pequeños y eficientes es la democratización de la IA. Este acceso fomenta la innovación y permite que más actores contribuyan al desarrollo y aplicación de la IA en diversas áreas, desde la investigación académica hasta aplicaciones comerciales.⁽²⁵⁾

Además, el avance en herramientas y técnicas de código abierto ha jugado un papel crucial en esta tendencia. Las comunidades de desarrolladores crean y comparten recursos que permiten la personalización y optimización de modelos preentrenados para necesidades específicas. Lo que ha acelerado la adopción y adaptación de la IA en contextos más amplios.^(26,27)

Generative AI y datos organizacionales

La capacidad de la IA para manejar y analizar grandes conjuntos de datos revoluciona la investigación en múltiples campos. Esta le permite a los investigadores identificar patrones y tendencias que serían imposibles de detectar manualmente.⁽²⁸⁾

En el ámbito de la biomedicina, la IA demostró ser particularmente útil, al acelerar el descubrimiento de nuevos tratamientos y terapias. Los algoritmos de aprendizaje automático pueden analizar enormes volúmenes de datos genómicos, clínicos y de investigación en cuestión de minutos.⁽²⁹⁾

La IA ha sido utilizada para identificar biomarcadores de enfermedades, predecir la respuesta a tratamientos específicos y descubrir nuevas dianas terapéuticas. Permite identificar correlaciones y patrones que pueden llevar a nuevos avances médicos.⁽³⁰⁾

En oncología, la IA ha sido empleada para analizar imágenes de biopsias y resonancias magnéticas. Esto ayuda a detectar cánceres en etapas tempranas y mejorar los pronósticos para los pacientes.⁽³¹⁾

Además, las técnicas de IA como las redes neuronales profundas ayudan en la interpretación de imágenes médicas, al facilitar diagnósticos más precisos y rápidos. Esto reduce el margen de error humano, lo que es crucial en el tratamiento de enfermedades graves.^(32,33)

La IA también juega un papel esencial en la personalización de tratamientos, una tendencia conocida como medicina de precisión. Al analizar datos genéticos y clínicos individuales, los algoritmos de IA pueden recomendar tratamientos personalizados que tienen mayores probabilidades de éxito para cada paciente.^(34,35)

En la investigación de nuevos fármacos, la IA permite reducir el tiempo y los costos asociados con el desarrollo de medicamentos. Los modelos de IA pueden predecir cómo reaccionarán diferentes compuestos químicos en el cuerpo humano.⁽³⁶⁾

Puede identificar rápidamente los candidatos más prometedores para ensayos clínicos. Esto no solo acelera el proceso de descubrimiento de fármacos, sino que también aumenta la tasa de éxito de los nuevos tratamientos que llegan al mercado.^(37,38)

Avances en mecanismos de ajuste de modelos

Las herramientas de IA no solo se limitan a analizar datos existentes, sino que también tienen la capacidad de generar nuevas hipótesis y modelos teóricos. Esto se debe a técnicas avanzadas de aprendizaje automático y algoritmos sofisticados que pueden detectar patrones complejos y relaciones no evidentes a simple vista.^(39,40)

Mediante el uso de algoritmos de aprendizaje profundo y redes neuronales, las herramientas de IA pueden explorar un vasto número de variables y relaciones simultáneamente. Esto permite a los investigadores formular hipótesis innovadoras basadas en datos empíricos y modelar escenarios teóricos con una precisión sin

precedentes.⁽⁴¹⁾

En el ámbito de la biomedicina, la IA es utilizada para modelar interacciones moleculares complejas y predecir cómo diferentes variables pueden influir en el desarrollo de enfermedades. Esta capacidad de simulación y predicción es crucial para avanzar en el conocimiento científico y desarrollar nuevas terapias y tratamientos.⁽⁴²⁾

Además, las herramientas de IA pueden procesar y analizar datos de manera continua. Esto le permite actualizar modelos teóricos en tiempo real a medida que se dispone de nueva información.⁽⁴³⁾

Esto es particularmente útil en campos como la meteorología y el cambio climático. Donde la IA puede integrar grandes volúmenes de datos climáticos para mejorar las predicciones y generar modelos que expliquen fenómenos naturales con mayor precisión.^(44,45)

La capacidad de la IA para aprender y adaptarse continuamente permite a los científicos ajustar sus hipótesis y teorías en función de los datos más recientes. Lo que conduce a un entendimiento más profundo y dinámico de los fenómenos estudiados.⁽⁴⁶⁾

Otro aspecto importante es la capacidad de la IA para facilitar la investigación interdisciplinaria. Al analizar datos de diversas fuentes y disciplinas, las herramientas de IA pueden identificar conexiones y correlaciones que podrían pasar desapercibidas en enfoques más tradicionales.^(47,48)

Esto fomenta la colaboración entre diferentes áreas del conocimiento, al permitir enriquecer la investigación y abrir nuevas fronteras en disciplinas emergentes. En el campo de la economía, la IA es utilizada para modelar y predecir tendencias de mercado lo que proporciona *insights* que informan políticas y estrategias empresariales.^(49,50)

CONCLUSIONES

Las herramientas de IA más pequeñas y eficientes democratizan el acceso a tecnologías avanzadas. Esta accesibilidad impulsa la innovación en diversos campos y facilita la inclusión de actores con menos recursos en el desarrollo de competencias investigativas.

La capacidad de la IA para manejar y analizar grandes conjuntos de datos transforma la investigación científica. Permite la identificación de patrones y tendencias previamente indetectables. Facilita la generación de nuevas hipótesis y modelos teóricos, lo que amplía significativamente las fronteras del conocimiento en disciplinas como la biomedicina.

La integración de modelos de IA en dispositivos locales mantiene el procesamiento de información sensible en hardware accesible y controlado por los usuarios. Esto no solo mejora la seguridad de los datos, sino que también potencia la capacidad de personalizar y adaptar modelos de IA a necesidades específicas, especialmente en sectores sensibles como la salud y las finanzas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cardeño-Portela N, Cardeño-Portela EJ, Bonilla-Blanchar E. Las TIC y la transformación académica en las universidades. *Región Científica*. 2023;2(2):202370. <https://doi.org/10.58763/rc202370>
2. Zawacki-Richter, O., Marín, V., Bond, M., & Gouverneur, F. Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education - where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. 2019;16. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>
3. Dogan, M., Dogan, T., & Bozkurt, A. The Use of Artificial Intelligence (AI) in Online Learning and Distance Education Processes: A Systematic Review of Empirical Studies. *Applied Sciences*. 2023;13(5):3056. <https://doi.org/10.3390/app13053056>
4. 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>
5. Anantrasirichai, N., & Bull, D. Artificial intelligence in the creative industries: a review. *Artificial Intelligence Review*. 2022;55:589-656. <https://doi.org/10.1007/s10462-021-10039-7>
6. Wang, D., Weisz, J., Muller, M., Ram, P., Geyer, W., Dugan, C., Tausczik, Y., Samulowitz, H., & Gray, A. (2019). Human-AI Collaboration in Data Science. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 3, 1 - 24. <https://doi.org/10.1145/3359313>
7. Vázquez-Vidal V, Martínez-Prats G. El desarrollo regional y su impacto en la sociedad mexicana. *Región Científica*. 2023;2(1):202336. <https://doi.org/10.58763/rc202336>

8. Park G, Oh H, Lim BC, Khoo BL. Can smart technology make group members more creative? The effect of interactive feedback using sociometric badges on members' creativity. *Behaviour & Information Technology*. 2023;42(14):2452-66. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2022.2126949>

9. Lau, V., Binnie, A., Basmaji, J., Baig, N., Opgenorth, D., Cameron, S., O'Hearn, K., McDonald, E., Senaratne, J., Sligl, W., Zuege, D., Rewa, O., Bagshaw, S., & Tsang, J. Needs Assessment Survey Identifying Research Processes Which may be Improved by Automation or Artificial Intelligence: ICU Community Modeling and Artificial Intelligence to Improve Efficiency (ICU-Comma). *Journal of Intensive Care Medicine*. 2022;37:1296-1304. <https://doi.org/10.1177/08850666211064844>

10. Walters, W., & Murcko, M. Assessing the impact of generative AI on medicinal chemistry. *Nature Biotechnology*. 2020;38:143-145. <https://doi.org/10.1038/s41587-020-0418-2>

11. Noroña González Y, Colala Troya AL, Peñate Hernández JI. La orientación para la proyección individual y social en la educación de jóvenes y adultos: un estudio mixto sobre los proyectos de vida. *Región Científica*. 2023;2(2):202389. <https://doi.org/10.58763/rc202389>

12. Yang, X., Wang, Y., Byrne, R., Schneider, G., & Yang, S. Concepts of Artificial Intelligence for Computer-Assisted Drug Discovery. *Chemical Reviews*. 2019;119(18):10520-10594. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.8b00728>

13. Collins, G., Dhiman, P., Navarro, C., Ma, J., Hoof, L., Reitsma, J., Logullo, P., Beam, A., Peng, L., calster, B., Smeden, M., Riley, R., & Moons, K. Protocol for development of a reporting guideline (TRIPOD-AI) and risk of bias tool (PROBAST-AI) for diagnostic and prognostic prediction model studies based on artificial intelligence. *BMJ Open*. 2021;11. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-048008>

14. Horváth, I. (2022). AI in interpreting: Ethical considerations. *Across Languages and Cultures*, 23(1). <https://doi.org/10.1556/084.2022.00108>

15. López-González YY. Competencia digital del profesorado para las habilidades TIC en el siglo XXI: una evaluación de su desarrollo. *Región Científica*. 2023;2(2):2023119. <https://doi.org/10.58763/rc2023119>

16. Vittorini, P., Menini, S., & Tonelli, S. (2020). An AI-Based System for Formative and Summative Assessment in Data Science Courses. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 31, 159 - 185. <https://doi.org/10.1007/s40593-020-00230-2>

17. Creswell JW. *Research Design. Qualitative, Quantitative and Mixed Method Approaches*. 4 ed 2019.

18. Fisher C. *Decoding the Ethics Code: A Practical Guide for Psychologists*. 5 ed 2023.

19. Newman M, Gough D. *Systematic Reviews in Educational Research: Methodology, Perspectives and Application*. *Systematic Reviews in Educational Research*: Springer; 2019. https://doi.org/10.1007/978-3-658-27602-7_1

20. Casasempere-Satorres A, Vercher-Ferrándiz ML. Bibliographic documentary analysis. Getting the most out of the literature review in qualitative research. *New Trends in Qualitative Research*. 2020;4:247-57. <https://doi.org/10.36367/ntqr.4.2020.247-257>

21. Afanador Cubillos N. Historia de la producción y sus retos en la era actual. *Región Científica*. 2023;2(1):202315. <https://doi.org/10.58763/rc202315>

22. Li, L., Gou, F., Long, H., He, K., & Wu, J. (2022). Effective Data Optimization and Evaluation Based on Social Communication with AI-Assisted in Opportunistic Social Networks. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2022(1), 4879557. <https://doi.org/10.1155/2022/4879557>

23. Long, X., Ben, Z., Zeng, X., Liu, Y., Zhang, M., & Zhou, D. Learning Sparse Convolutional Neural Network via Quantization With Low Rank Regularization. *IEEE Access*. 2019;7:51866-51876. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2911536>

24. Zapata Muriel FA, Montoya Zapata S, Montoya-Zapata D. Dilemas éticos planteados por el auge de la inteligencia artificial: una mirada desde el transhumanismo. *Región Científica*. 2024;3(1):2024225. <https://doi.org/10.58763/rc2024225>
25. Buhmann A, Fieseler C. Deep Learning Meets Deep Democracy: Deliberative Governance and Responsible Innovation in Artificial Intelligence. *Business Ethics Quarterly*. 2022;33:146-179. <https://doi.org/10.1017/beq.2021.42>
26. Hauck M, Machhamer R, Czenkusch L, Gollmer K, Dartmann G. Node and Block-Based Development Tools for Distributed Systems With AI Applications. *IEEE Access*. 2019;7:143109-143119. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2940113>
27. Nguyen G, Dlugolinsky S, Bobák M, Tran V, García Á, Heredia I, Malík P, Hluchý L. Machine Learning and Deep Learning frameworks and libraries for large-scale data mining: a survey. *Artificial Intelligence Review*. 2019;52:77-124. <https://doi.org/10.1007/s10462-018-09679-z>
28. Rahmani A, Azhir E, Ali S, Mohammadi M, Ahmed O, Ghafour M, Ahmed S, Hosseinzadeh M. Artificial intelligence approaches and mechanisms for big data analytics: a systematic study. *PeerJ Computer Science*. 2021;7. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.488>
29. Muñoz Bonilla HA, Menassa Garrido IS, Rojas Coronado L, Espinosa Rodríguez MA. La innovación en el sector servicios y su relación compleja con la supervivencia empresarial. *Región Científica*. 2024;3(1):2024214. <https://doi.org/10.58763/rc2024214>
30. Fischer C, Pallavajjala A, Jiang L, Anagnostou V, Tao J, Adams E, Eshleman J, Gocke C, Lin M, Platz E, Xian R. Artificial intelligence-assisted serial analysis of clinical cancer genomics data identifies changing treatment recommendations and therapeutic targets. *Clinical cancer research: an official journal of the American Association for Cancer Research*. 2022;28(11):2361-2372. <https://doi.org/10.1158/1078-0432.CCR-21-4061>
31. Ginghină O, Hudiță A, Zamfir M, Spânu A, Mardare M, Bondoc I, Buburuzan L, Georgescu S, Costache M, Negrei C, Nitipir C, Gălățeanu B. Liquid Biopsy and Artificial Intelligence as Tools to Detect Signatures of Colorectal Malignancies: A Modern Approach in Patient's Stratification. *Frontiers in Oncology*. 2022;12. <https://doi.org/10.3389/fonc.2022.856575>
32. Arthur F, Hossein K. Deep learning in medical image analysis: a third eye for doctors. *Journal of stomatology, oral and maxillofacial surgery*. 2019;120(4):279-288. <https://doi.org/10.1016/j.jormas.2019.06.002>
33. Bhatt C, Kumar I, Vijayakumar V, Singh K, Kumar A. The state of the art of deep learning models in medical science and their challenges. *Multimedia Systems*. 2020;27:599-613. <https://doi.org/10.1007/s00530-020-00694-1>
34. Antunes M, Maximiano M, Gomes R, Pinto D. Information Security and Cybersecurity Management: A Case Study with SMEs in Portugal. *Journal of Cybersecurity and Privacy*. 2021;1(2):219-38. <https://doi.org/10.3390/jcp1020012>
35. Palma I, Mendoza M, Miliós E. Neural Abstractive Unsupervised Summarization of Online News Discussions. *Intelligent Systems and Applications*. 2021:822-841. https://doi.org/10.1007/978-3-030-82196-8_60
36. Bhattamisra S, Banerjee P, Gupta P, Mayuren J, Patra S, Candasamy M. Artificial Intelligence in Pharmaceutical and Healthcare Research. *Big Data and Cognitive Computing*. 2023;7(1):10. <https://doi.org/10.3390/bdcc7010010>
37. Mogrovejo Andrade JM. Estrategias resilientes y mecanismos de las organizaciones para mitigar los efectos ocasionados por la pandemia a nivel internacional. *Región Científica*. 2022;1(1):202211. <https://doi.org/10.58763/rc202211>
38. Wamba, S., Bawack, R., Guthrie, C., Queiroz, M., & Carillo, K. (2020). Are we preparing for a good AI society? A bibliometric review and research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, 164, 120428.

<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120482>

39. Kitsios F, Kamariotou M. Artificial Intelligence and Business Strategy towards Digital Transformation: A Research Agenda. *Sustainability*. 2021;13(4):2025. <https://doi.org/10.3390/SU13042025>

40. Batra R, Song L, Ramprasad R. Emerging materials intelligence ecosystems propelled by machine learning. *Nature Reviews Materials*. 2020;6:655-678. <https://doi.org/10.1038/s41578-020-00255-y>

41. Kammerer-David MI, Murgas-Téllez B. La innovación tecnológica desde un enfoque de dinámica de sistemas. *Región Científica*. 2024;3(1):2024217. <https://doi.org/10.58763/rc2024217>

42. Wen J, Zhang X, Rush E, Panickan V, Li X, Cai T, Zhou D, Ho Y, Costa L, Begoli E, Hong C, Gaziano J, Cho K, Lu J, Liao K, Zitnik M, Cai T. Multimodal representation learning for predicting molecule-disease relations. *Bioinformatics*. 2023;39. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btad085>

43. Graffieti G, Borghi G, Maltoni D. Continual Learning in Real-Life Applications. *IEEE Robotics and Automation Letters*. 2022;7:6195-6202. <https://doi.org/10.1109/lra.2022.3167736>

44. Huntingford C, Jeffers E, Bonsall M, Christensen H, Lees T, Yang H. Machine learning and artificial intelligence to aid climate change research and preparedness. *Environmental Research Letters*. 2019;14. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab4e55>

45. Coulibaly L, Kamsu-Foguem B, Tangara F. Rule-based machine learning for knowledge discovering in weather data. *Future Generation Computer Systems*. 2020;108:861-878. <https://doi.org/10.1016/j.future.2020.03.012>

46. Ledesma F, Malave-González BE. Patrones de comunicación científica sobre E-commerce: un estudio bibliométrico en la base de datos Scopus. *Región Científica*. 2022;1(1):202214. <https://doi.org/10.58763/rc202214>

47. Feng S, Law N. Mapping Artificial Intelligence in Education Research: a Network-based Keyword Analysis. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 2021;31:277-303. <https://doi.org/10.1007/S40593-021-00244-4>

48. Luckin R, Cukurova M. Designing educational technologies in the age of AI: A learning sciences-driven approach. *British Journal of Educational Technology*. 2019;50:2824-2838. <https://doi.org/10.1111/BJET.12861>

49. Ripoll-Rivaldo M. El emprendimiento social universitario como estrategia de desarrollo en personas, comunidades y territorios. *Región Científica*. 2023;2(2):202379. <https://doi.org/10.58763/rc202379>

50. Ju C, Chen A. Identifying Financial Market Trend Reversal Behavior with Structures of Price Activities Based on Deep Learning Methods. *IEEE Access*. 2022;PP:1-1. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3146371>

FINANCIACIÓN

Ninguna.

CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Chris Nathalie Aristizábal Valbuena.

Curación de datos: Chris Nathalie Aristizábal Valbuena.

Análisis formal: Chris Nathalie Aristizábal Valbuena.

Investigación: Chris Nathalie Aristizábal Valbuena.

Metodología: Chris Nathalie Aristizábal Valbuena.

Administración del proyecto: Chris Nathalie Aristizábal Valbuena.

Software: Chris Nathalie Aristizábal Valbuena.

Supervisión: Chris Nathalie Aristizábal Valbuena.

Validación: Chris Nathalie Aristizábal Valbuena.

Visualización: Chris Nathalie Aristizábal Valbuena.

Redacción - borrador original: Chris Nathalie Aristizábal Valbuena.

Redacción - revisión y edición: Chris Nathalie Aristizábal Valbuena.