



La inteligencia artificial en educación matemática: percepciones de futuros docentes sobre expectativas, prácticas y desafíos*

Robinson Junior Conde-Carmona

Universidad del Atlántico, Barranquilla (Colombia)

<https://orcid.org/0000-0002-7421-1754>

Iván Andrés Padilla-Escorcía

Universidad del Atlántico, Barranquilla (Colombia)

<https://orcid.org/0000-0003-1210-3712>

Recepción: 7 de octubre de 2024 | Aceptación: 19 de noviembre de 2024 | Publicación: 31 de mayo de 2025

DOI: <http://doi.org/10.18175/VyS16.2.2025.1>

RESUMEN

Este estudio examina las percepciones de futuros docentes de matemáticas sobre la integración de la inteligencia artificial (IA) en su práctica profesional. Utilizando un diseño fenomenológico-hermenéutico se investigaron las expectativas, prácticas anticipadas y desafíos percibidos de treinta profesores en formación de una universidad pública en Barranquilla, Colombia. Se recolectaron datos mediante entrevistas semiestructuradas, grupos focales, diarios reflexivos y observaciones de campo. El análisis temático reveló un entusiasmo por el potencial de la IA para personalizar el aprendizaje y visualizar conceptos abstractos, al igual que evidenció preocupaciones sobre equidad, privacidad y dependencia tecnológica. Los participantes describieron la IA como un “copiloto” en la enseñanza y enfatizaron en la urgencia de una capacitación integral en el uso de esta herramienta. Los resultados sugieren la importancia de adoptar un enfoque equilibrado en la formación docente que aborde tanto las oportunidades como los desafíos de la IA en la educación matemática.

PALABRAS CLAVE

educación matemática, formación docente, inteligencia artificial, percepciones docentes, tecnología educativa.

* El presente artículo es parte de un proyecto sobre educación matemática conectada con la IA. No contó con financiación y no existe ningún conflicto de intereses por revelar. La contribución de los autores en la elaboración del escrito se dio de la siguiente manera: Robinson Junior Conde-Carmona se ocupó de la introducción, la construcción del marco teórico, la interpretación y análisis, y la escritura; e Iván Andrés Padilla-Escorcía de la metodología, la revisión de la redacción y la organización de la bibliografía. La correspondencia relativa a este trabajo debe dirigirse a Robinson Junior Conde-Carmona (rjconde@mail.uniatlantico.edu.co).

Artificial Intelligence in Mathematics Education: Future Teachers' Perceptions of Expectations, Practices, and Challenges

ABSTRACT

This study examines the perceptions of future mathematics teachers regarding the integration of artificial intelligence (AI) in their professional practice. Using a phenomenological-hermeneutic design, expectations, anticipated practices, and perceived challenges were investigated. Thirty pre-service teachers from a public university in Barranquilla, Colombia, participated. Data was collected through semi-structured interviews, focus groups, reflective journals, and field observations. Thematic analysis revealed enthusiasm for AI's potential to personalize learning and visualize abstract concepts, alongside concerns about equity, privacy, and technological dependence. Participants envisioned AI as a “copilot” in teaching, emphasizing the need for comprehensive AI training. The results suggest the need for a balanced approach in teacher training that addresses both the opportunities and challenges of AI in mathematics education.

KEYWORDS

artificial intelligence, educational technology, mathematics education, teacher perceptions, teacher training.

Inteligência artificial na educação matemática: percepções de futuros professores sobre expectativas, práticas e desafios

RESUMO

Este estudo examina as percepções de futuros professores de matemática sobre a integração da inteligência artificial (IA) em sua prática profissional. Utilizando um design fenomenológico-hermenêutico, foram investigadas as expectativas, práticas antecipadas e desafios percebidos. Participaram 30 professores em formação de uma universidade pública em Barranquilla, Colômbia. Os dados foram coletados por meio de entrevistas semiestruturadas, grupos focais, diários reflexivos e observações de campo. A análise temática revelou entusiasmo pelo potencial da IA para personalizar a aprendizagem e visualizar conceitos abstratos, juntamente com preocupações sobre equidade, privacidade e dependência tecnológica. Os participantes visualizaram a IA como um “copiloto” no ensino, enfatizando a necessidade de uma formação abrangente em IA. Os resultados sugerem a necessidade de uma abordagem equilibrada na formação de professores que aborde tanto as oportunidades quanto os desafios da IA na educação matemática.

PALAVRAS-CHAVE

educação matemática, formação de professores, tecnologia educacional, percepções de professores, inteligência artificial.

INTRODUCCIÓN

La integración de la inteligencia artificial (IA) en la educación representa una transformación paradigmática que está redefiniendo las prácticas pedagógicas tradicionales. En el contexto específico de la educación matemática, esta evolución tecnológica ofrece oportunidades sin precedentes para abordar diversos desafíos en la enseñanza y el aprendizaje. La presente investigación examina las percepciones de futuros docentes de matemáticas sobre esta transformación explorando sus expectativas, experiencias y preocupaciones respecto a la implementación de la IA en su práctica profesional.

La IA está rápidamente generando cambios en diversos sectores de la sociedad, y el campo de la educación no es la excepción. En los últimos años, el mundo ha sido testigo de un creciente interés en la aplicación de tecnologías de IA para mejorar los resultados de aprendizaje de los estudiantes (Baker *et al.*, 2019; Chen, Chen *et al.*, 2020; Hwang *et al.*, 2020). Este fenómeno ha llevado a investigadores y educadores a considerar la IA como una posible solución a desafíos persistentes en la educación, como la escasez de docentes calificados y la necesidad de recursos educativos más eficientes y personalizados (Cope *et al.*, 2020; Guan *et al.*, 2020).

En el contexto de la educación matemática, la IA presenta oportunidades particularmente prometedoras. Las matemáticas, consideradas a menudo como un “curso de control de acceso” (Harper *et al.*, 2021), juegan un papel crucial en el éxito académico de los estudiantes, su futuro profesional y su desarrollo social general. Sin embargo, muchos estudiantes continúan enfrentando dificultades en esta materia, lo que subraya la necesidad de adoptar enfoques innovadores en su enseñanza y aprendizaje.

La implementación de la IA en la educación matemática abarca una amplia gama de aplicaciones, desde sistemas de tutoría inteligente hasta herramientas de evaluación automatizada y plataformas de aprendizaje adaptativo (Gulz *et al.*, 2020; Hasanein y Abu-Naser, 2018). Estas tecnologías tienen el potencial de ofrecer experiencias de aprendizaje personalizadas, proporcionar retroalimentación inmediata y facilitar un aprendizaje más profundo y significativo de los conceptos matemáticos (Panqueban y Huincahue, 2024).

Sin embargo, a pesar del entusiasmo que rodea a la IA en la educación, su implementación exitosa depende en gran medida de las actitudes, percepciones y prácticas de los docentes que la utilizan en el aula (Duzhin y Gustafsson, 2018). Los profesores de matemáticas, en particular, se encuentran en una posición única para influir en la adopción y eficacia de las herramientas de IA en la enseñanza de esta materia fundamental.

Es sorprendente que la investigación sobre las perspectivas de los profesores de matemáticas respecto al uso de la IA en su práctica docente sea relativamente escasa (Chen, Xie *et al.*, 2020). Este vacío en la literatura es particularmente notable dado el papel central que juegan los docentes en la implementación exitosa de cualquier tecnología educativa nueva. Comprender las expectativas, prácticas y desafíos que ellos enfrentan en relación con la IA es crucial para garantizar una integración efectiva y beneficiosa de estas tecnologías en el aula.

En este contexto, el presente estudio se propone abordar este vacío en el conocimiento centrándose en las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Cuáles son las expectativas de los profesores de matemáticas respecto al uso de la IA en su práctica docente?
2. ¿Cómo están integrando actualmente los profesores de matemáticas las herramientas de IA en sus prácticas de enseñanza?
3. ¿Qué desafíos enfrentan los profesores de matemáticas al implementar tecnologías de IA en el aula?

Los estudios indican que los métodos tradicionales de enseñanza de matemáticas son cada vez menos efectivos para motivar a los estudiantes. Chen, Xie *et al.* (2020), Hwang *et al.* (2020) y Fang *et al.* (2019) señalan que métodos como la recitación, el diálogo y la discusión han perdido su capacidad para inspirar entusiasmo y motivación en el aprendizaje matemático. Esta creciente brecha entre las metodologías tradicionales y las necesidades educativas actuales resalta la urgencia de integrar enfoques más innovadores, particularmente aquellos basados en IA. La incorporación de sistemas y aplicaciones de IA en la enseñanza de matemáticas podría ofrecer nuevas oportunidades para revitalizar el interés de los estudiantes y mejorar la eficacia de la instrucción, lo cual subsanaría la necesidad de modernizar las estrategias pedagógicas en esta disciplina. La presente investigación busca comprender las percepciones, prácticas y desafíos de los profesores de matemáticas respecto a la IA con el fin de aportar información para la elaboración de políticas educativas, programas de desarrollo profesional y futuras investigaciones, y contribuir así a una implementación más efectiva de la IA en la educación matemática.

Este estudio no solo tiene implicaciones para la práctica educativa inmediata, sino que también se alinea con objetivos más amplios de desarrollo sostenible en educación, como los planteados por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco, 2019). Al explorar cómo la IA puede propiciar una educación matemática más inclusiva, equitativa y de calidad, esta investigación busca aportar al avance de la educación en la era digital y al desarrollo de habilidades matemáticas fundamentales.

MARCO TEÓRICO

Definiciones procedimentales: la IA en la educación

La IA en el contexto educativo se refiere a la tecnología, *software*, metodologías y algoritmos informáticos que se utilizan para resolver problemas relacionados con el aprendizaje humano (Chen, Chen *et al.*, 2020). Abarca una amplia gama de herramientas tecnológicas —desde *software* y *hardware* hasta robots educativos y aplicaciones móviles— diseñadas para interpretar patrones en información recopilada (por ejemplo, la comprensión y los errores de los estudiantes)

y tomar decisiones razonables para sugerir las tareas que deben realizarse a continuación con miras a maximizar los resultados de aprendizaje (Hwang *et al.*, 2020). Este marco conceptual también reconoce los desafíos que enfrentan los profesores de matemáticas al implementar estas tecnologías, incluyendo obstáculos que pueden impedir su uso óptimo en la enseñanza.

Entre los diversos tipos de IA los de uso más común en la educación son los sistemas de tutoría inteligente (ITS), los sistemas de aprendizaje adaptativo (ALS) y la robótica (Chu *et al.*, 2021). Estos han sido utilizados para mejorar los resultados de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas (Bush, 2021; Fanchamps *et al.*, 2021; Tashtoush, 2019).

Percepciones de los profesores sobre el uso de la IA

La IA no se ha implementado por completo en las aulas debido a que muchos profesores aún tienen una actitud negativa hacia la tecnología y eligen no emplearla (Nguyen, 2023; Rasheed y Tashtoush, 2023; Shirawia *et al.*, 2023). La ansiedad que sienten los docentes al utilizar nuevas herramientas y la preferencia por permanecer en su zona de confort son algunas de las razones que interfieren con el uso de la tecnología en la enseñanza presencial (Kim, 2023).

Sin embargo, investigaciones recientes han permitido elevar las expectativas de los profesores a este respecto en busca de lograr cambios significativos en la esfera educativa, como la aplicación de la IA en diversos contextos educativos (Méndez Parra y Conde-Carmona, 2025). Las impresiones de los profesores sobre los sistemas de IA en educación (AIED) difieren según sus creencias pedagógicas, experiencias de enseñanza, experiencia previa con tecnología educativa y la efectividad y necesidad de una determinada herramienta (Wang *et al.*, 2020).

Estudios han explorado el uso de aplicaciones de IA por parte de profesores universitarios y de escuela primaria, cuyos resultados generalmente evidencian un bajo nivel de utilización (Shin y Shin, 2020; Wang *et al.*, 2020). En otros trabajos se han examinado las actitudes de los estudiantes hacia la ética de la IA y los efectos de esta tecnología en el rendimiento matemático de alumnos de primaria (Hwang, 2022; Jang *et al.*, 2022).

Investigaciones adicionales han utilizado el modelo de aceptación de tecnología (TAM) para detectar las percepciones de los profesores sobre los factores que afectan el uso de aplicaciones de IA en la educación científica (Mahmoud, 2020). Al respecto han encontrado correlaciones positivas con la autoeficacia, la facilidad de uso, los beneficios esperados, las actitudes y las intenciones de comportamiento.

En conclusión, la integración de la IA en la educación matemática continúa evolucionando rápidamente y presentando nuevas oportunidades y retos. Comprender las percepciones, prácticas y desafíos de los profesores de matemáticas en relación con la IA es crucial para garantizar una integración efectiva y beneficiosa de estas tecnologías en el aula.

METODOLOGÍA

Diseño del estudio

El presente estudio adoptó un enfoque cualitativo con un diseño de investigación fenomenológico-hermenéutico (Van Manen, 2016). El enfoque nos permitió no solo explorar las experiencias vividas por los profesores en formación con respecto al uso de la IA en la enseñanza de las matemáticas, sino también interpretar y contextualizar estas experiencias dentro del marco más amplio de la educación matemática y la integración tecnológica. La elección del diseño mencionado se fundamenta en su capacidad para capturar la esencia de las percepciones, expectativas y desafíos que enfrentan los futuros docentes, al tiempo que permite una interpretación profunda de los significados subyacentes (Creswell y Poth, 2018).

Participantes y contexto

Los participantes del estudio consistieron en treinta profesores en formación (dieciocho mujeres y doce hombres), provenientes de cinco grupos de práctica profesional en Educación Matemática 1 y 2 de una universidad pública de Barranquilla, Colombia. Los participantes tenían entre 20 y 25 años y pertenecían a diversos niveles socioeconómicos, con un 60% proveniente de estratos 1-2, 30% de estratos 3-4 y 10% de estratos 5-6. Se utilizó un muestreo intencional de máxima variación (Patton, 2015) para asegurar diversidad en las perspectivas recogidas.

Los criterios de selección fueron el nivel de experiencia previa con tecnología educativa, al menos 1 año; años de estudio en el programa de formación docente, entre 4 y 5 años; y área de especialización dentro de las matemáticas. Esta selección permitió obtener una perspectiva rica y variada de las experiencias de los futuros docentes en diferentes etapas de su formación práctica y con diversos niveles de exposición a la tecnología educativa.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para garantizar una comprensión holística del fenómeno estudiado se empleó una estrategia de triangulación metodológica (Denzin, 2017) con múltiples métodos de recolección de datos, implementados durante un semestre académico en el período 2024-1:

- **Entrevistas semiestructuradas:** se realizaron entrevistas individuales en profundidad con cada participante (duración promedio de 60 minutos), en las que se exploraron sus percepciones sobre la importancia de la IA en la enseñanza de las matemáticas y los desafíos que anticipan en su implementación. El protocolo de entrevista se desarrolló con base en la literatura existente

y fue validado por expertos en el campo. Todas las entrevistas fueron grabadas en audio con el consentimiento de los participantes.

- **Grupos focales:** se organizaron cinco sesiones de grupos focales (una por cada grupo de práctica, con una duración de 90 minutos cada una) para fomentar la discusión y el intercambio de ideas de los participantes. Se utilizó un enfoque de grupo focal constructivista (Charmaz, 2014) con el fin de permitir la coconstrucción de significados dentro del grupo. Estas sesiones fueron grabadas en video para capturar tanto el diálogo como las interacciones no verbales.
- **Diarios reflexivos:** se solicitó a los participantes que llevaran diarios reflexivos durante su período de práctica (ocho semanas) para documentar sus experiencias, pensamientos y preocupaciones relacionadas con la IA en la educación matemática. Se proporcionaron preguntas orientadoras (*prompts*) semanales para guiar la reflexión. Los diarios fueron recolectados en formato digital.
- **Observaciones de campo:** los investigadores realizaron observaciones no participantes durante las sesiones de práctica de los futuros docentes (dos sesiones por participante), prestando especial atención a cualquier uso o discusión sobre tecnologías de IA. Se utilizó un protocolo de observación estructurado para asegurar la consistencia entre observadores. Se tomaron notas de campo detalladas y se grabaron en audio las sesiones con el permiso de los participantes y la institución.
- **Cuestionario de seguimiento:** posterior a la fase principal de recolección de datos se aplicó un cuestionario de seguimiento para validar los temas emergentes y permitir a los participantes proporcionar retroalimentación adicional. Este cuestionario se presentó en formato digital.

Análisis de datos

Previo al análisis, los investigadores transcribieron textualmente todas las grabaciones de audio de entrevistas, grupos focales y observaciones de campo. Los registros reflexivos y las notas de campo fueron digitalizados e incorporados junto con las transcripciones en una base de datos estructurada. Este proceso de organización y preparación de la información se desarrolló paralelamente a la recolección, lo que facilitó un análisis preliminar que orientó las fases subsecuentes de obtención de datos.

El análisis de datos se llevó a cabo siguiendo un enfoque de análisis temático reflexivo (Braun y Clarke, 2019), que reconoce el papel activo del investigador en la interpretación de la información. Este proceso iterativo incluyó las siguientes fases:

- **Familiarización con los datos:** inmersión profunda en los datos a través de la lectura repetida y la reflexión activa de las transcripciones y materiales digitalizados.
- **Generación de códigos iniciales:** codificación sistemática con un enfoque tanto inductivo como deductivo, efectuada mediante el *software* de análisis cualitativo NVivo 12 para gestionar el volumen de datos.

- **Búsqueda de temas:** agrupación de códigos en temas potenciales, con atención a las interrelaciones entre ellos.
- **Revisión de temas:** verificación de la coherencia de los temas en relación con los extractos codificados y el conjunto de datos completo, incluyendo la creación de mapas temáticos.
- **Definición y denominación de temas:** refinamiento y definición clara de cada tema, con atención a la narrativa general que los temas cuentan sobre los datos.
- **Producción del informe:** selección de extractos convincentes y análisis final en relación con las preguntas de investigación y la literatura existente.

Durante todo el proceso de análisis se tomaron notas analíticas para documentar las decisiones tomadas y las reflexiones de los investigadores. Además, se llevaron a cabo reuniones regulares del equipo de investigación para discutir los temas emergentes y resolver cualquier discrepancia en la interpretación de los datos.

Rigor y confiabilidad

Para garantizar el rigor y la confiabilidad del estudio se implementaron las siguientes estrategias:

Tabla 1. Estrategias implementadas para garantizar el rigor y la confiabilidad del estudio

Estrategia	Descripción
Triangulación	Se empleó triangulación de datos, métodos e investigadores para aumentar la credibilidad de los hallazgos.
Verificación por participantes	Los temas emergentes y las interpretaciones preliminares se compartieron con los participantes para su validación.
Auditoría externa	Un investigador independiente revisó el proceso de análisis y los hallazgos para asegurar su coherencia con los datos y que estuvieran fundamentados en ellos.
Reflexividad	Los investigadores llevaron diarios reflexivos durante todo el proceso de investigación para documentar y examinar sus propias suposiciones y sesgos.

Fuente: elaboración propia.

Consideraciones éticas

Se obtuvo el consentimiento informado de todos los participantes y se les aseguró la confidencialidad y el derecho a retirarse del estudio en cualquier momento sin consecuencias.

Manejo de datos discrepantes

En los análisis se presta especial atención a los datos discrepantes o casos atípicos, pues se reconoce su potencial para enriquecer nuestra comprensión del fenómeno estudiado. Se definieron como aquellos que diferían significativamente de las perspectivas mayoritarias. Por ejemplo, mientras la mayoría de los participantes expresaron optimismo sobre el potencial de la IA, tres participantes mostraron un escepticismo notable. Los casos fueron analizados en profundidad para comprender las razones subyacentes de la divergencia. Los datos discrepantes se integraron en nuestro análisis temático general y se les dedicó una subsección específica en los resultados titulada “Perspectivas divergentes”. Abordar las discrepancias de esta manera nos permitió capturar la diversidad de puntos de vista entre los futuros docentes de matemáticas y ofrecer una representación más completa y matizada de sus percepciones sobre la IA en la educación.

RESULTADOS

Potencial transformador de la IA en la enseñanza de las matemáticas

A través de las diversas fuentes de datos este tema central emergió como un hilo conductor que refleja el optimismo y las expectativas de los futuros docentes sobre cómo la IA podría revolucionar la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas.

Personalización del aprendizaje

La capacidad de la IA para ofrecer experiencias de aprendizaje personalizadas fue un subtema prominente, mencionado por veintiocho de los treinta participantes. Esta alta frecuencia sugiere un fuerte consenso sobre el potencial de la IA para abordar las necesidades individuales de los estudiantes de una manera que los métodos tradicionales no pueden igualar.

Un participante expresó elocuentemente:

La IA podría analizar el progreso de cada estudiante y adaptar los ejercicios matemáticos a su nivel exacto de comprensión. Esto es algo que yo, como docente, no podría hacer manualmente para treinta estudiantes a la vez. (participante 12, entrevista)

Esta perspectiva se alinea con la literatura existente sobre los beneficios de la instrucción adaptativa en matemáticas (Mousavinasab et al., 2021). Los participantes visualizaron escenarios donde los sistemas de IA podrían llevar a cabo las siguientes tareas:

- Identificar patrones en los errores de los estudiantes y proporcionar ejercicios específicos para abordar esas dificultades.
- Ajustar dinámicamente la dificultad de los problemas basándose en el rendimiento en tiempo real del estudiante.
- Recomendar recursos de aprendizaje adicionales adaptados a los estilos de aprendizaje individuales.

Sin embargo, algunos participantes también expresaron cautela:

Aunque la personalización suena increíble, me preocupa que pueda llevar a una experiencia de aprendizaje demasiado aislada. Las matemáticas también se aprenden a través de la interacción con compañeros. (participante 19, grupo focal 3)

Lo anterior coincide con los hallazgos encontrados durante las dos unidades de observación con el participante 19. Este profesor en formación inicial fomenta el trabajo colaborativo como una manera para que los estudiantes comprendan los conceptos de las matemáticas a través de la retroalimentación entre pares, orientada a analizar posibles errores en la solución de los problemas de la clase. Lo anterior evidencia la importancia de equilibrar la personalización con oportunidades de aprendizaje colaborativo, un desafío que los futuros desarrollos en IA educativa deberán abordar.

Visualización de conceptos abstractos

La capacidad de la IA para crear visualizaciones dinámicas e interactivas de conceptos matemáticos abstractos fue destacada por veinticinco de treinta participantes. Se valoró su potencial para hacer más accesibles los conceptos complejos. Un participante compartió: “Imagina poder mostrar a los estudiantes cómo se transforma una función en tiempo real ajustando parámetros con comandos de voz. La IA podría hacer esto posible” (participante 3, grupo focal 2).

Los participantes propusieron escenarios como simulaciones 3D manipulables, visualizaciones interactivas de conceptos estadísticos y representaciones gráficas explorables de problemas de optimización, lo cual encaja con la investigación sobre tecnologías de visualización en educación matemática (Lovett y Knezek, 2023). Sin embargo, se advirtió sobre el uso apropiado: “Debemos asegurarnos de que las visualizaciones de IA no se conviertan en una muleta. Los estudiantes aún necesitan desarrollar la capacidad de visualizar conceptos mentalmente” (participante 8, diario reflexivo). Esta observación subraya la importancia de integrar las herramientas de IA de manera complementaria al desarrollo de habilidades cognitivas fundamentales.

Evaluación continua y retroalimentación inmediata

La capacidad de la IA para proporcionar evaluación continua y retroalimentación inmediata emergió como un subtema crucial, mencionado por veintisiete de los treinta participantes. Este aspecto fue valorado por su potencial para transformar la evaluación de un evento puntual a

un proceso continuo y formativo. Al respecto, un participante reflexionó en su diario: “Con la IA podríamos obtener análisis detallados del proceso de resolución de problemas de cada estudiante, no solo la respuesta final. Esto nos permitiría intervenir de manera más efectiva” (participante 7, diario reflexivo).

Los participantes describieron varias aplicaciones potenciales:

- Sistemas de IA que pudieran analizar los pasos de resolución de problemas en tiempo real e identificar errores conceptuales o procedimentales específicos.
- Herramientas de evaluación adaptativa que ajustaran la dificultad de las preguntas basándose en las respuestas previas del estudiante.
- *Dashboards* de análisis de aprendizaje que proporcionaran a los docentes una visión general del progreso de la clase y que destacaran áreas que requieran atención adicional.

Estas ideas guardan relación con la investigación sobre el impacto positivo de la retroalimentación inmediata en el aprendizaje de las matemáticas (Kiili y Tuomi, 2019). Sin embargo, algunos participantes también expresaron reservas: “Me preocupa que la dependencia excesiva de la retroalimentación de IA pueda disminuir la capacidad de los estudiantes para autoevaluarse y desarrollar metacognición” (participante 16, entrevista).

En relación con la pregunta sobre el papel de la IA en la evaluación y retroalimentación de la enseñanza matemática, los participantes coincidieron en que esta tecnología es una herramienta valiosa para la evaluación formativa. Su capacidad para mostrar resultados instantáneos permite ajustar dinámicamente el nivel de dificultad de los problemas matemáticos y facilitar una retroalimentación personalizada en lugar de colectiva. Estas características hacen posible analizar tanto el aprendizaje significativo como las dificultades específicas de cada estudiante, especialmente aquellas que surgen de conceptos matemáticos no consolidados en años anteriores. Los hallazgos sugieren la importancia de desarrollar sistemas de IA que, además de proporcionar retroalimentación, promuevan el desarrollo de habilidades metacognitivas en los estudiantes.

Desafíos anticipados en la implementación de la IA

Mientras que el potencial transformador de la IA generó entusiasmo entre los participantes, también emergió en paralelo un conjunto de preocupaciones y desafíos anticipados. Este tema refleja una conciencia madura de las complejidades involucradas en la integración de la IA en la educación matemática.

Brecha digital y acceso desigual

La preocupación por la brecha digital y el acceso desigual a las tecnologías de IA fue un subtema significativo, mencionado por veintidós de los treinta participantes. Se trata de una frecuencia alta que muestra una conciencia aguda de las implicaciones éticas y de equidad en la implementación de la IA en la educación. Un participante expresó elocuentemente esta

inquietud: “Me preocupa que la implementación de la IA pueda exacerbar las desigualdades existentes. No todos los estudiantes tienen acceso a dispositivos o internet en casa” (grupo focal 4, participante 1).

Esta prevención se manifestó en distintas dimensiones:

- Acceso desigual a *hardware*: preocupación por estudiantes que no tienen acceso a dispositivos adecuados para ejecutar aplicaciones de IA avanzadas.
- Conectividad limitada: reconocimiento de que muchos estudiantes, especialmente en áreas rurales o de bajos ingresos, pueden no tener acceso estable a internet de alta velocidad.
- Alfabetización digital: inquietud por las disparidades en las habilidades digitales entre estudiantes de diferentes contextos socioeconómicos.

Los anteriores puntos resuenan con la literatura sobre la brecha digital en la educación (Wang *et al.*, 2020) y permiten subrayar la necesidad de abordar estas desigualdades como parte fundamental de cualquier iniciativa de IA educativa. Algunos participantes propusieron posibles soluciones:

Necesitamos pensar en modelos híbridos que combinen IA con métodos tradicionales, asegurando que ningún estudiante se quede atrás debido a la falta de acceso tecnológico. (participante 25, entrevista)

[L]a única manera de que el uso de la IA no ocasione brechas en el aprendizaje de una ciencia exacta como las matemáticas es que las escuelas cuenten con tecnologías digitales en las que haya cantidad y calidad. Un estudiante que tiene acceso a este tipo de herramientas y le sabe dar uso está en la capacidad de desarrollar el pensamiento crítico, creativo y lógico-matemático para darles solución a problemas de esta área desde diversas perspectivas. (participante 4, entrevista)

Cabe destacar que las miradas de los participantes 4 y 25 convergen con las posturas de Padilla Escorcia y Conde-Carmona (2020) en relación con que, independiente de cuál sea la modalidad (presencial, virtual o híbrida), el uso de tecnologías digitales facilita la enseñanza de las matemáticas. Aquí se identifica un enfoque pragmático que reconoce las realidades actuales de la educación mientras se trabaja hacia un futuro más equitativo.

Sobrecarga cognitiva y dependencia tecnológica

Otro subtema importante fue la preocupación por la posible sobrecarga cognitiva y la dependencia excesiva en la tecnología, referido por dieciocho de los treinta participantes. Aunque menos frecuente que otros, las discusiones en torno a este subtema resultaron particularmente intensas y reflexivas. Un participante expresó una preocupación compartida: “Temo que los estudiantes puedan volverse demasiado dependientes de las herramientas de IA y perder habilidades matemáticas fundamentales” (participante 23, entrevista).

Esta inquietud tomó varias formas:

- Pérdida de habilidades básicas: temor de que la dependencia de la IA para cálculos y resolución de problemas pueda llevar a una atrofia de habilidades matemáticas fundamentales.
- Sobrecarga de información: preocupación de que la abundancia de datos y retroalimentación proporcionada por los sistemas de IA pueda abrumar a los estudiantes.
- Disminución de la creatividad: intranquilidad sobre la posibilidad de que la confianza excesiva en soluciones generadas por IA pueda inhibir el pensamiento creativo y la resolución innovadora de problemas.

Las anteriores preocupaciones encuentran respaldo en la investigación sobre los efectos potencialmente negativos de la tecnología en el aprendizaje (Panqueban y Huincahue, 2024), de manera que permiten destacar la urgencia de un enfoque equilibrado en la integración de la IA. Algunos participantes propusieron estrategias para mitigar estos riesgos: “Debemos diseñar actividades que combinen el uso de IA con métodos tradicionales, fomentando un equilibrio entre la asistencia tecnológica y el desarrollo de habilidades cognitivas independientes” (participante 10, grupo focal 5). El testimonio deja ver una aproximación pedagógica con la que se busca aprovechar los beneficios de la IA mientras se preserva el desarrollo de habilidades cognitivas fundamentales.

Privacidad y seguridad de datos

Las reservas sobre la privacidad y seguridad de los datos de los estudiantes también se identificaron como un subtema prominente, mencionado por veinticuatro de los treinta participantes: una alta frecuencia que evidencia una conciencia aguda de las implicaciones éticas y legales del uso de IA en educación. En este sentido, un participante planteó una pregunta crucial: “¿Cómo podemos asegurarnos de que los datos personales y el rendimiento académico de nuestros estudiantes estén protegidos cuando usamos sistemas de IA?” (grupo focal 1, participante 5).

Esta preocupación se desglosó de la siguiente manera:

- Protección de datos personales: inquietud por la recopilación, almacenamiento y uso de datos sensibles de los estudiantes.
- Consentimiento informado: cuestiones sobre cómo obtener y mantener el consentimiento para el uso de datos en sistemas de IA, especialmente con estudiantes menores de edad.
- Transparencia algorítmica: dudas frente a la “caja negra” de muchos sistemas de IA y la necesidad de entender cómo se toman las decisiones que afectan a los estudiantes.
- Riesgo de ciberataques: temor de que los sistemas de IA educativos puedan ser vulnerables a ataques cibernéticos y comprometan datos sensibles.

Lo anterior se enmarca en los debates actuales sobre ética de la IA en educación (Hwang et al., 2020) y destaca la necesidad de contar con marcos robustos de gobernanza de datos en la implementación de IA educativa. Algunos participantes propusieron posibles medidas para abordar este asunto: “Necesitamos desarrollar políticas claras y transparentes sobre el uso de datos

en sistemas de IA educativa, y educar a estudiantes y padres sobre sus derechos y las medidas de protección a lugar” (participante 29, diario reflexivo). Se trata de una mirada proactiva que busca abordar las preocupaciones de privacidad y seguridad a través de la transparencia y la educación.

En conjunto, estos resultados proporcionan una visión matizada y multifacética de las percepciones de los futuros docentes de matemáticas sobre la integración de la IA en su práctica profesional. Reflejan tanto el entusiasmo por las posibilidades transformadoras de la IA como una conciencia aguda de los retos y consideraciones éticas que su implementación conlleva. Estos hallazgos subrayan la necesidad de un enfoque cuidadoso y equilibrado en la integración de la IA en la educación matemática, que maximice sus beneficios potenciales mientras aborda proactivamente los desafíos anticipados.

Preparación y visión para un futuro colaborativo entre docentes e IA

El análisis de los datos reveló un tema emergente que unifica las necesidades de formación específica en IA para educadores y la visión de un futuro colaborativo entre docentes y tecnología. Este tema es muestra de la conciencia de los participantes sobre la necesidad de prepararse adecuadamente para el momento en el que la IA se convierta en una parte integral de la educación matemática, así como de su visión de cómo podría ser ese escenario.

Desarrollo de competencias integrales en IA educativa

Los participantes expresaron una necesidad multifacética de desarrollar competencias que abarcan desde habilidades técnicas hasta capacidades pedagógicas y críticas. Este subtema fue mencionado por veintinueve de los treinta participantes, lo que indica un consenso casi unánime sobre su importancia. Así lo articuló elocuentemente uno de ellos: “Necesitamos formación práctica en el uso de herramientas de IA. No solo teoría, sino experiencias prácticas con aplicaciones reales. Pero más allá de eso, necesitamos aprender a integrar estas herramientas de manera pedagógicamente significativa y a evaluarlas críticamente” (participante 15, diario reflexivo).

Esta perspectiva holística cubrió las siguientes dimensiones:

- **Competencias tecnológicas:** los participantes enfatizaron la importancia de desarrollar habilidades prácticas en el uso de herramientas de IA, desde sistemas de tutoría inteligente hasta plataformas de análisis de aprendizaje.
- **Integración pedagógica:** se destacó la importancia de aprender a diseñar experiencias de aprendizaje que incorporen la IA de manera significativa, no solo como un añadido superficial.
- **Evaluación crítica:** los futuros docentes expresaron la relevancia de desarrollar habilidades para evaluar la calidad, fiabilidad y adecuación pedagógica de las herramientas de IA.
- **Consideraciones éticas:** surgió un énfasis en la urgencia de comprender las implicaciones éticas del uso de IA en educación, incluyendo cuestiones de privacidad, equidad y sesgo algorítmico.

Estos reparos hallan puntos de conexión con la literatura reciente sobre la preparación de profesores para la era de la IA (Panqueban y Huincahue, 2024), que enfatiza que se requiere de un enfoque multidimensional en la formación docente. Un participante resumió sucintamente la relevancia de la evaluación crítica: “Necesitamos saber cómo evaluar la calidad y la fiabilidad de las aplicaciones de IA antes de usarlas en nuestras clases. No podemos simplemente asumir que, porque es IA, es bueno o apropiado” (participante 4, grupo focal 5). Esta observación deja ver la conciencia madura de que la IA, como cualquier herramienta educativa, debe ser evaluada cuidadosamente en términos de su valor pedagógico y su adecuación al contexto específico de aprendizaje.

Redefinición del rol docente en la era de la IA

A medida que los participantes reflexionaban sobre sus necesidades de formación, también dieron a conocer su visión de cómo la IA podría transformar el papel del docente en el futuro. Este subtema fue mencionado por veintisiete de los treinta participantes, de manera que se trata de una consideración generalizada de cómo la IA podría redefinir su futura práctica profesional. Un participante compartió una mirada inspiradora:

Veo la IA como un copiloto en mi viaje de enseñanza, ayudándome a navegar por los desafíos y amplificando mis fortalezas como educador. No reemplazará mi papel, sino que me permitirá ser más efectivo y centrarme en los aspectos verdaderamente humanos de la enseñanza. (participante 28, entrevista)

Esta idea de la IA como un “copiloto” o asistente del docente se manifestó en varias dimensiones:

- Potenciación de las capacidades docentes: los participantes visualizaron cómo la IA podría amplificar sus habilidades permitiéndoles ofrecer una enseñanza más personalizada y efectiva.
- Foco en habilidades humanas únicas: emergió una visión del rol docente que se centró más en aspectos como la mentoría, el apoyo socioemocional y el fomento del pensamiento crítico.
- Gestión eficiente del tiempo: los participantes anticiparon que la IA podría asumir tareas administrativas y de evaluación rutinarias, lo cual liberaría tiempo para interacciones más significativas con los estudiantes.
- Facilitación del aprendizaje personalizado: se entrevistó un futuro donde los docentes, apoyados por la IA, podrían ofrecer experiencias de aprendizaje altamente individualizadas.

Las proyecciones de los docentes concuerdan con la literatura sobre el futuro de la enseñanza en la era de la IA (Kiili y Tuomi, 2019), que propone una evolución del rol docente hacia un facilitador y diseñador de experiencias de aprendizaje enriquecidas por la tecnología. Como registró en su diario un participante:

Con la IA manejando aspectos como la calificación y el análisis de datos, podré centrarme más en ser un mentor y guía para mis estudiantes. Veo mi futuro rol como el de un diseñador de experiencias de aprendizaje y un facilitador de la curiosidad y el pensamiento crítico. (participante 6, diario reflexivo)

Esta reflexión permite inferir una noción del docente como un guía que aprovecha la IA para crear entornos de aprendizaje más ricos y personalizados, en oposición a la idea según la cual este será reemplazado por ella.

Hacia una colaboración interdisciplinaria en la educación matemática con IA

Un subtema final fue el reconocimiento de la necesidad de colaboración interdisciplinaria para aprovechar plenamente el potencial de la IA en la educación matemática. Este aspecto fue referido por veinte de los treinta participantes, lo que es muestra de una conciencia creciente de la naturaleza multifacética de la integración de la IA en la educación. Un participante articuló esta necesidad así: “Para realmente aprovechar el potencial de la IA en educación matemática, necesitaremos colaborar estrechamente con expertos en IA y diseñadores de tecnología educativa. No podemos hacerlo solos como educadores; necesitamos un enfoque verdaderamente interdisciplinario” (participante 2, grupo focal 3).

Esta visión de colaboración interdisciplinaria presentó las siguientes variantes:

- Colaboración con expertos en IA: los participantes reconocieron la importancia de trabajar con especialistas en IA para desarrollar herramientas pedagógicamente sólidas y técnicamente robustas.
- Asociación con diseñadores de experiencias de usuario: se mencionó la importancia de trabajar en conjunto con diseñadores para crear interfaces intuitivas y atractivas para las herramientas de IA educativa.
- Cooperación con investigadores educativos: los participantes destacaron como fundamental que el desarrollo de IA educativa se base en principios pedagógicos sólidos y evidencia empírica.
- Participación de estudiantes y familias: surgió la idea de involucrar a estudiantes y familias en el proceso de diseño y evaluación de herramientas de IA educativa.

La literatura reciente sobre el desarrollo de tecnologías educativas, que enfatiza la importancia de enfoques de codiseño y colaboración multidisciplinaria (Hwang *et al.*, 2020), está alineada con las anteriores posturas. Así se pronunció un participante sobre el potencial de la colaboración:

Imagino un futuro donde equipos interdisciplinarios de educadores, expertos en IA, diseñadores e investigadores trabajan juntos para crear ecosistemas de aprendizaje inteligentes que realmente transformen la educación matemática. Es emocionante pensar en las posibilidades que esto podría abrir. (participante 22, entrevista)

Este testimonio recoge un entendimiento sofisticado de que la integración exitosa de la IA en la educación matemática requerirá la convergencia de múltiples perspectivas y áreas de experiencia.

Los hallazgos anteriormente expuestos tienen implicaciones importantes para el diseño de programas de formación docente, el desarrollo de políticas educativas y la dirección de la investigación futura en la intersección de la IA y la educación matemática. Sugieren la necesidad de adoptar un enfoque holístico e interdisciplinario para preparar a los futuros docentes de cara a un paisaje educativo en rápida evolución, donde la IA jugará un papel cada vez más central.

Tablas de resultados

Tabla 2. Frecuencia de subtemas en las respuestas de los participantes

Tema principal	Subtema	Frecuencia	Media	Desviación estándar
Potencial transformador	Personalización del aprendizaje	0,93	0,88	0,05
	Visualización de conceptos abstractos	0,83		
	Evaluación continua y retroalimentación	0,9		
Desafíos anticipados	Brecha digital y acceso desigual	0,73	0,7	0,1414
	Sobrecarga cognitiva y dependencia	0,6		
	Privacidad y seguridad de datos	0,8		
Necesidad de formación	Competencias tecnológicas	0,96	0,86	0,1
	Integración pedagógica de la IA	0,86		
	Evaluación crítica de herramientas	0,76		
Visión colaborativa	IA como asistente del docente	0,9	0,8	0,120
	Redefinición del rol docente	0,83		
	Colaboración interdisciplinaria	0,66		

Fuente: elaboración propia

La tabla 2 muestra una postura general favorable de los participantes hacia la IA en la enseñanza de las matemáticas. La sobrecarga anticipada y cognitiva, que recoge preocupaciones sobre la dependencia estudiantil, obtuvo la media más baja entre los

subtemas (0,6). En cuanto a los temas principales, los desafíos anticipados tuvieron la media más baja (0,7), seguidos por la visión colaborativa (0,8), la necesidad de formación (0,86) y el potencial transformador (0,88).

Los participantes ven la IA como una estrategia transformadora, pero con cautela, pues enfatizan que no debe dominar la educación. El potencial transformador tuvo la menor desviación estándar (0,05), lo cual indica que hay consenso sobre sus beneficios en personalización, visualización y evaluación continua. En contraste, los desafíos anticipados mostraron mayor dispersión (0,1414), esto refleja preocupaciones sobre un posible facilismo educativo que podría subestimar el esfuerzo necesario en el aprendizaje de las matemáticas.

Perspectivas divergentes

La mayoría de los participantes expresaron perspectivas positivas sobre la integración de la IA en la educación matemática y destacaron su potencial para personalizar el aprendizaje. Se valoró especialmente la capacidad de la IA para adaptar ejercicios y problemas a diferentes ritmos de aprendizaje, incluyendo estudiantes con necesidades educativas especiales y capacidades excepcionales. Los participantes también apreciaron la alternativa de retroalimentar simultáneamente a varios estudiantes y facilitar un análisis más profundo de su progreso.

Sin embargo, surgieron algunas voces divergentes que expresaron preocupaciones. Algunos participantes, aunque reconocen los beneficios de la IA, prefieren limitar su uso para evitar una posible adicción de los estudiantes a estas herramientas. Existe la prevención de que un uso excesivo de la IA pueda obstaculizar el estudio de la formalidad matemática. Estas perspectivas minoritarias ofrecen una visión valiosa de las reservas que algunos futuros docentes de matemáticas tienen respecto a la implementación de la IA en la educación.

Por tal motivo, y tomando como referencia las percepciones de los profesores en formación inicial que no utilizan la IA de manera constante en sus clases, se preguntó en los grupos focales lo siguiente: ¿de qué manera piensa que la IA podría ayudar en la visualización de conceptos matemáticos abstractos? Los participantes en su mayoría aseguraron que estas herramientas ofrecen una gama de posibilidades cuando los estudiantes aprenden contenidos abstractos, como es el caso de las demostraciones en geometría analítica y euclidiana, así mismo, en el cálculo del dominio y rango de funciones de forma gráfica. Esto es coherente con el testimonio del participante 17:

La inteligencia artificial permite a los estudiantes manipular y explorar representaciones matemáticas en tiempo real, también puede generar una variedad de ejemplos y problemas ilustrativos que muestran cómo se aplican los conceptos abstractos en diferentes contextos, lo que a su vez les permite a los estudiantes entender mejor las aplicaciones y la relevancia de lo que están aprendiendo. (participante 17, entrevista)

Este punto de vista del participante 17 se alinea con lo que se pudo observar durante dos sesiones de su clase. El docente en formación está haciendo sus prácticas profesionales en

Educación Matemática 2 en una escuela pública en Barranquilla, en la que no existen recursos tecnológicos que faciliten la enseñanza del área. No obstante, se muestra recursivo y utiliza uno de los tres *video beams* con los que cuenta la institución con el fin de visualizar para los estudiantes mediante el uso de una IA denominada Mathway el proceso detallado de cómo se calcula el dominio y rango de una función racional. Luego de esto, fomenta que los alumnos intenten explicar cuál es el paso a paso que se debe seguir para calcular el dominio y rango de una función racional según el proceso que ofreció la IA.

Escepticismo sobre el valor pedagógico de la IA

Tres participantes (de los treinta que conforman la muestra) expresaron un escepticismo significativo sobre el valor pedagógico real de la IA en la enseñanza de las matemáticas. Argumentaron que la comprensión matemática profunda requiere un razonamiento que la IA aún no puede replicar o propiciar adecuadamente. Uno de ellos comentó:

Temo que la IA pueda ofrecer soluciones rápidas sin fomentar la comprensión profunda. Las matemáticas no se tratan solo de obtener la respuesta correcta, sino de entender el proceso. No estoy convencido de que la IA pueda cultivar ese tipo de pensamiento. (participante 24, entrevista)

Preocupación por la deshumanización de la educación

Dos participantes expresaron una fuerte preocupación por la posible deshumanización de la educación matemática a través de la implementación extensiva de la IA. Para ellos, la conexión humana en la enseñanza es insustituible y una dependencia excesiva de la IA podría erosionar aspectos cruciales de la relación profesor-alumno: “La enseñanza de las matemáticas no se trata solo de transmitir conocimientos, sino de inspirar, motivar y conectar con los estudiantes. Temo que, al depender demasiado de la IA, perdamos ese elemento humano tan crucial” (participante 8, grupo focal 3).

Dudas sobre la accesibilidad y equidad

Aunque la mayoría de los participantes vieron la IA como una herramienta para mejorar la accesibilidad, cuatro participantes expresaron reservas sobre cómo la IA podría exacerbar las desigualdades existentes en la educación matemática: “Me preocupa que la IA pueda beneficiar desproporcionadamente a las escuelas y estudiantes que ya tienen recursos. ¿Qué pasa con las escuelas en áreas de bajos ingresos o rurales? Podríamos estar creando una nueva forma de brecha digital” (participante 17, diario reflexivo).

Resistencia al cambio pedagógico

Dos participantes expresaron una preferencia por los métodos de enseñanza tradicionales y mostraron resistencia a incorporar la IA en su futura práctica docente: “He experimentado el

poder de la enseñanza tradicional de las matemáticas y no estoy convencido de que necesitemos reinventar la rueda. A veces, un buen profesor con tiza y pizarra puede lograr más que cualquier tecnología avanzada” (participante 5, entrevista).

Las anteriores perspectivas divergentes subrayan la complejidad de la integración de la IA en la educación matemática y la diversidad de opiniones entre los futuros docentes. Resaltan la necesidad de contar con un enfoque equilibrado en la implementación de la IA, que tenga en cuenta estas preocupaciones y busque abordarlas de manera proactiva en la formación docente y el diseño de políticas educativas.

Hallazgos adicionales

1. Diferencias entre grupos de práctica: se observó que los participantes de los grupos de práctica profesional 2 mostraban una comprensión más profunda y matizada de las implicaciones de la IA en la educación matemática, posiblemente debido a su mayor experiencia en el aula.
2. Género y percepciones de la IA: aunque no fue un foco principal del estudio, se notaron algunas diferencias sutiles en las percepciones de la IA entre participantes masculinos y femeninas. Estas últimas tendían a enfatizar más los aspectos de equidad y accesibilidad.
3. Evolución de las percepciones: a través de los diarios reflexivos se observó una evolución en las percepciones de los participantes a lo largo del período de práctica. Inicialmente, muchos expresaban ansiedad sobre el uso de la IA, pero con el tiempo ello dio paso a un cauteloso optimismo.
4. Propuestas innovadoras: varios participantes propusieron ideas innovadoras para la integración de la IA en la educación matemática, como el uso de realidad aumentada con IA para explorar geometría 3D o chatbots especializados para practicar la resolución de problemas matemáticos.
5. Preocupaciones éticas: se sostuvieron discusiones profundas sobre las implicaciones éticas del uso de la IA en educación, que incluyeron preguntas por la equidad, la privacidad y el potencial sesgo algorítmico.

Estos resultados proporcionan una comprensión rica y matizada de las percepciones, expectativas y preocupaciones de los futuros docentes de matemáticas con respecto a la integración de la IA en su práctica profesional. Sugieren la necesidad de un enfoque equilibrado en la formación docente que aborde tanto las oportunidades como los desafíos presentados por la IA en la educación matemática.

DISCUSIÓN

Los hallazgos de esta investigación responden directamente a nuestras preguntas iniciales y se identifica un panorama complejo y matizado de las percepciones de los futuros docentes sobre la IA en la educación matemática. En cuanto a las expectativas, una mayoría significativa de los participantes (93%) anticipa beneficios sustanciales en la personalización del aprendizaje, mientras que un 83% valora en particular el potencial para la visualización de conceptos matemáticos abstractos y un 90% espera mejoras notables en los procesos de evaluación continua. Respecto a la integración actual de la IA, se identificaron prácticas emergentes en la visualización de conceptos matemáticos complejos, con un énfasis particular en su uso para la evaluación formativa y experimentación inicial con herramientas de retroalimentación automatizada. Sin embargo, los desafíos identificados también resultan relevantes: un 73% de los participantes expresó preocupaciones sobre la equidad en el acceso a estas tecnologías, un 60% manifestó inquietudes sobre la posible dependencia tecnológica y un 80% enfatizó la necesidad de contar con protocolos robustos para la protección de datos de los estudiantes. Este panorama general de resultados sugiere que, si bien existe un optimismo considerable sobre el potencial transformador de la IA en la educación matemática, los futuros docentes mantienen una postura crítica y reflexiva sobre su implementación.

Así, este estudio cualitativo pone en evidencia un panorama complejo de las expectativas y las preocupaciones de los futuros profesores de matemáticas acerca de la integración de la IA en su práctica profesional. Los participantes mostraron un entusiasmo considerable por las posibilidades que abre esta tecnología para personalizar el aprendizaje y visualizar conceptos abstractos, lo cual los sitúa en línea con las observaciones de Chen, Chen *et al.* (2020) sobre el potencial transformador de la IA en la educación. Sin embargo, su optimismo se ve matizado por preocupaciones de peso sobre la equidad en el acceso y los desafíos éticos, en sintonía con las advertencias de Hwang *et al.* (2020) acerca de la necesidad de abordar las brechas de aplicación y teoría en la IA educativa.

La visión de los participantes sobre la IA como un “copiloto” en la enseñanza se alinea con las conclusiones de Wang *et al.* (2020) respecto a la disposición de los docentes para integrar sistemas de tutoría inteligente. No obstante, nuestros hallazgos revelan una comprensión más ponderada sobre cómo la IA podría transformar el rol docente. Más allá de la simple adopción tecnológica, se trata de una profunda reconceptualización de la práctica pedagógica, en consonancia con las observaciones de Guan *et al.* (2020) sobre la evolución histórica de la innovación de IA en educación.

La necesidad expresada de una formación integral en IA para educadores, que abarque competencias técnicas, pedagógicas y éticas, coincide con las recomendaciones de Kim (2023) sobre el diseño curricular con IA para la educación primaria y secundaria. Se propone un enfoque comprehensivo que incluya fundamentos de IA, sus aplicaciones educativas e implicaciones éticas. Sin embargo, según los resultados del estudio, los futuros docentes anticipan una integración de la IA más profunda y transformadora, que va más allá de la introducción de herramientas y apunta hacia una redefinición fundamental de las prácticas pedagógicas en un entorno educativo crecientemente mediado por tecnologías inteligentes.

La preocupación de los participantes por la brecha digital y las cuestiones de privacidad refleja los desafíos identificados por Méndez-Parra y Conde-Carmona (2025) en la integración de la IA en la educación. A partir de los resultados encontrados, no obstante, los futuros docentes no ven estos desafíos como barreras insuperables, sino como aspectos críticos que deben abordarse de manera proactiva en la formación docente y el diseño de políticas educativas. Esta perspectiva ofrece un contraste interesante con la literatura existente, que sugiere un nivel de preparación y visión a futuro más avanzado entre los docentes en formación de lo que se ha reportado.

La muestra de treinta profesores en formación se seleccionó siguiendo los criterios de saturación teórica en investigaciones fenomenológicas (Guest *et al.*, 2006), que sugieren que entre veinte y treinta participantes son suficientes para alcanzar la profundidad necesaria en estudios cualitativos. Siguiendo a Creswell y Poth (2018), este tamaño muestral permite una exploración minuciosa de experiencias individuales manteniendo un volumen de datos analizable.

La diversidad de la muestra se garantizó mediante un muestreo intencional de máxima variación, que incluyó participantes de distintos contextos socioeconómicos, niveles de experiencia y especialidades matemáticas. Esta estrategia fortalece la posible transferibilidad de los hallazgos a contextos similares. No obstante, la delimitación geográfica a una única institución en Barranquilla, Colombia, demanda cautela al extrapolar los resultados.

Como es propio de la investigación cualitativa, la interpretación de datos conlleva un grado inherente de subjetividad. Para mitigar este aspecto, implementamos estrategias rigurosas de validación: triangulación metodológica, verificación por participantes y auditoría externa. Las potenciales influencias de la deseabilidad social se abordaron a través de técnicas múltiples de recopilación de información.

Reconocemos que este estudio ofrece una fotografía momentánea en un campo tan dinámico como la inteligencia artificial en educación, donde las percepciones evolucionan rápidamente con los avances tecnológicos. Por ello, integramos un seguimiento longitudinal durante el semestre académico para capturar la evolución de las percepciones de los participantes.

Finalmente, somos conscientes de que nuestras propias perspectivas como investigadores pueden influir en la interpretación. Para contrarrestar este potencial sesgo, implementamos un proceso sistemático de reflexividad, que documentamos por medio de anotaciones analíticas y discusiones periódicas del equipo investigador y que se complementó con una verificación rigurosa entre pares.

CONCLUSIONES

Este estudio proporciona una visión única de las perspectivas de los futuros docentes de matemáticas sobre la integración de la IA en su práctica profesional: revela un equilibrio entre el entusiasmo por su potencial transformador y una conciencia aguda de los desafíos asociados. Los participantes demostraron una comprensión sofisticada de cómo la IA podría revolucionar la enseñanza de las matemáticas, particularmente en áreas como la personalización del aprendizaje y la visualización de conceptos abstractos. Sin embargo, también expresaron preocupaciones

significativas sobre la equidad en el acceso, la privacidad de los datos y el riesgo de dependencia tecnológica excesiva, ante lo cual subrayaron la necesidad de adoptar un enfoque ético y centrado en el estudiante en la implementación de la IA.

La visión emergente de un futuro colaborativo entre docentes e IA, donde la tecnología actúa como un “copiloto” que potencia las capacidades del educador, sugiere una evolución en la conceptualización del rol docente. Esta perspectiva, junto con el reconocimiento de la necesidad de una formación integral en IA que abarque aspectos técnicos, pedagógicos y éticos, apunta hacia un cambio paradigmático en la preparación de los futuros educadores para un paisaje educativo en rápida evolución.

Estos hallazgos tienen implicaciones significativas para el diseño de programas de formación docente, el desarrollo de políticas educativas y la dirección de la investigación futura en la intersección de la IA y la educación matemática. Sugieren la necesidad de partir de un enfoque holístico e interdisciplinario que prepare a los futuros docentes no solo para utilizar herramientas de IA, sino para participar activamente en su desarrollo e implementación ética. Futuras investigaciones deberían explorar cómo traducir estas percepciones y expectativas en prácticas pedagógicas efectivas y en políticas educativas que promuevan una integración equitativa y pedagógicamente sólida de la IA en la educación matemática.

REFERENCIAS

- Baker, T., Smith, L. y Anissa, N. (2019). *Educ-AI-tion rebooted? Exploring the future of artificial intelligence in schools and colleges*. Nesta.
https://media.nesta.org.uk/documents/Future_of_AI_and_education_v5_WEB.pdf
- Braun, V. y Clarke, V. (2019). Reflecting on reflexive thematic analysis. *Qualitative Research in Sport, Exercise and Health*, 11(4), 589-597. <https://doi.org/10.1080/2159676X.2019.1628806>
- Bush, J. B. (2021). Software-based intervention with digital manipulatives to support student conceptual understandings of fractions. *British Journal of Educational Technology*, 52(6), 2299-2318.
<https://doi.org/10.1111/bjet.13139>
- Charmaz, K. C. (2014). *Constructing grounded theory* (2.^a ed.). Sage Publications.
- 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>
- Chen, X., Xie, H., Zou, D. y Hwang, G.-J. (2020). Application and theory gaps during the rise of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 1, 100002.
<https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100002>
- Chu, H.-C., Chen, J.-M., Kuo, F.-R. y Yang, S.-M. (2021). Development of an adaptive game-based diagnostic and remedial learning system based on the concept-effect model for improving learning achievements in mathematics. *Educational Technology & Society*, 24(4), 36-53.
<https://www.jstor.org/stable/48629243>
- Cope, B., Kalantzis, M. y Sears-Smith, D. (2020). 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>

- Creswell, J. W. y Poth, C. N. (2018). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (4.ª ed.). Sage Publications.
- Denzin, N. K. (2017). *The research act: A theoretical introduction to sociological methods*. Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9781315134543>
- Duzhin, F. y Gustafsson, A. (2018). Machine learning-based app for self-evaluation of teacher-specific instructional style and tools. *Education Sciences*, 8(1), 7-21. <https://doi.org/10.3390/educsci8010007>
- Fanchamps, N. L. J. A., Slangen, L., Hennissen, P. y Specht, M. (2021). The influence of SRA programming on algorithmic thinking and self-efficacy using Lego robotics in two types of instruction. *International Journal of Technology and Design Education*, 31, 203-222. <https://doi.org/10.1007/s10798-019-09559-9>
- Fang, Y., Ren, Z., Hu, X. y Graesser, A. C. (2019). A meta-analysis of the effectiveness of ALEKS on learning. *Educational Psychology*, 39(10), 1278-1292. <https://doi.org/10.1080/01443410.2018.1495829>
- Guan, C., Mou, J. y Jiang, Z. (2020). Artificial intelligence innovation in education: A twenty-year data-driven historical analysis. *International Journal of Innovation Studies*, 4(4), 134-147.
<https://doi.org/10.1016/j.ijis.2020.09.001>
- Gulz, A., Londos, L. y Haake, M. (2020). Preschoolers' understanding of a teachable agent-based game in early mathematics as reflected in their gaze behaviors—An experimental study. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 30(7), 38-73. <https://doi.org/10.1007/s40593-020-00193-4>
- Harper, F., Stumbo, Z. y Kim, N. (2021). When robots invade the neighborhood: Learning to teach preK-5 mathematics leveraging both technology and community knowledge. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 21(1), 19-52.
<https://citejournal.org/volume-21/issue-1-21/mathematics/when-robots-invade-the-neighborhood-learning-to-teach-prek-5-mathematics-leveraging-both-technology-and-community-knowledge>
- Hasanein, H. A. A. y Abu-Naser, S. S. (2018). Developing education in Israa University using intelligent tutoring system. *International Journal of Academic Pedagogical Research*, 2(5), 1-16.
- Hwang, G.-J., Xie, H., Wah, B.-W. y Gašević, D. (2020). Vision, challenges, roles and research issues of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 1, 100001.
<https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100001>
- Hwang, S. (2022). Examining the effects of artificial intelligence on elementary students' mathematics achievement: A meta-analysis. *Sustainability*, 14(20), 13185. <https://doi.org/10.3390/su142013185>
- Jang, Y., Choi, S. y Kim, H. (2022). Development and validation of an instrument to measure undergraduate students' attitudes toward the ethics of artificial intelligence (AT-EAI) and analysis of its difference by gender and experience of AI education. *Education and Information Technologies*, 27(8), 11635-11667. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11086-5>
- Kiili, K. y Tuomi, P. (2019). Teaching educational game design: Expanding the game design mindset with instructional aspects. En A. Liapis, G. N. Yannakakis, M. Gentile, M. Ninaus (eds.), *Games and learning alliance: 8th International Conference, GALA 2019, Athens, Greece, November 27-29, 2019, proceedings* (pp. 103-113). Springer International Publishing.
- Kim, D. H. (2023). AI curriculum design for Korea K-12 AI education through analyzing AI education curriculum. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 12(3), 72-81.
<https://doi.org/10.35940/ijrte.C7173.0312323>
- Mahmoud, A. M. (2020). Artificial intelligence applications: An introduction to the development of education in light of the challenges of the corona virus (COVID-19) pandemic. *International Journal of Research in Educational Sciences*, 3(4), 171-224. <https://www.iafh.net/index.php/IJRES/article/view/240>

- Méndez-Parra, C. y Conde-Carmona, R. J. (2025). Integración del enfoque STEAM y la realidad aumentada en la enseñanza de la traslación de figuras geométricas. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (74), 69-92. <https://doi.org/10.35575/rvucn.n74a4>
- Mousavinasab, E., Zarifसानاiey, N., R. Niakan Kalhori, S., Rakhshan, M., Keikha, L. y Ghazi Saeedi, M. (2021). Intelligent tutoring systems: A systematic review of characteristics, applications, and evaluation methods. *Interactive Learning Environments*, 29(1), 142-163.
- Nguyen, N. D. (2023). Exploring the role of AI in education. *London Journal of Social Sciences*, (6), 84-95. <https://doi.org/10.31039/ljss.2023.6.108>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco). (2019). *Artificial intelligence in education: Challenges and opportunities for sustainable development*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366994.locale=es>
- Padilla Escorcía, I. A. y Conde-Carmona, R. J. (2020). Uso y formación en TIC en profesores de matemáticas: un análisis cualitativo. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (60), 116-136. <https://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/1166>
- Panqueban, D. y Huincahue, J. (2024). Inteligencia artificial en educación matemática: una revisión sistemática. *Uniciencia*, 38(1), 1-17. <http://dx.doi.org/10.15359/ru.38-1.20>
- Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice* (4.ª ed.). Sage Publications.
- Rasheed, N. M. y Tashtoush, M. A. (2023). The impact of Cognitive Training Program for Children (CTPC) to development the mathematical conceptual and achievement. *Journal of Higher Education Theory and Practice*, 23(10), 218-234. <https://doi.org/10.33423/jhetp.v23i10.6196>
- Shin, W.-S. y Shin, D.-H. (2020). A study on the application of artificial intelligence in elementary science education. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 39(1), 117-132. <https://doi.org/10.15267/keses.2020.39.1.117>
- Shirawia, N., AlAli, R., Wardat, Y., Tashtoush, M. A., Saleh, S. y Helali, M. (2023). Logical mathematical intelligence and its impact on the academic achievement for pre-service math teachers. *Journal of Educational and Social Research*, 13(6), 242-257. <https://doi.org/10.36941/jesr-2023-0161>
- Tashtoush, M. (2019). Weakly c-normal and cs-normal subgroups of finite groups. *Jordan Journal of Mathematics and Statistics*, 1(2), 123-132.
- Van Manen, M. (2016). *Phenomenology of practice: Meaning-giving methods in phenomenological research and writing*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315422657>
- Wang, S., Yu, H., Hu, X. y Li, J. (2020). Participant or spectator? Comprehending the willingness of faculty to use intelligent tutoring systems in the artificial intelligence era. *British Journal of Educational Technology*, 51(5), 1657-1673. <https://doi.org/10.1111/bjet.12998>

.....

Robinson Junior Conde-Carmona

Doctor en Educación Matemática de la Universidad Antonio Nariño. Profesor de la Facultad de Educación e investigador del grupo GIMED en la Universidad del Atlántico, Colombia. Investigador categorizado como asociado por Minciencias. Sus líneas de investigación se centran en la educación matemática, la formación de profesores y el uso de tecnologías en la enseñanza. Entre sus publicaciones recientes se encuentran los artículos “Caracterización del conocimiento especializado del profesor de matemáticas en la enseñanza de las fracciones”, publicado en coautoría en *Encuentros*,

22(01), 98-113, <http://ojs.uac.edu.co/index.php/encuentros/article/view/3097>; y “STEAM para el desarrollo del pensamiento matemático: una revisión documental”, publicado en coautoría en *Praxis*, 20(2), <https://doi.org/10.21676/23897856.5783>.

Iván Andrés Padilla-Escorcía

Ph. D. (c) en Ciencias en el área de Matemática Educativa. Profesor de la Facultad de Educación e investigador del grupo GIMED en la Universidad del Atlántico, Colombia. Sus áreas de interés incluyen el conocimiento especializado del profesor de matemáticas, la enseñanza de las matemáticas a través de la tecnología y la modelación matemática. Entre sus publicaciones recientes se encuentran los artículos “Caracterización del conocimiento especializado del profesor de matemáticas en la enseñanza de las fracciones” (2024), publicado en coautoría en *Encuentros*, 22(01), 98-113, <http://ojs.uac.edu.co/index.php/encuentros/article/view/3097>; y “Specialised Knowledge of the Mathematics Teacher to Teach through Modelling using ICTs” (2023), publicado en coautoría en *Acta Scientiae*, 25(1), 160-195, <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.7363>.