

Estrategia pedagógica con Inteligencia Artificial para la enseñanza de funciones trigonométricas

Pedagogical strategy with Artificial Intelligence for teaching trigonometric functions

Juan José Revelo Castro ^a, Luis Eduardo Paz Saavedra ^b

*Universidad de Nariño, Licenciatura en Informática ^a
juanjoserevelo@gmail.com*

*Universidad de Nariño, Licenciatura en Informática ^b
luisepez@gmail.com*

Resumen

La presente investigación analiza una estrategia pedagógica integral que busca facilitar la incorporación de la Inteligencia Artificial (IA) como herramienta innovadora en la enseñanza de funciones trigonométricas para estudiantes de educación básica secundaria en Colombia. Ante las persistentes dificultades en el aprendizaje de las matemáticas, como la falta de comprensión de conceptos abstractos y la rigidez de los métodos tradicionales, el proyecto plantea que la IA puede ofrecer soluciones personalizadas, adaptativas e interactivas que mejoren significativamente el proceso de enseñanza-aprendizaje. La propuesta se basa en el modelo instruccional ADDIE (Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación) e incluye el diseño de guías metodológicas para docentes, materiales interactivos, uso de plataformas como GeoGebra y Khan Academy, y un plan piloto en la Institución

Educativa San Juan Bosco (Nariño). Además, se aborda la formación docente, el uso ético de la IA y la evaluación del impacto de la estrategia en los resultados de aprendizaje. El estudio contextualiza el problema dentro de las carencias del sistema educativo colombiano en cuanto a calidad y equidad, particularmente en matemáticas, y se apoya en literatura académica actual que evidencia cómo la IA puede transformar la educación mediante sistemas de tutoría inteligente, gamificación, análisis de datos y simulaciones visuales. En los resultados se muestra el primer acercamiento realizado a la institución educativa San Juan Bosco, donde se provoca una interacción del docente y también de los estudiantes con la IA, en trigonometría, en el área de matemáticas.

Palabras Clave:

Inteligencia artificial; Tecnología de la información; Formación de docentes; Cognición.

Abstract

This research analyzes a comprehensive pedagogical strategy aimed at facilitating the integration of Artificial Intelligence (AI) as an innovative tool in the teaching of trigonometric functions for lower secondary school students in Colombia. In response to persistent difficulties in mathematics learning—such as limited understanding of abstract concepts and the rigidity of traditional methods—this project proposes that AI can offer personalized, adaptive, and interactive solutions that significantly enhance the teaching-learning

process. The strategy is based on the ADDIE instructional model (Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation) and includes the design of methodological guides for teachers, interactive materials, the use of platforms such as GeoGebra and Khan Academy, and a pilot plan at San Juan Bosco Educational Institution (Nariño). It also addresses teacher training, the ethical use of AI, and the assessment of the strategy's impact on learning outcomes. The study contextualizes the problem within the shortcomings of the Colombian educational system regarding quality and equity, particularly in mathematics, and draws on recent academic literature demonstrating how AI can transform education through intelligent tutoring systems, gamification, data analytics, and visual simulations. The approach aims not only to improve academic performance but also to develop students' key digital competencies for the 21st century. The results describe the first implementation at San Juan Bosco School, where both teachers and students interacted with AI tools in the context of trigonometry within the mathematics curriculum.

Keywords:

Artificial intelligence; Information technology; Teacher education; Cognition.

1. Introducción

Uno de los desafíos más persistentes en la educación básica secundaria es el aprendizaje significativo de las matemáticas, una asignatura que, si bien es fundamental para el desarrollo del pensamiento lógico y la resolución de problemas, continúa generando altos niveles de desmotivación y dificultad en gran parte del estudiantado (Rittle-Johnson, Schneider, & Star, 2019). Dentro de este panorama, la enseñanza de las funciones trigonométricas se convierte en un obstáculo especialmente complejo. Su naturaleza abstracta, la presencia de símbolos poco familiares y la escasa relación que muchos estudiantes logran establecer entre estos conceptos y la vida cotidiana provocan una sensación de lejanía e inutilidad (Suthers, 2020). Esta percepción no solo afecta el rendimiento académico, sino que impacta negativamente en la autoestima matemática del estudiante, generando una actitud de rechazo o evasión hacia el área (García-Martínez & García-García, 2023).

La situación se agrava por el hecho de que muchas prácticas pedagógicas continúan replicando un modelo tradicional de enseñanza, basado en la explicación magistral, la memorización de fórmulas y la resolución de ejercicios repetitivos. Este enfoque, lejos de atender las diferencias cognitivas de los estudiantes, termina por homogeneizar el aprendizaje y deja de lado aspectos clave como la visualización, la exploración intuitiva o la posibilidad de construir conocimiento de manera colaborativa. Investigadores como Rittle-Johnson, Schneider y Star (2019) han planteado que para lograr un aprendizaje sólido en matemáticas, es necesario equilibrar el desarrollo de conocimientos

conceptuales y procedimentales, entendiendo que no basta con saber aplicar una fórmula si no se comprende el porqué de su uso ni su significado en un contexto concreto.

En la enseñanza de la trigonometría persiste una tendencia a privilegiar el aprendizaje mecánico de identidades, el uso del triángulo rectángulo y la memorización de relaciones seno, coseno y tangente, sin promover conexiones con fenómenos reales que otorguen significado a lo aprendido (Suthers, 2020). Esta práctica restringe la comprensión profunda e impide que los estudiantes reconozcan la aplicación de estos conceptos en áreas como la física, la geografía, la arquitectura o la programación. Gómez (2022) advierte que dicha desconexión entre teoría y práctica es una causa central del bajo rendimiento en contenidos trigonométricos, especialmente en contextos rurales o de alta vulnerabilidad educativa, donde los recursos innovadores son limitados o inexistentes.

Otro factor que incide en esta problemática es la brecha en la formación y actualización docente. Muchos educadores reconocen sentirse poco preparados para integrar herramientas tecnológicas o estrategias visuales en la enseñanza de la trigonometría (Zawacki-Richter, Marín, Bond, & Gouverneur, 2019). Pese a los avances en recursos digitales, la falta de capacitación específica, el temor al cambio metodológico y la sobrecarga laboral dificultan la exploración de nuevas formas de mediación. Rodríguez Rivera (2023) enfatiza que los procesos de formación docente deben incluir competencias digitales y pedagógicas que permitan diseñar experiencias de aprendizaje activas, personalizadas y acordes con el mundo

contemporáneo. Solo así podrá cerrarse la brecha entre el potencial transformador de las matemáticas y las prácticas tradicionales que aún predominan en las aulas del país.

Como señalan Singh y Lee (2023), los sistemas impulsados por inteligencia artificial ofrecen retroalimentación inmediata que permite a los estudiantes identificar y corregir errores conceptuales, consolidando el aprendizaje con mayor efectividad. La incorporación de herramientas basadas en IA responde a la necesidad de mejorar la calidad educativa y adaptar la enseñanza a los ritmos individuales del alumnado. Es esencial que su implementación no sea superficial, sino sustentada en evidencias académicas que validen su impacto. En esta línea, Kamalov, Santandreu Calonge y Gurrib (2023) demuestran que la IA personaliza la experiencia educativa, permitiendo que los docentes se enfoquen en los aspectos humanos del aprendizaje —como la empatía, la creatividad y el acompañamiento crítico— mientras los algoritmos gestionan el ritmo y las necesidades cognitivas de cada estudiante.

Adicional a lo anterior, la inteligencia artificial en el ámbito educativo permite adaptar contenidos y actividades según las necesidades particulares de cada estudiante, gracias al uso de tecnologías educativas y sistemas de diseño personalizados, lo cual favorece la creación de entornos de aprendizaje más efectivos y centrados en el alumno (Rodríguez Rivera, 2023).

La inteligencia artificial permite diseñar experiencias de aprendizaje adaptadas al ritmo, estilo y necesidades de cada estudiante, ofreciendo una perspectiva educativa innovadora

(Kamalov, Santandreu Calonge, & Gurrib, 2023). A través de tutorías inteligentes, análisis en tiempo real y actividades que promueven el uso reflexivo de la tecnología, la IA impulsa competencias digitales y una cultura pedagógica que la integra de forma crítica y ética (Zawacki-Richter, Marín, Bond, & Gouverneur, 2019). No obstante, su aplicación en el sistema educativo colombiano sigue siendo limitada, especialmente en instituciones públicas con desigualdades en infraestructura, formación docente y acceso a recursos tecnológicos. Estas brechas demandan una respuesta estructural que fortalezca las capacidades del profesorado y garantice condiciones para que la IA sea una aliada del aprendizaje y no un factor de exclusión (Zawacki-Richter, Marín, Bond, & Gouverneur, 2019).

En matemáticas, la IA ha mostrado un notable potencial para transformar la enseñanza tradicional mediante entornos adaptativos que responden al progreso individual del estudiante (Singh & Lee, 2023). Estas herramientas identifican errores, ajustan la dificultad y generan recomendaciones personalizadas que facilitan la comprensión de conceptos abstractos como los de trigonometría. Singh y Lee (2023) señalan que la retroalimentación inmediata de los sistemas inteligentes mejora el rendimiento y refuerza la autoconfianza. Asimismo, Kamalov et al. (2023) destacan que la IA permite pasar de modelos estandarizados a experiencias personalizadas, concentrando al docente en el acompañamiento emocional y el desarrollo de competencias superiores, mientras el sistema automatizado gestiona el seguimiento cognitivo y la evaluación formativa.

Con base en estas consideraciones, esta investigación

propone una estrategia pedagógica integral que incorpora la inteligencia artificial como aliada en la enseñanza de las funciones trigonométricas. Se aplica el modelo instruccional ADDIE (análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación), que orienta la planificación e implementación de intervenciones educativas pertinentes. El proyecto, desarrollado en una institución pública de Pasto, busca generar evidencia sobre cómo la IA puede fortalecer la práctica docente, dinamizar el aprendizaje matemático y reducir brechas educativas mediante propuestas viables y éticamente sostenibles.

2. Método

La investigación se enmarca en un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo, ya que busca observar, analizar y caracterizar la percepción de los estudiantes frente a la implementación de la inteligencia artificial (IA) como herramienta didáctica en la enseñanza de funciones trigonométricas. Si bien se reconocen algunos elementos cualitativos complementarios, como las observaciones docentes y los comentarios de los estudiantes, el eje central del estudio se concentra en la recolección y análisis de datos numéricos mediante encuestas estructuradas.

El alcance de la investigación es exploratorio-descriptivo, en tanto que se trata de una experiencia innovadora dentro del contexto institucional analizado, sin antecedentes similares en la institución educativa seleccionada, pero con el propósito de ofrecer caracterizaciones detalladas que puedan orientar futuras implementaciones. El diseño es no

experimental y transversal, ya que no se manipulan variables deliberadamente, sino que se observa la respuesta de los participantes frente a una intervención previamente estructurada: el uso de plataformas de IA (GeoGebra y ChatGPT) como mediadoras del aprendizaje matemático.

La investigación se desarrolló en la Institución Educativa Municipal San Juan Bosco, ubicada en el departamento de Nariño, Colombia. Este contexto corresponde a una institución oficial de carácter mixto, con recursos limitados en términos de infraestructura tecnológica, lo que representa un escenario real y desafiante para la aplicación de estrategias de innovación educativa. La población estuvo conformada por estudiantes de educación básica secundaria (grados octavo y noveno), de los cuales se seleccionó una muestra intencional de 47 estudiantes, quienes participaron en la implementación piloto y respondieron un cuestionario estructurado sobre su experiencia y percepción del uso de IA en la clase de trigonometría.

Se recopilaron datos sobre los siguientes aspectos: (1) comprensión del contenido, (2) motivación, (3) percepción de apoyo por parte de la IA, (4) utilidad de las herramientas digitales, y (5) disposición a seguir trabajando con estas tecnologías en el aula. Los resultados obtenidos fueron analizados mediante estadística descriptiva y representados en tablas y gráficos para facilitar su interpretación.

Este enfoque metodológico permitió no solo registrar la respuesta inmediata del estudiantado, sino también identificar tendencias, barreras y oportunidades asociadas a la

implementación real de la inteligencia artificial en el aula de matemáticas.

Desde el punto de vista procedimental, el desarrollo de la propuesta se estructuró con base en el modelo de diseño instruccional ADDIE, ampliamente reconocido por su aplicabilidad en contextos educativos que demandan innovación y mejora continua (Branch, 2020). Este modelo contempla cinco fases secuenciales: análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación. A continuación, se describen las acciones realizadas en cada fase del proyecto:

2.1 Fase de Análisis

Se procedió a identificar los principales obstáculos que limitan la implementación efectiva de la inteligencia artificial (IA) en la enseñanza de funciones trigonométricas. Para ello, se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas con 5 docentes y 54 estudiantes, lo que permitió conocer tanto las necesidades pedagógicas como las condiciones tecnológicas y metodológicas del entorno escolar. En este diagnóstico se evaluaron aspectos como la infraestructura tecnológica de la institución: hardware, software y conectividad, además, se seleccionaron herramientas de IA aplicables a la enseñanza, entre las que se destacan GeoGebra, Math Solver, Khan Academy y ChatGPT.

2.2 Fase de Diseño

A partir del diagnóstico, se estructuró una estrategia pedagógica con tres componentes esenciales. Primero, una

Guía de Capacitación Docente, diseñada para familiarizar al profesorado con el uso de las herramientas de IA seleccionadas y para desarrollar competencias tecno pedagógicas. Segundo, se desarrolló una Guía de Implementación Didáctica, que permite articular los contenidos curriculares de trigonometría con plataformas de IA en entornos reales de clase. Por último, se diseñó una carta a los estudiantes, con el objetivo de sensibilizar sobre el uso ético, reflexivo y responsable de estas tecnologías emergentes en el ámbito académico. Estos tres elementos y otros pertinentes se encuentran disponibles en el siguiente vínculo: <http://bit.ly/3UDbPha>

La fase de diseño tuvo un desarrollo apropiado ya que los docentes pusieron de su parte para que la implementación de la estrategia pedagógica se ajustara a las necesidades de cada grupo y las posibles dificultades que se llegase a tener.

2.3 Fase de Desarrollo

Durante esta fase, se materializaron los recursos pedagógicos definidos. Se trabajó de manera directa con docentes que ya estaban enseñando trigonometría, quienes participaron activamente en la validación y ajuste de las guías. El diseño de la estrategia permitió que cada docente tuviera autonomía sobre su implementación, asegurando una apropiación genuina. Además, se realizaron 3 sesiones cada una de una hora y media aproximadamente cada semana con 5 docentes encargados del área de matemáticas en bachillerato, todo esto para dar seguimiento y retroalimentación lo que permitió afinar detalles y resolver de forma colaborativa los desafíos surgidos durante el proceso.

2.4 Fase de Implementación

Como resultado del trabajo previo, junto con los docentes se seleccionaron las herramientas ChatGPT y GeoGebra. La implementación se realizó mediante una prueba piloto en el grado 10-4 de secundaria, abordando el tema del teorema de Pitágoras. Inicialmente, se dedicó un espacio a leer la carta sobre el uso ético de la IA, propiciando una reflexión crítica sobre su papel en la educación.

Posteriormente, la sesión fue estructurada en dos momentos pedagógicos claramente diferenciados. En la primera fase, se aplicó una metodología tradicional basada en la exposición directa de contenidos y la resolución de ejemplos por parte del docente, con el propósito de establecer una base conceptual común. En la segunda fase, los estudiantes interactuaron con ejercicios generados a través de la herramienta ChatGPT, lo que propició una dinámica de exploración conjunta en la que el docente resolvía, en tiempo real, nuevos problemas junto con el grupo. Esta experiencia generó un ambiente de aprendizaje activo y colaborativo que estimuló el interés del estudiantado. La introducción de una variable adicional —en este caso, la noción de profundidad aplicada a una figura geométrica— permitió ampliar el enfoque del problema, favoreciendo el desarrollo del pensamiento crítico, la creatividad matemática y la construcción significativa del conocimiento.

2.5 Fase de Evaluación

Finalmente, se aplicaron encuestas y entrevistas grupales a través de la plataforma Formularios de Google (estos

resultados se encuentran en la carpeta de anexos disponibles en el siguiente enlace: <http://bit.ly/3UDbPha>, las cuales estuvieron dirigidas a estudiantes para conocer sus percepciones sobre la utilidad, facilidad de uso y pertinencia de la estrategia implementada. Los resultados fueron analizados de manera cuantitativa y cualitativa, permitiendo identificar fortalezas, puntos de mejora y elementos clave para asegurar la sostenibilidad institucional de la propuesta en futuras implementaciones.

3. Resultados

3.1 Resultados de diagnóstico Fase de Análisis: percepción previa y contexto institucional

Durante esta primera etapa, los resultados permitieron identificar el contexto educativo desde la perspectiva del estudiantado. Se aplicó una encuesta a un grupo paralelo (no involucrado directamente en la intervención) con el fin de conocer la situación real del uso de IA en clases tradicionales (ver anexo: <http://bit.ly/3UDbPha>). Los datos obtenidos evidencian una interacción limitada con estas herramientas en el ámbito escolar. Como se observa en la Tabla 1, la mayoría de los estudiantes (85%) indicó no haber utilizado previamente la inteligencia artificial como recurso pedagógico institucional, mientras que un 70% afirmó haberlo hecho únicamente por iniciativa personal. Asimismo, un 68% manifestó no identificar en sus docentes un uso claro o sistemático de estas tecnologías en el aula.

Tabla 1: Percepción de los estudiantes que no participaron en la implementación de la estrategia pedagógica basada en inteligencia artificial

Indicador evaluado	Porcentaje (%)
Estudiantes que no han utilizado IA en el aula	85%
Estudiantes que usan IA por iniciativa personal	70%
Estudiantes que perciben poco o ningún uso docente de IA	68%
Estudiantes que consideran que su institución promueve el uso de IA	22%
Estudiantes que manifiestan interés en aprender más sobre IA educativa	78%

Fuente: esta investigación.

Estos resultados confirman la existencia de una brecha significativa en la apropiación pedagógica de la IA dentro del contexto educativo, lo que sugiere la necesidad de fortalecer procesos de sensibilización, capacitación y acompañamiento docente en el uso didáctico de estas herramientas emergentes.

Los resultados de esta encuesta, aplicada a un grupo paralelo al intervenido, evidenciaron bajos niveles de exposición y uso de herramientas de inteligencia artificial en contextos educativos reales. En concreto, el 68% de los estudiantes manifestó que sus docentes no emplean la IA de forma sistemática en las clases, y un 85% reconoció no haber interactuado nunca con estas herramientas como parte del proceso pedagógico

institucional. Por otra parte, el 70% indicó que su único contacto con la IA proviene de iniciativas personales, principalmente a través de plataformas abiertas como Google o YouTube, sin acompañamiento docente ni relación directa con los contenidos curriculares. Estos resultados confirman que el uso de la inteligencia artificial en el entorno escolar sigue siendo incipiente y desarticulado, lo que resalta la necesidad de avanzar hacia procesos de formación docente y diseño pedagógico que promuevan su integración significativa dentro del aula.

Esta percepción refleja una brecha significativa entre el acceso a tecnologías emergentes y su integración efectiva en la práctica docente, así como un déficit en la cultura digital escolar, especialmente en lo que respecta al uso ético y educativo de la inteligencia artificial. De igual manera, se evidenció la necesidad de fortalecer la formación docente en competencias digitales avanzadas y de crear ambientes institucionales más abiertos a la innovación pedagógica. Estos hallazgos sirvieron como base sólida para el diseño de una estrategia pedagógica contextualizada, que no solo incorporara herramientas de IA, sino que también generara reflexiones críticas sobre su uso en el aula.

3.2 Estrategia diseñada (Fases de Diseño y Desarrollo)

Con base en los hallazgos del diagnóstico inicial, se procedió a la formulación de una estrategia pedagógica integral centrada en la incorporación reflexiva de herramientas de inteligencia artificial (IA) en la enseñanza de funciones trigonométricas. El diseño de esta propuesta respondió tanto a las necesidades

identificadas como a las limitaciones estructurales de la institución educativa, en cuanto a cultura digital, formación docente y recursos tecnológicos disponibles.

La estrategia fue estructurada a partir del modelo instruccional ADDIE, abordando en esta etapa las fases de diseño y desarrollo. En el componente de diseño, se definieron tres líneas de acción:

1. Guía de capacitación docente, cuyo objetivo fue introducir al profesorado en el uso pedagógico de herramientas de IA como ChatGPT y GeoGebra, brindando orientaciones prácticas y ejemplos aplicables al aula (ver anexo: <https://bit.ly/49ccXAS>).

2. Guía de implementación didáctica, diseñada para integrar contenidos curriculares de trigonometría con actividades interactivas mediadas por IA, bajo una secuencia metodológica gradual y adaptable a diferentes estilos de enseñanza (ver anexo: <https://bit.ly/47adYH0>).

3. Carta a los estudiantes sobre el uso ético y crítico de la IA, la cual promovía una reflexión sobre el papel de estas herramientas en la educación, sus riesgos y su potencial transformador cuando se usan con responsabilidad (ver anexo: <https://bit.ly/47izOIO>).

Durante la fase de desarrollo, se materializaron los recursos propuestos y se estableció un proceso de validación en conjunto con docentes de la institución que estaban abordando la trigonometría en sus clases. Estos docentes participaron activamente en la revisión, ajuste y adaptación de las guías a

sus contextos reales, fortaleciendo así su apropiación y empoderamiento en el uso de la tecnología educativa.

El proceso incluyó reuniones semanales de retroalimentación, espacios para resolver dudas técnicas y pedagógicas, y el diseño de actividades que promovieran no solo la comprensión conceptual, sino también el pensamiento crítico y la autonomía estudiantil. Uno de los principios rectores fue que la estrategia debía adaptarse a la realidad institucional sin imponer una transformación disruptiva, sino más bien construyendo sobre lo existente y potenciando los recursos disponibles.

En síntesis, esta fase culminó con la disponibilidad de materiales pedagógicos listos para ser implementados, el compromiso activo de los docentes involucrados y la generación de expectativas positivas frente a una nueva manera de enseñar y aprender matemáticas, más cercana a las prácticas digitales contemporáneas y al lenguaje de las nuevas generaciones.

3.3 Resultados de la implementación (Fases de Implementación y Evaluación)

La estrategia diseñada fue implementada como experiencia piloto en clases de trigonometría de educación básica secundaria, específicamente en un bloque de dos horas. Esta implementación se llevó a cabo con la colaboración de los docentes previamente capacitados y bajo condiciones reales de aula, con el propósito de evaluar la viabilidad, impacto y percepción de los estudiantes frente al uso de herramientas de inteligencia artificial como mediadoras del aprendizaje.

La sesión pedagógica se dividió en dos momentos diferenciados. En el primero, se empleó una metodología tradicional, con exposición de conceptos por parte del docente y resolución guiada de ejercicios básicos. En el segundo momento, se introdujo la herramienta ChatGPT, la cual fue utilizada para generar problemas matemáticos adicionales que retaran a los estudiantes desde una perspectiva menos convencional. Lo destacable de esta fase fue que el docente resolvió los ejercicios junto con el grupo, en tiempo real, promoviendo así una dinámica de colaboración que rompió con el modelo unidireccional de enseñanza.

Este enfoque generó un ambiente altamente participativo. La sorpresa de los estudiantes al ver al docente enfrentarse a los mismos retos que ellos, provocó un mayor nivel de atención, entusiasmo y participación. Además, se introdujo una variable adicional —la profundidad en una figura geométrica— que permitió ampliar la comprensión del concepto y fomentar el pensamiento crítico, la creatividad matemática y la aplicación contextualizada del conocimiento.

Una vez concluida la intervención, se aplicó el segundo instrumento: la “Encuesta a estudiantes después de la implementación de estrategia I.A”, conformada por 10 preguntas tipo Likert (ver anexo: <https://bit.ly/42H9NRV>), la cual permitió recoger impresiones inmediatas sobre el impacto de la experiencia. Los resultados cuantitativos indicaron una valoración mayoritariamente positiva: los estudiantes afirmaron que la clase fue más dinámica, que comprendieron mejor los contenidos y que desearían utilizar IA en otras materias. Por ejemplo, los ítems con mayor promedio fueron

“Me gustaría que se usara IA en otras clases” (4.1) y “La IA hizo la clase más dinámica” (3.9), lo que refuerza la aceptación del enfoque, como se puede observar en la Tabla 2.

Además de los datos cuantitativos, los comentarios cualitativos recogidos en el espacio abierto del cuestionario aportaron matices significativos. Muchos estudiantes manifestaron que por primera vez sentían entusiasmo por las matemáticas, al vivir una experiencia menos monótona y más cercana a su realidad digital. Otros expresaron curiosidad por explorar más herramientas similares, y algunos incluso reflexionaron sobre la importancia de no depender completamente de la IA, sino de usarla como complemento a la enseñanza humana.

La evaluación final de esta fase permite concluir que la implementación no solo fue técnicamente viable, sino que logró modificar positivamente la actitud del estudiantado hacia la matemática, generando un cambio en la dinámica del aula que fortaleció el aprendizaje colaborativo, el pensamiento crítico y la autonomía. A su vez, evidenció la necesidad de seguir profundizando en el uso ético, formativo y pedagógico de la IA, tanto para docentes como para estudiantes.

Tabla 2. Percepción estudiantil después de implementar la estrategia de IA.

Dimensión evaluada	Ítem representativo	Promedio (escala 1–5)
Comprensión conceptual	Comprendí mejor los conceptos de trigonometría	4.2

	gracias al uso de IA	
Resolución de dudas	La herramienta de IA resolvió mis dudas durante la clase	4.0
Dinamismo y motivación	La IA hizo la clase más dinámica	3.9
Interés y proyección futura	Me gustaría que se usara IA en otras clases	4.1

Fuente: esta investigación.

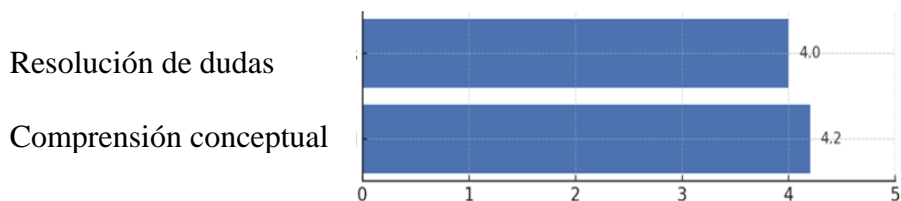
Como se observa en la Tabla 2 los resultados permiten inferir que la integración de herramientas de inteligencia artificial en la enseñanza de trigonometría tuvo un impacto positivo en la experiencia de aprendizaje del estudiantado. La valoración más alta se asocia al interés por continuar usando la IA en otras asignaturas (4.1), lo que sugiere una actitud favorable hacia la innovación pedagógica y una disposición a explorar nuevos métodos de aprendizaje mediados por tecnología. Del mismo modo, el dinamismo percibido en la clase (3.9) refleja que la IA contribuyó a generar un ambiente participativo y motivador, rompiendo con la rutina tradicional de la enseñanza matemática.

Asimismo, los promedios obtenidos en los ítems relacionados con comprensión conceptual (4.2) y resolución de dudas (4.0)

evidencian que el uso de ChatGPT y GeoGebra permitió a los estudiantes visualizar mejor los problemas y recibir retroalimentación inmediata, fortaleciendo la comprensión de los temas abordados.

En conjunto, los datos confirman que la aplicación de esta estrategia no solo favoreció la apropiación de contenidos trigonométricos, sino que también incrementó la motivación, la curiosidad y la autoconfianza de los estudiantes frente a las matemáticas

Figura 1. Percepción estudiantil después de implementar estrategia I.A.



Promedio general (escala 1-5)

Fuente: esta investigación.

La Figura 1 representa los resultados agrupados por tema obtenidos tras la aplicación de la encuesta a los estudiantes que participaron en la implementación de la estrategia didáctica basada en inteligencia artificial (IA) en la clase de trigonometría. Se evaluaron dos dimensiones fundamentales: la comprensión conceptual y la resolución de dudas. La

dimensión de comprensión conceptual obtuvo una media de 4.2 en una escala de 1 a 5, lo que indica una percepción claramente positiva por parte de los estudiantes respecto al impacto que tuvo la IA en facilitar la comprensión de los contenidos trigonométricos. Este resultado respalda el planteamiento de que el uso de herramientas como ChatGPT, al generar ejercicios dinámicos y contextualizados, puede generar un entorno más accesible y significativo para el aprendizaje de conceptos matemáticos abstractos.

Por su parte, la dimensión de resolución de dudas alcanzó un promedio de 4.0, reflejando que los estudiantes percibieron a la IA como una herramienta útil para aclarar conceptos durante la clase. Si bien este puntaje es ligeramente inferior al de la comprensión, sigue evidenciando un impacto favorable. Estos datos corroboran lo encontrado en estudios como el de Singh y Lee (2023), quienes destacan que los sistemas de IA, al ofrecer retroalimentación inmediata y adaptativa, pueden apoyar eficazmente el proceso de enseñanza-aprendizaje. En conjunto, la gráfica refleja no solo la receptividad del grupo ante esta innovación pedagógica, sino también el potencial que tienen las tecnologías inteligentes para transformar positivamente la experiencia educativa cuando se integran de manera ética, planificada y contextualizada.

Finalmente, la fase de evaluación brindó insumos clave para valorar el impacto pedagógico y la viabilidad de sostenibilidad de la estrategia propuesta. Además del grupo intervenido, se aplicó una encuesta complementaria a estudiantes de un curso distinto que no participó en la implementación de la inteligencia artificial, con el propósito de contrastar

percepciones y establecer comparaciones entre ambos grupos. La encuesta aplicada posterior a la intervención estuvo compuesta por 20 preguntas tipo Likert, mientras que la encuesta dirigida al grupo sin implementación incluyó 10 preguntas, debido a que el tiempo disponible con este segundo grupo fue más limitado por razones de organización académica y disponibilidad docente.

A pesar de esta diferencia en la extensión de los instrumentos, ambas encuestas mantuvieron una estructura similar, centrada en dimensiones como comprensión conceptual, motivación, percepción del uso docente y valoración general de la inteligencia artificial. Esta medición paralela permitió explorar cómo se entiende y percibe la IA en contextos escolares donde aún no se han desarrollado intervenciones didácticas explícitas.

A través de una escala Likert equivalente, se recogió información sobre el uso actual de herramientas basadas en IA, tanto por parte de los docentes como de los propios estudiantes, así como el grado de satisfacción, apropiación y confianza frente a estas tecnologías en su entorno educativo habitual. Los resultados derivados de esta segunda encuesta se presentan a continuación mientras que la encuesta está disponible en el siguiente anexo: <https://bit.ly/42H9NRV>.

Tabla 3. Percepción estudiantil del uso de IA, sin implementación de estrategia.

Preguntas	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Neutral	En desacuerdo	Totalmente desacuerdo
1	3	7	15	4	2
2	6	11	5	7	2
3	1	6	9	8	7
4	10	9	2	9	1
5	4	4	7	4	12
6	9	5	12	1	4
7	6	12	6	6	1
8	9	7	8	4	3
9	8	4	8	10	1
10	16	5	7	2	1
11	0	0	4	4	23
12	3	3	2	10	13
13	8	1	6	6	10
14	8	1	4	6	12
15	8	5	7	3	8
16	2	1	12	4	12
17	1	0	7	11	12
18	4	4	5	12	6
19	4	8	4	9	6
20	7	5	7	8	4
21	6	3	8	9	5
Total	123	101	145	137	145

Fuente: esta investigación.

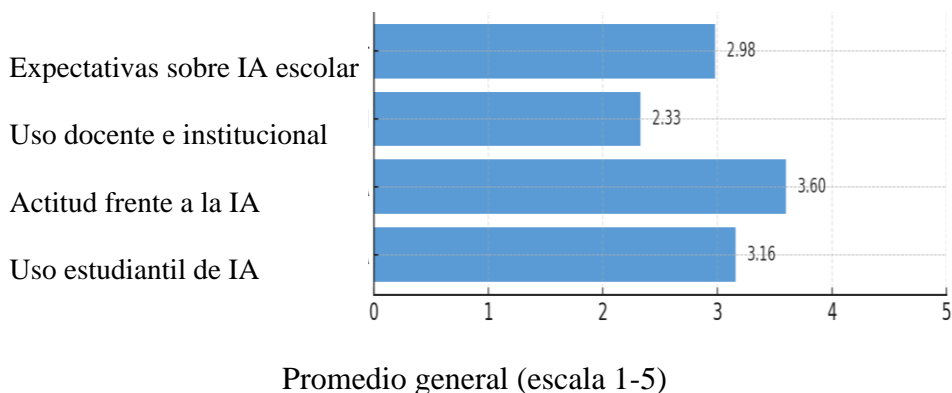
Los resultados expuestos en la Tabla 3 reflejan la percepción general de los estudiantes que no participaron en la implementación de la estrategia basada en inteligencia artificial. Se observa una tendencia mayoritaria hacia posiciones neutrales y moderadamente positivas, lo que evidencia que, aunque los estudiantes reconocen la presencia de la IA en su vida cotidiana, su aplicación dentro del ámbito educativo aún es limitada. Este comportamiento se corrobora en los valores totales: 145 de las respuestas se concentran en las categorías “neutral” y “de acuerdo”, frente a 45 que expresó algún nivel de desacuerdo.

En términos generales, estos resultados muestran que los estudiantes poseen una actitud abierta pero distante frente a la IA en el contexto escolar. La mayoría reconoce su potencial para mejorar la enseñanza y facilitar tareas, pero también percibe que su uso por parte de los docentes o la institución es escaso. Esta brecha de implementación se relaciona directamente con la falta de formación y orientación pedagógica que aún caracteriza a muchas instituciones educativas, especialmente en entornos donde la innovación tecnológica no ha sido sistematizada. Por tanto, la información recopilada en esta encuesta complementaria sirve como un punto de contraste para valorar el impacto de la estrategia implementada, evidenciando la diferencia entre una experiencia guiada de uso pedagógico y un contacto superficial con la tecnología.

Por otra parte, La figura 2 muestra los resultados de la encuesta aplicada a estudiantes que no participaron en la implementación directa de la estrategia de inteligencia artificial

(IA), pero que evaluaron su uso en el contexto escolar actual. Se observan diferencias importantes entre las dimensiones evaluadas.

Figura 2. Percepción estudiantil del uso de IA, sin implementación de estrategia.



Fuente: esta investigación.

El puntaje más alto corresponde a la actitud frente a la IA (3.60), lo que refleja que los estudiantes se sienten relativamente cómodos con estas herramientas y mantienen un interés creciente en aprender a utilizarlas de manera más efectiva. De igual forma, el uso estudiantil de IA obtuvo un promedio moderado (3.16), indicando que los jóvenes recurren ocasionalmente a estas tecnologías como apoyo en sus tareas y proyectos, aunque de manera no sistemática ni guiada por los docentes.

En contraste, las percepciones sobre el uso docente e

institucional alcanzaron el puntaje más bajo (2.33), lo que evidencia una brecha entre el interés estudiantil y la integración pedagógica efectiva de la IA en el aula. Finalmente, las expectativas sobre la IA escolar (2.98) muestran que, aunque existe una valoración positiva de su potencial, los estudiantes reconocen que todavía no se integra plenamente en el currículo ni en las prácticas institucionales. Estos resultados sugieren que la sostenibilidad de estrategias de innovación educativa basadas en IA requiere tanto la disposición estudiantil como una mayor implicación y liderazgo de los docentes e instituciones.

En síntesis, la gráfica evidencia que la percepción del uso de la IA en el entorno escolar es poco optimista. A diferencia de quienes experimentaron su aplicación y la valoraron positivamente, los estudiantes sin contacto directo muestran menor valoración y alto escepticismo o desconocimiento.

4. Discusión y conclusiones

Los hallazgos de esta investigación evidencian el potencial transformador de la inteligencia artificial (IA) en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la trigonometría, particularmente en contextos escolares donde se presentan dificultades persistentes en la comprensión de conceptos matemáticos abstractos. La estrategia implementada, basada en el modelo instruccional ADDIE, demostró ser efectiva al mejorar la motivación estudiantil, fortalecer la comprensión conceptual y generar un ambiente más dinámico en el aula. El acompañamiento activo del docente durante el uso de herramientas como ChatGPT y GeoGebra permitió establecer

una mediación pedagógica que no solo facilitó el aprendizaje, sino que también legitimó el uso de la IA como recurso académico válido y complementario.

Estos resultados coinciden con lo planteado por Kamalov, Santandreu Calonge y Gurrib (2023), quienes argumentan que la IA puede liberar al docente de tareas repetitivas para permitirle enfocar su labor en aspectos más humanos del proceso educativo, como la creatividad, el acompañamiento emocional y el pensamiento crítico. De manera similar, Singh y Lee (2023) destacan que la retroalimentación inmediata ofrecida por la IA es fundamental para identificar errores conceptuales en tiempo real, lo cual favorece la autonomía del estudiante y mejora su rendimiento. En el contexto de esta investigación, tales beneficios fueron evidentes en la respuesta activa del alumnado, su disposición a participar y su interés por replicar este tipo de clases en otras asignaturas. Tal como se puede observar en las respuestas de las preguntas: 1,4,5,8. (ver anexo: <https://bit.ly/42H9NRV>)

Esta investigación coincide con García-Martínez y García-García (2023), quienes advierten que el impacto positivo de la IA depende del acompañamiento reflexivo del profesorado y del desarrollo de competencias digitales. En el diseño, la participación docente fue decisiva para adaptar la estrategia al contexto institucional, confirmando su rol formativo, como señalan Cabero-Almenara y Palacios-Rodríguez (2022).

Los resultados muestran que la IA, aplicada de forma planificada y contextualizada, mejora el aprendizaje

matemático. Singh y Lee (2023) destacan que la retroalimentación adaptativa favorece la comprensión de conceptos complejos y amplía las posibilidades didácticas del docente, generando aulas más interactivas. Según Holmes et al. (2021), la IA educativa impulsa el aprendizaje basado en evidencias y el seguimiento continuo del progreso. Para garantizar sostenibilidad, se requiere fortalecer infraestructura, equidad en el acceso y formación docente (UNESCO, 2023; Pérez-Sanagustín & Maldonado, 2022).

La experiencia piloto ofrece bases para futuras investigaciones y la expansión de estrategias afines. El protagonismo estudiantil y su apertura a nuevas herramientas deben aprovecharse para transformar prácticas pedagógicas. Kamalov, Santandreu Calonge y Gurrib (2023) subrayan que la IA puede impulsar una revolución educativa sostenible al personalizar experiencias y permitir que el docente se enfoque en creatividad y acompañamiento humano. En la misma línea, Luckin (2021) indica que una IA con sentido pedagógico fortalece autorregulación y metacognición.

Caponetto, Earp y Ott (2021) afirman que la gamificación apoyada por IA transforma el aprendizaje matemático al ofrecer retroalimentación inmediata y ajustar la dificultad. Este hallazgo coincide con la percepción estudiantil: la IA dinamizó las clases y facilitó la comprensión de conceptos abstractos. Walkington y Bernacki (2021) agregan que la personalización mediante tecnologías adaptativas permite avanzar al propio ritmo, reforzando motivación y comprensión conceptual. Asimismo, Chen y Xie (2023) concluyen que los entornos inteligentes potencian el

aprendizaje autónomo al combinar algoritmos de seguimiento cognitivo con estrategias centradas en el estudiante.

La implementación exige más que acceso tecnológico: demanda formación docente y compromiso institucional. Diversos estudios evidencian que muchos profesores aún no se sienten preparados para integrar tecnologías emergentes, desafío también identificado por González-Calvo y Barba-Martín (2020). Por ello, la sostenibilidad de estas iniciativas depende de la capacitación continua y del respaldo institucional (Pérez & Salinas, 2021).

La opinión estudiantil respalda avanzar en innovaciones mediadas por IA, siempre que se planifiquen con criterios críticos y pedagógicos. Watters (2023) señala que la educación en IA debe incluir comprensión crítica de algoritmos y sus implicaciones sociales, lo que se reflejó en la carta al estudiante sobre uso ético de la tecnología. En la misma línea, Akgun y Greenhow (2021) destacan integrar alfabetización digital crítica para que el alumnado comprenda límites y posibilidades de la IA.

Morales (2022) enfatiza que la IA puede transformar la enseñanza-aprendizaje haciéndola más personalizada e interactiva, siempre con enfoque ético. Este principio se evidenció en los resultados: la IA favoreció visualización de conceptos y trabajo activo en el aula. Así, la IA no reemplaza al docente, sino que potencia su mediación cuando se usa con sentido didáctico y enfoque humanista (Zawacki-Richter et al., 2019).

Mollick y Mollick (2023) proponen integrar la IA mediante tareas estructuradas que enseñen a colaborar con estas herramientas. Esto es pertinente ante el grupo sin implementación formal, que mostró uso poco crítico. Escamilla (2024) coincide en que la IA es irreversible y debe adaptarse responsablemente a cada contexto. La experiencia piloto confirma que un uso guiado convierte la IA en aliado pedagógico valioso, como sostienen Aljarrah y Thomas (2023) al destacar políticas que promuevan su integración ética.

Finalmente, la democratización de la IA en la educación colombiana requiere una visión estructural. La UNESCO (2022) advierte que persisten problemas de calidad y equidad en contextos rurales y marginados, mientras la OCDE (2021) indica que los resultados en matemáticas siguen por debajo del promedio internacional. Urgen políticas que garanticen accesibilidad y sostenibilidad tecnológica. La experiencia de la Institución Educativa San Juan Bosco ilustra una integración planificada, aportando evidencia útil para políticas que fortalezcan su adopción ética y equitativa (MEN, 2023).

Referencias Bibliográficas

- Akgun, S., & Greenhow, C. (2021). Artificial intelligence and critical digital literacy in education. *Computers & Education*, 172, 104245. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104245>
- Aljarrah, A., & Thomas, M. (2023). Ethical frameworks for AI in education: Towards responsible integration. *AI and Ethics*, 3(1), 75–88. <https://doi.org/10.1007/s43681-022-00178-4>
- Branch, R. M. (2020). *Instructional design: The ADDIE approach (2.^a ed.)*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-32136-7>
- Cabero-Almenara, J., & Palacios-Rodríguez, A. (2022). Competencias digitales docentes y el desafío de la innovación educativa. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 21(1), 1–15. <https://doi.org/10.17398/1695-288X.21.1.1>
- Caponetto, I., Earp, J., & Ott, M. (2021). Gamification and artificial intelligence in mathematics learning: Emerging intersections. *British Journal of Educational Technology*, 52(2), 486–501. <https://doi.org/10.1111/bjet.13054>
- Chen, L., & Xie, H. (2023). Adaptive learning environments powered by AI: A review and research agenda. *Educational Technology Research and Development*, 71(3), 679–702. <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10169-8>
- Escamilla, J. (2024). La inteligencia artificial en la educación: Perspectivas para su adopción responsable. *Revista de Innovación Educativa*, 9(1), 1–6.

- <https://doi.org/10.5281/zenodo.10927301>
- García-Martínez, J. A., & García-García, M. J. (2023). La inteligencia artificial como aliada del aprendizaje y el pensamiento crítico. *Revista Mexicana de Bachillerato a Distancia*, 15(29), 1–15. <https://doi.org/10.22201/cuaed.20074751e.2023.29.1354>
- Gómez, A. M. (2022). Desafíos en la enseñanza de la trigonometría en contextos escolares: Una revisión crítica. *Revista Colombiana de Educación Matemática*, 56(2), 45–61. <https://doi.org/10.22267/rcem.225602.45>
- González-Calvo, G., & Barba-Martín, R. (2020). Docentes frente a la innovación tecnológica: Miedos, resistencias y oportunidades. *Revista Española de Pedagogía*, 78(276), 123–138. <https://doi.org/10.22550/REP78-1-2020-06>
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2021). Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning. Center for Curriculum Redesign. <https://curriculumredesign.org/wp-content/uploads/AI-in-Education.pdf>
- Kamalov, F., Santandreu Calonge, D., & Gurrib, I. (2023). Artificial intelligence and the future of learning: Personalization and ethics in education. *Computers in Human Behavior*, 139, 107556. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107556>
- Luckin, R. (2021). AI for educational equity and inclusion. *Computers & Education Open*, 2, 100035. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2021.100035>
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN). (2023). Lineamientos para la integración de tecnologías digitales en educación básica y media. MEN.

- <https://www.mineduacion.gov.co>
- Mollick, E., & Mollick, L. (2023). Assigning AI: Seven approaches for students, with prompts (SSRN Working Paper No. 4475995). <https://doi.org/10.2139/ssrn.4475995>
- Morales, P. (2022). Inteligencia artificial y educación: Hacia procesos de aprendizaje personalizados, visuales e interactivos. *Revista Iberoamericana de Educación*, 88(2), 200–210. <https://doi.org/10.35362/rie8824971>
- OCDE. (2021). *Education at a Glance 2021: OECD indicators*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/69096873-en>
- Pérez, C., & Salinas, J. (2021). Teacher readiness and institutional support for AI adoption in schools. *Technology, Pedagogy and Education*, 30(6), 743–757. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2021.1993017>
- Pérez-Sanagustín, M., & Maldonado, J. (2022). Educational policy for AI integration in Latin America. *Journal of Learning Analytics*, 9(4), 55–70. <https://doi.org/10.18608/jla.2022.7577>
- Rittle-Johnson, B., Schneider, M., & Star, J. R. (2019). Not all knowledge is equal: Understanding the different roles of conceptual and procedural knowledge in mathematics. *Journal of Educational Psychology*, 111(8), 1261–1276. <https://doi.org/10.1037/edu0000322>
- Rodríguez Rivera, B. J. (2023). La integración de la inteligencia artificial en el diseño de sistemas educativos personalizados. Working Paper, Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/53735>
- Singh, D., & Lee, A. (2023). Real-time assessments in

- education: The role of AI in providing immediate feedback. *Computers & Education*, 192, 104637. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104637>
- Suthers, D. D. (2020). Learning mathematical concepts through multiple representations. En D. M. Dinsmore, F. E. Martin, & Z. K. Winters (Eds.), *Handbook of learning from multiple representations and perspectives* (pp. 215–233). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429024695-14>
- UNESCO. (2022). Informe sobre la educación en Colombia. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380974>
- UNESCO. (2023). AI and education: Guidance for policy-makers. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376705>
- Walkington, C., & Bernacki, M. (2021). Personalized learning technologies and adaptive pathways: Impacts on motivation and understanding. *Educational Psychologist*, 56(2), 145–166. <https://doi.org/10.1080/00461520.2021.1904492>
- Watters, A. (2023). Teaching with AI: Ethical reflections on technology and pedagogy. MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/15389.001.0001>
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education: Where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>