

**Formación Docente para integrar inteligencia artificial en la enseñanza de matemáticas**  
**Teacher Training to Integrate Artificial Intelligence into Mathematics Teaching**  
**Formazione degli insegnanti per integrare l'intelligenza artificiale nell'insegnamento della**  
**matemática**

Alexis Stalyn Alvarado Dolz<sup>I</sup>

[asalvarado@uagraria.edu.ec](mailto:asalvarado@uagraria.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1636-1700>

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Agraria del Ecuador, Milagro, Ecuador

Paul Enrique Vera Galarza<sup>I</sup>

[pvera@uagraria.edu.ec](mailto:pvera@uagraria.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2183-4875>

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Agraria del Ecuador, Milagro, Ecuador

Corina Vanessa Martínez Villacís<sup>II</sup>

[corina.martinez@docentes.educacion.edu.ec](mailto:corina.martinez@docentes.educacion.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3882-481X>

Dirección Distrital San Jacinto de Yaguachi-Educación

Jorge Enrique Vayas Mosquera<sup>III</sup>

[jevayas@uagraria.edu.ec](mailto:jevayas@uagraria.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9286-6126>

Coordinación de Nivelación y Admisiones, Universidad Agraria del Ecuador, Milagro, Ecuador

Francisco Paolo Espinel Obregoso<sup>III, IV</sup>

[fespinelo@unemi.edu.ec](mailto:fespinelo@unemi.edu.ec)

[pespinel@uagraria.edu.ec](mailto:pespinel@uagraria.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7666-057X>

Escuela de Educación, Facultad de Posgrados, Universidad Estatal de Milagro, Milagro, Ecuador

Coordinación de Nivelación y Admisiones, Universidad Agraria del Ecuador, Milagro, Ecuador

**Correspondencia:** [asalvarado@uagraria.edu.ec](mailto:asalvarado@uagraria.edu.ec)

**Artículo de Investigación**

**\*Aceptado:** Septiembre 07, 2026    **\* Publicado:** Septiembre 10, 2026

I. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Agraria del Ecuador, Milagro, Ecuador

II. Dirección Distrital San Jacinto de Yaguachi-Educación

III. Coordinación de Nivelación y Admisiones, Universidad Agraria del Ecuador, Milagro, Ecuador

IV. Escuela de Educación, Facultad de Posgrados, Universidad Estatal de Milagro, Milagro, Ecuador  
Coordinación de Nivelación y Admisiones, Universidad Agraria del Ecuador, Milagro, Ecuador

## Resumen

El objetivo del artículo fue analizar la formación docente requerida para integrar inteligencia artificial en la enseñanza de matemáticas, considerando oportunidades pedagógicas, barreras de implementación, criterios éticos y condiciones de mediación didáctica. Se desarrolló una revisión documental de alcance descriptivo e interpretativo, sustentada en un corpus de 23 documentos académicos e institucionales publicados principalmente entre 2019 y 2024, con inclusión puntual de estudios seminales sobre tutores inteligentes e inteligencia artificial educativa. La información fue organizada mediante matriz documental, criterios de inclusión y exclusión, categorización temática y caracterización descriptiva del corpus. Los resultados muestran que la inteligencia artificial puede apoyar la personalización, la retroalimentación, la evaluación formativa y la gestión docente; sin embargo, su valor educativo depende de la formación pedagógica, técnica y ética del profesorado. También se identifican riesgos relacionados con privacidad de datos, sesgos, errores en respuestas generadas automáticamente, dependencia tecnológica y desigualdad de acceso. Se concluye que la integración de inteligencia artificial en matemáticas requiere una ruta formativa progresiva basada en alfabetización en inteligencia artificial, diseño didáctico, validación conceptual, ética digital, implementación acompañada y evaluación de resultados.

**Palabras clave:** inteligencia artificial, formación docente, enseñanza de matemáticas, educación matemática, revisión documental.

## Abstract

The objective of this article was to analyze the teacher training required to integrate artificial intelligence into mathematics teaching, considering pedagogical opportunities, implementation barriers, ethical criteria, and conditions for didactic mediation. A descriptive and interpretive documentary review was conducted, based on a corpus of 23 academic and institutional documents published mainly between 2019 and 2024, with the punctual inclusion of seminal studies on intelligent tutoring systems and artificial intelligence in education. The information was organized through a documentary matrix, inclusion and exclusion criteria, thematic categorization, and descriptive characterization of the corpus. The results show that artificial intelligence can support personalization, feedback, formative assessment, and teaching management; however, its educational value depends on teachers' pedagogical, technical, and ethical training. Risks related to data privacy, bias, errors in automatically generated responses, technological dependence, and unequal access were also identified. It is concluded that integrating artificial intelligence into mathematics teaching requires a progressive training pathway based on artificial intelligence literacy, didactic design, conceptual validation, digital ethics, guided implementation, and outcome evaluation.

**Keywords:** artificial intelligence, teacher training, mathematics teaching, mathematics education, documentary review.

## Riassunto

L'obiettivo dell'articolo è stato analizzare la formazione docente necessaria per integrare l'intelligenza artificiale nell'insegnamento della matematica, considerando le opportunità pedagogiche, le barriere all'implementazione, i criteri etici e le condizioni di mediazione didattica. È stata condotta una revisione documentale di carattere descrittivo e interpretativo, basata su un corpus di 23 documenti accademici e istituzionali pubblicati principalmente tra il 2019 e il 2024, con l'inclusione puntuale di studi fondamentali sui tutor intelligenti e sull'intelligenza artificiale applicata all'educazione. Le informazioni sono state organizzate mediante una matrice documentale, criteri di inclusione ed esclusione, categorizzazione tematica e caratterizzazione descrittiva del corpus.

I risultati mostrano che l'intelligenza artificiale può supportare la personalizzazione, il feedback, la valutazione formativa e la gestione didattica; tuttavia, il suo valore educativo dipende dalla formazione pedagogica, tecnica ed etica degli insegnanti. Sono stati inoltre identificati rischi relativi alla privacy dei dati, ai bias, agli errori nelle risposte generate automaticamente, alla dipendenza tecnologica e alla disuguaglianza nell'accesso. Si conclude che l'integrazione dell'intelligenza artificiale nell'insegnamento della matematica richiede un percorso formativo progressivo basato sull'alfabetizzazione all'intelligenza artificiale, sulla progettazione didattica, sulla validazione concettuale, sull'etica digitale, sull'implementazione assistita e sulla valutazione dei risultati.

**Parole chiave:** intelligenza artificiale, formazione docente, insegnamento della matematica, educazione matematica, revisione documentale.

## 1. Introducción

En los últimos años, la educación secundaria en la Unidad Educativa “Volcán Cotopaxi”, vive un proceso de transformación con la incorporación de herramientas tecnológicas y de la Inteligencia Artificial como ChatGPT en las aulas de clase. Aunque, el uso de estos recursos digitales ha abierto nuevas oportunidades para el acceso a la información y la automatización de tareas, actividades en clases y al mejoramiento del proceso de enseñanza aprendizaje, como menciona Carranza Alcántar y Caldera Montes (2018) las tecnologías digitales han abierto nuevas oportunidades para el aprendizaje significativo, también generan desafíos relacionados con la dependencia tecnológica y la necesidad de estrategias pedagógicas que eviten la superficialidad en el aprendizaje.

La tendencia a confiar en respuestas automáticas y dejar a un lado la debida verificación de las mismas, ha debilitado el desarrollo del pensamiento crítico, lo que plantea un reto urgente para la Unidad Educativa “Volcán Cotopaxi”.

En este contexto, la Gestión Educativa se convierte en un eje fundamental para regular y orientar el uso pedagógico de la I.A en especial Chat GPT, garantizando que su aplicación no sustituya la reflexión, sino que potencie el crecimiento cognitivo de los estudiantes buscando la calidad académica de las instituciones educativas. Convirtiendo a la Gestión Educativa en un factor decisivo para enfrentar este desafío. Tal como señalan Uriarte et al. (2023) “La Gestión Educativa es clave para garantizar la calidad, pues integra acciones que permiten regular y supervisar el aprendizaje”. La gestión educativa, ayuda a planificar, organizar y evaluar los procesos de enseñanza- aprendizaje, buscando plasmar la calidad educativa con ayuda de la comunidad. Pues es la encargada de direccionar los objetivos propuestos para el correcto aprendizaje de los alumnos.

La importancia del problema radica en que el pensamiento crítico constituye una competencia esencial para la formación integral de los adolescentes en la vida cotidiana. Su ausencia repercute directamente en la calidad del aprendizaje, en la capacidad de análisis y en la construcción de ciudadanos autónomos y responsables. Pinedo Vega (2025) sostiene que “el pensamiento crítico es una competencia esencial en la educación contemporánea, pues permite reflexionar de manera autónoma frente a los desafíos del aprendizaje”. De tal forma, el fortalecimiento de la autonomía intelectual y la meta cognición de los estudiantes dependa de una Gestión Educativa capaz de equilibrar innovación tecnológica y formación reflexiva.

El uso creciente de estas herramientas tecnológicas, aunque aporta beneficios en la automatización de tareas y el acceso a la información, también genera riesgos de dependencia y limita la capacidad reflexiva de los adolescentes.

De tal manera, es necesario indagar como los estudiantes utilizan Chat GPT, en sus tareas, en las actividades en clases, en operaciones básicas, que nivel de dependencia genera, las causas que limitan su pensamiento crítico, las consecuencias cognitivas y académicas que se derivan de un uso excesivo o inadecuado de esta inteligencia artificial.

Por ello, se justifica la necesidad de una gestión educativa crítica y reflexiva que regule el uso de ChatGPT, garantizando aprendizajes significativos y el desarrollo integral de los estudiantes frente a los retos tecnológicos actuales.

El objetivo del estudio se encuentra en la necesidad de comprender cómo la gestión educativa analiza el uso de ChatGPT y su relación en el desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes de bachillerato de la Unidad Educativa “Volcán Cotopaxi”, y propone estrategias institucionales y pedagógicas que busquen favorecer aprendizajes reflexivos y autónomos.

De este modo, el estudio contribuye a fortalecer la calidad educativa y a preparar a los estudiantes para enfrentar los retos cognitivos y éticos de la sociedad contemporánea.

2. Metodología

El estudio se desarrolló mediante una revisión documental de alcance descriptivo e interpretativo. Esta modalidad permitió organizar, comparar y sintetizar aportes científicos e institucionales sobre inteligencia artificial, formación docente y enseñanza de matemáticas. La revisión no se presenta como revisión sistemática exhaustiva ni como estudio bibliométrico formal; por ello, el procedimiento se orientó a construir un corpus pertinente, trazable y suficiente para el objetivo del artículo.

La unidad de análisis estuvo conformada por artículos científicos, revisiones sistemáticas, revisiones narrativas, estudios conceptuales, metaanálisis, capítulos académicos y documentos institucionales. Se priorizaron publicaciones de 2019 a 2024, con inclusión puntual de estudios seminales previos cuando aportaban fundamentos sobre tutores inteligentes o inteligencia artificial educativa (Ma et al., 2014; Roll & Wylie, 2016; VanLehn, 2011).

La búsqueda se organizó en Scopus, SciELO, ERIC, IEEE Xplore y Google Scholar mediante combinaciones de términos relacionados con inteligencia artificial, educación matemática, enseñanza de matemáticas, formación docente y mediación pedagógica. Los registros se depuraron mediante lectura de título, resumen y texto completo, aplicando criterios de pertinencia temática, acceso al texto completo, relación con el objetivo del artículo e implicaciones para la práctica docente.

Tabla 1. Diseño metodológico de la revisión documental

| Elemento               | Descripción aplicada en la revisión                                                                              |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tipo de estudio        | Revisión documental breve, descriptiva e interpretativa.                                                         |
| Objeto de análisis     | Formación docente para integrar inteligencia artificial en la enseñanza de matemáticas.                          |
| Bases y repositorios   | Scopus, SciELO, ERIC, IEEE Xplore y Google Scholar.                                                              |
| Periodo priorizado     | 2019-2024, con inclusión puntual de estudios seminales previos.                                                  |
| Unidad de análisis     | Artículos, revisiones, estudios conceptuales, metaanálisis, capítulos y documentos institucionales.              |
| Técnica de análisis    | Lectura analítica, matriz documental, categorización temática y síntesis interpretativa.                         |
| Categorías de análisis | Personalización, retroalimentación, evaluación, gestión docente, ética, formación docente y mediación didáctica. |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Ecuaciones de búsqueda utilizadas por base o repositorio

| Base<br>repositorio | o Ecuación<br>búsqueda                                                                                                                                                                                                                                                                                | de Filtros<br>principales                                                   | Registros<br>trabajo | de Incluidos<br>corpus | en |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------------|----|
| Scopus              | TITLE-ABS-<br>KEY(("artificial<br>intelligence" OR<br>"generative<br>artificial<br>intelligence" OR<br>chatbot OR<br>"intelligent<br>tutoring system")<br>AND<br>("mathematics<br>education" OR<br>"mathematics<br>teaching") AND<br>(teacher OR<br>"teacher training"<br>OR "teacher<br>education")) | 2019-2024;<br>artículos y<br>revisiones; inglés,<br>español y<br>portugués. | 24                   | 8                      |    |
| SciELO              | ("inteligencia<br>artificial" OR IA)<br>AND ("enseñanza<br>de matemáticas"<br>OR "educación<br>matemática")<br>AND (docente<br>OR "formación<br>docente")                                                                                                                                             | 2019-2024;<br>acceso abierto;<br>español y<br>portugués.                    | 8                    | 4                      |    |
| ERIC                | ("artificial<br>intelligence" OR<br>chatbot OR                                                                                                                                                                                                                                                        | 2019-2024; peer<br>reviewed.                                                | 13                   | 3                      |    |

|                |                                                                                                                                             |                                                                |    |   |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----|---|
|                | ChatGPT) AND ("mathematics education" OR "mathematics teaching") AND (teachers OR "teacher education")                                      |                                                                |    |   |
| IEEE Xplore    | ("artificial intelligence" AND ("mathematics education" OR "math teaching") AND (teaching OR teacher))                                      | 2019-2024; artículos con texto completo.                       | 9  | 2 |
| Google Scholar | "artificial intelligence" "mathematics education" teacher training / "inteligencia artificial" "enseñanza de matemáticas" formación docente | 2019-2024; prioridad a artículos indexados y textos completos. | 24 | 6 |

Fuente: elaboración propia.

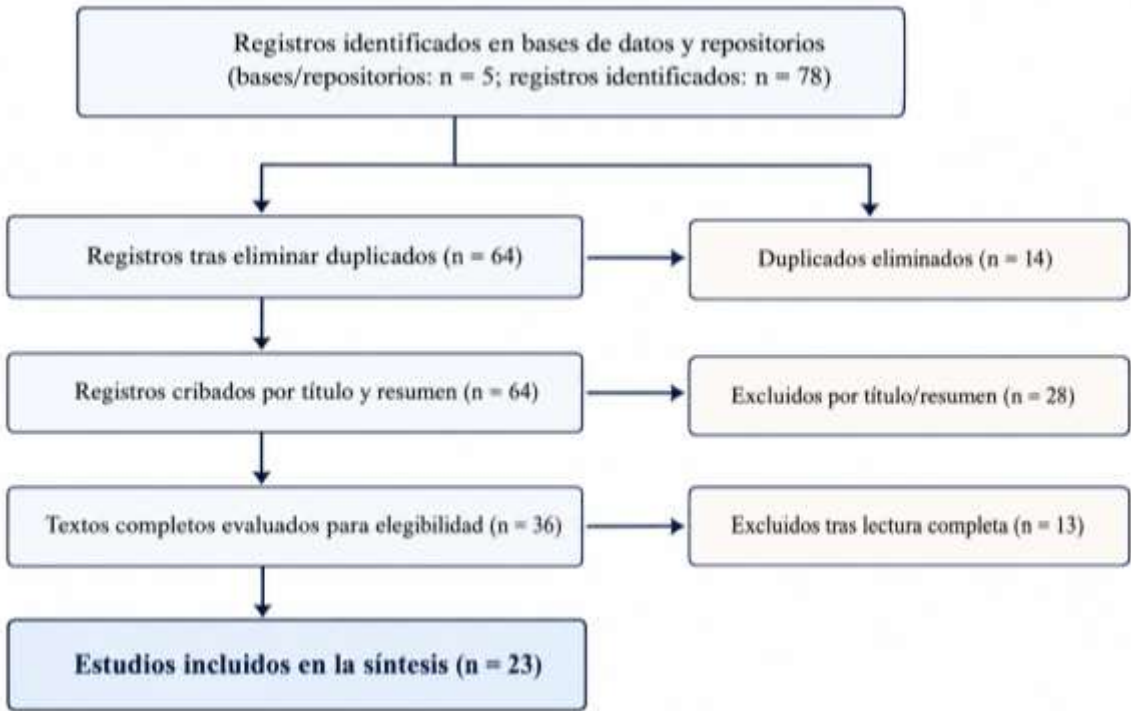
Tabla 3. Criterios de inclusión y exclusión aplicados al corpus

| Criterios de inclusión                                                                                                | Criterios de exclusión                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Publicaciones con relación explícita entre inteligencia artificial y educación matemática o enseñanza de matemáticas. | Publicaciones centradas en inteligencia artificial sin conexión clara con educación o matemáticas. |

|                                                                                                                     |                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Textos con implicaciones para práctica docente, formación docente, mediación pedagógica o diseño didáctico.         | Trabajos exclusivamente técnicos, algorítmicos o de ingeniería sin discusión educativa.                   |
| Documentos publicados principalmente entre 2019 y 2024, con inclusión puntual de estudios seminales.                | Documentos fuera del periodo sin valor teórico o histórico relevante para la revisión.                    |
| Publicaciones en español, inglés o portugués con acceso a texto completo.                                           | Resúmenes de congreso, duplicados, preprints repetidos o textos sin acceso completo.                      |
| Estudios empíricos, revisiones sistemáticas, revisiones narrativas, metaanálisis y marcos conceptuales pertinentes. | Fuentes con información metodológica insuficiente o débil pertinencia respecto del objetivo del artículo. |

Fuente: elaboración propia.

Figura 1. Flujograma del proceso de identificación, selección e inclusión del corpus



Fuente: elaboración propia.

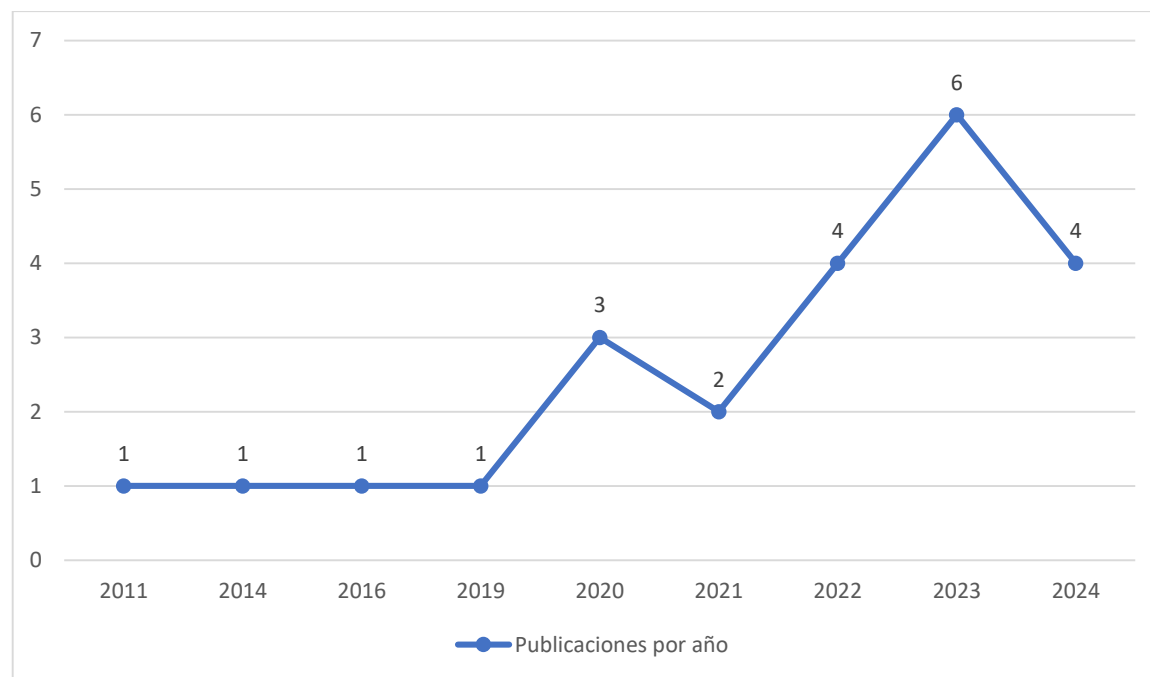
Después de la depuración, el corpus final quedó integrado por 23 documentos. El análisis se realizó en una matriz que incluyó autor, año, enfoque metodológico, contexto, aporte principal e implicación para la formación docente. Este procedimiento permitió pasar de una lectura descriptiva de las fuentes a una síntesis temática orientada al objetivo del artículo.

### 3. Resultados

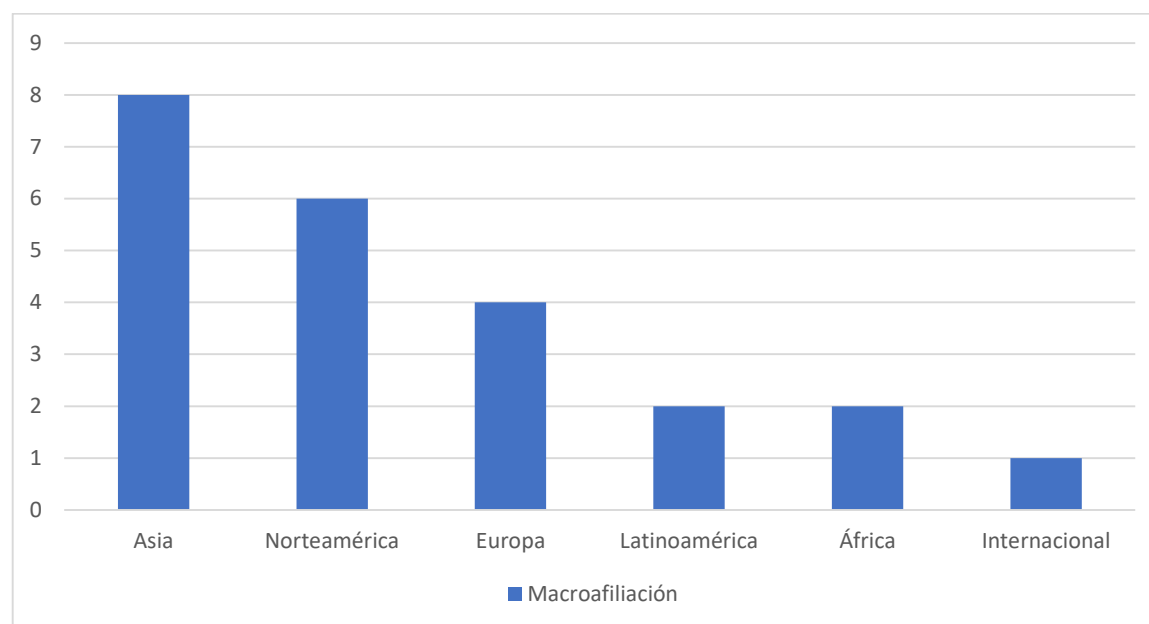
#### Caracterización descriptiva del corpus

El corpus permitió reconocer tres aspectos generales: la concentración temporal de publicaciones recientes, la distribución internacional de las fuentes y el predominio de revisiones sobre estudios empíricos. Esta caracterización no constituye una bibliometría formal; funciona como soporte descriptivo para interpretar la composición del corpus y orientar la discusión temática.

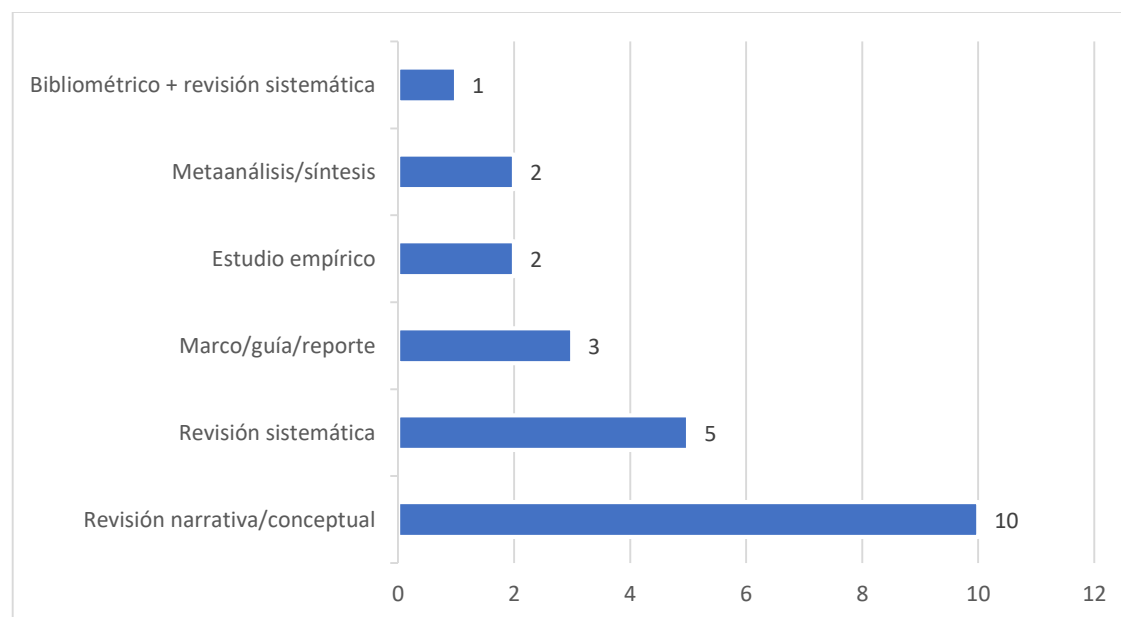
**Figura 2. Distribución de las publicaciones del corpus por año**



Fuente: elaboración propia.

**Figura 3. Distribución del corpus según macroafiliación del primer autor**

Fuente: elaboración propia.

**Figura 4. Metodologías identificadas en el corpus analizado**

Fuente: elaboración propia.

La distribución temporal muestra una concentración entre 2022 y 2024, consistente con el crecimiento reciente de la inteligencia artificial educativa y de las herramientas generativas. La distribución por macroafiliación evidencia mayor presencia de trabajos procedentes de Asia, Norteamérica y Europa, mientras que la presencia latinoamericana en el corpus es menor. En cuanto a metodologías, predominan revisiones narrativas, conceptuales y sistemáticas; los estudios empíricos enfocados directamente en formación docente para integrar inteligencia artificial en matemáticas son todavía limitados.

Tabla 4. Contenidos del corpus y resultados principales

| Autor/año               |          | Metodología               | Contexto                 |        | Resultado principal                                                                                                                                                                |
|-------------------------|----------|---------------------------|--------------------------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Akgun y Greenhow (2022) |          | Revisión ética/conceptual | Educación K-12           |        | Analizan desafíos éticos de la integración de inteligencia artificial en aulas K-12, con énfasis en privacidad, sesgos y recursos para enseñar ética de IA.                        |
| Bastidas (2024)         | González | Revisión narrativa        | Enseñanza de matemáticas |        | Plantea que la IA puede apoyar la gestión del tiempo docente, la personalización y la interacción educativa; se usa como antecedente local, no como fuente principal de autoridad. |
| Celik et al. (2022)     |          | Revisión sistemática      | Docentes, niveles        | varios | Sintetizan oportunidades para planificación, implementación y evaluación docente, junto con desafíos asociados a competencias profesionales.                                       |
| Chen et al. (2020)      |          | Revisión narrativa        | Educación general        |        | Revisa aplicaciones de IA en educación,                                                                                                                                            |

|                         |                                      |                      |  |                                                                                                                                                   |
|-------------------------|--------------------------------------|----------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                         |                                      |                      |  | incluyendo aprendizaje adaptativo, tutores inteligentes y analítica educativa.                                                                    |
| Crompton y Burke (2023) | Revisión sistemática                 | Educación superior   |  | Reportan crecimiento reciente de publicaciones y usos de IA en evaluación, predicción, asistentes, tutoría inteligente y gestión del aprendizaje. |
| Hwang et al. (2020)     | Revisión conceptual                  | Educación general    |  | Presentan roles, retos y agenda de investigación de la inteligencia artificial educativa.                                                         |
| Hwang y Tu (2021)       | Bibliométrico y revisión sistemática | Educación matemática |  | Exploran roles y tendencias de IA en educación matemática mediante mapeo bibliométrico y revisión sistemática.                                    |
| Kasneci et al. (2023)   | Artículo de posición/revisión        | Educación general    |  | Discuten oportunidades y desafíos de los modelos de lenguaje en educación, incluyendo beneficios potenciales y necesidad de verificación.         |
| Kong et al. (2023)      | Estudio empírico                     | Educación secundaria |  | Evalúan un programa de alfabetización en IA orientado a conceptos, literacy y conciencia ética en estudiantes de secundaria.                      |
| Kuhail et al. (2023)    | Revisión sistemática                 | Chatbots educativos  |  | Revisan 36 estudios sobre chatbots educativos,                                                                                                    |

|                            |                      |                                    |   |                                                                                                                               |
|----------------------------|----------------------|------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                            |                      |                                    |   | considerando campo, diseño, roles, interacción, evidencia y limitaciones.                                                     |
| Lee y Yeo (2022)           | Diseño/intervención  | Formación para enseñar matemáticas |   | Desarrollan un chatbot basado en IA para que futuros docentes practiquen enseñanza responsiva en matemáticas.                 |
| Long y Magerko (2020)      | Marco conceptual     | Alfabetización en IA               |   | Proponen una definición de alfabetización en IA y competencias transferibles a contextos educativos.                          |
| Ma et al. (2014)           | Metaanálisis         | Tutores inteligentes               |   | Analizan efectos de sistemas tutoriales inteligentes sobre resultados de aprendizaje frente a ambientes no tutoriales.        |
| Miao y Holmes (2023)       | Guía/reporte         | Educación investigación            | e | Ofrecen lineamientos para uso responsable de IA generativa en educación e investigación desde una perspectiva humanocéntrica. |
| Opesemowo y Adewuyi (2024) | Revisión sistemática | Educación matemática               |   | Revisan estudios sobre IA en educación matemática y reportan usos de herramientas, participantes, instrumentos y métodos.     |

|                                     |                           |                                   |                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Opesemowo y Ndlovu (2024)           | Estudio conceptual        | Educación matemática              | Discuten beneficios y riesgos de la IA en matemática, incluyendo instrucción personalizada, evaluación adaptativa, sesgos y privacidad.                 |
| Ouyang y Jiao (2021)                | Revisión conceptual       | Educación general                 | Plantean tres paradigmas de IA educativa: dirigida por IA, apoyada por IA y empoderada por IA.                                                          |
| Panqueban y Huincahue (2024)        | Revisión sistemática      | Educación matemática              | Reportan aumento de estudios sobre IA en educación matemática, escasa investigación sobre formación docente y poca presencia latinoamericana.           |
| Roll y Wylie (2016)                 | Revisión conceptual       | Inteligencia artificial educativa | Describen la evolución del campo de inteligencia artificial educativa y sus oportunidades futuras.                                                      |
| Van Vaerenbergh y Pérez-Suay (2022) | Capítulo de clasificación | Educación matemática              | Clasifican sistemas de IA utilizados en herramientas digitales para educación matemática, incluyendo calculadoras basadas en IA y tutores inteligentes. |
| VanLehn (2011)                      | Revisión comparativa      | Tutoría humana e ITS              | Compara tutoría humana, tutoría computacional y ausencia de tutoría,                                                                                    |

|                               |                             |                                   |      |                                                                                                                                  |
|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                               |                             |                                   |      | diferenciando tipos de sistemas tutoriales.                                                                                      |
| Wardat et al. (2023)          | Estudio cualitativo de caso | Enseñanza aprendizaje matemáticas | y de | Examinan percepciones sobre ChatGPT en enseñanza de matemáticas y advierten limitaciones de comprensión y corrección conceptual. |
| Zawacki-Richter et al. (2019) | Revisión sistemática        | Educación superior                |      | Revisan aplicaciones de IA en educación superior y cuestionan la limitada presencia de educadores en la investigación del campo. |

Fuente: elaboración propia.

### Hallazgos temáticos

A partir de la lectura del corpus se organizaron cinco categorías de hallazgos: potencial pedagógico de la inteligencia artificial en matemáticas, formación docente, oportunidades didácticas, barreras éticas e institucionales, y criterios para una ruta formativa. Las categorías sintetizan aportes recurrentes de la literatura y se interpretan desde la necesidad de fortalecer la mediación docente.

### Potencial pedagógico de la inteligencia artificial en matemáticas

La literatura revisada muestra que la inteligencia artificial puede aportar a la enseñanza de matemáticas cuando se orienta a procesos de personalización, retroalimentación y acompañamiento del aprendizaje. Los sistemas tutoriales inteligentes han sido estudiados como herramientas capaces de ofrecer apoyo individualizado y seguimiento del desempeño, aunque sus efectos dependen del diseño pedagógico, del tipo de interacción y del contexto de implementación (Hwang & Tu, 2021; Ma et al., 2014; VanLehn, 2011).

En educación matemática, la inteligencia artificial no debe entenderse únicamente como automatización de respuestas. Van Vaerenbergh y Pérez-Suay (2022) muestran que los sistemas de IA aplicables al aprendizaje matemático incluyen diversas funciones, desde calculadoras basadas en IA hasta sistemas de modelado del estudiante y tutores inteligentes. Por ello, la utilidad pedagógica de estas herramientas depende de su

articulación con tareas matemáticas significativas, análisis de errores, argumentación y validación conceptual.

Las herramientas generativas han ampliado las posibilidades de apoyo docente y estudiantil, especialmente en la producción de explicaciones, ejemplos, preguntas y materiales diferenciados. Sin embargo, Wardat et al. (2023) advierten que ChatGPT puede mostrar limitaciones en comprensión profunda de la geometría y en la corrección de concepciones erróneas. Por ello, el uso de modelos generativos en matemáticas requiere mediación docente y verificación de la precisión conceptual (Kasneci et al., 2023; Wardat et al., 2023).

### **Formación docente como condición de implementación**

La formación docente aparece como una condición central para integrar inteligencia artificial en matemáticas. No basta con capacitar al profesorado en el uso instrumental de plataformas; se requiere alfabetización en inteligencia artificial, comprensión de límites tecnológicos, criterios de selección de herramientas, diseño de actividades y evaluación crítica de respuestas generadas automáticamente (Celik et al., 2022; Long & Magerko, 2020; Miao & Holmes, 2023).

La formación también debe incorporar componentes éticos. Akgun y Greenhow (2022) analizan desafíos de la inteligencia artificial en aulas K-12 relacionados con privacidad, equidad, sesgos y comprensión ética de la tecnología. En el caso de la educación matemática, estos desafíos se vinculan con el uso de datos estudiantiles, la dependencia de respuestas automatizadas y la necesidad de transparencia sobre cuándo y cómo se utiliza inteligencia artificial.

La revisión de Panqueban y Huincahue (2024) resulta especialmente relevante porque muestra que, aunque el campo de inteligencia artificial en educación matemática está creciendo, todavía existe poca investigación relacionada con formación docente y con marcos teóricos de didáctica de la matemática. Esta brecha justifica la necesidad de orientar la formación docente hacia la integración pedagógica, no solo tecnológica.

### **Oportunidades didácticas identificadas**

Las oportunidades más frecuentes se relacionan con personalización del aprendizaje, retroalimentación inmediata, diversificación de recursos, automatización de tareas rutinarias y apoyo a la evaluación formativa. En matemáticas, estas oportunidades pueden ayudar a detectar errores frecuentes, proponer ejercicios graduados, ofrecer explicaciones alternativas y generar materiales contextualizados (Bastidas González, 2024; Hwang & Tu, 2021; Opesemowo & Adewuyi, 2024).

En la gestión docente, la inteligencia artificial puede apoyar la planificación de actividades, la elaboración de rúbricas, la producción de ejemplos, la adaptación de problemas y la organización de recursos. Celik et al. (2022) destacan que la inteligencia artificial puede contribuir a la planificación, implementación y evaluación de la enseñanza. No obstante, el uso de estas herramientas debe mantenerse subordinado al

criterio profesional del docente, especialmente cuando se trabaja con conceptos matemáticos que requieren precisión y progresión didáctica.

**Barreras éticas, técnicas e institucionales**

Entre las barreras identificadas se encuentran formación insuficiente del profesorado, baja confianza tecnológica, falta de criterios para validar respuestas, privacidad de datos estudiantiles, sesgos algorítmicos, desigualdad de acceso e inexistencia de políticas institucionales claras. Estos riesgos son consistentes con advertencias planteadas en la literatura sobre IA educativa y generativa (Akgun & Greenhow, 2022; Miao & Holmes, 2023; Opešemowo & Ndlovu, 2024).

Una barrera específica para matemáticas es la posibilidad de que una herramienta genere procedimientos aparentemente correctos, pero conceptualmente débiles o erróneos. Wardat et al. (2023) muestran que la utilidad de ChatGPT en matemáticas depende de la complejidad del problema, de los datos de entrada y de las instrucciones proporcionadas. Por ello, la formación docente debe incluir protocolos de verificación matemática antes de usar respuestas automatizadas con estudiantes.

También se reconocen barreras institucionales vinculadas con conectividad, disponibilidad de dispositivos, acompañamiento técnico, integración curricular y políticas de uso. Sin estos elementos, la inteligencia artificial puede convertirse en una práctica aislada, desigual o dependiente del entusiasmo individual del docente, en lugar de integrarse de manera planificada y evaluable (Miao & Holmes, 2023).

**Tabla 5. Categorías de hallazgos sobre inteligencia artificial y formación docente en matemáticas**

| Categoría         | Hallazgo central                                                                                                           | Implicación para la formación docente                                                              |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Personalización   | La inteligencia artificial puede adaptar ejercicios, recursos y rutas de aprendizaje cuando existe diseño didáctico claro. | Formar al docente para interpretar datos y ajustar la enseñanza sin perder el criterio pedagógico. |
| Retroalimentación | Las herramientas pueden ofrecer respuestas rápidas y explicaciones alternativas, pero requieren validación matemática.     | Evaluar la precisión conceptual y la pertinencia didáctica de la retroalimentación.                |
| Evaluación        | La inteligencia artificial facilita seguimiento, calificación y análisis de desempeño.                                     | Diseñar evaluaciones que valoren razonamiento,                                                     |

|                     |                                                                                                       |                                                                                       |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                     |                                                                                                       | argumentación y proceso, no solo respuesta final.                                     |
| Gestión docente     | La inteligencia artificial puede apoyar planificación, recursos, rúbricas y automatización de tareas. | Usar la automatización para liberar tiempo hacia tutoría, acompañamiento y mediación. |
| Ética y datos       | Existen riesgos de privacidad, sesgo, dependencia tecnológica y uso acrítico.                         | Incluir normas de uso, protección de datos, transparencia y ciudadanía digital.       |
| Mediación didáctica | La tecnología no sustituye el rol docente en la comprensión matemática.                               | Fortalecer diseño didáctico, validación de contenidos y acompañamiento humano.        |

Fuente: elaboración propia.

### Ruta básica para la formación docente

A partir de los hallazgos, se propone una ruta formativa progresiva para organizar la integración de inteligencia artificial en la enseñanza de matemáticas. Esta ruta no pretende ser un modelo cerrado, sino una guía inicial para programas de capacitación docente, comunidades de práctica o procesos institucionales de innovación pedagógica.

**Tabla 6. Ruta básica para la formación docente en inteligencia artificial aplicada a matemáticas**

| Fase                                         | Propósito                                                                                   | Acciones sugeridas                                                                        |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Sensibilización                           | Comprender el sentido pedagógico de la inteligencia artificial y evitar usos superficiales. | Conversatorios, análisis de casos, revisión de beneficios y riesgos.                      |
| 2. Alfabetización en inteligencia artificial | Reconocer conceptos básicos, alcances, límites, sesgos y funcionamiento general.            | Talleres sobre IA generativa, tutores inteligentes, chatbots y analítica educativa.       |
| 3. Diseño didáctico                          | Integrar herramientas a objetivos, contenidos, tareas y evaluación matemática.              | Diseño de secuencias didácticas, problemas guiados, rúbricas y actividades diferenciadas. |

|                              |                                                                              |                                                                                   |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 4. Validación y ética        | Verificar precisión matemática, transparencia, privacidad y uso responsable. | Protocolos de revisión de respuestas, normas de uso y criterios de declaración.   |
| 5. Implementación acompañada | Aplicar recursos en el aula con seguimiento pedagógico e institucional.      | Pilotajes, observación de clases, comunidades docentes y retroalimentación.       |
| 6. Evaluación y mejora       | Valorar el impacto en aprendizaje, participación y trabajo docente.          | Análisis de evidencias, ajustes curriculares y documentación de buenas prácticas. |

Fuente: elaboración propia.

4. Discusión

Los resultados permiten sostener que la inteligencia artificial puede fortalecer la enseñanza de matemáticas, pero su valor educativo depende de la mediación docente. Las tecnologías pueden ampliar recursos, acelerar retroalimentación y apoyar la personalización, pero no sustituyen el juicio pedagógico ni la necesidad de comprender cómo aprenden matemáticas los estudiantes (Hwang & Tu, 2021; Panqueban & Huincahue, 2024; Van Vaerenbergh & Pérez-Suay, 2022).

La revisión también muestra una brecha entre el desarrollo tecnológico y la formación pedagógica del profesorado. Las revisiones sobre IA educativa y educación superior señalan usos crecientes en evaluación, predicción, asistentes, tutoría inteligente y gestión del aprendizaje, pero la incorporación docente requiere competencias específicas, acompañamiento institucional y criterios éticos (Celik et al., 2022; Crompton & Burke, 2023; Zawacki-Richter et al., 2019).

Desde el punto de vista práctico, los programas de formación docente deberían pasar de la capacitación instrumental al desarrollo de competencias integradas. Estas competencias incluyen alfabetización en inteligencia artificial, diseño didáctico, evaluación crítica de respuestas automatizadas, protección de datos, transparencia en el uso de herramientas y capacidad para documentar evidencias de aprendizaje. Esta perspectiva coincide con la necesidad de promover un uso humanocéntrico y responsable de la IA generativa en educación (Miao & Holmes, 2023).

Limitaciones y proyección metodológica

La principal limitación del artículo es que se trata de una revisión documental breve y no de una revisión sistemática exhaustiva. Aunque se explicitaron bases, ecuaciones de búsqueda, criterios de selección y flujo documental, no se aplicó evaluación formal de calidad metodológica ni análisis de riesgo de sesgo. Por esta razón, los resultados deben interpretarse como una síntesis orientadora y no como evidencia concluyente sobre efectos de la inteligencia artificial en el aprendizaje matemático.

Asimismo, los gráficos descriptivos incorporados funcionan como apoyo a la caracterización del corpus, pero no sustituyen un estudio bibliométrico formal. En futuras investigaciones se recomienda ampliar la búsqueda en Scopus y Web of Science, exportar metadatos, depurar duplicados mediante software bibliográfico y aplicar análisis bibliométrico con Bibliometrix, VOSviewer u otras herramientas especializadas.

Otra proyección necesaria consiste en desarrollar estudios empíricos sobre formación docente para integrar inteligencia artificial en matemáticas, especialmente en América Latina. Esto permitiría pasar de la discusión conceptual a evidencias sobre competencias docentes, estrategias de implementación, condiciones institucionales y efectos pedagógicos observables.

## **5. Conclusiones**

La formación docente es una condición central para integrar inteligencia artificial en la enseñanza de matemáticas, debido a que el valor educativo de estas herramientas depende de la mediación pedagógica, la validación conceptual y la toma de decisiones éticas.

Las oportunidades más relevantes se relacionan con personalización del aprendizaje, retroalimentación inmediata, evaluación formativa, generación de recursos y optimización del tiempo docente.

Las principales barreras corresponden a formación insuficiente, uso acrítico de herramientas, privacidad de datos, sesgos, desigualdad de acceso, falta de políticas institucionales y riesgo de errores en respuestas matemáticas generadas automáticamente.

La integración de inteligencia artificial en matemáticas requiere una ruta formativa progresiva que incluya sensibilización, alfabetización en inteligencia artificial, diseño didáctico, validación ética, implementación acompañada y evaluación de resultados.

El campo ofrece oportunidades para futuras investigaciones, especialmente en contextos latinoamericanos, donde se requieren estudios empíricos sobre competencias docentes, implementación institucional y efectos pedagógicos de la inteligencia artificial en la enseñanza de matemáticas.

## **Referencias**

- Akgun, S., & Greenhow, C. (2022). Artificial intelligence in education: Addressing ethical challenges in K-12 settings. *AI and Ethics*, 2, 431-440. <https://doi.org/10.1007/s43681-021-00096-7>
- Bastidas González, L. D. (2024). La incorporación de la IA en la enseñanza de matemáticas optimiza la gestión del tiempo y mejora la interacción docente-estudiante. *Sapiens in Artificial Intelligence*, 1(1), 1-20. <https://doi.org/10.71068/h58k8964>

- Celik, I., Dindar, M., Muukkonen, H., & Järvelä, S. (2022). The promises and challenges of artificial intelligence for teachers: A systematic review of research. *TechTrends*, 66, 616-630. <https://doi.org/10.1007/s11528-022-00715-y>
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access*, 8, 75264-75278. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510>
- Crompton, H., & Burke, D. (2023). Artificial intelligence in higher education: The state of the field. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20, Article 22. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00392-8>
- Hwang, G. J., Xie, H., Wah, B. W., & Gašević, D. (2020). Vision, challenges, roles and research issues of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 1, Article 100001. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100001>
- Hwang, G. J., & Tu, Y. F. (2021). Roles and research trends of artificial intelligence in mathematics education: A bibliometric mapping analysis and systematic review. *Mathematics*, 9(6), Article 584. <https://doi.org/10.3390/math9060584>
- Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günnemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., Stadler, M., Weller, J., Kuhn, J., & Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, Article 102274. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>
- Kong, S. C., Cheung, W. M. Y., & Tsang, O. (2023). Evaluating an artificial intelligence literacy programme for empowering and developing concepts, literacy and ethical awareness in senior secondary students. *Education and Information Technologies*, 28, 4703-4724. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11408-7>
- Kuhail, M. A., Alturki, N., Alramlawi, S., & Alhejori, K. (2023). Interacting with educational chatbots: A systematic review. *Education and Information Technologies*, 28, 973-1018. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11177-3>
- Lee, D., & Yeo, S. (2022). Developing an AI-based chatbot for practicing responsive teaching in mathematics. *Computers & Education*, 191, Article 104646. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104646>
- Long, D., & Magerko, B. (2020). What is AI literacy? Competencies and design considerations. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-16). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376727>

- Ma, W., Adesope, O. O., Nesbit, J. C., & Liu, Q. (2014). Intelligent tutoring systems and learning outcomes: A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, 106(4), 901-918. <https://doi.org/10.1037/a0037123>
- Miao, F., & Holmes, W. (2023). Guidance for generative AI in education and research. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693>
- Opesemowo, O. A. G., & Adewuyi, H. O. (2024). A systematic review of artificial intelligence in mathematics education: The emergence of 4IR. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(7), Article em2478. <https://doi.org/10.29333/ejmste/14762>
- Opesemowo, O. A. G., & Ndlovu, M. (2024). Artificial intelligence in mathematics education: The good, the bad, and the ugly. *Journal of Pedagogical Research*, 8(3), 333-346. <https://doi.org/10.33902/JPR.202426428>
- Ouyang, F., & Jiao, P. (2021). Artificial intelligence in education: The three paradigms. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, Article 100020. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100020>
- Panqueban, D., & Huincahue, J. (2024). Artificial intelligence in mathematics education: A systematic review. *Uniciencia*, 38(1), 357-373. <https://doi.org/10.15359/ru.38-1.20>
- Roll, I., & Wylie, R. (2016). Evolution and revolution in artificial intelligence in education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26, 582-599. <https://doi.org/10.1007/s40593-016-0110-3>
- Van Vaerenbergh, S., & Pérez-Suay, A. (2022). A classification of artificial intelligence systems for mathematics education. In P. R. Richard, M. P. Vélez Melón, & S. Van Vaerenbergh (Eds.), *Mathematics education in the age of artificial intelligence: How artificial intelligence can serve mathematical human learning* (pp. 89-106). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-86909-0\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-86909-0_5)
- VanLehn, K. (2011). The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems. *Educational Psychologist*, 46(4), 197-221. <https://doi.org/10.1080/00461520.2011.611369>
- Wardat, Y., Tashtoush, M. A., AlAli, R., & Jarrah, A. M. (2023). ChatGPT: A revolutionary tool for teaching and learning mathematics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(7), Article em2286. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13272>
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education: Where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16, Article 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>