

# Rueda de la Pedagogía para la Inteligencia Artificial: adaptación de la Rueda de Carrington

## Pedagogy Wheel for Artificial Intelligence: adaptation of Carrington's Wheel



- © Eva Jiménez-García - *Universidad Europea de Madrid (España)*  
© Natalia Orenes Martínez - *Universidad Europea de Madrid (España)*  
© Luis Antonio López-Fraile - *Universidad Europea de Madrid (España)*

### RESUMEN

La integración efectiva de la Inteligencia Artificial (IA) en la educación es necesaria para aprovechar sus beneficios en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Este artículo propone la adaptación de la Rueda de la Pedagogía de Carrington a una Rueda de la Pedagogía para la IA, con el fin de ofrecer un marco pedagógico para integrar la IA en la educación. La metodología de investigación utilizada se basa en una revisión y mapeo sistemático junto a un estudio bibliométrico del análisis de co-ocurrencia de términos para identificar los clusters temáticos relevantes que respalden científicamente la necesidad de la adaptación de la Rueda. La nueva rueda atiende a los cuatro clusters obtenidos (Integración de la IA para mejorar la educación, Uso de tecnologías educativa en el proceso de enseñanza y aprendizaje, Diseño e innovación pedagógica y Educación Sostenible y Ética) y presenta anillos concéntricos que explican cómo incorporar gradualmente la IA en diferentes niveles cognitivos (Taxonomía de Bloom) e integración tecnológica (Modelo SAMR) ambos adaptados a la IA, con ejemplos de herramientas y aplicaciones. Además, se incluye un nivel Reflexivo-Metacognitivo que aborda la ética y responsabilidad en el uso de la IA. En conclusión, la rueda adaptada a la IA es una opción viable para mejorar la eficacia y eficiencia de la educación, con la condición de que los docentes participen en la planificación y ejecución del proceso de enseñanza y aprendizaje para garantizar su éxito. Cabe mencionar la importancia de mantener la rueda actualizada debido a la aparición constante de nuevas aplicaciones.

**Palabras clave:** inteligencia artificial; tecnologías disruptivas; Rueda de Carrington; taxonomía de Bloom; modelo SAMR.

### ABSTRACT

The effective integration of Artificial Intelligence (AI) in education is necessary to harness its benefits in the teaching and learning process. This article proposes the adaptation of Carrington's Pedagogy Wheel into an AI Pedagogy Wheel, aiming to provide a pedagogical framework for integrating AI in education. The research methodology employed is based on a systematic review and mapping, coupled with a bibliometric study of term co-occurrence analysis, to identify relevant thematic clusters that scientifically support the need for the adaptation of the Wheel. The new wheel addresses the four obtained clusters (Integration of AI to enhance education, Use of educational technologies in the teaching and learning process, Pedagogical design and innovation, and Sustainable and Ethical Education) and presents concentric rings that explain how to gradually incorporate AI across different cognitive levels (Bloom's Taxonomy) and technological integration (SAMR Model), both adapted for AI. The wheel includes examples of tools and applications to illustrate the implementation. Furthermore, a Reflective-Metacognitive level is included that addresses ethics and responsibility in the use of AI. In conclusion, the wheel adapted to AI is a viable option to enhance the effectiveness and efficiency of education, provided that educators engage in the planning and execution of the teaching and learning process to ensure its success. It is worth mentioning the importance of keeping the wheel updated due to the constant emergence of new applications.

**Keywords:** artificial intelligence; disruptive technologies; Carrington's Wheel; Bloom's taxonomy; SAMR model.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la tecnología ha transformado la forma en que se enseña y se aprende en la actualidad, sin embargo, la educación ha evolucionado para incorporar una tecnología disruptiva emergente: la Inteligencia Artificial (en adelante IA), entendida como “un campo de estudio que combina las aplicaciones de aprendizaje automático, producción de algoritmos y procesamiento de lenguaje natural” (Akgun y Greenhow, 2022, p.1). Por lo tanto, es crucial adaptarse a estos cambios en el campo educativo y considerar cómo se puede integrar la IA de manera efectiva en la educación. Un ejemplo claro de la inclusión de la IA es la provocada por el ChatGPT (Cooper, 2023; Duha, 2023), pero estudios recientes destacan que, si se realiza un uso adecuado del mismo, puede maximizar la enseñanza y el aprendizaje (Baidoo-Anu y Owusu, 2023; Skavronskaya et al., 2023).

De acuerdo con Huang et al. (2021), la tecnología de IA posee un potencial para mejorar tanto la capacidad cognitiva como la de aprendizaje de los estudiantes, así como también la eficiencia del proceso de enseñanza y aprendizaje. Es por tanto esencial considerar de manera efectiva la integración de la IA en la educación, para aprovechar su capacidad transformadora en la mejora de la calidad de la educación y el desarrollo de los estudiantes.

En la actualidad, la integración de la IA en la educación se ha posicionado como una herramienta de gran relevancia para mejorar el proceso de aprendizaje, gracias a su capacidad de personalizar la enseñanza y el aprendizaje, proporcionar retroalimentación automatizada y evaluaciones más objetivas y precisas (Castaneda, 2023). Según Chen et al. (2020), la IA puede revolucionar el sector educativo, brindando nuevas oportunidades para el aprendizaje personalizado, la evaluación de los estudiantes y la investigación educativa.

Es fundamental destacar que, aunque la IA presenta amplias oportunidades para la educación, no supone una solución global para todos los problemas educativos. Por lo tanto, es esencial utilizarla de manera consciente y reflexiva, adecuada al contexto educativo específico, para maximizar sus beneficios potenciales. En consecuencia, es necesario llevar a cabo una reflexión crítica y rigurosa para garantizar la efectividad y responsabilidad en la utilización de la IA en la educación. En este sentido, los docentes tienen un papel fundamental en la integración de la IA en la educación. Celik (2023) sostiene que los profesores deben contar con conocimientos específicos en tecnología y pedagogía relacionados con la IA para integrarla de manera efectiva en la educación. Además, deben tener una comprensión ética para evaluar las decisiones basadas en IA y asegurarse de que se utilicen de manera responsable y equitativa.

Esta idea ya fue trabajada por Carrington (2016) cuando diseñó la Rueda de la Pedagogía (Pedagogy Wheel) para la integración de la tecnología que es una herramienta diseñada para ayudar a los docentes a integrar tecnología en sus prácticas pedagógicas, centrándose en la pedagogía en lugar de en las aplicaciones tecnológicas. El motivo por el que esta rueda es una herramienta para mejorar el



La Rueda de la Pedagogía de Allan Carrington ha demostrado ser una herramienta efectiva para mejorar la calidad de la enseñanza (Zhang et al., 2018) y el aprendizaje (Matta et al., 2016) en el contexto de la tecnología. Sin embargo, la rueda no considera la IA como una tecnología que se puede integrar en la enseñanza y el aprendizaje.

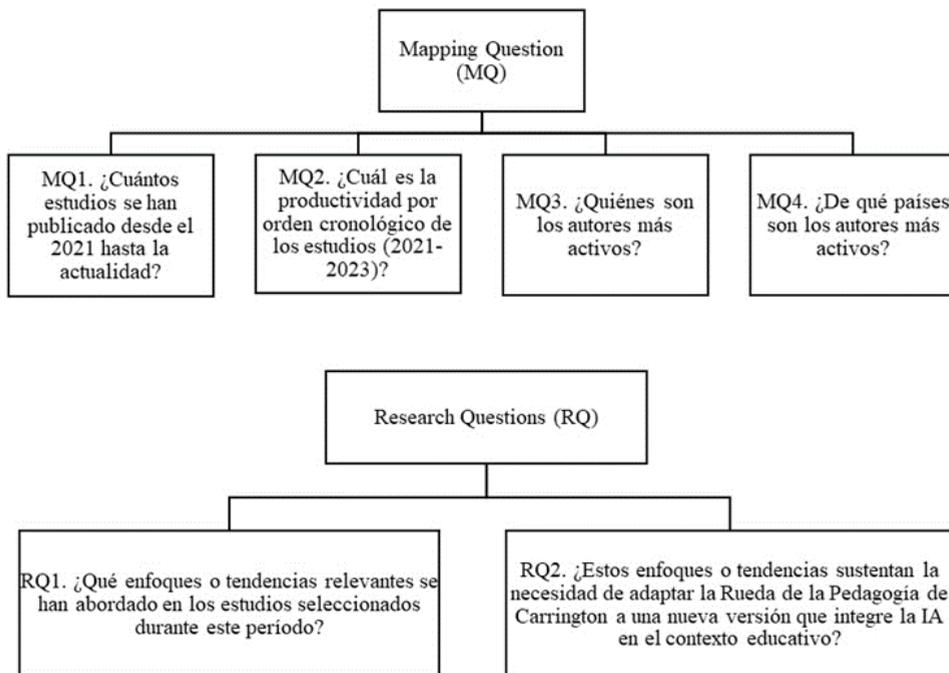
Por ello, y en vista de los cambios que la IA está provocando en el campo educativo, el presente estudio propone una adaptación de la Rueda de la Pedagogía de Allan Carrington (2017) a una nueva Rueda de la Pedagogía para la IA que facilite la integración efectiva de la IA en la educación en cualquiera de sus etapas. Esta propuesta se basa en la premisa de que la IA puede transformar la educación y mejorarla sustancialmente, siempre y cuando se utilice de manera responsable y consciente (Wiley, 2023). Por este motivo, la creación de una Rueda de la Pedagogía para la IA, como la propuesta de Allan Carrington en su modelo original, es crucial para aprovechar las ventajas de esta tecnología emergente en el proceso de enseñanza y aprendizaje, ya que facilita la selección de herramientas y estrategias tecnológicas de IA adecuadas para cada nivel de habilidad cognitiva y de integración tecnológica de IA. Al hacerlo, se busca crear un entorno educativo más personalizado, interactivo y efectivo que se ajuste a las necesidades y expectativas de los estudiantes en la era digital y tecnológica actual.

## METODOLOGÍA

Para asegurar el rigor científico del artículo y justificar la necesidad de la adaptación de la Rueda de la Pedagogía para la IA, se utiliza una metodología de investigación basada en la revisión y mapeo sistemático para dar respuesta a las siguientes preguntas de mapeo (MQ, Mapping Questions), junto a un estudio bibliométrico basado en un análisis de co-ocurrencia de términos para dar respuesta a las siguientes preguntas de investigación (RQ, Research Questions) presentadas en la Figura 2.

**Figura 2**

*Preguntas de mapeo (MQ) y preguntas de investigación (RQ)*



*Fuente:* elaboración propia.

La revisión sistemática de la literatura atiende a las directrices establecidas en la Declaración PRISMA. Se ha realizado la búsqueda exhaustiva en bases de datos académicas (Web of Science -WoS, y Scopus) usando la siguiente frase de búsqueda: “artificial intelligence” AND “education” AND “integration” AND “learning” y atendiendo al título, resumen, palabras clave de autor y Keywords Plus. Se han seleccionado los estudios según los criterios de elegibilidad presentados en la Tabla 1:

**Tabla 1**

*Criterios de elegibilidad de estudios*

Motivos	Búsqueda	Criterios de inclusión	Trabajos excluidos	
			WoS	Scopus
1	Fecha de publicación	2021-2023	98	420
2	Idioma	Inglés y español	4	12

Motivos	Búsqueda	Criterios de inclusión	Trabajos excluidos	
			WoS	Scopus
3	Tipo de documento	Artículos de investigación	48	240
4	Tipo de publicación	Artículos publicados con texto completo en revistas con revisiones por pares	39	55
5	Área	Investigación Educativa/ Ciencias Sociales	73	91

*Fuente:* elaboración propia.

En WoS, de los 280 artículos encontrados, se excluyeron 262 artículos después de aplicar el filtrado, lo que permitió analizar 18 trabajos. Mientras que de los 861 artículos encontrados en Scopus, se excluyeron 818 artículos según los criterios establecidos, lo que resultó en el análisis de 43 trabajos. De los 61 artículos (18 estudios de WoS y 43 de Scopus), se eliminaron 17 duplicados y se analizaron 44 artículos que nos proporcionan una visión actualizada del estado de la investigación en esta área publicados en los últimos años (2021-2023).

Para el estudio bibliométrico, basado en el análisis de co-ocurrencia de palabras clave, se utiliza el programa VOSviewer. Se simplificó el análisis considerando solo las palabras clave que aparecieron con una frecuencia mínima de 2. De esta forma se conforma una matriz cuadrada de N x N elementos que representaba la co-ocurrencia entre pares de palabras clave y se genera la red bibliométrica con las relaciones entre las palabras clave a través de nodos y enlaces en forma de grafos. Esto permite visualizar y analizar las conexiones entre las palabras clave.

## RESULTADOS

### Resultados de la revisión y mapeo sistemático

A continuación, se dará respuesta a cada una de las preguntas de mapeo (MQ) planteadas en este estudio. Con respecto a la primera pregunta MQ1. ¿Cuántos estudios se han publicado desde el 2021 hasta la actualidad?, en la Tabla 2 se muestra el resumen de las 44 referencias analizadas en esta revisión, junto a un identificador utilizado para referenciarlo a lo largo de los análisis.

**Tabla 2**  
Referencias de la revisión sistemática

N.º	Referencias de la revisión sistemática
[1]	A'mar, F. y Eleyan, D. (2022). Effect of principal s technology leadership on teacher's technology integration. <i>International Journal of Instruction</i> , 15(1), 781–798. <a href="https://doi.org/10.29333/iji.2022.15145a">https://doi.org/10.29333/iji.2022.15145a</a>
[2]	Abd-alrazaq, A., AlSaad, R., Alhuwail, D., Ahmed, A., Healy, P. M., Latifi, S., Aziz, S., Damseh, R., Alrazak, S. A. y Sheikh, J. (2023). Large Language Models in Medical Education: Opportunities, Challenges, and Future Directions. <i>JMIR Medical Education</i> , 9. <a href="https://doi.org/10.2196/48291">https://doi.org/10.2196/48291</a>
[3]	Aksoy, N. y Ozturk, N. (2021). Integration of a virtual pharmacy simulation program “MyDispense” in clinical pharmacy education. <i>Pharmacy Education</i> , 21(1), 604–611. <a href="https://doi.org/10.46542/pe.2021.211.604611">https://doi.org/10.46542/pe.2021.211.604611</a>
[4]	Andersen, R., Mørch, A. I. y Litherland, K. T. (2022). Collaborative learning with block-based programming: investigating human-centered artificial intelligence in education. <i>Behaviour and Information Technology</i> , 41(9), 1830–1847. <a href="https://doi.org/10.1080/0144929X.2022.2083981">https://doi.org/10.1080/0144929X.2022.2083981</a>
[5]	Arteaga, J. V, Gravini-Donado, M. L. y Riva, L. D. Z. (2021). Digital Technologies for Heritage Teaching: Trend Analysis in New Realities. <i>International Journal of Emerging Technologies in Learning</i> , 16(21), 132–148. <a href="https://doi.org/10.3991/ijet.v16i21.25149">https://doi.org/10.3991/ijet.v16i21.25149</a>
[6]	Celik, I., Dindar, M., Muukkonen, H. y Järvelä, S. (2022). The Promises and Challenges of Artificial Intelligence for Teachers: a Systematic Review of Research. <i>TechTrends</i> , 66(4), 616–630. <a href="https://doi.org/10.1007/s11528-022-00715-y">https://doi.org/10.1007/s11528-022-00715-y</a>
[7]	Chan, C. K. Y. (2023). A comprehensive AI policy education framework for university teaching and learning. <i>International Journal of Educational Technology in Higher Education</i> , 20(1). <a href="https://doi.org/10.1186/s41239-023-00408-3">https://doi.org/10.1186/s41239-023-00408-3</a>
[8]	Chivu, R.-G., Popa, I.-C., Orzan, M.-C., Marinescu, C., Florescu, M. S. y Orzan, A.-O. (2022). The Role of Blockchain Technologies in the Sustainable Development of Students' Learning Process. <i>Sustainability (Switzerland)</i> , 14(3). <a href="https://doi.org/10.3390/su14031406">https://doi.org/10.3390/su14031406</a>
[9]	Choi, S., Choi, J., Peters, O. A. y Peters, C. I. (2023). Design of an interactive system for access cavity assessment: A novel feedback tool for preclinical endodontics. <i>European Journal of Dental Education</i> . <a href="https://doi.org/10.1111/eje.12895">https://doi.org/10.1111/eje.12895</a>
[10]	Ding, Z., Jiang, S., Xu, X. y Han, Y. (2022). An Internet of Things based scalable framework for disaster data management. <i>Journal of Safety Science and Resilience</i> , 3(2), 136–152. <a href="https://doi.org/10.1016/j.jnlssr.2021.10.005">https://doi.org/10.1016/j.jnlssr.2021.10.005</a>
[11]	El Hadraoui, H., Zegrari, M., Hammouch, F.-E., Guennouni, N., Laayati, O. y Chebak, A. (2022). Design of a Customizable Test Bench of an Electric Vehicle Powertrain for Learning Purposes Using Model-Based System Engineering. <i>Sustainability (Switzerland)</i> , 14(17). <a href="https://doi.org/10.3390/su141710923">https://doi.org/10.3390/su141710923</a>

N.º	Referencias de la revisión sistemática
[12]	Essel, H. B., Vlachopoulos, D., Tachie-Menson, A., Johnson, E. E. y Baah, P. K. (2022). The impact of a virtual teaching assistant (chatbot) on students' learning in Ghanaian higher education. <i>International Journal of Educational Technology in Higher Education</i> , 19(1). <a href="https://doi.org/10.1186/s41239-022-00362-6">https://doi.org/10.1186/s41239-022-00362-6</a>
[13]	Fergus, S., Botha, M. y Ostovar, M. (2023). Evaluating Academic Answers Generated Using ChatGPT. <i>Journal of Chemical Education</i> , 100(4), 1672-1675. <a href="https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00087">https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00087</a>
[14]	Hsu, T.-C., Abelson, H., Lao, N. y Chen, S.-C. (2021). Is it possible for young students to learn the AI-STEAM application with experiential learning? <i>Sustainability (Switzerland)</i> , 13(19). <a href="https://doi.org/10.3390/su131911114">https://doi.org/10.3390/su131911114</a>
[15]	Järvelä, S., Nguyen, A. y Hadwin, A. (2023). Human and artificial intelligence collaboration for socially shared regulation in learning. <i>British Journal of Educational Technology</i> . <a href="https://doi.org/10.1111/bjet.13325">https://doi.org/10.1111/bjet.13325</a>
[16]	Jia, F., Sun, D., Ma, Q. y Looi, C.-K. (2022). Developing an AI-Based Learning System for L2 Learners' Authentic and Ubiquitous Learning in English Language. <i>Sustainability (Switzerland)</i> , 14(23). <a href="https://doi.org/10.3390/su142315527">https://doi.org/10.3390/su142315527</a>
[17]	Kaldaras, L., Yoshida, N. R. y Haudek, K. C. (2022). Rubric development for AI-enabled scoring of three-dimensional constructed-response assessment aligned to NGSS learning progression. <i>Frontiers in Education</i> , 7. <a href="https://doi.org/10.3389/educ.2022.983055">https://doi.org/10.3389/educ.2022.983055</a>
[18]	Kamruzzaman, M. M., Alanazi, S., Alruwaili, M., Alshammari, N., Elaiwat, S., Abu-Zanona, M., Innab, N., Mohammad Elzaghmouri, B. y Ahmed Alanazi, B. (2023). AI- and IoT-Assisted Sustainable Education Systems during Pandemics, such as COVID-19, for Smart Cities. <i>Sustainability (Switzerland)</i> , 15(10). <a href="https://doi.org/10.3390/su15108354">https://doi.org/10.3390/su15108354</a>
[19]	Kim, K. y Kwon, K. (2023). Exploring the AI competencies of elementary school teachers in South Korea. <i>Computers and Education: Artificial Intelligence</i> , 4. <a href="https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100137">https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100137</a>
[20]	Kim, N. J. y Kim, M. K. (2022). Teacher's Perceptions of Using an Artificial Intelligence-Based Educational Tool for Scientific Writing. <i>Frontiers in Education</i> , 7. <a href="https://doi.org/10.3389/educ.2022.755914">https://doi.org/10.3389/educ.2022.755914</a>
[21]	Kohnke, L., Moorhouse, B. L. y Zou, D. (2023). Exploring generative artificial intelligence preparedness among university language instructors: A case study. <i>Computers and Education: Artificial Intelligence</i> , 5. <a href="https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100156">https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100156</a>
[22]	Lentz, A., Siy, J. O. y Carraccio, C. (2021). AI-sessment: Towards Assessment As a Sociotechnical System for Learning. <i>Academic Medicine</i> , 96(7), S87-S88. <a href="https://doi.org/10.1097/ACM.0000000000004104">https://doi.org/10.1097/ACM.0000000000004104</a>
[23]	Liu, D. S., Sawyer, J., Luna, A., Aoun, J., Wang, J., Boachie, L., Halabi, S. y Joe, B. (2022). Perceptions of US Medical Students on Artificial Intelligence in Medicine: Mixed Methods Survey Study. <i>JMIR Medical Education</i> , 8(4). <a href="https://doi.org/10.2196/38325">https://doi.org/10.2196/38325</a>

N.º	Referencias de la revisión sistemática
[24]	Marquez, R., Barrios, N., Vera, R. E., Mendez, M. E., Tolosa, L., Zambrano, F. y Li, Y. (2023). A perspective on the synergistic potential of artificial intelligence and product-based learning strategies in biobased materials education. <i>Education for Chemical Engineers</i> , 44, 164-180. <a href="https://doi.org/10.1016/j.ece.2023.05.005">https://doi.org/10.1016/j.ece.2023.05.005</a>
[25]	Moldt, J.-A., Festl-Wietek, T., Madany Mamlouk, A., Nieselt, K., Fuhl, W. y Herrmann-Werner, A. (2023). Chatbots for future docs: exploring medical students' attitudes and knowledge towards artificial intelligence and medical chatbots. <i>Medical Education Online</i> , 28(1). <a href="https://doi.org/10.1080/10872981.2023.2182659">https://doi.org/10.1080/10872981.2023.2182659</a>
[26]	Nikonova, E., Yakhyaeva, K., Pivkina, N. y Schetinina, A. (2023). Using Artificial Intelligence Tools in Teaching a Foreign Language in Higher Technical Institutions. <i>European Journal of Contemporary Education</i> , 12(2), 578-589. <a href="https://doi.org/10.13187/ejced.2023.2.578">https://doi.org/10.13187/ejced.2023.2.578</a>
[27]	Ouyang, F., Wu, M., Zheng, L., Zhang, L. y Jiao, P. (2023). Integration of artificial intelligence performance prediction and learning analytics to improve student learning in online engineering course. <i>International Journal of Educational Technology in Higher Education</i> , 20(1). <a href="https://doi.org/10.1186/s41239-022-00372-4">https://doi.org/10.1186/s41239-022-00372-4</a>
[28]	Prahani, B. K., Alfin, J., Fuad, A. Z., Saphira, H. V, Hariyono, E. y Suprpto, N. (2022). Learning Management System (LMS) Research During 1991–2021: How Technology Affects Education. <i>International Journal of Emerging Technologies in Learning</i> , 17(17), 28-49. <a href="https://doi.org/10.3991/ijet.v17i17.30763">https://doi.org/10.3991/ijet.v17i17.30763</a>
[29]	Prahani, B. K., Rizki, I. A., Jatmiko, B., Suprpto, N. y Amelia, T. (2022). Artificial Intelligence in Education Research During the Last Ten Years: A Review and Bibliometric Study. <i>International Journal of Emerging Technologies in Learning</i> , 17(8), 169-188. <a href="https://doi.org/10.3991/ijet.v17i08.29833">https://doi.org/10.3991/ijet.v17i08.29833</a>
[30]	Pu, S., Ahmad, N. A., Khambari, M. N. M. y Yap, N. K. (2021). Identification and analysis of core topics in educational artificial intelligence research: A bibliometric analysis. <i>Cypriot Journal of Educational Sciences</i> , 16(3), 995-1009. <a href="https://doi.org/10.18844/CJES.V16I3.5782">https://doi.org/10.18844/CJES.V16I3.5782</a>
[31]	Qushem, U. B., Christopoulos, A., Oyelere, S. S., Ogata, H. y Laakso, M.-J. (2021). Multimodal technologies in precision education: Providing new opportunities or adding more challenges? <i>Education Sciences</i> , 11(7). <a href="https://doi.org/10.3390/educsci11070338">https://doi.org/10.3390/educsci11070338</a>
[32]	Rott, K. J., Lao, L., Petridou, E. y Schmidt-Hertha, B. (2022). Needs and requirements for an additional AI qualification during dual vocational training: Results from studies of apprentices and teachers. <i>Computers and Education: Artificial Intelligence</i> , 3. <a href="https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100102">https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100102</a>
[33]	Sanchez-Pena, M., Vieira, C. y Magana, A. J. (2023). Data science knowledge integration: Affordances of a computational cognitive apprenticeship on student conceptual understanding. <i>Computer Applications in Engineering Education</i> , 31(2), 239-259. <a href="https://doi.org/10.1002/cae.22580">https://doi.org/10.1002/cae.22580</a>
[34]	Shenkoya, T. y Kim, E. (2023). Sustainability in Higher Education: Digital Transformation of the Fourth Industrial Revolution and Its Impact on Open Knowledge. <i>Sustainability (Switzerland)</i> , 15(3). <a href="https://doi.org/10.3390/su15032473">https://doi.org/10.3390/su15032473</a>

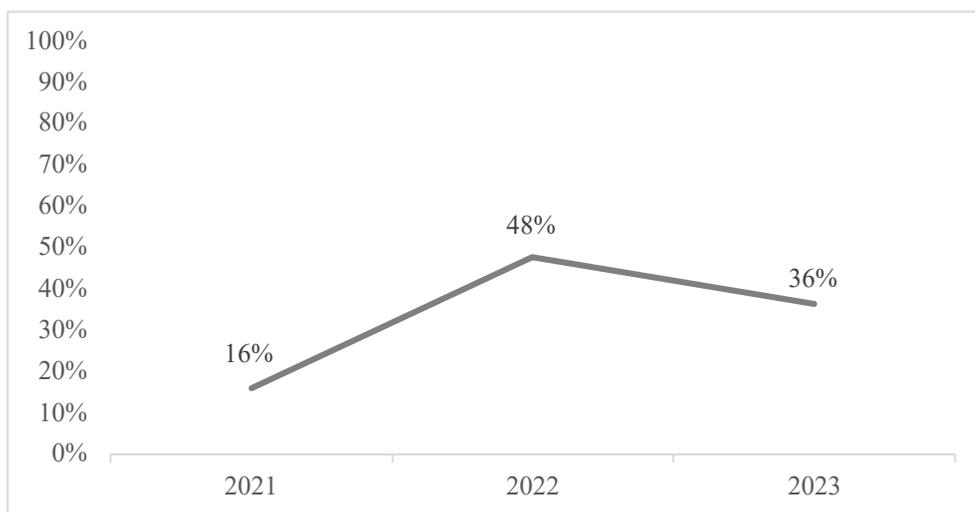
N.º	Referencias de la revisión sistemática
[35]	Shi, D., Zhou, J., Wang, D. y Wu, X. (2022). Research Status, Hotspots, and Evolutionary Trends of Intelligent Education from the Perspective of Knowledge Graph. <i>Sustainability (Switzerland)</i> , 14(17). <a href="https://doi.org/10.3390/su141710934">https://doi.org/10.3390/su141710934</a>
[36]	Shi, Z., Wu, Z., Zhang, Z., Chen, Y. y Liu, X. (2022). Learning Path Planning Algorithm Based on Career Goals and Artificial Intelligence. <i>International Journal of Emerging Technologies in Learning</i> , 17(10), 256-272. <a href="https://doi.org/10.3991/ijet.v17i10.28455">https://doi.org/10.3991/ijet.v17i10.28455</a>
[37]	Sunday, K., Oyelere, S. S., Agbo, F. J., Aliyu, M. B., Balogun, O. S. y Bouali, N. (2022). Usability Evaluation of Imikode Virtual Reality Game to Facilitate Learning of Object-Oriented Programming. <i>Technology, Knowledge and Learning</i> . <a href="https://doi.org/10.1007/s10758-022-09634-6">https://doi.org/10.1007/s10758-022-09634-6</a>
[38]	Vidanaralage, A. J., Dharmaratne, A. T. y Haque, S. (2022). AI-based multidisciplinary framework to assess the impact of gamified video-based learning through schema and emotion analysis. <i>Computers and Education: Artificial Intelligence</i> , 3. <a href="https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100109">https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100109</a>
[39]	Villegas-Ch, W., Sánchez-Viteri, S. y Román-Cañizares, M. (2021). Academic activities recommendation system for sustainable education in the age of COVID-19. <i>Informatics</i> , 8(2). <a href="https://doi.org/10.3390/informatics8020029">https://doi.org/10.3390/informatics8020029</a>
[40]	Wang, X. (2022). Influences of Learning Emotion on Learning Outcome in Online Teaching Mode. <i>International Journal of Emerging Technologies in Learning</i> , 17(8), 126-139. <a href="https://doi.org/10.3991/ijet.v17i08.30459">https://doi.org/10.3991/ijet.v17i08.30459</a>
[41]	Wardat, Y., Tashtoush, M. A., AlAli, R. y Jarrah, A. M. (2023). ChatGPT: A revolutionary tool for teaching and learning mathematics. <i>Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education</i> , 19(7). <a href="https://doi.org/10.29333/ejmste/13272">https://doi.org/10.29333/ejmste/13272</a>
[42]	Yong, L. C., Aziz, N. M. y Mohd-Rahim, F. A. (2022). Adapting to a new normal during covid-19: Leveraging the smart building system with bim integration for lifecycle sustainability. <i>Planning Malaysia</i> , 20(4), 209-222. <a href="https://doi.org/10.21837/pm.v20i24.1198">https://doi.org/10.21837/pm.v20i24.1198</a>
[43]	Zhai, C. y Wibowo, S. (2023). A systematic review on artificial intelligence dialogue systems for enhancing English as foreign language students' interactional competence in the university. <i>Computers and Education: Artificial Intelligence</i> , 4. <a href="https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100134">https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100134</a>
[44]	Zhang, Y. Z. (2022). Influence of Teacher-Student Interaction on Course Learning Effect in Distance Education. <i>International Journal of Emerging Technologies in Learning</i> , 17(10), 215-226. <a href="https://doi.org/10.3991/ijet.v17i10.30913">https://doi.org/10.3991/ijet.v17i10.30913</a>

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se da respuesta a la pregunta MQ2. ¿Cuál es la productividad por orden cronológico de los estudios (2021-2023)? se muestran los resultados en la Figura 3. De los tres años analizados, el mayor porcentaje de artículos (48%) corresponde al año 2022. Es importante tener en cuenta que el año 2023 aún no ha concluido, y, sin embargo, ya representa el 36% del total de artículos. Esto sugiere una

clara tendencia al aumento del interés en el campo, evidenciado por el significativo incremento en las publicaciones desde el año 2021.

**Figura 3**  
*Productividad cronológica de los estudios*

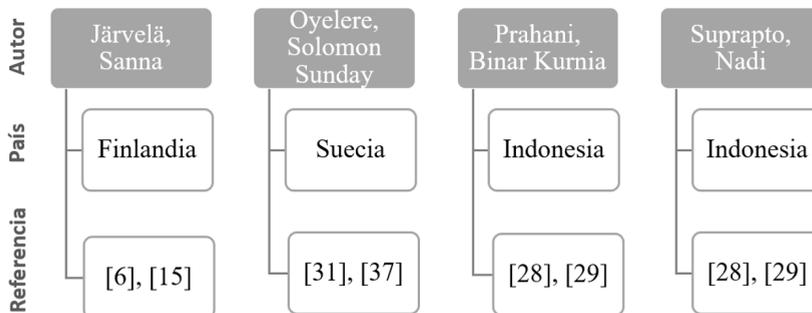


*Fuente:* elaboración propia.

Con respecto a las preguntas MQ3. ¿Quiénes son los autores más activos? y MQ4. ¿De qué países son los autores más activos?, se muestra el resultado en la Figura 4.

Dentro del grupo de 173 autores que integran los 44 trabajos seleccionados para la revisión sistemática de la literatura (consultar Tabla 2), destacan 4 autores que han contribuido con 2 publicaciones cada uno, consolidándose como los participantes más activos. Los países de los que provienen dichos autores son Indonesia, Finlandia y Suecia.

**Figura 4**  
*Autores y países de los autores más activos*



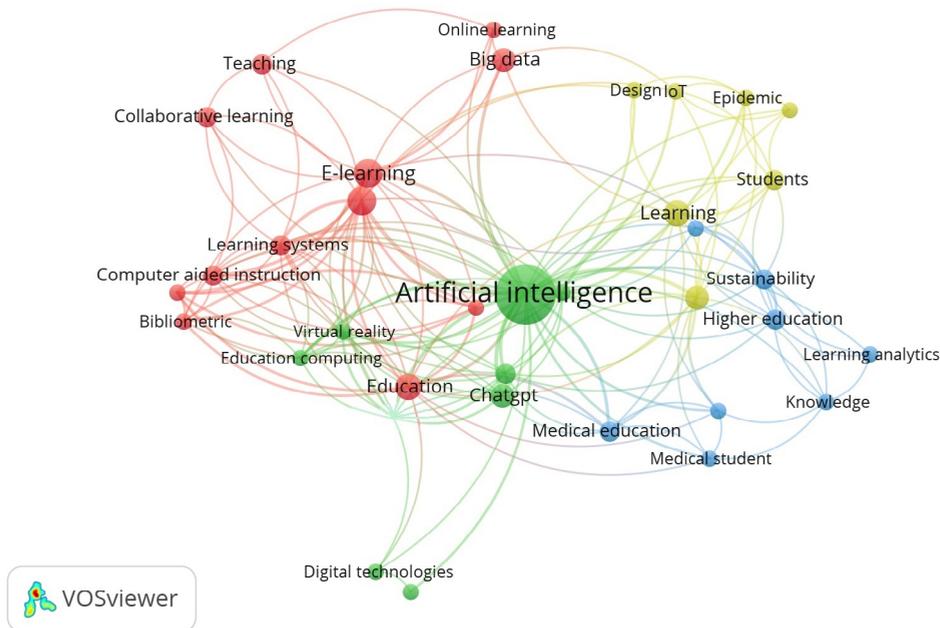
*Fuente:* elaboración propia.

## Resultados del análisis de co-ocurrencia de palabras clave

El objetivo principal del análisis de palabras clave es identificar los temas de investigación relevantes relacionados con la IA y la educación. Para ello, se lleva a cabo un análisis de co-ocurrencia de las palabras clave extraídas de los 43 artículos analizados. Se establece un umbral mínimo de frecuencia de aparición de 2 veces para seleccionar las palabras clave más significativas. De las 332 palabras clave iniciales, se obtienen un total de 36 palabras clave que cumplen con este criterio y serán analizadas en detalle.

Para garantizar la consistencia y coherencia de los grupos temáticos, se establece un tamaño mínimo de 5 palabras clave para formar un cluster. Basándonos en esta configuración, la red de co-ocurrencia resultante se presenta en la Figura 5. En esta figura, se puede observar la frecuencia con la que las palabras clave aparecen juntas en los textos analizados y cómo se agrupan en cuatro clusters identificados por los colores rojo, verde, azul y amarillo. Estos clusters se forman en función de la similitud entre las palabras clave, lo que nos permite identificar los temas de investigación relacionados con la IA y la educación que se abordan en los artículos analizados.

**Figura 5**  
*Mapa de co-ocurrencia de términos*



Fuente: elaboración propia a través de VOSviewer.

A continuación, se dará respuesta a las preguntas de investigación (RQ) planteadas en este estudio. En concreto, la pregunta RQ 1. ¿Qué enfoques o tendencias relevantes se han abordado en los estudios seleccionados durante este período?, se da respuesta en la Tabla 3 donde se indica un resumen de la red, las categorías temáticas creadas a partir de las palabras clave y las referencias asociadas a cada categoría temática (algunos artículos podrían clasificarse en más de un cluster, pero se ha considerado el área específica que trabaja el artículo).

**Tabla 3**  
Agrupaciones de Palabras-clave en función de la co-ocurrencia

Cluster	Categorías temáticas	Descripción del cluster	Palabras clave (frecuencia de aparición)	Referencias de la revisión sistemática
Cluster 1 (verde)	Integración de la IA para mejorar la educación	Representa la integración de la inteligencia artificial en el ámbito educativo con el objetivo de mejorar la experiencia educativa.	Artificial intelligence (25), Chatgpt (4), Generative AI (3), Digital technologies (2), Education computing (2), Foreign language learning (2), Sustainable development (2), Virtual reality (2).	[2], [4], [6], [7], [12], [13], [15], [16], [19], [20], [21], [23], [25], [26], [27], [29], [30], [32], [35], [36], [41], [43]
Cluster 2 (rojo)	Uso de tecnologías educativas en el proceso de enseñanza y aprendizaje	Representa aspectos relacionados con el uso de tecnologías digitales en el proceso de enseñanza y aprendizaje.	E-learning (6), Engineering education (6), Education (5), Big data (4), Collaborative learning (3), Computer aided instruction (3), Learning systems (3), Teaching (3), Bibliometric (2), Bibliometrics analysis (2), Online learning (2), Scopus database (2).	[3], [5], [9], [22], [28], [31], [37], [38], [40], [44]
Cluster 3 (amarillo)	Diseño e innovación pedagógica	Enfoque centrado en el aprendizaje y el diseño curricular para explorar cómo las tecnologías disruptivas pueden afectar y mejorar la educación en diferentes contextos.	Learning (5), Students (5), Curriculum (4), Design (2), Epidemic (2), Internet (2), IoT (2).	[1], [11], [14], [17], [24], [33]

Cluster	Categorías temáticas	Descripción del cluster	Palabras clave (frecuencia de aparición)	Referencias de la revisión sistemática
Cluster 4 (azul)	Educación Sostenible y Ética	Enfoque basado en la mejora de la educación considerando aspectos éticos y sostenibles en la enseñanza y la formación de profesionales.	Higher education (3), Medical education (3), Sustainability (3), Humans (2), Knowledge (2), Learning analytics (2), Medical student (2), Sustainable education (2).	[8], [10], [18], [34], [39], [42]

*Fuente:* elaboración propia.

La adaptación de la Rueda de la Pedagogía de Carrington a una Rueda de la Pedagogía para la IA se justifica a partir de los clusters temáticos identificados en el análisis. Estos clusters resaltan la importancia de la tecnología, la integración del conocimiento y la innovación en el campo de la educación.

A continuación, atendiendo a los clusters temáticos identificados en el análisis, se dará respuesta a la siguiente pregunta: RQ2. ¿Estos enfoques o tendencias sustentan la necesidad de adaptar la Rueda de la Pedagogía de Carrington a una nueva versión que integre la IA en el contexto educativo?

El primer cluster, se enfoca en la integración de la IA, por lo que abre oportunidades para explorar cómo esta tecnología innovadora puede optimizar la educación y mejorar la formación de los estudiantes en diversos niveles y contextos. Por ello, este cluster es clave para la adaptación de la rueda, ya que proporciona una base teórica para integrar la IA en su marco pedagógico. El segundo cluster se centra en la integración de tecnologías digitales en el ámbito educativo con el propósito de mejorar y enriquecer el proceso de enseñanza y aprendizaje. Este grupo de palabras clave abarca diversas áreas que tienen como denominador común el uso de tecnologías en el contexto educativo. La adaptación de la rueda a una versión para la IA implicaría integrar enfoques pedagógicos basados en tecnologías emergentes, fomentando la eficiencia, la personalización del aprendizaje, el uso responsable de los recursos tecnológicos y una sólida infraestructura digital para implementar la IA en el proceso de enseñanza-aprendizaje. El tercer cluster, Diseño e innovación pedagógica, destaca el valor de adaptar los enfoques educativos y currículos a las nuevas tecnologías y tendencias emergentes. La adaptación de la rueda integraría la IA y las tecnologías emergentes en el diseño e innovación pedagógica, con el propósito de desarrollar enfoques educativos más eficaces y actualizados con las últimas tendencias tecnológicas para mejorar las experiencias de enseñanza y aprendizaje. Por último, el cluster de Educación Sostenible y Ética, enfatiza sobre la

sostenibilidad y la ética en la formación. En este sentido la adaptación de la rueda con la inclusión de la IA resaltaría la importancia de considerar aspectos éticos y sostenibles en la educación por medio de enfoques reflexivos y metacognitivos que permitan reflexionar críticamente sobre el uso de la IA en educación.

En resumen, la adaptación de la Rueda de la Pedagogía para la IA se justifica porque estos clusters temáticos evidencian cómo la IA puede influir y transformar diferentes aspectos de la educación, desde el aprendizaje y la enseñanza hasta el diseño curricular. El resultado del análisis subraya la importancia de integrar la tecnología educativa en el proceso de enseñanza y aprendizaje, aprovechar el potencial de la IA para mejorar la educación, promover aspectos éticos y sostenibles en el uso de la IA y fomentar el diseño e innovación pedagógica. Esto permitirá desarrollar una visión más actualizada y pertinente de la pedagogía en la era de la IA y las tecnologías digitales.

### **Adaptación de la Rueda de la Pedagogía de Allan Carrington a la Rueda de la Pedagogía para la Inteligencia Artificial**

Como ya se ha mencionado, la Rueda de la Pedagogía de Allan Carrington no considera la IA como una tecnología que se puede integrar en la enseñanza y el aprendizaje. Por este motivo, la creación de una Rueda de la Pedagogía para la IA, como la propuesta de Allan Carrington en su modelo original, es necesaria porque permite la integración efectiva de la IA en el proceso de enseñanza y aprendizaje al proporcionar un marco pedagógico sólido y bien estructurado. De esta forma se daría respuesta a los clusters extraídos anteriormente y que reflejan la relevancia y necesidad de la integración de la IA en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En el caso de la Rueda de la Pedagogía para la IA, al igual que la original, se compone de varios anillos concéntricos que muestran cómo la IA puede ser integrada gradualmente en la enseñanza y el aprendizaje en diferentes niveles cognitivos y de integración tecnológica.

El anillo central presenta la Taxonomía de Bloom (Bloom y Krathwohl, 1956), una estructura jerárquica de seis niveles cognitivos que se utilizan para diseñar y clasificar objetivos de aprendizaje. Los niveles, en orden ascendente de complejidad, son: recordar, comprender, aplicar, analizar, evaluar y crear.

La rueda de pedagogía para la IA que proponen los autores en este trabajo adapta los niveles de habilidades cognitivas de la taxonomía de Bloom a la IA, brindando así un enfoque estructurado y claro que permite a los docentes y los alumnos trabajar hacia objetivos de aprendizaje más avanzados y profundos. En esta línea, Lamerás y Arnab (2021) proponen una taxonomía de aplicaciones de IA en educación, que se asocia con la práctica de enseñanza y aprendizaje. Esta taxonomía se divide en cuatro categorías: (1) apoyo a la enseñanza y el aprendizaje, (2) evaluación y retroalimentación, (3) personalización del aprendizaje y (4) gestión del aula. No obstante, aunque no existe una taxonomía de Bloom adaptada específicamente a la

IA, los autores han optado por adaptar la taxonomía de Bloom y lograr una rueda de pedagogía para la IA con el mismo sustento teórico que tiene la Rueda de la Pedagogía de Carrington para que la adaptación sea lo más precisa posible.

En la Tabla 4, se muestran algunos ejemplos de cómo utilizar la taxonomía de Bloom como una guía, tanto para el proceso de enseñanza como para el proceso de aprendizaje por medio de actividades que integren la IA de manera efectiva.

**Tabla 4**  
*Taxonomía de Bloom para la Inteligencia Artificial*

	Descripción	Descripción aplicada a la IA	Ejemplos con IA
Niveles de habilidades cognitivas	<b>Recordar</b>	En este nivel, el estudiante debe ser capaz de recordar información previamente aprendida. Esto incluye la capacidad de reconocer y recuperar información, como datos, términos, eventos y conceptos.	En este nivel, la IA puede ayudar a los estudiantes a recordar información de forma más eficiente mediante el uso de sistemas de memoria y recuperación de información.  <i>Proceso de enseñanza:</i> La IA se puede utilizar para crear sistemas de preguntas y respuestas que permitan a los estudiantes repasar conceptos y recordar información importante. <i>Proceso de aprendizaje:</i> Los estudiantes utilizan herramientas de IA para hacer resúmenes automáticos de texto o crear mapas mentales que les ayuden a recordar información clave.
	<b>Comprender</b>	En este nivel, el estudiante debe ser capaz de comprender la información. Esto implica la capacidad de interpretar el significado de la información, hacer inferencias y explicar ideas con sus propias palabras.	En este nivel, la IA puede ayudar a los estudiantes a comprender conceptos más complejos al proporcionar ejemplos y analogías que sean fáciles de comprender.  <i>Proceso de enseñanza:</i> La IA se puede utilizar para crear simulaciones o visualizaciones interactivas que ayuden a los estudiantes a entender conceptos complejos. <i>Proceso de aprendizaje:</i> Los estudiantes utilizan herramientas de IA para traducir textos en otros idiomas o para obtener definiciones de palabras desconocidas.
	<b>Aplicar</b>	En este nivel, el estudiante debe ser capaz de aplicar la información previamente aprendida a situaciones nuevas o diferentes. Esto incluye la capacidad de utilizar el conocimiento adquirido para resolver problemas, realizar tareas y tomar decisiones.	En este nivel, la IA puede ayudar a los estudiantes a aplicar lo que han aprendido a situaciones del mundo real mediante el uso de simulaciones y escenarios virtuales.  <i>Proceso de enseñanza:</i> La IA se puede utilizar para crear sistemas de recomendaciones personalizadas que sugieran actividades o ejercicios específicos para que los estudiantes apliquen lo que han aprendido. <i>Proceso de aprendizaje:</i> Los estudiantes utilizan herramientas de IA para crear presentaciones multimedia o para diseñar proyectos creativos que apliquen los conceptos aprendidos.

	Descripción	Descripción aplicada a la IA	Ejemplos con IA
<b>Analizar</b>	En este nivel, el estudiante debe ser capaz de descomponer la información en sus componentes y examinar sus relaciones. Esto implica la capacidad de identificar patrones, detectar errores y evaluar la lógica.	En este nivel, la IA puede ayudar a los estudiantes a analizar información compleja de manera más eficiente, identificando patrones y relaciones en grandes conjuntos de datos.	<i>Proceso de enseñanza:</i> La IA se puede utilizar para analizar datos de los estudiantes y proporcionar información detallada sobre su progreso, fortalezas y debilidades. <i>Proceso de aprendizaje:</i> Los estudiantes utilizan herramientas de IA para analizar grandes conjuntos de datos o para identificar patrones en información compleja.
<b>Evaluar</b>	En este nivel, el estudiante debe ser capaz de hacer juicios y valoraciones críticas sobre la información. Esto implica la capacidad de comparar y contrastar, juzgar y evaluar la calidad de la información.	En este nivel, la IA puede ayudar a los estudiantes a evaluar su propio aprendizaje y progreso mediante el uso de sistemas de retroalimentación y evaluación.	<i>Proceso de enseñanza:</i> La IA se puede utilizar para crear sistemas de evaluación automatizados que proporcionen retroalimentación instantánea a los estudiantes ya los docentes sobre el desempeño de los estudiantes. <i>Proceso de aprendizaje:</i> Los estudiantes utilizan herramientas de IA para autoevaluarse y recibir retroalimentación sobre su propio desempeño.
<b>Crear</b>	En este nivel, el estudiante debe ser capaz de utilizar la información obtenida para crear algo nuevo. Esto implica la capacidad de generar nuevas ideas, diseñar soluciones creativas a problemas y crear productos únicos.	En este nivel, la IA puede ayudar a los estudiantes a crear contenido original mediante el uso de herramientas de generación de contenido.	<i>Proceso de enseñanza:</i> La IA se puede utilizar para crear ambientes de aprendizaje inmersivos y personalizados que permitan a los estudiantes crear contenido original y expresar su creatividad. <i>Proceso de aprendizaje:</i> Los estudiantes utilizan herramientas de IA para crear contenido multimedia o para desarrollar soluciones innovadoras a problemas complejos.

Fuente: elaboración propia.

El siguiente anillo representa el Modelo SAMR propuesto por Puentedura (2014). Se trata de un marco de referencia para la integración de la tecnología en la enseñanza y el aprendizaje, es decir, se centra en cómo la tecnología se utiliza en la enseñanza y aprendizaje, desde simples sustituciones hasta la redefinición de la forma en que se lleva a cabo el proceso educativo. Los grados, en orden ascendente de complejidad, son: Sustitución (Substitution), Ampliación (Augmentation), Modificación (Modification) y Redefinición (Redefinition).

Este modelo ofrece una guía para la integración tecnológica efectiva en el aula y la mejora de la calidad del aprendizaje utilizando estos cuatro niveles de integración tecnológica en la enseñanza y el aprendizaje (García-Utrera et al., 2014), algo que ha salido como tema relevante en los cuatro clusters del análisis de co-ocurrencia de palabras clave.

En cuanto a la IA, Lamerás y Arnab (2021) utilizan este modelo como un marco para comprender cómo la IA puede ser utilizada en diferentes niveles para mejorar la educación. No obstante, este estudio va más allá al profundizar en este enfoque y presentar en la Tabla 5 una descripción detallada de los cinco niveles de integración, así como algunos ejemplos de cómo se puede utilizar el Modelo SAMR como guía para integrar la IA en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

**Tabla 5**  
*Modelo SAMR para la Inteligencia Artificial*

	Descripción	Descripción aplicada a la IA	Ejemplos con IA
Niveles de integración	<b>Sustitución</b>	En este nivel, la tecnología se utiliza como un sustituto directo de herramientas tradicionales sin ningún cambio en el proceso de enseñanza o aprendizaje. Es decir, se utiliza la tecnología simplemente para realizar la misma tarea que se hacía anteriormente de manera manual o con herramientas no digitales.	En este nivel, la IA se utiliza como un sustituto directo de una actividad sin cambios significativos en el proceso de enseñanza y aprendizaje.  <i>Proceso de enseñanza:</i> La IA se puede utilizar por medio de chatbot para responder preguntas frecuentes de los estudiantes sobre el contenido del curso. <i>Proceso de aprendizaje:</i> Los estudiantes utilizan herramientas de traducción de voz a texto para tomar notas durante las clases lo que reduce la necesidad de tomar notas y permite una mejor concentración en la clase.
	<b>Ampliación</b>	En este nivel, la tecnología comienza a mejorar las herramientas y procesos tradicionales mediante la sustitución de funciones adicionales que no se encuentran en herramientas no digitales. Esto permite a los estudiantes realizar tareas de manera más eficiente y efectiva.	En este nivel, la IA se utiliza para ampliar y mejorar la actividad existente en el proceso de enseñanza y aprendizaje.  <i>Proceso de enseñanza:</i> La IA se puede utilizar en plataformas de enseñanza en línea con sistemas de recomendación personalizados, que sugiere recursos de aprendizaje adicionales basados en las necesidades de cada estudiante. <i>Proceso de aprendizaje:</i> Los estudiantes utilizan una aplicación de IA que mejora la escritura gramatical a través de la revisión automática de sus ensayos.

	Descripción	Descripción aplicada a la IA	Ejemplos con IA	
Niveles de integración	<b>Modificación</b>	En este nivel, la tecnología se utiliza para modificar significativamente el proceso de enseñanza y aprendizaje. Esto implica la reorganización de tareas y actividades de aprendizaje para que sean más efectivas utilizando tecnología.	En este nivel, La IA se utiliza para crear nuevas posibilidades y transformar la actividad en el proceso de enseñanza y aprendizaje.	<p><i>Proceso de enseñanza:</i> La IA se puede utilizar en sistemas de análisis de datos y aprendizaje automático para identificar patrones de aprendizaje y adaptar la enseñanza para las necesidades individuales de cada estudiante.</p> <p><i>Proceso de aprendizaje:</i> Los estudiantes interactúan con chatbots basados en IA para mejorar su pronunciación y habilidades de conversación en un idioma extranjero.</p>
	<b>Redefinición</b>	En este nivel, la tecnología transforma profundamente la forma en que se lleva a cabo el proceso de enseñanza y aprendizaje. La tecnología permite a los estudiantes crear, colaborar y compartir ideas de formas que no eran posibles anteriormente.	En este nivel, La IA se utiliza para modificar significativamente la actividad existente en el proceso de enseñanza y aprendizaje.	<p><i>Proceso de enseñanza:</i> La IA se puede utilizar en sistemas de aprendizaje automático para personalizar el plan de estudios de cada estudiante y adaptarlo según el progreso y las necesidades individuales.</p> <p><i>Proceso de aprendizaje:</i> Los estudiantes utilizan una plataforma de aprendizaje adaptativo que ajusta automáticamente el nivel de dificultad del contenido según el rendimiento del estudiante.</p>

Fuente: elaboración propia.

Con respecto a los anillos exteriores de la Rueda de la Pedagogía para la IA se muestran ejemplos de herramientas y aplicaciones de IA que se pueden utilizar en cada nivel cognitivo y de integración tecnológica de la IA. Esta propuesta de herramientas y aplicaciones de IA disponibles para cada nivel cognitivo son solamente una muestra y no representa una lista exhaustiva dado el creciente número de aplicaciones que están surgiendo en la actualidad.

Por último, la rueda de pedagogía para la IA propuesta incluye un anillo adicional que constituye una novedad: el nivel Reflexivo-Metacognitivo (aspecto abordado en el cuarto cluster: Educación Sostenible y Ética). La inclusión del nivel reflexivo-metacognitivo en la rueda es importante porque permite a los estudiantes y los docentes reflexionar críticamente sobre el uso del IA y cómo ésta afecta su aprendizaje y enseñanza. En lo que concierne al proceso de enseñanza, los docentes en este nivel

pueden evaluar cómo están integrando la tecnología en su enseñanza, reflexionar sobre el impacto que tiene en los estudiantes y hacer cambios si es necesario. Esto implica un enfoque reflexivo y metacognitivo más crítico y analítico de la tecnología y en concreto de la IA, en lugar de simplemente utilizarla como una herramienta.

Con respecto al proceso de aprendizaje, los estudiantes también pueden reflexionar críticamente sobre su uso y cómo está afectando a su aprendizaje. Pueden evaluar cómo están utilizando la IA para aprender, identificar qué es efectivo y qué no lo es, y hacer cambios en su enfoque de aprendizaje si es necesario. En este caso la reflexión se refiere al proceso a través del cual los estudiantes pueden evaluar y analizar críticamente su propio aprendizaje y la metacognición se refiere a la capacidad de los estudiantes para monitorear su propio aprendizaje y comprender las estrategias que usan para aprender. Ambas habilidades son esenciales para el éxito en el aprendizaje a lo largo de la vida, y son particularmente importantes en el contexto de una educación centrada en la IA.

En esta misma línea, hay varios estudios que justifican la necesidad de la reflexión y metacognición en el uso de la IA en educación. Luckin (2018) sostiene que la IA puede ser una herramienta valiosa para mejorar la educación, pero es importante reflexionar sobre cómo se utiliza y qué impacto tiene en los estudiantes y en el aprendizaje en general. De esta forma, destaca la importancia de reflexionar sobre cómo la IA puede ser utilizada de manera efectiva en la educación, y cómo puede ser combinada con la inteligencia humana para mejorar el aprendizaje.

Además, Selwyn (2019) destaca la importancia de que los docentes consideren cuidadosamente cómo se integra la IA en el aula y cómo se pueden utilizar para mejorar el aprendizaje de los estudiantes y reflexionen sobre los posibles efectos de la IA en la enseñanza y la relación entre los humanos y las máquinas en el aula. Siemens y Baker (2012) analizan cómo la IA y la minería de datos pueden ser utilizadas en la educación y cómo es importante reflexionar sobre las implicaciones éticas y pedagógicas de su uso. En este sentido, la reflexión sobre el uso de la IA en el análisis de datos educativos y la colaboración entre los actores implicados puede contribuir a una utilización más efectiva y responsable de la tecnología en la educación.

En lo que concierne a la metacognición, según Cerchiaro et al. (2021) ésta se refiere “al conocimiento que una persona tiene sobre sus propios procesos y productos cognitivos, así como al monitoreo y regulación de estos procesos en función del logro de un objetivo o meta” (p. 3). Otra perspectiva es la que ofrece Porayska-Pomsta (2016) quien señala la utilización de la IA como una metodología para apoyar la praxis educativa y la metacognición del profesorado dado que proporciona retroalimentación personalizada, adaptativa y en tiempo real a los estudiantes, y ayuda a los profesores a reflexionar sobre su práctica pedagógica y tomar decisiones informadas.

No obstante, la propuesta de inclusión de este nivel reflexivo-metacognitivo hace referencia más a la ética y responsabilidad en el uso de la IA, donde los educadores pueden discutir estos problemas con los estudiantes y fomentar el uso responsable y



## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La relación entre la IA y la educación es un tema que ha ganado cada vez más atención en los últimos años debido al gran potencial que ofrece para mejorar la calidad y la eficacia del aprendizaje. En la revisión sistemática de los 43 artículos se ha evidenciado la tendencia al aumento en la investigación sobre la IA en educación. En concreto, el hecho de que el año 2023 ya tenga un porcentaje significativo de artículos, a pesar de que aún no haya concluido, resalta la posibilidad de que la investigación en este campo continúe en aumento y por tanto refleja la importancia y la relevancia del tema.

Además, con respecto a los autores con mayor número de contribuciones (Järvelä, Sanna; Oyelere, Solomon Sunday; Prahani, Binar Kurnia y Suprpto, Nadi) y la diversidad geográfica de los países de origen de estos autores (Indonesia, Finlandia y Suecia) muestra la naturaleza internacional y globalizada de la investigación en este campo.

Por otro lado, centrandó la atención en la integración de la IA en el campo educativo, Pedro et al. (2019) exploraron esta relación en su estudio y resaltaron las oportunidades y desafíos que surgen al implementar la IA en el ámbito educativo para lograr el desarrollo sostenible. La personalización del aprendizaje es una de las principales oportunidades que ofrece la IA, ya que se adapta al contenido educativo a las necesidades específicas de cada estudiante, identifica tempranamente las dificultades en el aprendizaje y brinda retroalimentación personalizada. Bhutoria (2022) encontró resultados similares, donde la IA es capaz de atender a los requisitos y hábitos de aprendizaje de los estudiantes, así como optimizar las trayectorias de aprendizaje.

Sin embargo, es importante destacar que los docentes deben ser considerados como un componente fundamental en la planificación y ejecución de la educación personalizada con IA. La participación activa de los profesores en este proceso es esencial para garantizar que se cumplan los objetivos de aprendizaje y se respeten las necesidades de los estudiantes. Además, como ya se ha comentado, esta rueda puede ser una herramienta de apoyo para los docentes, pero es importante que éstos estén formados para utilizar la IA de manera adecuada, para comprender sus limitaciones y aprovechar al máximo estas tecnologías emergentes (Salas-Pilco et al., 2022).

En este sentido la integración de la IA en la educación debe ser cuidadosa, y debe ser parte de un enfoque más amplio y equilibrado que combine la tecnología con la pedagogía y la experiencia docente. Lamerás y Arnab (2021), así como Cope et al. (2021) enfatizan que la IA debe ser utilizada como una herramienta para apoyar y mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje, en lugar de reemplazar completamente a los profesores o automatizar por completo el proceso educativo. Por ello, es importante comprender que la IA no puede sustituir la relación humana que se establece entre profesor y estudiante, la cual es fundamental para el éxito del aprendizaje.

En línea con esta idea, los clusters identificados en el análisis temático (1. Integración de la IA para mejorar la educación, 2. Uso de tecnologías educativa en el proceso de enseñanza y aprendizaje, 3. Diseño e innovación pedagógica y 4. Educación Sostenible y Ética) revelan las áreas clave en las que la IA puede tener un impacto significativo en la educación. Por lo que, adaptar la Rueda de la Pedagogía para la IA atendiendo a estos clusters, proporciona un marco actualizado y relevante que permite a los educadores considerar de manera efectiva cómo aprovechar las capacidades de la IA en la planificación curricular, la metodología de enseñanza, la evaluación y otros aspectos clave del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Además, una de las aportaciones llevadas a cabo ha sido la inclusión de un nuevo anillo exterior en la Rueda de la Pedagogía para la IA: nivel Reflexivo-Metacognitivo. La inclusión de dicho nivel podría ser un paso importante para garantizar el uso efectivo y responsable de la IA en la educación. Esto se debe a la necesidad de comprender el papel crucial que juegan la reflexión y la metacognición en el proceso educativo. Autores como Bostrom (2014) enfatizan en la importancia de reflexionar sobre los impactos potenciales de la IA en la sociedad y en la necesidad de desarrollar estrategias para asegurar que estos impactos sean positivos. En este sentido, aborda los posibles riesgos y beneficios de la IA y cómo su desarrollo debe ser manejado con precaución y reflexión. Drigas et al. (2023) proponen un modelo de meta-aprendizaje que integra la metacognición y las tecnologías inteligentes para mejorar los resultados del aprendizaje. El modelo consta de nueve capas, entre las que destaca la capa de metacognición referida a la capacidad del estudiante para reflexionar sobre su propio proceso de aprendizaje. Por lo tanto, es esencial que los estudiantes aprendan a reflexionar sobre su propio proceso de aprendizaje y a desarrollar estrategias metacognitivas efectivas para mejorar su aprendizaje, especialmente en situaciones en las que se utilizan herramientas tecnológicas como la IA.

Por todo lo anterior, la adaptación de esta rueda se ve necesaria porque los autores quieren garantizar el uso pedagógico de la IA en el contexto educativo. No obstante, es importante destacar que la IA presenta limitaciones y desventajas que deben ser consideradas. Si bien esta tecnología puede mejorar la eficiencia y precisión en distintas áreas, su uso inadecuado puede tener efectos negativos en la sociedad. En el ámbito educativo, se deben abordar desafíos éticos, morales y de privacidad al manejar datos personales, como señalan Renz y Vladova (2021) y Yuskovych-Zhukovska et al. (2022). Por ello, es fundamental establecer políticas claras y medidas de protección para evitar cualquier discriminación o perjuicio a los estudiantes. De esta manera, se pueden aprovechar los beneficios potenciales de la IA en la educación sin comprometer la privacidad y ética. Además, es crucial que los estudiantes y docentes desarrollen competencias para la era de la IA, tal como destaca la UNESCO (2021). Esto implica comprender los aspectos éticos y sociales de la IA, como la privacidad y seguridad de los datos, y el impacto que puede tener en la sociedad (Arrieta et al., 2020).

En consecuencia, es fundamental que en el ámbito educativo se aplique la IA de manera responsable y ética, ya que esta herramienta tiene un impacto directo en el desarrollo y la formación de los estudiantes. Por este motivo, es crucial contar con un marco teórico con respaldo pedagógico que permita a los docentes y estudiantes comprender el alcance y las limitaciones de la IA, así como adquirir habilidades críticas que les permitan evaluar la precisión y la confiabilidad de los resultados que ofrece.

En este sentido, la propuesta expuesta en este trabajo se presenta como una herramienta valiosa para el ámbito educativo. Cabe destacar que la inclusión de la Rueda de la Pedagogía para la IA en este marco teórico es particularmente relevante, ya que esta herramienta se enfoca en una integración efectiva de la tecnología y la pedagogía. Al hacerlo, se busca garantizar que los métodos de enseñanza y aprendizaje sean apropiados para el contexto específico en el que se utiliza la IA.

Finalmente, cabe resaltar que la rueda pedagógica de la IA es una primera aproximación para la adecuada integración de esta tecnología en la era de la IA. Sin embargo, hay que tener en cuenta que debido a las constantes y numerosas aplicaciones de IA que están surgiendo, esta rueda debe ser actualizada regularmente para seguir siendo relevante y útil.

## REFERENCIAS

- Akgun, S. y Greenhow, C. (2022). Artificial intelligence in education: Addressing ethical challenges in K-12 settings. *AI and Ethics*, 2(4), 431-440. <https://doi.org/10.1007/s43681-021-00096-7>
- Arrieta, A. B., Díaz-Rodríguez, N., Del Ser, J., Bennetot, A., Tabik, S., Barbado, A., García, S., Gil-Lopez, S., Molina, D., Benjamins, R., Chatila, R. y Herrera, F. (2020). Explainable Artificial Intelligence (XAI): concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI. *Information Fusion*, 58, 82-115. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2019.12.012>
- Baidoo-Anu, D. y Owusu Ansah, L. (2023). Education in the era of generative artificial intelligence (AI): Understanding the potential benefits of ChatGPT in promoting teaching and learning. *Available at SSRN 4337484*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4337484>
- Bhutoria, A. (2022). Personalized education and artificial intelligence in United States, China, and India: A systematic Review using a Human-In-The-Loop model. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100068>
- Bloom, B. y Krathwohl, D. (1956) *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals, by a committee of college and university examiners. Handbook I: Cognitive Domain*. Longmans. <https://doi.org/10.1086/459563>
- Bostrom, N. (2014). *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*. Oxford University Press.
- Carrington, A. (2015). The Pedagogy wheel—it's not about the apps, it's about the pedagogy. *TeachThought*. <https://www.teachthought.com/technology/the-pedagogy-wheel/>
- Carrington, A. (2016). Professional development: The pedagogy wheel: It is not about the apps, it is about the pedagogy.

- Education Technology Solutions*. <https://educationtechnologysolutions.com/2016/06/padagogy-wheel/>
- Carrington, A. (2017). La rueda de la Pedagogía. *Recursos educativos de la CED*. <https://ced.enallt.unam.mx/blogs/recursosced/recursos-de-interes/la-rueda-de-la-pedagogia-1/>
- Castaneda, A. U. (2023). Un viaje hacia la inteligencia artificial en la educación. *Realidad y Reflexión*, (56), 121-136. <https://doi.org/10.5377/ryr.v1i56.15776>
- Celik, I. (2023). Towards Intelligent-TPACK: An empirical study on teachers' professional knowledge to ethically integrate artificial intelligence (AI)-based tools into education. *Computers in Human Behavior*, 138, 107468. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107468>
- Cerchiaro C. E., Barras Rodríguez, R. A., Curiel Gómez, B. N. y Bustamante Meza, L. Y. (2021). Metacognición y resolución de problemas en niños escolarizados. *European Journal of Education and Psychology*, 14(2), 1-23. <https://doi.org/10.32457/ejep.v14i2.1570>
- Chen, L., Chen, P. y Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access*, 8, 75264-75278. <https://doi.org/10.1109/access.2020.2988510>
- Cooper, G. (2023). Examining science education in ChatGPT: An exploratory study of generative artificial intelligence. *Journal of Science Education and Technology*, 32, 444-452. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10039-y>
- Cope, B., Kalantzis, M. y Searsmith, D. (2021). Artificial intelligence for education: Knowledge and its assessment in AI-enabled learning ecologies. *Educational Philosophy and Theory*, 53(12), 1229-1245. <https://doi.org/10.1080/00131857.2020.1728732>
- Drigas, A., Mitsea, E. y Skianis, C. (2023). Meta-Learning: A Nine-Layer Model Based on Metacognition and Smart Technologies. *Sustainability*, 15(2), 1668. <https://doi.org/10.3390/su15021668>
- Duha, M. S. U. (2023). ChatGPT in Education: An Opportunity or a Challenge for the Future? *TechTrends*, 1-2. <https://doi.org/10.1007/s11528-023-00844-y>
- García-Utrera, L., Figueroa-Rodríguez, S. y Esquivel-Gómez, I. (2014). Modelo de Sustitución, Aumento, Modificación, y Redefinición (SAMR): Fundamentos y aplicaciones. En I. Esquivel-Gómez (Coord.), *Los Modelos Tecno-Educativos: Revolucionando el aprendizaje del siglo XXI* (pp. 205-220). DSAE-Universidad Veracruzana. [https://www.researchgate.net/publication/273754983\\_Modelo\\_de\\_Sustitucion\\_Aumento\\_Modificacion\\_y\\_Redefinicion\\_SAMR\\_Fundamentos\\_y\\_aplicaciones](https://www.researchgate.net/publication/273754983_Modelo_de_Sustitucion_Aumento_Modificacion_y_Redefinicion_SAMR_Fundamentos_y_aplicaciones)
- Huang, J., Shen, G. y Ren, X. (2021). Connotation analysis and paradigm shift of teaching design under artificial intelligence technology. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 16(5), 73-86. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i05.20287>
- Lameras, P. y Arnab, S. (2021). Power to the teachers: an exploratory review on artificial intelligence in education. *Information*, 13(1), 14. <https://doi.org/10.3390/info13010014>
- Luckin, R. (2018). *Machine Learning and Human Intelligence: The Future of Education for the 21st Century*. UCL Press.
- Matta, J., Salakas, B., Salerno, G. y Sultana, E. (2016). Will using an iTunes U course with the Pedagogy Wheel result in effective individualised learning? *Australian Educational Leader*, 38(2), 44-49.
- Pedro, F., Subosa, M., Rivas, A. y Valverde, P. (2019). Artificial intelligence in education: Challenges and opportunities for sustainable development. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 1-15. <https://doi.org/10.21125/inted.2020.0644>

- Porayska-Pomsta, K. (2016). AI as a methodology for supporting educational praxis and teacher metacognition. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26, 679-700. <https://doi.org/10.1007/s40593-016-0101-4>
- Puentedura, R. R. (2014). *SAMR and TPCK: A hands-on approach to classroom practice*. [http://www.hippasus.com/rrpweblog/archives/2014/12/11/SAMRandTPCK\\_HandsOnApproachClassroomPractice.pdf](http://www.hippasus.com/rrpweblog/archives/2014/12/11/SAMRandTPCK_HandsOnApproachClassroomPractice.pdf)
- Renz, A. y Vladova, G. (2021). Reinventing the discourse on human-centered artificial intelligence in educational technologies. *Technology Innovation Management Review*, 11(5). [https://timreview.ca/sites/default/files/article\\_PDF/TIMReview\\_2021\\_May%20-%201\\_1.pdf](https://timreview.ca/sites/default/files/article_PDF/TIMReview_2021_May%20-%201_1.pdf)
- Salas-Pilco, S. Z., Xiao, K. y Hu, X. (2022). Artificial intelligence and learning analytics in teacher education: A systematic review. *Education Sciences*, 12(8), 569. <https://doi.org/10.3390/educsci12080569>
- Selwyn, N. (2019). *Should Robots Replace Teachers? AI and the Future of Education*. Polity Press. <https://doi.org/10.1109/icac353642.2021.9697300>
- Siemens, G. y Baker, R. S. (29 de abril – 2 de mayo, 2012). *Learning analytics and educational data mining: Towards communication and collaboration* [Resumen de conferencia]. Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge. Nueva York, NY, EE. UU. ACM. <https://doi.org/10.1145/2330601.2330664>
- Skavronskaya, L., Hadinejad, A. y Cotterell, D. (2023). Reversing the threat of artificial intelligence to opportunity: a discussion of ChatGPT in tourism education. *Journal of Teaching in Travel & Tourism*, 23(2) 253-258. <https://doi.org/10.1080/15313220.2023.2196658>
- UNESCO. (2021). *International Forum on AI and the futures of education developing competencies for the AI era*. United Nations Educational, Scientific and Cultural. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377251>
- Wiley, D. (2023). AI, instructional design, and OER. *Improving learning*. <https://opencontent.org/blog/archives/7129>
- Yuskovych-Zhukovska, V., Poplavska, T., Diachenko, O., Mishenina, T., Topolnyk, Y. y Gurevych, R. (2022). Aplicación de la Inteligencia Artificial en la Educación. Problemas y Oportunidades para el Desarrollo Sostenible. *CEREBRO. Investigación amplia en inteligencia artificial y neurociencia*, 13 (1Sup1), 339-356. <https://doi.org/10.18662/brain/13.1Sup1/322>
- Zhang, Z., Zhang, J. y Cai, M. (31 de julio-2 de agosto, 2018). *The Design and Practice of the Flipped Classroom Teaching Model Based on the Pedagogy Wheel* [Presentación en conferencia]. 2018 International Symposium on Educational Technology (ISET), Osaka, Japan. <https://doi.org/10.1109/ISET.2018.00028>

**Fecha de recepción del artículo:** 1 de junio de 2023

**Fecha de aceptación del artículo:** 19 de agosto de 2023

**Fecha de aprobación para maquetación:** 31 de agosto de 2023

**Fecha de publicación en OnlineFirst:** 21 de septiembre de 2023

**Fecha de publicación:** 1 de enero de 2024