



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **El impacto de la inteligencia artificial en la enseñanza de las matemáticas en la educación básica secundaria: una revisión crítica.**

**Luis Eduardo Estrada Tangarife**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias  
Maestría en Enseñanza de las Ciencias Naturales y Exactas  
Medellín, Colombia  
2024



# **El impacto de la inteligencia artificial en la enseñanza de las matemáticas en la educación básica secundaria: una revisión crítica.**

**Luis Eduardo Estrada Tangarife**

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales**

Director:

D.Sc. Fabian Humberto Zuluaga Giraldo

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de ciencias

Maestría en Enseñanza de las Ciencias Naturales y Exactas

Medellín, Colombia

2024

## Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional.

«Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.

---

Luis Eduardo Estrada Tangarife

Fecha: 26 de abril de 2024

## *Dedicatoria*

*A mi querida madre y a mi estimada hermana*

*Este trabajo es mucho más que un conjunto de páginas escritas; es un testimonio del amor incondicional y del apoyo inquebrantable que ambas me han brindado a lo largo de mi vida.*

*Madre, tu fortaleza y sabiduría han sido mi guía constante, enseñándome que los verdaderos logros se construyen con perseverancia y dedicación.*

*Hermana, tu amistad y apoyo han sido mis pilares, recordándome siempre la importancia de la compasión y la empatía hacia los demás.*

*En cada desafío que enfrenté, encontré en ustedes un refugio seguro y un aliento que me impulsaba a seguir adelante.*

*Este logro no solo es mío; es también el suyo, pues cada palabra escrita lleva impresa una parte del enorme amor y la inmensa sabiduría que me han transmitido.*

## **Agradecimientos**

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento al Dr. Fabian Humberto Zuluaga Giraldo por su invaluable apoyo y orientación durante mi proceso de investigación y redacción. Su apoyo constante y sus consejos expertos fueron cruciales en cada etapa de este arduo camino académico. Agradezco profundamente su disponibilidad para discutir y analizar mis ideas y su habilidad para ofrecer retroalimentación constructiva y objetiva, lo cual ha sido crucial para refinar y mejorar significativamente mi trabajo.

Su influencia ha ido más allá de la supervisión académica, inspirándome a crecer tanto personal como profesionalmente, y proporcionándome las herramientas y la confianza necesarias para enfrentar futuros desafíos. Me considero afortunado de haber tenido la oportunidad de trabajar bajo su tutela y aprender de su vasta experiencia y sabiduría.

## Resumen

Este estudio lleva a cabo una evaluación crítica del impacto de la Inteligencia Artificial (IA) en la enseñanza de las matemáticas en la educación básica secundaria en Colombia durante el periodo 2015-2023. Mediante un análisis detallado, se investiga cómo las herramientas digitales y los algoritmos de IA están redefiniendo las estrategias didácticas y las prácticas pedagógicas en el campo matemático. Se examina la implementación de plataformas educativas digitales, software especializado, aplicaciones móviles, sistemas de aprendizaje adaptativo y herramientas de análisis de datos, valorando su aportación real en el proceso enseñanza-aprendizaje. Los hallazgos subrayan el potencial de la IA para personalizar el aprendizaje, ajustándose a las necesidades individuales de cada estudiante, y destacan su capacidad para mejorar la evaluación formativa, crear ambientes interactivos y promover habilidades de pensamiento crítico. Sin embargo, se reconoce que aspectos como el acceso equitativo, el desarrollo de contenido de alta calidad y la formación docente son cruciales. El estudio concluye que la IA posee el potencial de enriquecer significativamente la enseñanza de las matemáticas, siempre que se implemente de manera responsable, con un enfoque en las necesidades educativas y adherencia a los estándares éticos.

**Palabras clave:** Inteligencia artificial, enseñanza de las matemáticas, aprendizaje personalizado, evaluación formativa, innovación educativa.

## **The impact of artificial intelligence on mathematics teaching in secondary basic education : a critical review**

### **Abstract**

This study implements a critical evaluation of the impact of Artificial Intelligence (AI) on the teaching of mathematics in secondary education in Colombia during the period 2015-2023. Through detailed analysis, it investigates how digital tools and AI algorithms are redefining didactic strategies and pedagogical practices in the mathematical field. The implementation of digital educational platforms, specialized software, mobile applications, adaptive learning systems, and data analysis tools are examined, appreciating their actual contribution to the teaching-learning process. Findings highlight the potential of AI to personalize learning, adjusting to the individual needs of each student, and distinguish its ability to enhance formative evaluation, create interactive environments, and foster critical thinking skills. However, it recognizes that aspects such as equitable access, development of high-quality content, and teacher training are crucial. The study concludes that AI has the potential to significantly enrich mathematics teaching, provided it is implemented responsibly, with a focus on educational needs and adherence to ethical standards.

**Keywords:** Artificial Intelligence, mathematics teaching, personalized learning, formative assessment, educational innovation.



# Contenido

	Pág.
<b>Resumen .....</b>	<b>VII</b>
<b>Lista de figuras .....</b>	<b>X</b>
<b>Lista de tablas .....</b>	<b>XI</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>12</b>
<b>1. Diseño Teórico.....</b>	<b>14</b>
1.1 Selección y delimitación del tema.....	14
1.1.1 Descripción del problema.....	15
1.1.2 Pregunta de Investigación.....	16
1.2 Justificación.....	16
1.3 Objetivos.....	19
1.3.1 Objetivo general .....	19
1.3.2 Objetivos específicos.....	19
1.4 Marco Referencial .....	20
1.4.1 Referente Antecedentes.....	21
1.4.2 Referente teórico .....	22
1.4.3 Referente legal .....	23
<b>2. Revisión sistemática de la literatura.....</b>	<b>25</b>
2.1 Herramientas de IA utilizadas en la enseñanza de las matemáticas. ....	27
2.2 Impacto de la IA en el aprendizaje de las matemáticas.....	30
2.3 Desafíos y oportunidades para el uso de la IA en la enseñanza de las matemáticas.....	33
<b>3. Propuesta en acción .....</b>	<b>37</b>
3.1 Recomendaciones para la implementación efectiva de la IA en la enseñanza de las matemáticas. ....	37
3.2 Líneas de investigación futuras .....	39
3.3 Luisa: Sistema de recomendación basado en IA .....	41
3.3.1 ¿Qué se propone con Luisa?.....	45
<b>4. Principales hallazgos .....</b>	<b>48</b>
<b>5. Conclusiones .....</b>	<b>51</b>
5.1 Reflexiones sobre el uso de la IA en la enseñanza de las matemáticas.....	52
<b>Bibliografía .....</b>	<b>56</b>

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1-1:</b> Comparativo puntaje promedio en matemáticas.....	18
<b>Figura 2-1:</b> Proceso de selección de estudios .....	26
<b>Figura 3-1:</b> Evento de clausura y ceremonia de premiación IA + Ciencia Escolar ....	42
<b>Figura 3-2:</b> Desarrollo y presentación de “Luisa” .....	43
<b>Figura 3-3:</b> Luisa Language Mentor .....	44

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1-1:</b> Resultados históricos de Colombia en pruebas PISA .....	18
<b>Tabla 1-2:</b> Referente legal.....	24
<b>Tabla 2-1:</b> Aplicación de IA para la enseñanza de las matemáticas .....	28
<b>Tabla 2-2:</b> Desafíos de la IA en la enseñanza de las matemáticas .....	33

# Introducción

La integración progresiva y la evolución continua de la Inteligencia Artificial (IA) y las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) han impulsado cambios significativos en diversos sectores, transformando de manera profunda las prácticas tradicionales y estableciendo nuevos paradigmas en la interacción humana, el aprendizaje y la enseñanza. En este contexto de transformación digital, el ámbito educativo se destaca como un área primordial para la innovación tecnológica, presentando oportunidades únicas para renovar los métodos de enseñanza y aprendizaje.

Este estudio se enfoca en analizar el impacto y la integración de estas tecnologías en la enseñanza de las matemáticas en la educación básica secundaria en Colombia, destacando su rol esencial en el fortalecimiento del desarrollo cognitivo y académico de los estudiantes. La importancia de esta investigación se deriva de su capacidad para proporcionar una comprensión detallada de cómo la IA y las TIC pueden transformar las prácticas educativas, además de su potencial para generar recomendaciones estratégicas que mejoren los procesos de enseñanza y aprendizaje.

El origen de este estudio se sitúa en la intersección de avances teóricos y desarrollos prácticos en el ámbito de la pedagogía digital y la aplicación de la inteligencia artificial en contextos educativos. Apoyado en una vasta literatura que documenta la eficacia de las tecnologías emergentes para personalizar la educación y promover un aprendizaje más interactivo y comprometido, este trabajo aborda un análisis comprensivo de las dinámicas que subyacen a la incorporación de la IA y las TIC en la enseñanza de las matemáticas. Mediante la revisión de estudios anteriores y la exploración de casos prácticos, se busca ofrecer una visión integral de los desafíos y oportunidades que conlleva la integración tecnológica en el ámbito educativo.

Los objetivos de esta investigación se articulan en torno a la evaluación crítica del impacto de las TIC y la IA en los resultados de aprendizaje matemático, la identificación de estrategias didácticas innovadoras que se alineen con los paradigmas educativos contemporáneos, y la formulación de recomendaciones para la implementación efectiva de estas tecnologías en la educación, con un enfoque específico en la educación básica secundaria en Colombia. Este estudio cubre el período 2015-2023, una era caracterizada por un impulso significativo hacia la digitalización de los entornos educativos.

La metodología empleada en esta investigación combina enfoques cualitativos y cuantitativos, proporcionando así una comprensión holística y multidimensional de las implicaciones de la IA y las TIC en la enseñanza de las matemáticas. A través de la revisión sistemática de la literatura y el análisis de casos prácticos, se sintetiza la evidencia existente y se examinan experiencias concretas de integración tecnológica en las aulas. Este enfoque metodológico no solo facilita la identificación de tendencias y patrones en la aplicación de tecnologías educativas, sino también la generación de percepciones valiosas sobre las mejores prácticas y estrategias para su implementación efectiva.

Este trabajo constituye una aportación significativa al ámbito de la educación en el área de las matemáticas, ofreciendo un análisis detallado y crítico del rol de la IA y las TIC en la transformación de los entornos de aprendizaje. Al exponer el potencial de estas tecnologías para facilitar un aprendizaje matemático más personalizado, interactivo y eficaz, este estudio sienta las bases para futuras investigaciones y prácticas educativas. Aunque en este análisis no se propone directamente influir en la formulación de políticas educativas, las conclusiones y recomendaciones derivadas tienen el potencial de informar y enriquecer las prácticas docentes que aspiren a integrar de manera efectiva la tecnología en la enseñanza de las matemáticas. De este modo, se contribuye al avance del conocimiento en este campo y al mejoramiento de los procesos educativos en Colombia, con posibles implicaciones en contextos educativos similares a nivel global.

# 1. Diseño Teórico

## 1.1 Selección y delimitación del tema

El presente estudio tiene como objetivo realizar un análisis profundo del impacto e integración de las TIC y IA en la enseñanza de las matemáticas en la educación básica secundaria y media. Se abordará un análisis meticuloso de cómo las herramientas digitales y los algoritmos de IA están transformando las estrategias didácticas y las prácticas pedagógicas vigentes en el ámbito matemático. Desde una perspectiva crítica y analítica, se estudiará la implementación de plataformas educativas digitales, software especializado en matemáticas, aplicaciones móviles, sistemas de aprendizaje adaptativo y herramientas de análisis de datos, evaluando su contribución efectiva en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Este análisis permitirá discernir el grado de influencia que dichas tecnologías ejercen en la facilitación del acceso al conocimiento matemático, la personalización del aprendizaje y la optimización de los procesos evaluativos.

Por ende, este trabajo aspira no solo a identificar y describir las potencialidades y desafíos que conlleva la integración de las TIC y la IA en la educación matemática, sino también a proponer directrices pedagógicas que armonicen con los paradigmas educativos contemporáneos, orientados hacia la inclusión, la interactividad y la innovación en el proceso educativo. En consecuencia, se busca contribuir significativamente al corpus de conocimiento existente, ofreciendo perspectivas renovadas y fundamentadas que potencien la calidad y eficacia de la enseñanza de las matemáticas en la era digital.

### 1.1.1 Descripción del problema

La educación básica secundaria y media en Colombia<sup>1,2</sup>, al igual que en muchos otros países, enfrenta el desafío de adaptarse a un mundo cada vez más digitalizado. Este cambio implica no solo la incorporación de nuevas tecnologías en el aula, sino también una transformación profunda en los métodos de enseñanza y aprendizaje. El foco de esta investigación es comprender y analizar el impacto que las TIC y la IA tienen en la enseñanza de las matemáticas en la educación básica secundaria en Colombia.

A nivel internacional, la integración de las TIC y la IA en la educación ha sido objeto de numerosos estudios que demuestran su potencial para mejorar la calidad de la enseñanza y el aprendizaje. Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2021), el uso efectivo de la tecnología en la educación puede llevar a mejores resultados de aprendizaje, mayor motivación y una enseñanza más personalizada. Sin embargo, también existen preocupaciones sobre la equidad en el acceso a estas tecnologías y la capacitación adecuada de los docentes para su uso efectivo.

En el contexto colombiano, el Ministerio de Educación Nacional (MEN) ha realizado esfuerzos significativos para integrar las TIC en el sistema educativo a través de diversos programas y políticas. Sin embargo, persisten desafíos como la disparidad en el acceso a recursos tecnológicos entre regiones urbanas y rurales, y entre instituciones educativas públicas y privadas. Además, según Padilla y Escorcía (2022), la formación docente en el uso de las TIC y la IA para la enseñanza de las matemáticas sigue siendo una necesidad urgente, ya que muchos educadores no han recibido la capacitación necesaria para integrar estas herramientas en sus prácticas pedagógicas de manera efectiva.

A pesar de los avances en la incorporación de tecnologías digitales en el ámbito educativo, se evidencia una carencia de investigaciones específicas que examinen el impacto que estas herramientas tienen en los procesos de enseñanza y aprendizaje de diversas áreas del conocimiento en los niveles de educación secundaria en Colombia. Entre estas áreas se encuentran las matemáticas, las ciencias naturales, la lengua castellana, las ciencias sociales y los idiomas.

---

<sup>1</sup>Educación básica secundaria: Comprende los grados de sexto al noveno.

<sup>2</sup>Educación media: Comprende los grados diez y once.

Las matemáticas, siendo una disciplina fundamental en el currículo escolar, requieren una atención especial en cuanto al análisis de cómo las TIC y la IA pueden ser aprovechadas para potenciar la comprensión conceptual, el razonamiento lógico y la resolución de problemas en los estudiantes Garzón y Llanos (2018). Dada la naturaleza abstracta y lógica de esta asignatura, es imperativo investigar de qué manera estas tecnologías emergentes pueden facilitar el aprendizaje y fortalecer las habilidades matemáticas de los alumnos.

A través de esta investigación, se busca proporcionar una comprensión más profunda de cómo las herramientas digitales y la inteligencia artificial pueden ser aprovechadas para enriquecer la experiencia educativa en matemáticas, mientras se abordan los desafíos inherentes a su integración en un contexto diverso y en desarrollo como el de Colombia.

### **1.1.2 Pregunta de Investigación**

¿Cuál es el impacto de la IA en los métodos pedagógicos y los resultados de aprendizaje en la enseñanza de las matemáticas en la educación básica secundaria en Colombia?

## **1.2 Justificación**

En un contexto global donde la tecnología y la educación están en constante evolución, la relevancia de investigar el impacto de la IA en la enseñanza de las matemáticas en la educación básica secundaria se hace cada vez más evidente. Esta investigación, centrada en el contexto colombiano, se justifica por su potencial para abordar desafíos educativos actuales y futuros, y por su capacidad para proporcionar perspectivas valiosas tanto a nivel nacional como internacional.

Las matemáticas son una disciplina clave en el currículo de la educación secundaria, esencial para el desarrollo de habilidades críticas en el razonamiento lógico y analítico. La integración de la IA en la enseñanza de las matemáticas representa una evolución significativa en los métodos pedagógicos. El sistema educativo colombiano afronta desafíos multifacéticos que abarcan desde la equidad en el acceso hasta la calidad de la enseñanza, Institución Universitaria CEIPA. (2023, diciembre 20). *Desafíos que enfrenta el sistema educativo colombiano para el 2024*. Garzón y Llanos (2018) encontraron que la



---

*educación en Colombia enfrenta retos significativos en términos de equidad y calidad, y por lo tanto es crucial examinar cómo las innovaciones tecnológicas pueden ayudar a superar estas barreras y contribuir a una educación más inclusiva y eficaz.*

Según Mancipe Caicedo (2023), existe una brecha entre los avances tecnológicos en IA y su integración efectiva en la práctica educativa. Esta brecha se debe a una serie de factores, como la falta de recursos, la capacitación docente y políticas educativas que apoyen la integración de la tecnología en las aulas.

Analizar cómo las herramientas de IA han sido implementadas en la enseñanza de las matemáticas y qué resultados han producido, es fundamental para orientar futuras implementaciones y desarrollos tecnológicos en el contexto educativo. Este estudio también adquiere relevancia por su contexto geográfico. Como lo señalan Sunkel, Trucco y Espejo (2014), a pesar de los esfuerzos para la implementación de herramientas TIC en las aulas, aún persisten desafíos relacionados con la infraestructura, la capacitación docente y el acceso equitativo a la tecnología. Investigar el impacto de la IA en este contexto no solo es relevante para el país, sino que también ofrece perspectivas valiosas a nivel global, especialmente para países con desafíos y oportunidades similares.

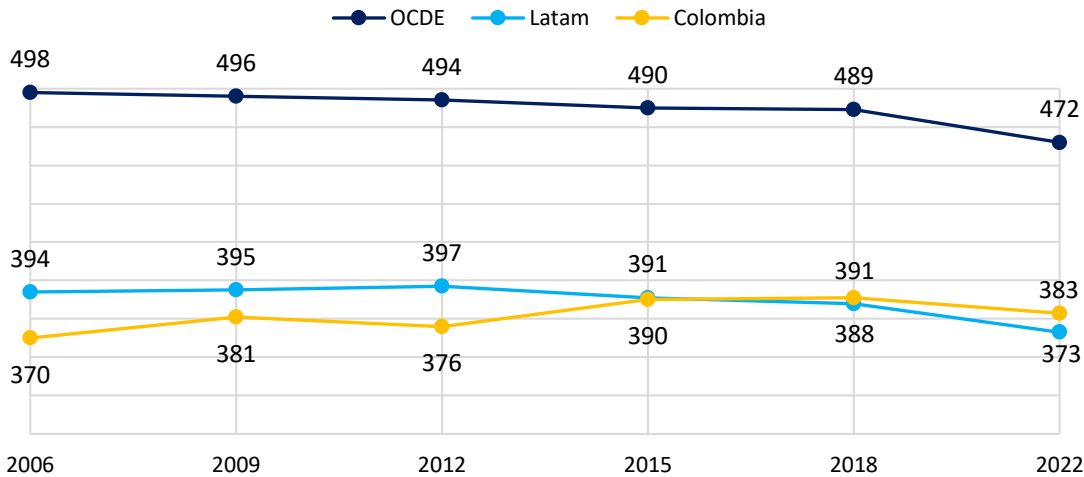
Mancipe Caicedo (2023) sostiene que la dimensión prospectiva de la investigación sobre la IA en la educación es crucial para preparar a los educadores y sistemas educativos para los cambios futuros. Este trabajo busca anticipar cómo la IA podría transformar la enseñanza de las matemáticas en los próximos cinco años, considerando las implicaciones pedagógicas que conlleva esta tecnología, su potencial para personalizar los procesos de aprendizaje y su capacidad para abordar desafíos educativos complejos, como lo son la comprensión de conceptos abstractos, la variabilidad en los estilos de aprendizaje, y la necesidad de aplicar las matemáticas a problemas reales de manera efectiva. En consonancia con lo planteado Mancipe Caicedo (2023), adoptar una perspectiva prospectiva resulta fundamental para que los educadores y sistemas educativos se encuentren debidamente preparados ante las transformaciones venideras.

Por otra parte, los resultados recientes de las pruebas PISA 2022 en Colombia revelan una preocupante disminución en el rendimiento de los estudiantes en áreas clave como matemáticas, lectura y ciencias, en comparación con evaluaciones anteriores. Según los informes, solo el 29% de los estudiantes colombianos alcanzaron al menos el nivel 2 de competencia en matemáticas, lo cual es considerablemente inferior al promedio del 69% de los países de la OCDE. Similarmente, en lectura y ciencias, aproximadamente el 49% de los jóvenes colombianos lograron un nivel 2 o superior, en contraste con el 74% promedio de la OCDE.

**Tabla 1-1:** Resultados históricos de Colombia en pruebas PISA  
Fuente: Base de datos de PISA.

Área	2006	2009	2012	2015	2018	2022
Matemáticas	370	381	376	390	391	383

**Figura 1-1:** Comparativo puntaje promedio en matemáticas



Por último, esta investigación contribuye significativamente al cuerpo de conocimiento sobre la integración de la IA en la educación. Al proporcionar un análisis detallado y crítico del su uso en la enseñanza de las matemáticas, beneficiando no solamente a los educadores y responsables de políticas en Colombia, sino que también sirve como referencia para investigadores y profesionales de la educación a nivel mundial.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Evaluar críticamente el impacto de la IA en la enseñanza de las matemáticas en la educación básica secundaria en Colombia durante el periodo 2015-2023, identificando las transformaciones metodológicas, los resultados de aprendizaje y las implicaciones pedagógicas.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Examinar las tendencias actuales y las perspectivas futuras en la enseñanza de matemáticas mediada por la IA, evaluando cómo estas tecnologías están influyendo en los enfoques pedagógicos y metodológicos.
- Identificar y describir las diversas aplicaciones de la IA en la enseñanza de las matemáticas en la educación básica secundaria, incluyendo herramientas, programas y plataformas.
- Investigar críticamente los desafíos, limitaciones y potencialidades de la IA en la educación matemática. Esto incluirá una evaluación de los aspectos éticos, de equidad y acceso, así como la consideración de cómo la IA puede contribuir a superar obstáculos pedagógicos y mejorar la calidad de la enseñanza de las matemáticas.

## 1.4 Marco Referencial

La Inteligencia Artificial, definida por Russell y Norvig (2016) “*como la capacidad de las máquinas para emular procesos cognitivos humanos*”, representa una revolución en múltiples campos, incluida la educación. Su aplicación en este ámbito, particularmente en la enseñanza de las matemáticas, ha propiciado nuevas fronteras para la personalización del aprendizaje y la eficiencia en la evaluación. Zawacki-Richter et al. (2019) resaltan que la IA puede ofrecer entornos de aprendizaje adaptativos y asistentes virtuales que facilitan un enfoque más individualizado y centrado en el estudiante, lo cual es crucial en materias como las matemáticas, donde el ritmo y estilo de aprendizaje varían significativamente.

En el contexto colombiano, el sistema educativo, y más específicamente la educación básica secundaria, enfrenta desafíos únicos. Esta etapa, que atiende a estudiantes de 11 a 15 años de edad, se centra en el desarrollo de competencias clave en varias áreas, incluyendo matemáticas. Sin embargo, según Galindo (2021) para el Ministerio de Educación Nacional, el sistema se ve afectado por problemas como la escasez de recursos, la desigualdad en el acceso a la educación y métodos de enseñanza que no siempre logran comprometer efectivamente a los estudiantes. Este panorama plantea la necesidad de explorar nuevos enfoques, como la integración de la IA, para superar estas barreras y mejorar la calidad de la educación.

El uso de la tecnología en la educación básica secundaria en Colombia ha ido en aumento, especialmente en la enseñanza de las matemáticas. Programas como “*Computadores para Educar*”<sup>3</sup>, mencionado por Ortiz (2019), han buscado mejorar el acceso a la tecnología en las escuelas. Grisales (2018) ha demostrado que la incorporación de tecnología en las aulas puede tener un impacto positivo en el interés y rendimiento de los estudiantes en matemáticas. Estos avances sugieren un terreno fértil para la adopción de herramientas más avanzadas como la IA.

---

Computadores para Educar: Programa social que contribuye al cierre de las brechas sociales y regionales mediante el acceso, uso y aprovechamiento de las tecnologías de la información y las comunicaciones en Colombia.

A nivel global, se ha observado un interés creciente en la aplicación de la IA en la enseñanza de matemáticas. Herramientas como sistemas de aprendizaje adaptativo y plataformas de tutoría basadas en IA han mostrado efectividad en personalizar la experiencia educativa y proporcionar retroalimentación instantánea. Sin embargo, como lo indica Bolaño y Duarte (2023), en Colombia, el uso de IA en la educación matemática aún está en sus inicios, presentando un área significativa para la investigación y desarrollo.

Se pretende explorar cómo las herramientas basadas en IA pueden ser adaptadas y aplicadas en el contexto educativo colombiano, considerando factores como el idioma, la cultura y los retos específicos del sistema educativo. La meta es proporcionar un marco para el uso efectivo de la IA en la mejora de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas en las instituciones educativas colombianas.

### **1.4.1 Referente Antecedentes**

La incorporación de la IA en la educación ha sido un tema de investigación abordado en múltiples contextos globales, reflejando una tendencia creciente hacia la innovación educativa. Artiles et al. (2021) estudiaron el estado actual de los agentes conversacionales y chatbots para su uso en entornos educativos virtuales. Evaluaron diversos proyectos que implementan este tipo de sistemas para brindar recursos educativos, tutoría y soporte al aprendizaje de los estudiantes. Sus hallazgos mostraron que, si bien estos agentes aún presentan limitaciones, su uso puede complementar la labor de los docentes, principalmente en la provisión de información y apoyo inicial.

Por su parte, Rizvi, Waite y Sentance (2023) realizaron una revisión exhaustiva de literatura científica para identificar las formas en que la Inteligencia Artificial ha impactado la enseñanza y el aprendizaje en los últimos años. Identificaron tres tendencias principales: *1) el uso de recursos educativos digitales como simulaciones y entornos de realidad virtual y aumentada, 2) sistemas de tutoría inteligente que ofrecen retroalimentación personalizada, y 3) herramientas de análisis de datos educativos que permiten comprender mejor las necesidades y progreso de los estudiantes.* Sus conclusiones sugieren que la IA tiene un gran potencial para transformar la educación al personalizar experiencias de aprendizaje.

A nivel local, algunos trabajos también han abordado esta temática. Parra et al. (2023) implementaron un Chatbot educativo para apoyar el aprendizaje flexible de estudiantes universitarios. Evaluaron su utilidad y factibilidad mediante entrevistas y encuestas a los usuarios. Los resultados mostraron una percepción positiva de este tipo de herramientas como facilitadoras del acceso a la información y recursos educativos. Asimismo, Paredes (2021) desarrollo un proyecto piloto de tutoría inteligente mediante agentes conversacionales para alumnos de educación secundaria. A través de entrevistas con docentes y estudiantes, analizo las posibilidades y retos de incorporar la IA en los procesos de enseñanza y aprendizaje escolar.

La revisión de antecedentes sugiere que, si bien la IA en educación aún se encuentra en una etapa temprana de desarrollo e implementación, existe un gran potencial para que sistemas como chatbots, recursos educativos digitales, tutoría inteligente y análisis de datos transformen positivamente los procesos educativos al personalizar la enseñanza y el apoyo al aprendizaje. En la mayoría de las investigaciones, los hallazgos preliminares indican una percepción favorable de estudiantes y docentes hacia el uso de estas herramientas. Sin embargo, aún se requiere profundizar en su impacto a mediano y largo plazo.

### **1.4.2 Referente teórico**

Dentro del campo de la pedagogía, diversos autores se han aproximado al estudio de la Inteligencia Artificial aplicada a la educación. De acuerdo con García, Mora y Ávila (2020), la IA educativa posee un gran potencial para revolucionar los modelos tradicionales de enseñanza y facilitar procesos de aprendizaje más personalizados e inclusivos. Algunas de las líneas teóricas que propone incluyen: implementar sistemas de tutoría adaptativa que brindan retroalimentación individualizada según las necesidades de cada estudiante, crear experiencias de aprendizaje activo mediadas por entornos virtuales y simulaciones, y desarrollar herramientas de análisis de datos educativos (educational data mining) para comprender mejor las trayectorias de los alumnos.

Del mismo modo, La Organización de Estados Iberoamericanos para la educación, la ciencia y la cultura (OEI) plantea que los sistemas de IA en educación pueden revolucionar los modelos pedagógicos al posibilitar nuevas formas de instrucción centradas en el estudiante. Señala como ejes teóricos clave el diseño de contenidos y actividades

adaptativas, entornos virtuales inmersivos que promueven aprendizajes significativos, y el uso de la analítica de datos para ofrecer recomendaciones personalizadas que apoyen la toma de decisiones educativas. Asimismo, propone que este nuevo marco pedagógico requiere repensar aspectos como los roles del docente, el aprendizaje colaborativo y la evaluación formativa continua.

Estos planteamientos revelan que la IA educativa constituye un cambio de paradigma en los modelos pedagógicos tradicionales, al ofrecer nuevas posibilidades para personalizar el aprendizaje, adaptar actividades a necesidades individuales y apoyar procesos de enseñanza mediante datos e información relevante. Esto supone replantear concepciones clave para la educación como los roles del docente y el estudiante, así como los modos de evaluación y toma de decisiones educativas.

### **1.4.3 Referente legal**

Este trabajo de investigación se fundamenta en diversos referentes legales vigentes en Colombia, los cuales son esenciales para el desarrollo y comprensión de la temática abordada. Entre las normativas más relevantes se incluyen la Constitución Política de Colombia de 1991, que establece los principios fundamentales del Estado y los derechos de los ciudadanos. Asimismo, se han considerado las leyes específicas relacionadas con el área de estudio, incluidas las normativas emitidas por el Ministerio de Educación Nacional, las cuales regulan los estándares académicos y los criterios de calidad para programas de educación superior en el país.

El marco legal proporciona el fundamento necesario para abordar críticamente los aspectos investigados, garantizando así un enfoque riguroso y conforme a las disposiciones legales colombianas.

Tabla 1-2: Referente legal

Reglamentación	Texto de la norma	Contexto de la norma
<p><b>Constitución Política de Colombia. 1991</b></p> <p><b>Art. 67</b></p>	<p>La educación es un derecho de la persona y un servicio público que tiene una función social: con ella se busca el acceso al conocimiento, a la ciencia, a la técnica, y a los demás bienes y valores de la cultura (...) La educación será gratuita en las instituciones del Estado, sin perjuicio del cobro de derechos académicos a quienes puedan sufragarlos.</p>	<p>El Art. 67 de la Constitución Política de Colombia constituye la primera directriz que va a darle dirección a la normativa. Así pues, el derecho a la educación, en particular en las instituciones del Estado, será el motivo por el cual se debe pensar en cambios en la enseñanza para brindar a cualquier persona un excelente proceso.</p>
<p><b>Ley 30 de diciembre 28 de 1992. MEN</b></p> <p><b>Art. 4</b></p>	<p>(...) Por ello, la Educación Superior se desarrollará en un marco de libertades de enseñanza, de aprendizaje, de investigación y de cátedra.</p>	<p>En el marco de la Educación Superior, la Ley 30 orienta la Educación al logro de la autonomía personal de los estudiantes a través de la universalidad de los saberes y la particularidad de la cultura.</p>
<p><b>Decreto - Ley 1210 de 1993 República de Colombia.</b></p> <p><b>Art. 1</b></p> <p><b>Art. 4</b></p>	<p>La Universidad Nacional de Colombia es un ente universitario autónomo del orden nacional, "cuyo objeto es la educación superior y la investigación, a través del cual el Estado, conforme a la Constitución política, promoverá el desarrollo de la educación superior hasta sus más altos niveles, fomentará el acceso a ella y desarrollará la investigación, la ciencia y las artes para alcanzar la excelencia".</p> <p>(...) La Universidad Nacional de Colombia tendrá plena independencia para decidir sobre sus programas de estudio, investigativos y de extensión.</p>	<p>La Universidad Nacional de Colombia como ente estatal y autónomo permite a los docentes libertad de cátedra para alcanzar la excelencia académica a través de sus programas y asignaturas.</p> <p>Es muy importante resaltar que al estar dentro del sistema educativo de la Universidad se podrá tener plena independencia de decisión en cualquier tipo de propuesta frente al plan de estudio y/o de las asignaturas; lo que permite desarrollar sin complicaciones el trabajo que se propone.</p>



## 2.Revisión sistemática de la literatura

La premisa central de esta investigación se fundamenta en la hipótesis de que, al integrar adecuadamente la IA en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, es posible facilitar una experiencia educativa más personalizada, interactiva y eficiente. De esta manera, se atienden las necesidades individuales de los estudiantes, superando las limitaciones inherentes a los métodos de enseñanza tradicionales.

La metodología implementada en este estudio se enmarca dentro de la investigación cualitativa y cuantitativa, utilizando como estrategia principal la revisión sistemática de la literatura. Este enfoque metodológico no solo permite la acumulación y síntesis de evidencia científica existente, sino también la identificación de lagunas de conocimiento y la generación de nuevas preguntas de investigación. Para asegurar la exhaustividad y pertinencia de la revisión, se seleccionaron bases de datos científicas de primera línea, enfocándose en aquellas especializadas en tecnología educativa, pedagogía y ciencias computacionales, incluyendo Dialnet, Scopus, ScienceDirect y Semantic Scholar. La búsqueda se limitó a publicaciones en inglés y español entre los años 2015 y 2023, con el fin de capturar el estado del arte actual en un campo que se caracteriza por su rápida evolución.

Los criterios de inclusión para los estudios se definieron con meticulosidad, enfocándose en garantizar la relevancia y la rigurosidad metodológica de las investigaciones revisadas. Se priorizaron aquellos trabajos que demostraban una aplicación práctica de la IA en contextos educativos matemáticos, examinando de manera explícita sus efectos sobre el rendimiento académico y la motivación de los estudiantes, así como sus implicaciones en la dinámica de enseñanza. En términos de rigor metodológico, se requirió que los estudios contaran con un diseño experimental o cuasiexperimental, muestras adecuadamente dimensionadas y representativas, análisis estadísticos robustos, y resultados replicables y verificables. Además, se excluyeron las investigaciones que abordaban la IA desde

perspectivas ajenas a la pedagogía matemática específica o aquellas que no cumplieran con los estándares de validez y fiabilidad necesarios para asegurar la calidad científica.

El proceso de selección de los estudios se desarrolló en cuatro fases: Identificación, Selección, Elegibilidad e Inclusión. Inicialmente, se identificaron más de noventa artículos relacionados con el tema de estudio en distintas bases de datos científicas especializadas. La figura 2-1 muestra el proceso de selección de los estudios implementados en la presente investigación.

**Figura 2-1:** Proceso de selección de estudios



- **Fase de Identificación:** En esta etapa inicial, se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva y sistemática en múltiples bases de datos académicas de amplio reconocimiento, con el objetivo de recopilar todos los estudios potencialmente relevantes para la investigación. Se utilizaron combinaciones de palabras clave específicamente diseñadas para abarcar la amplia gama de interacciones entre la IA y la pedagogía matemática, asegurando así una cobertura completa del corpus literario existente sobre el tema.

- **Fase de Selección:** Posteriormente, se procedió a una primera filtración de los artículos recopilados. En esta fase, se descartaron aquellos estudios que no cumplían con los criterios preliminares de relevancia temática, como aquellos que no abordaban explícitamente la integración de la IA en entornos educativos matemáticos o que carecían de un enfoque pedagógico directo.
- **Fase de Elegibilidad:** En este paso crucial, se realizó una evaluación más detallada y crítica de los estudios previamente seleccionados. Esta revisión incluyó un análisis exhaustivo de la metodología empleada en cada investigación, la robustez de los resultados obtenidos y su relevancia directa con los objetivos pedagógicos en matemáticas y la integración efectiva de tecnologías de IA. Se prestó especial atención a la validez de los instrumentos de recolección de datos y a la coherencia de las conclusiones presentadas con las hipótesis planteadas.
- **Fase de Inclusión:** Finalmente, tras una rigurosa evaluación por pares, se incluyeron en el estudio aquellos artículos que cumplían con todos los criterios de calidad y relevancia meticulosamente establecidos. Este proceso garantizó la selección de evidencia científica de la más alta calidad, proporcionando una base sólida y fiable para el análisis y la discusión de la integración de la IA en la enseñanza de la matemática.

Este abordaje metodológico, caracterizado por su rigor y sistematicidad, no solo subraya la relevancia de la IA en la educación matemática como un área de investigación emergente y de significativo potencial transformador, sino que también establece una sólida base para la comprensión de su estado actual y las direcciones futuras.

## 2.1 Herramientas de IA utilizadas en la enseñanza de las matemáticas.

La IA está revolucionando la enseñanza de las matemáticas, y su impacto se ha reflejado en diversas tendencias y desafíos. Según el Boletín de la Sociedad Chilena de Educación Matemática, edición julio 2023 "Inteligencia Artificial y Educación Matemática:

oportunidades y desafíos” (L., Pedro, 2023), la IA está transformando la forma en que enseñamos y aprendemos, y se están desarrollando soluciones para evaluar la fluencia y precisión lectora, así como proyectos que unen la IA con el juego para mejorar la lectoescritura, lo que a su vez impacta en la inclusión educativa. Asimismo, se han destacado herramientas de IA para el aprendizaje de las matemáticas, como MATHia, que proporciona tutoría adaptativa y analiza el progreso de los estudiantes. Estas tendencias reflejan el potencial de la IA para mejorar la enseñanza de las matemáticas y la necesidad de abordar aspectos clave para su implementación exitosa.

Diversas publicaciones muestran un incremento sostenido en el periodo analizado (2015-2023), identificando tres principales tendencias en herramientas de IA estudiadas: tutores inteligentes (Pelánek, 2017), entornos adaptativos masivos (Rodríguez, 2021) y realidad aumentada (Montenegro y Fernández, 2022)

En la tabla 2-1, se presentan algunas de las principales aplicaciones para la enseñanza de las matemáticas que hacen uso de herramientas de IA, junto con una descripción detallada de sus características.

**Tabla 2-1:** Aplicación de IA para la enseñanza de las matemáticas  
Fuente: Quiroz Rosas, V. (2023).

Plataforma	Descripción
ADIMAT	<p>Plataforma educativa diseñada específicamente para la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas.</p> <p>Se enfoca en ofrecer recursos didácticos digitales adaptativos que se ajustan al nivel de conocimiento y ritmo de aprendizaje de cada estudiante.</p> <p>La plataforma utiliza técnicas de inteligencia artificial para personalizar el contenido, proporcionando ejercicios, problemas y actividades que se alinean con los objetivos curriculares y las necesidades individuales de los alumnos. (Grupo edebé, 2023)</p>
CameraMath	<p>Aplicación educativa innovadora diseñada para ayudar tanto a estudiantes como a educadores en el campo de las matemáticas.</p> <p>Utilizando la tecnología de reconocimiento óptico de caracteres (OCR), los usuarios pueden tomar fotografías de problemas matemáticos impresos o escritos a mano, y la aplicación</p>

	<p>proporciona soluciones paso a paso, explicaciones detalladas y, en algunos casos, videos tutoriales.</p> <p>Esta herramienta busca no solo ofrecer la respuesta correcta, sino también enseñar el proceso de resolución, fomentando así un aprendizaje profundo y comprensivo de los conceptos matemáticos.</p>
MATHia	<p>Desarrollada por Carnegie Learning, esta herramienta está enfocada en proporcionar una experiencia de aprendizaje personalizada para cada estudiante, adaptándose a su ritmo y nivel de habilidad individual.</p> <p>Una de las características distintivas de MATHia es su enfoque en el aprendizaje basado en competencias, promoviendo la profundización en conceptos matemáticos a través de prácticas y ejercicios interactivos que imitan situaciones del mundo real.</p> <p>Esto no solo ayuda a los estudiantes a entender mejor las matemáticas, sino que también les enseña a aplicar lo que han aprendido en contextos prácticos.</p>
Maple Calculator	<p>Desarrollada por Maplesoft, una compañía reconocida por su software de matemáticas avanzadas, Maple Calculator va más allá de ser una simple calculadora, ofreciendo capacidades de cálculo simbólico y numérico, lo que la hace particularmente útil para una amplia gama de tareas matemáticas.</p> <p>Una de las características más destacadas es su capacidad para resolver problemas paso a paso, mostrando a los usuarios el proceso de resolución, lo que facilita la comprensión de los métodos matemáticos y mejora las habilidades de aprendizaje.</p>
Matemáticas ProFuturo	<p>Plataforma educativa que integra recursos didácticos digitales, actividades interactivas y juegos educativos diseñados para hacer del aprendizaje de las matemáticas una experiencia más atractiva, comprensible y eficaz.</p> <p>A través del uso de estas herramientas, los estudiantes pueden construir conocimientos matemáticos de manera autónoma y personalizada, al tiempo que desarrollan habilidades críticas como el razonamiento lógico, la resolución de problemas y la creatividad.</p> <p>plataforma para nivel alumnos entre una edad 8 y 12 años, (Fundación ProFuturo, s.f.).</p>

La inclusión de estas y otras plataformas digitales en la enseñanza de las matemáticas supone un avance importante en la metodología educativa actual. Estas herramientas brindan una amplia variedad de recursos didácticos, interactivos y personalizables que enriquecen el proceso de aprendizaje, fomentan la participación del estudiante y potencian

el desarrollo de habilidades analíticas y la resolución de problemas críticos en el ámbito matemático.

La utilización de estas plataformas en el ámbito educativo promueve una aproximación más dinámica y adaptativa a la enseñanza de las matemáticas, permitiendo que los educadores personalicen el aprendizaje según las necesidades individuales de cada estudiante. Esto no solo aumenta el interés y la motivación hacia el estudio de las matemáticas, sino que también mejora la comprensión de conceptos complejos a través de métodos visuales, interactivos y prácticos.

Asimismo, la capacidad de estas herramientas para brindar retroalimentación instantánea y evaluaciones formativas contribuye de manera significativa al proceso de enseñanza-aprendizaje, permitiendo a los estudiantes identificar y corregir errores en tiempo real, y a los docentes ajustar sus estrategias didácticas de manera más efectiva.

## **2.2 Impacto de la IA en el aprendizaje de las matemáticas.**

El impacto de la IA en el aprendizaje de las matemáticas es un tema que está generando cada vez más interés en el ámbito educativo. Esta fascinación no solo se debe a la capacidad de la IA para transformar los métodos pedagógicos tradicionales, sino también a su potencial para personalizar la enseñanza y adaptarla a las necesidades individuales de cada estudiante. Sin embargo, a pesar de las promesas que ofrece, la integración de la IA en la educación matemática presenta desafíos y críticas, especialmente en lo que respecta a su efectividad pedagógica, implicaciones éticas y accesibilidad.

Desde una perspectiva pedagógica, la IA puede proporcionar herramientas innovadoras que facilitan el aprendizaje autónomo y diferenciado. Los sistemas expertos, las plataformas adaptativas y los asistentes virtuales son solo algunos ejemplos de cómo la IA puede contribuir a ofrecer una educación matemática más personalizada y accesible (Parra Sánchez, Torres Pardo y Martínez de Meriño, 2023). Estas tecnologías permiten ajustar el ritmo de aprendizaje, el nivel de dificultad de los contenidos y brindar retroalimentación instantánea, aspectos considerados fundamentales para mejorar la comprensión matemática de los estudiantes.

No obstante, la implementación de la IA en el aprendizaje de las matemáticas no debe limitarse únicamente al desarrollo tecnológico, sino que también debe tener en cuenta la pedagogía subyacente. Murillo y Zamorano (2021) destacan la importancia de integrar adecuadamente la IA dentro de un marco pedagógico que fomente el razonamiento crítico, la resolución de problemas y la creatividad. Esto plantea un desafío significativo, ya que requiere que los educadores no solo dominen el uso de estas herramientas, sino que también comprendan cómo alinearlas con los objetivos de aprendizaje matemático.

Además, la personalización del aprendizaje a través de la IA plantea interrogantes sobre la equidad y la inclusión. Si bien la tecnología tiene el potencial de adaptarse a las necesidades individuales, también existe el riesgo de ampliar la brecha digital y socioeconómica entre los estudiantes. Aquellos con acceso limitado a recursos tecnológicos o con menor soporte en el hogar pueden encontrarse en desventaja, lo que podría perpetuar o incluso exacerbar las desigualdades existentes en el ámbito educativo (García-Peñalvo & Mendes, 2018).

Por otro lado, la efectividad de la IA en el aprendizaje de las matemáticas aún es objeto de debate. Aunque existen estudios que reportan mejoras significativas en el rendimiento estudiantil (Val-Fernández, 2023), también hay críticas que apuntan a la falta de evidencia sólida que respalde estos hallazgos, especialmente a largo plazo. La variabilidad en los contextos educativos, la diversidad de las herramientas de IA y la metodología de investigación son factores que pueden influir en los resultados obtenidos, lo que sugiere la necesidad de más estudios empíricos y revisiones sistemáticas para comprender mejor el impacto real de la IA en la educación matemática.

Ante el análisis crítico sobre el impacto de la IA en el aprendizaje de las matemáticas, se hace evidente la complejidad y multidimensionalidad de su aplicación en el ámbito educativo. Es crucial abordar tanto las promesas como los desafíos que presenta la integración de estas tecnologías, para luego explorar cómo lejos de reemplazar la figura del educador, la IA puede ser un complemento sustancial que enriquece el proceso de enseñanza-aprendizaje. La implementación de herramientas de IA en la enseñanza de las matemáticas no debe ser vista como una amenaza para el rol del docente, sino más bien como un complemento valioso que enriquece el proceso educativo. A pesar de los avances tecnológicos, es fundamental reconocer que la IA aún está lejos de reemplazar por completo la interacción humana y el juicio pedagógico que los educadores aportan al aprendizaje. Desde esta perspectiva, la utilización de la IA se presenta como una

oportunidad para potenciar la enseñanza de las matemáticas, siempre y cuando se enmarque dentro de una estrategia didáctica bien definida y centrada en el estudiante.

La IA puede desempeñar un papel crucial en la identificación y adaptación a las necesidades de aprendizaje individuales, algo que, debido a las limitaciones de tiempo y recursos, puede resultar desafiante para los docentes en entornos educativos tradicionales. Herramientas como sistemas de tutoría inteligentes y plataformas de aprendizaje adaptativo pueden ofrecer prácticas personalizadas y retroalimentación inmediata, ayudando a los estudiantes a progresar a su propio ritmo y de acuerdo con sus capacidades únicas (González, 2022). Esto no solo mejora la experiencia de aprendizaje para el estudiante, sino que también permite a los docentes centrarse en aspectos más complejos de la enseñanza, como fomentar el pensamiento crítico, la colaboración y la aplicación de conceptos matemáticos en contextos reales.

Además, el uso de la IA en la educación matemática puede facilitar la implementación de enfoques pedagógicos innovadores, como el aprendizaje basado en problemas y el aprendizaje invertido. Estos métodos promueven una mayor interacción y participación del estudiante en el proceso de aprendizaje, permitiendo que el docente actúe más como un facilitador que guía y motiva, en lugar de un transmisor de conocimientos (Durán y Viguera, 2023). *La IA, al asumir tareas repetitivas y de bajo nivel cognitivo, libera tiempo para que los educadores se dediquen a actividades más significativas, como la discusión en clase, el diseño de proyectos interdisciplinarios y la atención individualizada a los estudiantes.*

Cabe destacar que la eficacia de la IA en la enseñanza de las matemáticas depende en gran medida de su integración consciente y reflexiva en el currículo. Esto implica una formación adecuada para los docentes, no solo en el manejo de herramientas tecnológicas, sino también en la comprensión de cómo estos recursos pueden complementar y enriquecer las prácticas pedagógicas existentes. La colaboración entre investigadores en educación, desarrolladores de tecnología y profesionales del aula es esencial para diseñar soluciones de IA que respondan a los objetivos educativos y que se alineen con las teorías del aprendizaje (Noss & Hoyles, 2019).

Por lo tanto, lejos de sustituir a los docentes, la IA tiene el potencial de transformar la enseñanza de las matemáticas en una experiencia más dinámica, interactiva y



personalizada. Al aprovechar las capacidades de la IA dentro de un marco pedagógico bien considerado, los educadores pueden mejorar significativamente el aprendizaje matemático, preparando a los estudiantes para enfrentar los desafíos del siglo XXI con confianza y competencia. La clave para el éxito en esta empresa radica en el equilibrio entre la innovación tecnológica y el invaluable papel humano en la educación, asegurando que la tecnología sirva como una herramienta para amplificar, y no para reemplazar, la enseñanza de calidad y el aprendizaje significativo.

## 2.3 Desafíos y oportunidades para el uso de la IA en la enseñanza de las matemáticas.

La IA ha revolucionado varios aspectos de nuestra vida cotidiana y se ha convertido en una herramienta poderosa en diversos campos, incluida la educación. En particular, la enseñanza de las matemáticas presenta desafíos únicos que pueden beneficiarse de la implementación de la IA. Sin embargo, este avance tecnológico también plantea cuestiones que deben abordarse adecuadamente para garantizar un uso eficaz y ético de la IA en la educación matemática.

**Tabla 2-2:** Desafíos de la IA en la enseñanza de las matemáticas

Desafío	Problemática
Dependencia tecnológica	La introducción de la IA en el aula puede generar una dependencia excesiva de la tecnología, lo que podría limitar el desarrollo del pensamiento crítico y la resolución de problemas por parte de los estudiantes.
Sesgo algorítmico	Los algoritmos utilizados en la IA pueden estar sujetos a sesgos inherentes, lo que puede afectar la equidad y la inclusión en la educación matemática. Es fundamental desarrollar y utilizar algoritmos imparciales y asegurarse de que la IA no perpetúe las desigualdades existentes.

Falta de preparación y formación docente	<p>Muchos educadores se encuentran desprovistos de las competencias necesarias para integrar eficazmente herramientas de IA en sus prácticas pedagógicas. Además, existe una preocupación creciente sobre la equidad en el acceso a estas tecnologías, ya que los estudiantes de entornos socioeconómicos desfavorecidos pueden no disponer de los recursos necesarios para beneficiarse de estas herramientas (García-Peñalvo &amp; Mendes, 2018).</p>
--	---

Otro aspecto crítico relacionado con la aplicación de la IA en la enseñanza de las matemáticas es la ética de los datos. La personalización requiere la recolección y análisis de grandes volúmenes de información personal sobre los estilos de aprendizaje, el rendimiento y las preferencias de los estudiantes. Esto plantea preguntas sobre la privacidad, el consentimiento y el uso adecuado de estos datos (Holmes, Bialik, & Fadel, 2023). La transparencia en el manejo de la información y la protección contra el uso indebido son fundamentales para fomentar un ambiente de confianza entre estudiantes, padres y educadores.

A pesar de estos desafíos, la integración de la IA en la educación matemática ofrece oportunidades significativas para mejorar el aprendizaje. Las herramientas de IA pueden proporcionar evaluaciones personalizadas, adaptarse a las necesidades individuales de los estudiantes y proporcionar retroalimentación en tiempo real, lo que puede ayudar a los estudiantes a identificar y corregir errores de manera más efectiva.

Además, sistemas inteligentes de trabajo colaborativo y tutores virtuales pueden facilitar una experiencia de aprendizaje más interactiva y atractiva, aumentando la motivación y el compromiso de los estudiantes (Li & Ma, 2010). La colaboración y tutoría virtual son dos oportunidades clave que la IA ofrece en la enseñanza de las matemáticas. Estas herramientas permiten a los estudiantes interactuar entre sí y recibir apoyo adicional, mejorando significativamente su experiencia de aprendizaje.

En primer lugar, la colaboración virtual facilita el trabajo en equipo y el intercambio de ideas entre estudiantes. La IA puede habilitar plataformas en línea donde los estudiantes pueden

colaborar en tiempo real, resolver problemas matemáticos juntos y discutir conceptos. Esto fomenta el aprendizaje activo y estimula el pensamiento crítico. Además, la colaboración virtual rompe las barreras geográficas y permite que estudiantes de diferentes regiones o incluso países trabajen en conjunto, enriqueciendo la diversidad de perspectivas y conocimientos.

En segundo lugar, la tutoría virtual brinda a los estudiantes acceso a apoyo individualizado y personalizado. La IA puede ofrecer tutoría adaptativa, ajustando la enseñanza y los recursos según las necesidades específicas de cada estudiante. Esto significa que los estudiantes pueden recibir explicaciones claras y detalladas, así como ejemplos relevantes, de acuerdo con su nivel de comprensión y ritmo de aprendizaje. La tutoría virtual también puede proporcionar retroalimentación inmediata sobre los errores y ofrecer sugerencias para mejorar, lo que ayuda a los estudiantes a corregir sus deficiencias y avanzar en su aprendizaje de manera más eficiente.

La colaboración y tutoría virtual a través de la IA también ofrecen beneficios para los docentes. Los maestros pueden monitorear el progreso de los estudiantes en tiempo real y recopilar datos sobre sus fortalezas y áreas de mejora. Esto les permite identificar las necesidades individuales de los estudiantes y adaptar su enfoque de enseñanza en consecuencia. Además, la tutoría virtual puede ayudar a aliviar la carga de trabajo de los maestros al proporcionar apoyo adicional a los estudiantes fuera del horario de clase, lo que permite una atención más personalizada sin requerir una presencia física constante.

Es importante destacar que, si bien la colaboración y tutoría virtual son oportunidades valiosas, también es esencial equilibrar su implementación con la interacción humana. La IA no debe reemplazar completamente la presencia de los maestros o el trabajo en equipo cara a cara entre los estudiantes. La combinación de la tecnología y las interacciones humanas es fundamental para un aprendizaje matemático completo y enriquecedor.



## 3. Propuesta en acción

### 3.1 Recomendaciones para la implementación efectiva de la IA en la enseñanza de las matemáticas.

La implementación efectiva de la IA en la enseñanza de las matemáticas representa una vanguardia pedagógica que promete revolucionar los métodos didácticos tradicionales, promoviendo un aprendizaje más personalizado, interactivo y eficiente. Sin embargo, su implementación efectiva requiere de una planificación cuidadosa y una comprensión profunda de las necesidades del estudiantado y del contexto educativo.

En la revisión sistemática de literatura realizada en bases de datos académicas sobre el uso de la IA en la enseñanza de las matemáticas, se analizaron treinta y siete artículos relevantes publicados entre los años 2015 y 2023. El objetivo fue identificar los factores que contribuyen a una implementación exitosa de la IA. Los hallazgos indican que la IA puede mejorar significativamente el aprendizaje de las matemáticas, siempre y cuando se tomen en consideración aspectos clave, como:

- **Capacitación a educadores en el uso de la tecnología:** Es imprescindible proporcionar formación y desarrollo profesional a los docentes sobre el uso pedagógico de la IA. Esto debe incluir estrategias didácticas innovadoras y gestión eficaz de herramientas tecnológicas, asegurando una integración efectiva en el proceso educativo.
- **Diseño de actividades alineadas a objetivos de aprendizaje:** Las herramientas de IA deben emplearse para complementar y enriquecer el currículo matemático

existente, asegurando que estén alineadas con los objetivos específicos de aprendizaje y las necesidades de los estudiantes.

- **Retroalimentación formativa para identificar brechas:** Las plataformas de IA deberían facilitar retroalimentación formativa instantánea, permitiendo a los estudiantes reconocer sus fortalezas y debilidades, así como corregir errores de manera oportuna. Este enfoque es crucial para identificar y atender brechas en el aprendizaje, ofreciendo soporte individualizado cuando sea necesario.
- **Adaptación al nivel de conocimiento del estudiante:** Es fundamental utilizar plataformas de IA que adapten los contenidos y niveles de dificultad de manera dinámica, basándose en la evolución y respuestas individuales de cada alumno.
- **Fomento de la interacción social y colaborativa:** Los entornos de aprendizaje deben ser interactivos y fomentar la colaboración, permitiendo que los estudiantes trabajen conjuntamente en la resolución de problemas y la construcción de conocimiento. Este método promueve el desarrollo de habilidades sociales y de comunicación, y estimula la participación activa en el proceso de aprendizaje.
- **Desarrollo de habilidades de pensamiento crítico:** La aplicación de la IA en la educación matemática debería enfocarse también en el desarrollo de habilidades críticas de análisis, resolución de problemas y toma de decisiones. Esto equipa a los estudiantes con las competencias necesarias para actuar de manera autónoma y exitosa en diversas situaciones.

La incorporación de la IA en la enseñanza de las matemáticas requiere de un enfoque holístico que tenga en cuenta tanto las capacidades tecnológicas como las necesidades pedagógicas. Las recomendaciones propuestas buscan orientar la implementación de la IA de manera que se maximice el aprendizaje matemático, alineándose con los principios fundamentales de la didáctica y la pedagogía. La personalización del aprendizaje, la adaptación continua, la retroalimentación constructiva, el fomento de la colaboración, la evaluación adaptativa y el desarrollo profesional de los docentes son elementos clave para el éxito. Este enfoque configura un ecosistema educativo que prepara a los estudiantes para enfrentar las exigencias y oportunidades de la era contemporánea.

## 3.2 Líneas de investigación futuras

La integración de la IA en la enseñanza de las matemáticas representa una de las áreas más prometedoras y desafiantes en el campo de la didáctica y la tecnología educativa. A medida que avanzamos hacia una sociedad cada vez más digitalizada, la educación, particularmente en disciplinas STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, por sus siglas en inglés), requiere de enfoques innovadores que no solo mejoren los procesos de aprendizaje, sino que también los hagan más inclusivos y personalizados. En este contexto, la IA ofrece un conjunto de herramientas y metodologías capaces de transformar radicalmente la enseñanza de las matemáticas.

En relación con las futuras direcciones de investigación en la aplicación de herramientas de IA en la enseñanza de matemáticas, se identifica un considerable potencial en áreas que abarcan:

- **Tutores inteligentes personalizados:** Los tutores inteligentes personalizados tienen un gran potencial para adaptarse a las necesidades individuales de los estudiantes. Por ejemplo, un estudio reciente desarrolló un sistema de tutoría adaptativo basado en IA que diseñaba problemas matemáticos personalizados y retroalimentación para estudiantes de secundaria (Chávez, 2021). Los resultados mostraron mejoras significativas en el rendimiento y la motivación de los estudiantes en comparación con métodos tradicionales. Se necesita más investigación para determinar cómo equilibrar la personalización con el desarrollo de habilidades matemáticas fundamentales.
- **Evaluación y diagnóstico automatizados:** La IA puede ayudar a los maestros a evaluar el trabajo de los estudiantes y diagnosticar brechas en su comprensión de conceptos matemáticos clave. Un modelo basado en aprendizaje automático demostró ser capaz de calificar con precisión respuestas de estudiantes a problemas de álgebra (Quiroz, 2023). Las Investigaciones futuras debe enfocarse en garantizar que estos modelos de calificación capturen razonamientos

matemáticos complejos, no solo respuestas correctas. También se debe estudiar cómo proporcionar retroalimentación automatizada significativa a los estudiantes sobre sus errores y malentendidos.

- **Realidad virtual (RV) y aumentada (RA) para visualización:** Las tecnologías inmersivas ofrecen oportunidades únicas para experiencias de aprendizaje interactivas. *La RV y la RA ofrecen experiencias educativas inmersivas y altamente interactivas que pueden ayudar a los estudiantes a visualizar y manipular conceptos abstractos de una manera más tangible y significativa* (Moya, 2023). Se necesita más investigación sobre cómo aprovechar al máximo el sentido de presencia y agency (capacidad de los usuarios de sentirse actores activos con control sobre sus acciones en un entorno inmersivo) único de la RV, al tiempo que se integra un andamiaje y orientación adecuados para un aprendizaje efectivo de las matemáticas.
- **Agentes conversacionales y tutores virtuales:** Tienen el potencial de proporcionar realimentación y apoyo continuos a los estudiantes. Por ejemplo, un tutor de Chatbot de matemáticas diseñado utilizando el modelo GPT-3.5 demostró la capacidad de explicar conceptos y resolver problemas de forma interactiva (Castro et al., 2023). Investigaciones adicionales pueden enfocarse en incrementar la capacidad pedagógica de estos agentes y validar su efectividad para mejorar el aprendizaje.
- **Sistemas de recomendación:** Representan una veta prometedora en el ámbito de la personalización y el enriquecimiento del proceso educativo. Estos sistemas, fundamentados en algoritmos de aprendizaje automático, son capaces de analizar detalladamente los datos relativos al progreso, interacción y desempeño de los estudiantes frente al material didáctico. A partir de este análisis, efectúan recomendaciones personalizadas sobre actividades de aprendizaje, materiales o estrategias pedagógicas que podrían resultar beneficiosas para cada estudiante (Paredes & Rodríguez, 2021). A modo de ejemplo, dichos sistemas tienen la capacidad de identificar los tipos de problemas matemáticos que representan un desafío particular para un estudiante, basándose en sus respuestas y comportamiento. Subsecuentemente, pueden sugerir tutoriales, ejemplos, ejercicios prácticos y consejos específicos destinados a facilitar la comprensión de



los conceptos que presentan dificultades. De igual manera, podrían proponer contenido desafiante adicional para aquellos estudiantes que se encuentren en un nivel avanzado. Se considera que las futuras líneas de investigación deberían concentrarse en el desarrollo de modelos robustos, los cuales deben ser entrenados con un volumen significativo de datos educativos.

Por otra parte, es fundamental investigar la manera óptima de comunicar las recomendaciones a los estudiantes, de modo que se fomente la autorregulación y la motivación en el aprendizaje de las matemáticas (Velásquez et al., 2020). El valor agregado de estos sistemas también depende en gran medida de su integración dentro de plataformas educativas más amplias que faciliten una interacción multidireccional. Mediante un diseño meticuloso y centrado en el usuario, los sistemas de recomendación impulsados por inteligencia artificial poseen el potencial de proporcionar un apoyo personalizado a cada estudiante, posibilitando así la maximización de su potencial en el ámbito matemático. Estos sistemas emergen como una línea de investigación altamente prometedora para la mejora de los resultados de aprendizaje.

### **3.3 Luisa: Sistema de recomendación basado en IA**

Si bien el foco principal de esta investigación se centra en el impacto que tienen las herramientas de IA en el aprendizaje de las matemáticas, su aplicación no se limita a un área de estudio específica. De hecho, el potencial de estos sistemas para transformar la educación se extiende a múltiples disciplinas, incluyendo el aprendizaje de idiomas.

En el contexto de la integración de herramientas de IA en el ámbito educativo, tuve el privilegio de representar, en calidad de docente, a la Institución Educativa Rodrigo Correa Palacio (Medellín). Esta participación se dio en el marco del evento "IA + Ciencia Escolar", auspiciado por la Corporación Ruta N y organizado por TEC12, empresa con fundamentos científico-tecnológicos dedicada a la promoción y adopción de tecnologías emergentes. El evento formativo, llevado a cabo entre el 4 de septiembre y el 10 de noviembre de 2023, contó con la participación de más de sesenta instituciones educativas de Medellín y su área metropolitana.

De este conjunto, únicamente diez proyectos fueron seleccionados para formar parte del evento de clausura y ceremonia de premiación, el cual tuvo lugar el 16 de noviembre de 2023 en las instalaciones del Centro de Innovación del Maestro MOVA.

Esta experiencia se inscribe dentro de un esfuerzo colaborativo por parte de las entidades educativas y organizaciones tecnológicas para fomentar la utilización y comprensión de la IA en contextos pedagógicos. La selección de nuestro proyecto para participar en la fase final del evento es testimonio del compromiso y la innovación que caracterizan a la Institución Educativa Rodrigo Correa Palacio en la incorporación de tecnologías avanzadas en el proceso educativo. Este hecho no solo resalta la calidad y el potencial de los proyectos desarrollados por nuestros estudiantes bajo la guía de sus docentes, sino que también subraya la importancia de establecer puentes entre el sector educativo y el tecnológico para enriquecer la formación de los jóvenes y prepararlos para los desafíos del futuro.

**Figura 3-1:** Evento de clausura y ceremonia de premiación IA + Ciencia Escolar  
Fuente: <https://www.rutanmedellin.org/noticias/3945>

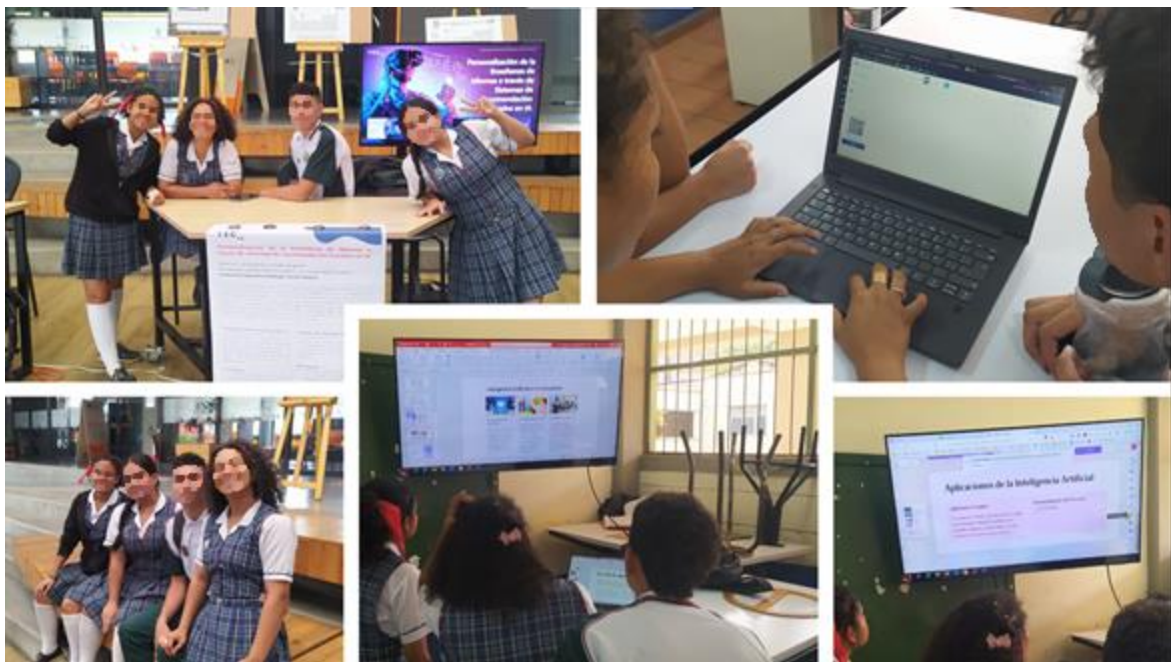


Desde el segundo semestre de 2023, la Institución Educativa Rodrigo Correa Palacio ha estado sumida en un proceso de remodelación y adecuación física y estructural, esencial para modernizar sus instalaciones y ofrecer un ambiente más adecuado para el aprendizaje. Este proceso de transformación, aunque ha presentado desafíos, ha influido de manera significativa en la dinámica de las clases y en la experiencia educativa de los estudiantes, quienes han tenido que adaptarse a un modelo de enseñanza híbrido que integra sesiones presenciales y virtuales.

En este contexto, es pertinente explorar cómo el uso de herramientas tecnológicas puede impactar de manera positiva en todas las dimensiones de la educación. Específicamente en el aprendizaje de idiomas, el impacto es notablemente relevante. La personalización que permite la inteligencia artificial puede ajustar los recursos de aprendizaje y los enfoques pedagógicos a las necesidades individuales de cada estudiante, potenciando así su proceso educativo.

Durante el transcurso de la investigación, se desarrolló y creó un innovador sistema de recomendación basado en Inteligencia Artificial para el aprendizaje de idiomas, el cual se ha denominado "Luisa". Este sistema constituye una contribución significativa en el campo de la educación lingüística, al incorporar los últimos avances en tecnologías de procesamiento del lenguaje natural, en particular, los modelos de Generación de Texto Preentrenados (GPTs). La implementación de "Luisa" transforma significativamente la metodología empleada en la enseñanza de idiomas, con un enfoque particular en el inglés, dentro del marco curricular colombiano.

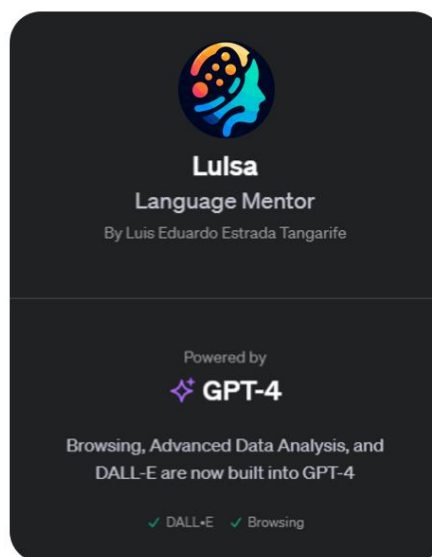
**Figura 3-2:** Desarrollo y presentación de “Luisa”



El desarrollo de "Luisa" se fundamenta en la aplicación de tecnologías de IA avanzadas, que permiten una personalización y adaptación sin precedentes del proceso de aprendizaje lingüístico. A través del uso de modelos GPTs, este sistema es capaz de analizar el nivel de competencia lingüística del usuario, sus intereses personales y sus necesidades educativas específicas, para luego ofrecer recomendaciones de contenido didáctico altamente personalizadas. Este enfoque asegura una experiencia de aprendizaje más atractiva, eficiente y conforme a los estándares académicos colombianos para la enseñanza del inglés como lengua extranjera.

La arquitectura de "Luisa" se diseñó para centralizar todo el currículo académico colombiano de inglés, facilitando así la integración de diversos recursos educativos, desde textos básicos hasta materiales multimedia avanzados. Este sistema no solo proporciona recomendaciones de estudio personalizadas, sino que también incluye evaluaciones formativas que permiten un seguimiento continuo del progreso del estudiante. Además, "Luisa" incorpora un módulo de retroalimentación que ajusta dinámicamente las recomendaciones de aprendizaje en función del desempeño y las preferencias del usuario.

**Figura 3-3:** Luisa Language Mentor



La metodología de desarrollo de "Luisa" implicó varias fases, comenzando con la recopilación y análisis de los estándares curriculares nacionales para la enseñanza de inglés. Posteriormente, se procedió a la selección y entrenamiento de modelos GPTs, con

el fin de adaptar estas herramientas de IA al contexto educativo específico de Colombia. Este proceso incluyó la curación de un vasto corpus de datos educativos en inglés, garantizando que el sistema estuviera alineado con los objetivos de aprendizaje y competencias lingüísticas definidos por el Ministerio de Educación Nacional.

La implementación de "Luisa" en el contexto educativo ha demostrado ser una herramienta revolucionaria para la enseñanza y aprendizaje del inglés. Los resultados preliminares indican mejoras significativas en la comprensión y expresión lingüística de los estudiantes, atribuibles a la capacidad del sistema para ofrecer un aprendizaje personalizado y adaptativo. Además, "Luisa" ha facilitado la labor docente, proveyendo a los educadores de un recurso pedagógico complementario que enriquece el proceso educativo y promueve una mayor interacción y motivación entre los estudiantes.

La culminación de este esfuerzo investigativo y de desarrollo tecnológico encontró su reconocimiento en la obtención del tercer lugar entre los proyectos de mayor impacto en la implementación de herramientas de Inteligencia Artificial en la educación, presentados en el marco del evento "IA + Ciencia Escolar". Este logro no solo subraya la relevancia y el potencial de "Luisa" como herramienta educativa innovadora, sino que también valida nuestra contribución al avance de la pedagogía mediante la integración de la IA en el currículo académico.

Es imperativo destacar que, aunque "Luisa" se centra primordialmente en la enseñanza del inglés como lengua extranjera, el proceso de desarrollo e implementación del sistema posee una versatilidad que permite su aplicación y ampliación a cualquier área del conocimiento.

### **3.3.1 ¿Qué se propone con Luisa?**

Motivado por el éxito alcanzado con el desarrollo de "Luisa", surge la oportunidad de extender y adaptar esta tecnología para la enseñanza de disciplinas adicionales, incluyendo de manera destacada las matemáticas. La perspectiva de aplicar un enfoque similar a esta materia fundamental me impulsa hacia la creación de una experiencia de aprendizaje matemático altamente personalizada, la cual se caracterizaría por adaptar de

manera precisa los recursos didácticos y las metodologías pedagógicas a las necesidades únicas y al ritmo de aprendizaje de cada individuo. Este proyecto no solo representa una evolución lógica y natural del trabajo previamente realizado con "Luisa", sino que también se configura como una intervención estratégica para abordar y reformular uno de los desafíos más persistentes en el ámbito educativo: la transformación de la enseñanza de las matemáticas en un proceso considerablemente más dinámico, accesible y motivador para estudiantes de todas las etapas académicas. Este enfoque innovador promete impulsar un cambio significativo en la percepción y el dominio de las matemáticas, facilitando así un entorno de aprendizaje que no solo es inclusivo sino también profundamente enriquecedor.

Para aquellos interesados en desarrollar un sistema de recomendación basado en IA similar a "Luisa", pero enfocado en la enseñanza de las matemáticas u otras disciplinas, es crucial seguir un conjunto estructurado de fases que guíen el proceso desde la concepción hasta la implementación y evaluación. Estas fases, delineadas con precisión técnica y académica, son esenciales para asegurar el éxito del proyecto:

### **Fase 1: Investigación y definición del alcance**

- Análisis de requerimientos: Identificar las necesidades específicas de aprendizaje en la disciplina objetivo y las expectativas de los usuarios finales.
- Revisión de literatura: Estudiar investigaciones existentes sobre sistemas de recomendación en IA y aplicaciones específicas en el campo educativo.
- Definición del alcance: Delimitar los objetivos del sistema, incluyendo las capacidades de personalización y adaptabilidad deseada.

### **Fase 2: Diseño conceptual del sistema**

- Arquitectura del sistema: Esbozar la estructura técnica del sistema, incluyendo la integración de bases de datos, el procesamiento y análisis de datos, y la interfaz de usuario.

### **Fase 3: Desarrollo y pruebas**

- Implementación de prototipos: Desarrollar un prototipo funcional del sistema, aplicando metodologías ágiles para iteraciones rápidas basadas en retroalimentación.
- Pruebas piloto: Implementación en entornos controlados para evaluar la funcionalidad, la usabilidad, y la eficacia pedagógica del sistema.

#### **Fase 4: Evaluación y ajustes**

- Análisis de datos: Recoger y analizar datos cuantitativos y cualitativos sobre el uso del sistema, incluyendo la mejora en el rendimiento de aprendizaje y la satisfacción del usuario.
- Ajustes basados en resultados: Realizar mejoras iterativas en el sistema basadas en los resultados de las pruebas y evaluaciones, refinando tanto los algoritmos como los contenidos didácticos.

#### **Fase 5: Implementación**

- Implementación completa: Lanzar el sistema a una audiencia más amplia, integrándolo en el entorno educativo objetivo.

#### **Fase 6: Seguimiento y mejora continua**

- Monitoreo continuo: Establecer mecanismos de seguimiento para evaluar continuamente el impacto del sistema en el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Actualizaciones y mejoras: Comprometerse con la actualización constante del sistema, incorporando nuevos avances en IA y pedagogía para mantener su efectividad y relevancia.

Este marco metodológico proporciona una guía comprehensiva para desarrolladores e investigadores interesados en crear sistemas de recomendación basados en IA que personalicen y enriquezcan el proceso educativo, alineándose con los avances tecnológicos y las necesidades pedagógicas actuales.

## 4. Principales hallazgos

La revisión crítica se efectuó siguiendo una metodología sistemática y rigurosa. Para ello, se seleccionaron estudios de relevancia publicados en revistas académicas de reconocido prestigio, además de informes de investigación y documentos emanados de organizaciones internacionales de alta credibilidad. El análisis detallado de estos estudios se orientó hacia la identificación de los principales temas y tendencias relacionados con el impacto que la IA ejerce en la enseñanza de las matemáticas. Este proceso metodológico permitió esclarecer las dimensiones fundamentales a través de las cuales la IA contribuye a la renovación de las prácticas pedagógicas en el ámbito matemático, destacando las potencialidades y desafíos inherentes a su implementación en contextos educativos. A continuación, se presentan los principales hallazgos de este estudio, teniendo en cuenta los aspectos destacados en las consideraciones previas.

- **Potencial transformador de la IA:** La IA tiene un enorme potencial para transformar la enseñanza de las matemáticas, haciéndola más personalizada, atractiva y efectiva. Las herramientas de IA pueden ayudar a los estudiantes a comprender conceptos matemáticos complejos de manera más profunda y significativa, y a desarrollar habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas.
- **Personalización del aprendizaje:** La IA permite crear experiencias de aprendizaje personalizadas y adaptables a los diferentes estilos de aprendizaje y ritmos de cada estudiante. Esto se logra mediante la evaluación en tiempo real del conocimiento y las habilidades de cada estudiante, lo que permite ajustar la dificultad de las actividades y brindar apoyo individualizado a aquellos que lo necesiten.
- **Entornos de aprendizaje interactivos y lúdicos:** La IA permite crear entornos de aprendizaje virtuales que incentivan la exploración y el descubrimiento. Juegos como DragonBox Algebra y Prodigy utilizan la gamificación y la IA para convertir el



aprendizaje de las matemáticas en una experiencia divertida y atractiva. Estudios como el de (Rodríguez & Ishmael, 2023), sugieren que los entornos de aprendizaje interactivos basados en IA pueden aumentar la motivación y el compromiso de los estudiantes en las matemáticas.

- **Desarrollo de habilidades metacognitivas:** La IA puede ayudar a los estudiantes a desarrollar una mejor comprensión de sus propios procesos de aprendizaje. Plataformas como Metacognition Engine y MindShift utilizan la IA para proporcionar a los estudiantes información sobre cómo aprenden, permitiéndoles identificar estrategias de aprendizaje más efectivas. La investigación de (Cázares & Páez, 2023) indica que el desarrollo de habilidades metacognitivas puede mejorar significativamente el rendimiento académico en general.
- **Fortalecimiento del rol del docente:** La IA libera al docente de tareas repetitivas como la calificación y la elaboración de materiales, permitiéndole dedicar más tiempo a la planificación de lecciones personalizadas, la interacción individual con los estudiantes y la evaluación formativa. Autores como (Clements & Sarama, 2018) señalan que la IA puede ayudar a los docentes a convertirse en facilitadores del aprendizaje, creando un entorno más efectivo para el desarrollo de las habilidades matemáticas de los estudiantes.

La IA tiene un enorme potencial para revolucionar la enseñanza de las matemáticas. Las investigaciones recientes indican que la IA puede ayudar a personalizar el aprendizaje, mejorar la evaluación formativa, crear entornos de aprendizaje interactivos y lúdicos, desarrollar habilidades metacognitivas y fortalecer el rol del docente. Sin embargo, es importante reconocer que la IA aún se encuentra en una etapa temprana de desarrollo en el ámbito educativo. Algunos desafíos que se deben afrontar incluyen:

- **Acceso equitativo a la tecnología:** Es necesario garantizar que todos los estudiantes tengan acceso a las herramientas y plataformas de IA.
- **Desarrollo de contenido de calidad:** Se requiere la creación de contenido educativo de alta calidad basado en IA.

- **Capacitación docente:** Es fundamental brindar a los docentes la formación necesaria para integrar la IA de manera efectiva en sus prácticas pedagógicas.
- **Consideraciones éticas:** Es necesario garantizar que los datos de los estudiantes se recopilen, almacenen y utilicen de manera responsable y ética. Esto incluye obtener el consentimiento de los estudiantes y sus padres, proteger la seguridad de los datos y evitar su uso para fines discriminatorios.

## 5. Conclusiones

La integración de la IA en la enseñanza de matemáticas representa un avance significativo que promete transformar las metodologías educativas y mejorar los procesos de aprendizaje. Mediante esta revisión crítica, se han identificado diversos hallazgos y consideraciones esenciales que subrayan la importancia y los desafíos asociados con la aplicación de la IA en este ámbito. Del análisis realizado, se han extraído conclusiones y descubrimientos relevantes, que destacan el papel fundamental que la IA puede desempeñar en la pedagogía matemática.

- **Capacitación Docente:** La implementación exitosa de la IA en la enseñanza de las matemáticas exige una formación específica para el profesorado. Los docentes deben adquirir las competencias necesarias para integrar la IA de forma efectiva en sus prácticas pedagógicas, comprendiendo sus beneficios y limitaciones.
- **Diseño de Actividades Alineadas a Objetivos de Aprendizaje:** La IA permite crear actividades personalizadas y adaptables a los diferentes estilos de aprendizaje y ritmos de cada estudiante. Estas actividades deben estar cuidadosamente diseñadas para alinearse con los objetivos de aprendizaje específicos de cada tema matemático.
- **Adaptación al Nivel de Conocimiento del Estudiante:** La IA puede evaluar el conocimiento y las habilidades de cada estudiante en tiempo real, posibilitando la creación de experiencias de aprendizaje personalizadas. Esto permite ajustar la dificultad de las actividades y brindar apoyo individualizado a aquellos que lo necesiten.
- **Énfasis en Habilidades de Pensamiento Crítico:** La IA no solo facilita la adquisición de conocimientos matemáticos, sino que también puede fomentar el

desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, como la resolución de problemas, la argumentación y la creatividad.

- **Sesgo Algorítmico:** Es imperativo reconocer y abordar la posibilidad de sesgo algorítmico en las herramientas de IA. Dicho sesgo puede manifestarse a través de la programación y los datos utilizados para entrenar estos sistemas, lo cual puede llevar a desigualdades en el aprendizaje y el acceso a la educación. Por lo tanto, es esencial implementar estrategias efectivas para mitigar estos sesgos y promover una enseñanza equitativa. Entre las medidas recomendadas se encuentra la diversificación de los datos de entrenamiento, auditorías regulares por parte de terceros y la transparencia sobre el funcionamiento de estos sistemas y bajo qué criterios toman decisiones.
- **Ética en el Tratamiento de Datos Personales:** La recopilación y el uso de datos personales por parte de las herramientas de IA deben regirse por principios éticos claros y transparentes. Es crucial proteger la privacidad de los estudiantes y garantizar el uso responsable de sus datos.

La IA tiene el potencial de enriquecer significativamente la enseñanza de las matemáticas, ofreciendo herramientas adaptativas que pueden personalizar el aprendizaje y promover habilidades críticas. Sin embargo, su implementación exitosa requiere una consideración cuidadosa de factores como la capacitación docente, el diseño de actividades, la adaptación al estudiante, la promoción de pensamiento crítico, la mitigación de sesgos y la ética en el manejo de datos. Abordar estos desafíos es fundamental para maximizar los beneficios de la IA en la educación matemática y asegurar una integración efectiva y responsable en los entornos educativos.

## 5.1 Reflexiones sobre el uso de la IA en la enseñanza de las matemáticas

La IA, aplicada en la enseñanza de las matemáticas, abarca desde sistemas de tutoría inteligente hasta plataformas adaptativas de aprendizaje, pasando por aplicaciones que utilizan el procesamiento de lenguaje natural para entender y responder a las consultas de

los estudiantes en términos matemáticos. Estas herramientas han demostrado ser particularmente útiles para personalizar el aprendizaje, identificar y abordar las brechas de conocimiento, y proporcionar retroalimentación instantánea y relevante a los estudiantes.

Un estudio clave en este campo es el de (Hidayat et al., 2022), que examinó el impacto de los sistemas de tutoría inteligente en la comprensión algebraica en estudiantes de secundaria. Los resultados indicaron mejoras significativas en el rendimiento de los estudiantes que utilizaron estos sistemas en comparación con aquellos que siguieron métodos de enseñanza tradicionales. Otro estudio relevante, realizado por Baker y Smith (2019), analizó el uso de plataformas de aprendizaje adaptativo en la enseñanza de la geometría, encontrando que estas herramientas pueden adaptarse eficazmente a las necesidades individuales de aprendizaje, promoviendo un mayor compromiso y comprensión de los conceptos matemáticos.

Sin embargo, la implementación de la IA en la educación matemática no está exenta de desafíos. Uno de los principales retos identificados en la literatura es la necesidad de garantizar que las herramientas de IA sean accesibles para todos los estudiantes, independientemente de su contexto socioeconómico. Además, existe la preocupación de que la dependencia excesiva de la tecnología pueda disminuir la importancia del razonamiento matemático y la interacción humana en el proceso de aprendizaje. Asimismo, la integración efectiva de la IA en el currículo requiere de formación adecuada para los docentes, quienes deben estar preparados para utilizar estas herramientas de manera efectiva y crítica.

En términos de tendencias, la investigación sugiere un creciente interés en el desarrollo de sistemas de IA que no solo personalicen el aprendizaje, sino que también fomenten habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas en matemáticas. Además, hay un reconocimiento creciente de la importancia de incluir en el diseño de estas herramientas, perspectivas éticas y de equidad, asegurando que la IA en la educación matemática sirva como un recurso para todos los estudiantes, promoviendo la inclusión y la diversidad.

Para avanzar en este campo, se propone una mayor colaboración entre investigadores en educación matemática, expertos en IA, docentes y estudiantes, para diseñar herramientas de IA que respondan efectivamente a las necesidades educativas reales. Además, es fundamental realizar más investigaciones que evalúen a largo plazo el impacto de estas tecnologías en el aprendizaje matemático, incluyendo estudios que consideren variables como la motivación del estudiante, el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y la capacidad de aplicar conocimientos matemáticos en contextos reales.

Además, es imperativo explorar las implicaciones éticas y de privacidad asociadas con la recolección y el análisis de datos personales de los estudiantes. La implementación de sistemas de recomendación basados en inteligencia artificial debe realizarse con un estricto cumplimiento de las normativas de protección de datos, asegurando la transparencia en el uso de la información y garantizando el consentimiento informado de los participantes. Este enfoque responsable no solo salvaguarda los derechos de los estudiantes, sino que también fomenta un ambiente de confianza, esencial para el éxito de cualquier intervención educativa tecnológica.

La personalización del aprendizaje, facilitada por estos sistemas, ofrece un camino hacia la democratización de la educación, permitiendo que estudiantes de diversos contextos y capacidades reciban una enseñanza adaptada a sus necesidades específicas. Sin embargo, es crucial que esta personalización no se traduzca en una segregación inadvertida o en la amplificación de desigualdades preexistentes. Por lo tanto, la investigación futura debe incluir el estudio de mecanismos que promuevan la equidad educativa, asegurando que todos los estudiantes, independientemente de su punto de partida, puedan beneficiarse de las oportunidades que la tecnología ofrece.

En cuanto a la implementación práctica, la capacitación de los educadores en el uso eficaz de sistemas de recomendación es un aspecto fundamental. Los profesionales de la educación deben estar equipados con el conocimiento y las habilidades necesarias para integrar estas herramientas en sus prácticas pedagógicas de manera efectiva. Esto implica no solo la comprensión técnica de cómo funcionan los sistemas, sino también la capacidad para interpretar sus recomendaciones y aplicarlas de manera que complementen y enriquezcan el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Finalmente, la evaluación continua de los sistemas de recomendación en entornos educativos reales constituye un componente crítico de la investigación en este campo. Es

esencial medir no solo la precisión de las recomendaciones, sino también su impacto en el aprendizaje y la motivación de los estudiantes. Estudios longitudinales que examinen los efectos a largo plazo de estas intervenciones tecnológicas en los resultados educativos serán indispensables para comprender su valor real y ajustar las prácticas según sea necesario.

En conclusión, la integración de sistemas de recomendación basados en inteligencia artificial en la educación matemática se presenta como una innovación con un potencial transformador significativo. Sin embargo, su éxito dependerá de la cuidadosa consideración de aspectos éticos, la promoción de la equidad, la capacitación efectiva de los educadores y la evaluación rigurosa de su impacto. La investigación futura en este campo debe ser multidisciplinaria, colaborativa y enfocada en la consecución de una educación más personalizada, accesible y efectiva para todos.

## Bibliografía

Artiles Rodríguez, J., Guerra Santana, M., Aguiar Perera, V., & Rodríguez- Pulido, J.A. (2021). Agente conversacional virtual: la inteligencia artificial para el aprendizaje autónomo. Pixel-Bit, Revista de Medios y Educación.

Alfonso Garzón, L.F., & LLanos Ayola, R.J. (2018). LA MODERNIZACIÓN DE LA EDUCACIÓN EN COLOMBIA: RETOS Y POSIBILIDADES. Revista Dialogus.

Baker, T., & Smith, L. (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](https://media.nesta.org.uk/documents/Future_of_AI_and_education_v5_WEB.pdf)

Bolaño-García, M., & Duarte-Acosta, N. (2023). Una revisión sistemática del uso de la inteligencia artificial en la educación. Revista Colombiana de Cirugía.

Castro Morales, L. G., Pantoja Burbano, M. J., & Guanoluisa Morales, J. A. (2023). La utilización de la tecnología de ChatGPT como recurso para la aplicación de la lógica Matemática. Revista Conrado, 19(S2), 570-579. Recuperado a partir de <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/3300>

Cázares Balderas, M.D., & Páez, D.A. (2023). Práctica docente y metacognición en bachillerato para favorecer el aprendizaje en la clase de matemáticas. Revista Electrónica de Investigación Educativa.

Chávez, M.H. (2021). Sistemas de tutoría inteligente y su aplicación en la educación superior.

Clements, D. H., & Sarama, J. (2018). Learning and teaching early math: The learning trajectories approach.

Cordero Monzón, M.A. (2024). Inteligencia Artificial en el aula: oportunidades y desafíos para la didáctica de la matemática y física universitaria. Revista Internacional de Pedagogía e Innovación Educativa.



Durán Muñoz, María Lorena, & Viguera Moreno, José Alberto. (2023). Aula invertida inteligente como estrategia didáctica emergente para la enseñanza aprendizaje de matemática. *Revista Cubana de Educación Superior*, 42(1), 16. Epub 20 de marzo de 2023. Recuperado en 18 de marzo de 2024, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S025743142023000100016&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025743142023000100016&lng=es&tlng=es).

Galindo Perdomo, V. (2021). Ministerio de Educación Nacional de Colombia: un nuevo modelo de gestión y redes colaborativas para una educación con calidad. OPERA.

García-Peña, V.R., Mora-Marcillo, A.B., & Ávila-Ramírez, J.A. (2020). La inteligencia artificial en la educación. *Dominio de las Ciencias*, 6, 648-666.

García-Peñalvo, F. J., & Mendes, A. J. (2018). Exploring the computational thinking effects in pre-university education. *Computers in Human Behavior*, 80, 407-411.

González-González, C.S. (2023). El impacto de la inteligencia artificial en la educación: transformación de la forma de enseñar y de aprender. *Curriculum. Revista de Teoría, Investigación y Práctica educativa*.

Grisales Aguirre, A. M. (2018). Uso de recursos TIC en la enseñanza de las matemáticas: retos y perspectivas. *Entramado*, 14(2), 198–214. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.4751>

Hidayat, R., Mohamed, M.Z., Suhaizi, N.N., Sabri, N.B., Mahmud, M.K., & Baharuddin, S.K. (2022). Artificial intelligence in mathematics education: A systematic literature review. *International Electronic Journal of Mathematics Education*.

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2023). Artificial intelligence in education. Globethics Publications.

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), 584. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/math9060584>

L., Pedro. (2023). "Inteligencia Artificial y Educación Matemática: oportunidades y desafíos", en *Boletín de la Sociedad Chilena de Educación Matemática*, edición julio 2023.

Li, Qing & Ma, Xin. (2010). A Meta-analysis of the Effects of Computer Technology on School Students' Mathematics Learning. *Educational Psychology Review*, 22, 215-243. [10.1007/s10648-010-9125-8](https://doi.org/10.1007/s10648-010-9125-8).

Mancipe Caicedo, C. P. (2023). La enseñanza de las matemáticas en la era de la Inteligencia Artificial. *Aula Urbana*, 1(130).  
<https://revistas.idep.edu.co/index.php/mau/article/view/3031>

Montenegro-Rueda, M. y Fernández-Cerero, J. (2022). Realidad aumentada en la educación superior: posibilidades y desafíos. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 23, 95-114. <https://doi.org/10.51302/tce.2022.858>

Moya-Carrera, Y. (2023). Uso de Realidad Virtual y Aumentada para mejorar la comprensión de conceptos abstractos en matemáticas. *Revista Científica Kosmos*.

Noss, Richard & Hoyles, Celia. (2019). Micromundos, Construcciónismo y Matemáticas. *Educación Matemática*. 31. 7-21. [10.24844/EM3102.01](https://doi.org/10.24844/EM3102.01).

OECD Digital Education Outlook (2021). *OECD Digital Education Outlook*.

Organización de Estados Iberoamericanos. El futuro de la Inteligencia Artificial en educación en América Latina. *ProFuturo y OEI* (2023)

Ortiz, S.G. (2019). *Computadores para Educar. Un caso de construcción del uso educativo del computador*.

Padilla-Escorcia, I.A., & Acevedo-Rincón, J.P. (2022). Conocimiento Especializado del Profesor de Matemáticas en la Enseñanza de la Modelación de la Elipse a Través de Recursos Tecnológicos. *Revista Lasallista de Investigación*.

Paredes Rizo, C. (2021). Chatbots en educación secundaria: retos y propuestas para su aplicación en el aula.

Parra Sánchez, J.S., Torres Pardo, I.D., & Martínez De Merino, C.Y. (2023). Personalización de recursos para la enseñanza de matemáticas universitarias usando inteligencia artificial. *Revista Interamericana de Investigación Educación y Pedagogía RIIEP*.

Pelánek, R. Bayesian knowledge tracing, logistic models, and beyond: an overview of learner modeling techniques, "User Modeling and User-Adapted Interaction", 2017, pp. 313-350

Quiroz Rosas, V. (2023). Aplicaciones de Inteligencia Artificial Aliadas en la Enseñanza de las Matemáticas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*.

Rizvi, S.Z., Waite, J., & Sentance, S. (2023). Artificial Intelligence teaching and learning in K-12 from 2019 to 2022: A systematic literature review. *Comput. Educ. Artif. Intell.*, 4, 100145.

Rodríguez Chávez, Mario Humberto. (2021). Sistemas de tutoría inteligente y su aplicación en la educación superior. RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, 11(22), e015. Epub 21 de mayo de 2021. <https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.848>

Rodríguez, R.J., & Ishmael, K. (2023). Artificial Intelligence and the Future of Teaching and Learning.

Russell, S. J. 1., Norvig, P., & Davis, E. (2016). Artificial intelligence: a modern approach. 3rd ed. Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall.

Sunkel, G., Trucco, D., & Espejo, A. (2014). La integración de las tecnologías digitales en las escuelas de América Latina y el Caribe: una mirada multidimensional.

Val-Fernández, P. (2023). The Symbiosis between Artificial Intelligence and Secondary School Mathematics Teaching = La Simbiosis entre la Inteligencia Artificial y la Enseñanza de Matemáticas en la Escuela Secundaria. Advances in Building Education.

Velázquez, R.V., Zúñiga, K.M., Holguín, W.J., & Tamayo, P.V. (2020). Motivación de los estudiantes hacia el uso de la tecnología para el aprendizaje de las matemáticas. Sinapsis, 1, 8.

Zawacki-Richter, O., Marín, V.I., Bond, ¿M. et al. Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? Int J Educ Technol High Educ 16, 39 (2019). <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>