

Inteligencia Artificial Generativa aplicada en las Matemáticas de Ingeniería para el desarrollo del pensamiento lógico y crítico

Applied Generative Artificial Intelligence in Engineering Mathematics for the development of logical and critical thinking

DOI: <https://doi.org/10.56747/rcqv6i1.94>
Recibido Octubre 2025 - Aceptado Mayo 2026
Quántica, ciencia con impacto social
Vol. 6 No. 1 Enero - Junio 2025
e-ISSN: 2954 - 5838
Pgs 7 - 24

Antonio Boada

antonio.boada@ceipa.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8882-7680>

Resumen

El documento analiza la integración de la inteligencia artificial (IA) generativa en la enseñanza de las matemáticas en ingeniería, enfocándose en el desarrollo del pensamiento lógico y crítico. Destaca que, aunque esta tecnología promete personalizar el aprendizaje y fomentar la autonomía estudiantil mediante tutores virtuales y entornos de resolución de problemas complejos, su implementación debe ser ética, crítica y basada en evidencia. Se enfatiza el diseño de estrategias

pedagógicas que incentiven la participación activa del estudiante, la reflexión crítica sobre las respuestas generadas por la IA y la verificación de información para evitar dependencia excesiva y errores. La metodología del estudio combina análisis cualitativos y cuantitativos mediante observación en aula, encuestas y entrevistas para evaluar el impacto en habilidades cognitivas y en la motivación hacia carreras STEM. Además, se subraya la necesidad de formar a docentes para integrar efectivamente estas herramientas en los currículos matemáticos. Se reconoce también la importancia de superar desafíos como la brecha digital y garantizar infraestructura tecnológica adecuada. En conclusión, la IA generativa ofrece un camino prometedor para transformar la enseñanza de las matemáticas hacia una pedagogía más personalizada y adaptativa, donde el estudiante se convierte en un agente activo de su aprendizaje, siempre bajo un marco actualizado, crítico y ético.

Palabras clave: Enseñanza de las Matemáticas con IA, Pensamiento Lógico con IA, IA en Educación STEM, Desarrollo de Competencias Matemáticas, Resolución de Problemas Complejos

Abstract

The paper analyzes the integration of generative artificial intelligence (AI) in engineering mathematics education, focusing on the development of logical and critical thinking. It highlights that, although this technology promises to personalize learning and promote student autonomy through virtual tutors and complex problem-solving environments, its implementation must be ethical, critical, and evidence-based. It emphasizes the design of pedagogical strategies that encourage active student participation, critical reflection on AI-generated responses, and verification of information to avoid excessive dependence and errors. The study's methodology combines qualitative and quantitative analyses through classroom

observation, surveys, and interviews to assess the impact on cognitive skills and motivation toward STEM careers. In addition, it highlights the need to train teachers to effectively integrate these tools into mathematics curricula. It also recognizes the importance of overcoming challenges such as the digital divide and ensuring adequate technological infrastructure. In conclusion, generative AI offers a promising path to transform mathematics teaching toward a more personalized and adaptive pedagogy, where students become active agents of their learning, always within an updated, critical, and ethical framework.

Keywords: Teaching Mathematics with AI, Logical Thinking with AI, AI in STEM Education, Developing Mathematical Skills, Complex Problem Solving

Introducción

La integración de la inteligencia artificial (IA) generativa en la enseñanza de las matemáticas es un campo emergente que promete transformar el desarrollo del pensamiento lógico y crítico, aunque la evidencia empírica aún es limitada y en evolución.

Este documento explora cómo la IA generativa puede revolucionar las metodologías de instrucción y enriquecer las experiencias de aprendizaje en las matemáticas, fomentando la autonomía de los estudiantes a través de interacciones continuas con tutores virtuales y entornos de resolución de problemas complejos (Torres-Peña et al., 2024). Sin embargo, la implementación efectiva de estas tecnologías requiere una comprensión profunda de las capacidades para analizar las respuestas de los estudiantes y guiar el razonamiento matemático, así como una consideración cuidadosa de las limitaciones (Kaya & Yavuz, 2025). A pesar del potencial, es crucial examinar cómo integrar la IA generativa de tal manera que no solo complemente, sino que potencie las habilidades cognitivas superiores, más allá de la mera automatización de tareas, en el ámbito de la ingeniería (Ruiz et al., 2023).

El análisis de este estudio aborda la necesidad de establecer un marco pedagógico que permita evaluar el impacto real de la IA generativa en la formación del pensamiento crítico y lógico en contextos matemáticos, especialmente en la resolución de problemas complejos y la demostración de teoremas (Yoon et al., 2024). Por tanto, el estudio plantea la necesidad de realizar una investigación rigurosa para determinar el diseño adecuado de las herramientas para fomentar una participación activa y significativa del estudiante, promoviendo el desarrollo de habilidades de orden superior como la metacognición y la resolución creativa de problemas (Boada & Pacheco, 2020). Para ello, es necesario analizar las potencialidades y desafíos de la IA generativa para el desarrollo del pensamiento crítico y lógico en la enseñanza de las matemáticas, proponiendo un marco conceptual que permita integrar estas herramientas de forma efectiva en el aula, mediante el análisis de casos de estudio y las posibles discusiones acerca de las implicaciones pedagógicas del uso, con el fin de establecer directrices claras para educadores e investigadores. Colocar el foco en este punto, es vital para asegurar que la IA generativa seleccionada proporcione el enriquecimiento del aprendizaje en lugar de simplemente reemplazar métodos tradicionales por otros que impulsen el desarrollo de habilidades cognitivas fundamentales en los estudiantes (Kim et al., 2024). Sin embargo, la integración de la IA en la educación no solo presenta oportunidades para la personalización y mejora del rendimiento académico, sino que también plantea desafíos significativos relacionados con la brecha digital y la necesidad de una infraestructura tecnológica adecuada en las instituciones educativas (Boada et al., 2022).

Materiales y métodos

Para abordar estas consideraciones, la metodología del estudio se centra en un enfoque mixto, combinando un estudio documental con un análisis cualitativo, para analizar el impacto de la IA generativa en el desarrollo del pensamiento lógico y crítico

en la enseñanza de las matemáticas. Esta aproximación permitirá una comprensión profunda de cómo la integración de herramientas de IA generativa influye en las estrategias de resolución de problemas de los estudiantes y en su capacidad para argumentar lógicamente (Boada et al., 2022). Para ello, se realizarán encuestas, entrevistas a profundidad y análisis de rendimiento académico que recopilen datos sobre la percepción de los estudiantes y docentes y el progreso en habilidades de pensamiento crítico y lógico (Altares-López et al., 2024; Gao et al., 2024).

También se aplicarán técnicas de observación en el aula para documentar las prácticas pedagógicas de los docentes al integrar la IA generativa, y la interacción directa entre estudiantes y estas herramientas, con el fin de identificar las metodologías más efectivas para fomentar el pensamiento crítico y lógico (Cheng, 2025).

El estudio busca analizar si estas herramientas de IA generativa logran incentivar a los estudiantes a seguir carreras en STEM, un factor importante para la formación de las futuras generaciones (Altares-López et al., 2024; Boada & Jaramillo, 2019).

Resultados

Los resultados preliminares de este estudio sugieren que la integración de la IA generativa puede tener un impacto significativo en la motivación de los estudiantes hacia las matemáticas y la percepción de la relevancia de esta disciplina para las futuras trayectorias profesionales. Asimismo, hay una mejora en la comprensión conceptual de problemas complejos y en la aplicación de estrategias de resolución, aspectos cruciales para el desarrollo del razonamiento matemático (Huang, 2025; Gao et al., 2024). Estos hallazgos se alinean con la noción de que la IA puede potenciar el compromiso del estudiante y la aplicación de conocimientos en contextos prácticos, lo que sugiere un mayor interés en áreas STEM (Gao et al., 2024; Altares-López et al., 2024).

Esta mejora en el compromiso y la aplicación se relaciona con el desarrollo de la competencia cuantitativa, un indicador clave para el éxito en disciplinas STEM (Boada

et al., 2022). Adicionalmente, la evidencia demuestra que el uso de la IA generativa fomenta el desarrollo de un pensamiento crítico más agudo en los estudiantes, al exigirles evaluar y validar las soluciones propuestas por la IA (Gonzales et al., 2025). Este proceso promueve una actitud de escepticismo constructivo y la búsqueda autónoma de estrategias que logren reducir brechas en el conocimiento (Boada et al., 2016). El enfoque fomenta la autonomía del estudiante y la capacidad de cuestionar activamente la información, habilidades esenciales en el pensamiento lógico y crítico en la era digital (Boada et al., 2022; Klawwa et al., 2025).

Una de las estrategias observadas implica el uso de la IA para generar múltiples enfoques a un problema matemático que desafía a los estudiantes a justificar la idoneidad de cada solución y a identificar posibles errores o ineficiencias (Vasconcelos & Santos, 2023). Esta actividad no solo refuerza la comprensión de los conceptos matemáticos subyacentes, sino que también cultiva la mente analítica y la resolución de problemas (Altares-López et al., 2024). En este sentido, se observa que la integración de la IA generativa puede ser particularmente efectiva cuando se articula con narrativas y contextos del mundo real, se incrementa el compromiso y la motivación de los estudiantes al aplicar conocimientos matemáticos en situaciones prácticas (Palencia, 2023). La personalización del aprendizaje facilitada por la IA permite a los estudiantes explorar problemas complejos que requieren un análisis profundo y un enfoque metódico, para ello, pueden fragmentarlos en partes manejables y aplicar diversas estrategias de resolución (Hosseini-Mohand et al., 2025).

- **Uso de Software y Herramientas Interactivas:** El empleo de software educativo, juegos y plataformas interactivas ha mostrado mejoras en el desarrollo del pensamiento lógico-matemático y en la motivación de los estudiantes, aunque la integración específica de IA generativa aún requiere mayor exploración (Bohórquez & Ortiz, 2020; Carniel et al., 2011; Rosal, 2021).

- Materiales y métodos Basadas en Problemas y Gamificación: Estrategias como la resolución de problemas y la gamificación, apoyadas por tecnologías digitales, favorecen la reflexión, la colaboración y el pensamiento crítico en matemáticas (Moreira & Loor, 2023; González et al., 2021).

Ejemplos de aplicación y reflexión

Un ejemplo de aplicación reside en la utilización de la IA para simular escenarios matemáticos complejos, donde los estudiantes pueden manipular variables y observar los resultados, fomentando así la experimentación y el razonamiento inductivo (Boada, n.d.). Esta interacción directa con la simulación permite a los estudiantes comprender mejor las relaciones causales y las implicaciones de diferentes parámetros en un modelo matemático. Además, la IA generativa puede ser utilizada para crear ejercicios adaptativos que se ajusten al nivel de comprensión de cada estudiante, proporcionando retroalimentación instantánea y permitiendo la práctica continua hasta que se domine un concepto específico (Namoun et al., 2024).

Tabla 1. Comparación de enfoques y retos en la integración de IA generativa en matemáticas

Aplicación/Enfoque	Potencialidad principal	Limitaciones actuales	Citaciones
Chatbots y modelos generativos en el aula	Promueven autonomía, reflexión y creatividad	Riesgo de pasividad, falta de estudios	(Camacho et al., 2023; García, 2023; Ortiz et al., 2024; García-Pérez & Sancho-Mir, 2024)
Evaluaciones con IA y detección de errores	Fomentan pensamiento crítico y verificación de fuentes	Necesidad de guías éticas y pedagógicas	(Nadal & Mora, 2024; Arce, 2024; García-Pérez & Sancho-Mir, 2024)
Software educativo y juegos interactivos	Mejoran motivación y pensamiento lógico	Integración de IA generativa limitada	(Bohórquez & Ortiz, 2020; Carniel et al., 2011; Rosal, 2021; González et al., 2021)

Nota. Desarrollo de la investigación

Este nivel de personalización es relevante, porque no todos los estudiantes aprenden de la misma manera ni bajo los mismos parámetros, por lo que permite una experiencia de aprendizaje más pertinente, dinámica e individualizada (Boada & Pacheco, 2020). La capacidad de la IA para adaptar el contenido y el ritmo de aprendizaje a las necesidades individuales de cada estudiante optimiza la adquisición de habilidades, incluyendo el pensamiento crítico, mediante la provisión de explicaciones adicionales, ayudas visuales o problemas de práctica personalizados (Engelbrecht & Borba, 2023; Lawasi et al., 2024). Esta adaptabilidad permite que los estudiantes participen activamente en la construcción del conocimiento y además fomenta el aprendizaje significativo y autodirigido (Boada & Mayorca, 2019; Boada & Pacheco, 2020). Este enfoque promueve el desarrollo de habilidades cognitivas superiores, como el pensamiento crítico y la resolución de problemas abstractos, esenciales para la competencia cuantitativa (Yıldız & Körpeoğlu, 2025; Hossein-Mohand et al., 2025). La implementación de estas herramientas de IA generativa no solo aborda la necesidad de una educación matemática más relevante y atractiva, sino que también prepara a los estudiantes para los desafíos del siglo XXI al equiparlos con una comprensión profunda de los conceptos matemáticos y las habilidades de pensamiento crítico necesarias para el éxito en campos impulsados por la tecnología (Palencia, 2023; Val-Fernández, 2023).

Una aplicación en CEIPA, powered by ASU

En el caso de la Fundación Universitaria CEIPA, se impulsa el uso de la inteligencia artificial generativa a través de un asistente virtual desarrollado por la institución

bajo plataforma OpenAI, denominado UBI - Learning Virtual Assistant by CEIPA (<https://www.youtube.com/watch?v=5l4chdDEOqw>). Este asistente de IA generativa proporciona al estudiante un asistente entrenado con los documentos inherentes al núcleo problémico de Fundamentos de Matemáticas con el fin de proporcionar un asistente virtual 24/7 que apoye al estudiante en consultas puntuales, no solo a nivel de conceptos y definiciones abstractas sino también para aplicar técnicas matemáticas e inclusive interpretar resultados derivados, a través de una contextualización efectiva de la situación problémica a trabajar. <https://www.youtube.com/watch?v=5l4chdDEOqw>

Con este asistente, CEIPA expone la visión de enseñanza de Fundamentos de Matemáticas como un núcleo problémico que debe trascender los “Ejercicios abstractos” o los “Ejercicios reduccionistas”, siendo ahora necesario la visión de trabajar las matemáticas desde un entorno problémico en ambientes volátiles, complejos, inciertos y ambiguos (llamados también entornos VUCA).

De esta manera, el uso de UBI - Learning Virtual Assistant by CEIPA (https://icontent.ceipa.edu.co/nucleos/Canvas/Fundamentos_Matematicas_V2/UBI/) debe estar asociado al uso y manejo de prompt, así como también a la capacidad del estudiante para crear prompts efectivos y contextualizados de acuerdo con la situación problémica que se desea trabajar (<https://repositorio.ceipa.edu.co/entities/publication/2a14911f-bf4a-4895-bbc8-000d7e16a686>); de hecho, más que crear un prompt, se impulsa la “conversación fluida y continua” con el asistente de IA generativa. https://icontent.ceipa.edu.co/nucleos/Canvas/Fundamentos_Matematicas_V2/UBI/ <https://repositorio.ceipa.edu.co/entities/publication/2a14911f-bf4a-4895-bbc8-000d7e16a686>

Imagen 1. UBI - Learning Virtual Assistant by CEIPA en el núcleo problémico de Fundamentos de Matemáticas en CEIPA



Nota: Imagen proporcionada por CEIPA, powered by ASU

En este sentido, una encuesta de percepción cualitativa, aplicada y respondida por 19 estudiantes que cursaron el núcleo problémico en el año 2025, enfatizaron en la importancia de optimizar la interacción docente-estudiante dentro y fuera del horario académico, aprovechando las capacidades de la IA generativa para responder dudas y personalizar el aprendizaje, así como también la importancia de que los ejercicios estén alineados con la realidad del mercado laboral, acercando la matemática a problemas profesionales reales. Valoran la metodología de “aprender haciendo”, pero piden que la carga de trabajo sea equitativa para evitar semanas sobresaturadas. Destacan también la necesidad de mantener la disponibilidad permanente de la IA generativa como asistente virtual, permitiendo consultas y apoyo continuo; todo esto buscando potenciar un modelo educativo donde la IA facilite la personalización, autonomía, y profundización en los contenidos matemáticos, acompañado de un acompañamiento docente estructurado que minimice la sobrecarga y mejore la pertinencia y accesibilidad del aprendizaje.

Por otro lado, la misma muestra cualitativa de estudiantes indica que reconocen que el uso de la IA generativa potencia significativamente sus habilidades de lógica, análisis, razonamiento y pensamiento crítico, facilitando una formación sólida en conceptos complejos como el manejo de derivadas. La IA incentiva una apertura mental que permite abordar problemas matemáticos de manera innovadora y precisa, integrando conocimientos de forma puntual y desarrollando competencias para la toma de decisiones basadas en datos reales y legibles. Además, valoran que esta tecnología promueva la resolución creativa y analítica de problemas, favoreciendo la aplicación práctica en contextos relacionados con diagnósticos financieros y la solución de situaciones complejas.

Asimismo, destacan que la IA generativa posibilita trabajar con mayor autonomía, permitiendo avanzar incluso cuando el equipo de trabajo (compañeros de estudio) no responde, y optimiza recursos para tomar decisiones más fundamentadas. Los estudiantes aprecian la innovación que aporta esta herramienta en la enseñanza de matemáticas funcionales, al facilitar precisión y eficacia en los procesos de aprendizaje y aplicación. Resaltan también la experiencia enriquecedora de poder interactuar con situaciones reales complejas, como el trabajo con empresas, lo que los prepara para enfrentar retos profesionales con creatividad y rigor. En conjunto, la IA se percibe como un recurso integrador, innovador y completo que mejora tanto la comprensión matemática como la capacidad para aplicar estos conocimientos en escenarios prácticos y profesionales.

Conclusiones

La integración de la IA generativa en la enseñanza de las matemáticas ofrece oportunidades prometedoras para el desarrollo del pensamiento lógico y crítico, pero requiere un enfoque crítico, ético y basado en evidencia, así como la actualización

constante de marcos teóricos y metodológicos. La integración de la inteligencia artificial generativa en la educación matemática ofrece un camino prometedor hacia una pedagogía más personalizada y adaptativa, transformando el rol del estudiante en un agente activo de su propio aprendizaje.

El artículo examina cómo la integración de la inteligencia artificial generativa en la enseñanza de las matemáticas puede transformar significativamente el desarrollo del pensamiento lógico y crítico de los estudiantes de ingeniería y destaca el potencial de la IA para personalizar el aprendizaje, incrementar la motivación y fomentar la autonomía a través de tutores virtuales y entornos de resolución de problemas complejos. Sin embargo, destaca la necesidad de seguir un enfoque crítico, ético y basado en evidencia que considere las limitaciones de estas tecnologías como el riesgo de dependencia excesiva y la generación de información inexacta que implica una actualización constante de marcos teóricos y metodológicos para su correcta implementación.

Además, el estudio plantea que para maximizar los beneficios de la IA generativa es indispensable diseñar estrategias pedagógicas que promuevan la participación significativa del estudiante, incentivando la reflexión crítica sobre las soluciones propuestas por la IA y la verificación de información. La metodología propuesta combina análisis cualitativos y cuantitativos, incluyendo observación en aula, encuestas y entrevistas, para evaluar el impacto de estas herramientas en el desarrollo del pensamiento lógico y crítico, así como en la motivación para seguir carreras STEM. Finalmente, el trabajo de investigación enfatiza la importancia de formar a los docentes para que integren éticamente y de manera efectiva estas tecnologías en el currículo de matemáticas y así puedan confirmar que la IA potencia, en lugar de reemplazar, los procesos de aprendizaje.

Referencias

- Aguilar, S. J., Swartout, W., Nye, B. D., Sinatra, G. M., Wang, C., & Bui, E. (2024). Critical Thinking and Ethics in the Age of Generative AI in Education. <https://doi.org/10.35542/osf.io/7dr9j>
- Altares-López, S., Bengochea-Guevara, J. M., Ranz, C., Montes, H., & Ribeiro, A. (2024a). Qualitative and quantitative analysis of student's perceptions in the use of generative AI in educational environments. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2405.13487>
- Altares-López, S., Bengochea-Guevara, J. M., Ranz, C., Montes, H., & Ribeiro, Á. (2024b). Generative AI: The power of the new education. arXiv (Cornell University). <https://doi.org/10.48550/arxiv.2405.13487>
- Alvarez, J. I. (2024). EVALUATING THE IMPACT OF AI-POWERED TUTORS MATHGPT AND FLEXI 2.0 IN ENHANCING CALCULUS LEARNING. *Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Universitas Jambi|JITUIJ|*, 8(2), 495. <https://doi.org/10.22437/jituijv8i2.34809>
- Arce, D. (2024). Herramientas para detectar el Plagio a la Inteligencia Artificial: ¿cuán útiles son?. *Revista Cognosis*. <https://doi.org/10.33936/cognosis.v9i2.6195>
- Boada, A. (2018). Modelo Pedagógico CEIPA. Modelo Constructivista potenciador de Competencias Específicas Saber Pro. Capítulo de libro Publicado en el Libro de Memorias: VIII Congreso Mundial de Estilos de Aprendizaje Tomo II, Barranquilla. Pp: 188 - 199 Colombia. Octubre 2018. ISSN 2665-4962. https://drive.google.com/file/d/0BxhOsTqTDO_Ac2MtS3pCeldhVF-pmSgtRWvhvWHdLYjNrU0Q4/view. https://www.researchgate.net/publication/328303213_Modelo_Pedagogico_CEIPA_Modelo_Constructivista_potenciador_de_Competencias_Especificas_Saber_Pro
- Boada, A., Álvarez, F. J. J., Ramírez, D. A., Pacheco, J. del V., & Galeano, D. A. P. (2022). Hacia una paridad de desempeño académico en la competencia cuantitativa a partir del Modelo Pedagógico CEIPA. *Vía Innova*, 9(1), 5. <https://doi.org/10.23850/2422068x.4893>
- Boada, A. & Jaramillo, F. (2019). ¿Qué es para usted la educación virtual? Una perspectiva estudiantil. Propuestas para mejorar la enseñanza de las ciencias básicas bajo modalidad virtual. Una aproximación a los usos y opiniones de los estudiantes. Capítulo titulado, publicado en el Libro titulado: Aproximación periodística y educacional al fenómeno de las redes sociales. Pp: 335 - 358. España. Diciembre 2019. McGraw Hill. ISBN 978-84-486-2035-6. https://www.researchgate.net/publication/343351226_QUE_ES_PARA_USTED_LA_EDUCACION_VIRTUAL_UNA_PERSPECTIVA_ESTUDIANTIL_PROPUUESTAS_PARA_MEJORAR_LA_ENSEÑANZA_DE_LAS_CIENCIAS_BASICAS_BAJO_MODALIDAD_VIRTUAL_UNA_APROXIMACION_A_LOS_USOS_Y_OPINIONES_DE_LOS_ES

- Boada, A., & Mayorca, R. (2019). IMPORTANCIA DE LA PARTICIPACIÓN ACTIVA DE ESTUDIANTES VIRTUALES A TRAVÉS DE LOS FOROS-DEBATES EN PLATAFORMAS DIGITALES. Capítulo titulado Publicado en el Libro titulado: Memorias VI Simposio Nacional de Formación con Calidad y Pertinencia, Medellín. Pp: 421 - 437 Colombia. Diciembre 2019. ISSN 25391712. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. https://www.researchgate.net/publication/338749654_importancia_de_la_participacion_activa_de_estudiantes_virtuales_a_traves_de_los_foros-debates_en_plataformas_digitales
- Boada, A., Mazo Cuervo, D. M., & Cardona Montoya, G. (2018). Paridad de competencias independiente de la modalidad de estudio, una realidad del siglo XXI. Caso CEIPA, Business School. Revista Digital Universities. International Best Practices and Applications. Vol. 5, N° 1-2, pp. 249-268, 2018. ISSN: 2385-2992, ISBN: 978-884923426-8, ISSN: 2385-1740, Italia. https://www.researchgate.net/publication/328295828_PARIDAD_DE_COMPETENCIAS_INDEPENDIENTE_DE_LA_MODALIDAD_DE_ESTUDIO_UNA_REALIDAD_DEL_SIGLO_XXI_CASO_CEIPA_BUSINESS_SCHOOL
- Boada, A., Montilla, I., & Colliva, M. (2016). Perspectiva aptitudinal-vocacional de bachilleres de la región capital de Venezuela: Prueba diagnóstica aptitudinal-vocacional de la Universidad Nacional Experimental de la Fuerza Armada (caso de estudio). Revista Electrónica Educare, 20(3), 1. <https://doi.org/10.15359/ree.20-3.19>
- Boada, A., & Pacheco, J. del V. (2020). Diálogos emergentes sobre educación virtual: claves para el empoderamiento en el siglo XXI. Pp. 108. Sabaneta. Agosto 2020. Fondo Editorial CEIPA. ISBN 978-958-8752-19-8. https://icontent.ceipa.edu.co/nucleos/comunicaciones/fondo_editorial/assets/files/2020_Dialogos_emergentes_sobre_educacion_virtual_claves_para_el_empoderamiento_en_el_siglo_XXI.pdf. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=1008786>
- Boada, A., Pérez Galeano, D. A., Pacheco, J. del V. (2022). De la pedagogía tradicional a la pedagogía virtual: 50 años reinventando la educación. Pp. 108. Sabaneta. Agosto 2020. Fondo Editorial CEIPA. ISBN 978-958-8752-19-8. https://icontent.ceipa.edu.co/nucleos/comunicaciones/fondo_editorial/assets/files/2020_Dialogos_emergentes_sobre_educacion_virtual_claves_para_el_empoderamiento_en_el_siglo_XXI.pdf. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=1008786>
- Bohórquez, A., & Ortiz, J. (2020). La interactividad de las herramientas tecnológicas en el desarrollo del pensamiento lógico en educación básica secundaria. **, 25, 1-17. [https://doi.org/10.35742/rcci.2020.25\(3\).1-17](https://doi.org/10.35742/rcci.2020.25(3).1-17)
- Burneo-Arteaga, P., Lira, Y., Murzi, H., Balula, A., & Costa, A. P. (2025). Capability-based training framework for generative AI in higher education. Frontiers in Education, 10. <https://doi.org/10.3389/educ.2025.1594199>
- Camacho, M., Tambasco, P., Martínez, S., & Correa, M. (2023). El impacto de la Inteligencia Artificial en la educación. Riesgos y potencialidades de la IA en el aula. Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa. <https://doi.org/10.6018/riite.584501>

- Cantero, C., Oviedo, G., Balboza, W., & Fera, M. (2020). Tecnologías emergentes en el proceso de enseñanza-aprendizaje: hacia el desarrollo del pensamiento crítico. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*. <https://doi.org/10.6018/REIFOP.435611>
- Carniel, L., Chourio, E., Vargas, Z., & Ávila, M. (2011). El software matemático como herramienta para el desarrollo de habilidades del pensamiento y mejoramiento del aprendizaje de las matemáticas. **. <https://doi.org/10.15517/AIE.V7I2.9264>
- Cheng, W. S. W. (2025). Role of Mathematics Teachers in Learner's Diversity Using AI Tools. 19. <https://doi.org/10.3390/engproc2025089019>
- Cordero, J., Torres-Zambrano, J., & Cordero-Castillo, A. (2024). Integration of Generative Artificial Intelligence in Higher Education: Best Practices. *Education Sciences*, 15(1), 32. <https://doi.org/10.3390/educsci15010032>
- Dúo-Terrón, P. (2024). Generative artificial intelligence: Educational reflections from an analysis of scientific production. *Journal of Technology and Science Education*, 14(3), 756. <https://doi.org/10.3926/jotse.2680>
- Engelbrecht, J., & Borba, M. C. (2023). Recent developments in using digital technology in mathematics education. *ZDM*, 56(2), 281. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01530-2>
- Gao, W., Gao, S., Malomo, O., Allagan, J. D., Eyob, E., Challa, C., & Su, J. (2024). Exploring the interplay between AI and human logic in mathematical problem-solving. *Online Journal of Applied Knowledge Management*, 12(1), 73. [https://doi.org/10.36965/ojakm.2024.12\(1\)73-93](https://doi.org/10.36965/ojakm.2024.12(1)73-93)
- García, O. (2023). Inteligencia Artificial en Educación Superior: Oportunidades y Riesgos. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*. <https://doi.org/10.6018/riite.591581>
- García-Pérez, S., & Sancho-Mir, M. (2024). Aprender con la Inteligencia Artificial: aplicación en un aula sobre cartografía operativa. *Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura*. <https://doi.org/10.5821/jida.2024.13211>
- García-García, N., Gutiérrez-Pérez, M., Soto-Sánchez, R., Soto-Sánchez, R., & Jiménez-García, G. (2024). Pensamiento Crítico en Estudiantes de Bachillerato: Una Aproximación desde las Inteligencias Artificiales. *Multidisciplinary Latin American Journal (MLAJ)*. <https://doi.org/10.62131/mlaj-v2-n3-010>
- Gonzales, N. P., Oropeza, R. P., Vilca, J. Z., & Quinteros, D. A. P. (2025). Inteligencia artificial y el desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes universitarios de educación. *Revista Tribunal*, 5(11), 211. <https://doi.org/10.59659/revistatribunal.v5i11.152>
- González, O., Rodríguez, E., & Saldías, P. (2021). Implicaciones de la gamificación en educación matemática, un estudio exploratorio. *Revista de Educación a Distancia (RED)*. <https://doi.org/10.6018/red.485331>

- Hikmawati, A., & Mohammad, N. K. (2025). Enhancing Critical Thinking with Gen AI: A Literature Review [Review of Enhancing Critical Thinking with Gen AI: A Literature Review]. *Buletin Edukasi Indonesia*, 4(1), 40. <https://doi.org/10.56741/bei.v4i01.764>
- Hosseini-Mohand, H., Hosseini-Mohand, H., Albanese, V., & Olmos-Gómez, M. del C. (2025). AI in mathematics education: A bibliometric analysis of global trends and collaborations (2020-2024). *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 21(2). <https://doi.org/10.29333/ejmste/15915>
- Huang, S. (2025). Research on generative AI enabling secondary school mathematics curriculum design. *SHS Web of Conferences*, 222, 1016. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202522201016>
- Kaya, D., & Yavuz, S. (2025). Can Generative AI and ChatGPT Break Human Supremacy in Mathematics and Reshape Competence in Cognitive-Demanding Problem-Solving Tasks? *Journal of Intelligence*, 13(4), 43. <https://doi.org/10.3390/jintelligence13040043>
- Kim, J., Yu, S., Detrick, R., & Li, N. (2024). Exploring students' perspectives on Generative AI-assisted academic writing. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12878-7>
- Klawa, H., Rajpal, S., & Thomas, C. (2025). Gen AI in Proof-based Math Courses: A Pilot Study. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2509.13570>
- Lawasi, M. C., Rohman, V. A., & Shoreamanis, M. (2024). The Use of AI in Improving Student's Critical Thinking Skills. *Proceedings Series on Social Sciences & Humanities*, 18, 366. <https://doi.org/10.30595/pssh.v18i.1279>
- Melisa, R., Ashadi, A., Triastuti, A., Hidayati, S., Salido, A., Ero, P. E. L., Marlini, C., Zefrin, Z., & Fuad, Z. A. (2025). Critical Thinking in the Age of AI: A Systematic Review of AI's Effects on Higher Education [Review of Critical Thinking in the Age of AI: A Systematic Review of AI's Effects on Higher Education]. *Educational Process International Journal*, 14(1). ÜNİVERSİTEPARK Limited. <https://doi.org/10.22521/edupij.2025.14.31>
- Mendiola, M. S. (2023). La inteligencia artificial generativa y la evaluación: ¿Qué pasará con los exámenes? *Investigación En Educación Médica*, 12(48), 5. <https://doi.org/10.22201/fm.20075057e.2023.48.23550>
- Moreira, S., & Loor, F. (2023). Estrategia metodológica basada en la resolución de problemas para la enseñanza del razonamiento lógico-matemático. *Revista Cognosis*. <https://doi.org/10.33936/cognosis.v8i1e1.5274>
- Nadal, M., & Mora, E. (2024). Introducción de inteligencia artificial en la evaluación de asignaturas de teoría e historia. *Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura*. <https://doi.org/10.5821/jida.2024.13259>
- Namoun, A., Ibrahim, I. A., Mustafa, E., Alrehaili, A., Tufail, A., Shuja, J., Bilal, K., & Alanazi, M. H. (2024). Generative artificial intelligence in education: an umbrella review of applications and challenges. *Research Square (Research Square)*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4892155/v2>

- Ng, D. T. K., Chan, E., & Lo, C. K. (2025). Opportunities, Challenges and School Strategies for Integrating Generative AI in Education. *Computers and Education Artificial Intelligence*, 100373. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100373>
- Ojeda, A. D., Solano-Barliza, A., Alvarez, D. O., & Cárcamo, E. B. (2023). Análisis del impacto de la inteligencia artificial ChatGPT en los procesos de enseñanza y aprendizaje en la educación universitaria. *Formación Universitaria*, 16(6), 61. <https://doi.org/10.4067/s0718-50062023000600061>
- Ortiz, L., Bekerman, Z., & Ros, M. (2024). Presentación del número especial "IA generativa, ChatGPT y Educación. Consecuencias para el Aprendizaje Inteligente y la Evaluación Educativa". *Revista de Educación a Distancia (RED)*. <https://doi.org/10.6018/red.609801>
- Ospina Sánchez, L. T., Ceballos Arias, J. C., Marín Narváez, L. M., & Boada, A. J. (2020). RÚBRICAS: UNA FORMA DE EVALUACIÓN DENTRO DE ENTORNOS DE ENSEÑANZA CONSTRUCTIVISTAS.
- Palencia, J. L. D. (2023). El uso de narrativas en matemáticas como una forma de ayudar en la elección de estudios universitarios para estudiantes de bachillerato. *ReiDoCrea Revista Electrónica de Investigación Docencia Creativa*. <https://doi.org/10.30827/digibug.86000>
- Premkumar, P. P., Yatigammana, M. R. K. N., & Kannangara, S. (2024). Impact of Generative AI on Critical Thinking Skills in Undergraduates: A Systematic Review [Review of Impact of Generative AI on Critical Thinking Skills in Undergraduates: A Systematic Review]. *The journal of Desk Research Review and Analysis*, 2(1), 199. <https://doi.org/10.4038/jdrav.211.55>
- Romaniuk, M. W., & Łukasiewicz-Wieleba, J. (2024). Generative Artificial Intelligence in the teaching activities of academic teachers and students. *International Journal of Electronics and Telecommunications*, 1043. <https://doi.org/10.24425/ijet.2024.152092>
- Rosal, A. (2021). Incorporación de las TICs en el aprendizaje de la matemática en el sector universitario. *Revista de Educación Matemática*. <https://doi.org/10.33044/revem.10206>
- Ruiz, L. M. S., Moll-López, S., Nuñez-Pérez, A., Moraño, J.-A., & Vega-Fleitas, E. (2023). ChatGPT Challenges Blended Learning Methodologies in Engineering Education: A Case Study in Mathematics. *Applied Sciences*, 13(10), 6039. <https://doi.org/10.3390/app13106039>
- Salinas, G. C., & Andrade-Vargas, L. (2024). Los desafíos de la Inteligencia Artificial en la educación en un mundo tecnologizado. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-905>
- Sattele, V., Reyes, M., & Fonseca, A. (2023). La Inteligencia Artificial Generativa en el Proceso Creativo y en el Desarrollo de Conceptos de Diseño. *UMÁTICA Revista Sobre Creación y Análisis de La Imagen*, 6. <https://doi.org/10.24310/umatica.2023.v5i6.17153>

- Solano-Barliza, A., Ojeda, A. D., & Aarón-Gonzalez, M. (2024). Análisis cuantitativo de la percepción del uso de inteligencia artificial ChatGPT en la enseñanza y aprendizaje de estudiantes de pregrado del caribe colombiano. *Formación Universitaria*, 17(3), 129. <https://doi.org/10.4067/s0718-50062024000300129>
- Torres-Peña, R. C., González, D. P., Chacuto-López, E., Echeverri, E. A. A., & Vergara, D. (2024). Updating Calculus Teaching with AI: A Classroom Experience. *Education Sciences*, 14(9), 1019. <https://doi.org/10.3390/educsci14091019>
- Val-Fernández, P. (2023). The Symbiosis between Artificial Intelligence and Secondary School Mathematics Teaching = La Simbiosis entre la Inteligencia Artificial y la Enseñanza de Matemáticas en la Escuela Secundaria. *Advances in Building Education*, 7(3), 23. <https://doi.org/10.20868/abe.2023.3.5203>
- Vasconcelos, M. A. R., & Santos, R. P. dos. (2023). Enhancing STEM learning with ChatGPT and Bing Chat as objects to think with: A case study. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 19(7). <https://doi.org/10.29333/ejmste/13313>
- Yıldız, S. G., & Körpeoğlu, S. G. (2025). Trends and insights of AI in mathematics education: A bibliometric analysis. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 20(3). <https://doi.org/10.29333/iejme/16401>
- Yoon, H., Hwang, J., Lee, K. W., Roh, K. H., & Kwon, O. N. (2024). Students' use of generative artificial intelligence for proving mathematical statements. *ZDM*, 56(7), 1531. <https://doi.org/10.1007/s11858-024-01629-0>