

IA para Mejorar Rendimiento en Pruebas Estandarizadas de Matemáticas en Secundaria.

AI to Improve Performance in Standardized Math Tests in Secondary Education

Omar Andrés Latorre Soles
Universidad Tecnológica Latinoamericana en Línea

Resumen

Esta investigación evaluó el impacto del uso de herramientas de inteligencia artificial (IA) en el rendimiento de estudiantes de décimo grado en pruebas estandarizadas de matemáticas, específicamente en la Prueba Saber en Colombia. Se utilizó una metodología mixta con un diseño cuasi-experimental, comparando un grupo de control que recibió retroalimentación tradicional con un grupo experimental que utilizó herramientas de IA. La muestra consistió en 68 estudiantes de la Institución Educativa Técnica Industrial José María Carbonell.

Los resultados cuantitativos mostraron una mejora significativa en ambos grupos, con el grupo experimental exhibiendo un mayor progreso relativo y una reducción en la dispersión de los puntajes. El análisis cualitativo reveló percepciones mixtas entre docentes y estudiantes sobre el uso de IA en la educación matemática, resistencia al uso por parte de los docentes, pero, con una tendencia hacia una mayor aceptación de los estudiantes después de la exposición a estas herramientas.

La investigación concluyó que la integración de IA en la enseñanza de matemáticas puede mejorar significativamente el rendimiento en pruebas estandarizadas, especialmente para estudiantes con dificultades iniciales. Se destaca la importancia de combinar métodos tradicionales y tecnológicos, así como la necesidad de capacitación docente en el uso ético y efectivo de herramientas de IA. El estudio sugiere que la implementación cuidadosa de IA puede contribuir a un aprendizaje más personalizado y equitativo, alineándose con teorías educativas contemporáneas y recomendaciones de organizaciones internacionales como la UNESCO.

Palabras Clave: Inteligencia Artificial, Educación Matemática, Pruebas Estandarizadas, Personalización del Aprendizaje, Herramientas Tecnológicas, Aprendizaje Autónomo, Mediación Instrumental.

Abstract

This research evaluated the impact of using artificial intelligence (AI) tools on the performance of tenth-grade students in standardized math tests, specifically the Saber Test in Colombia. A mixed-methods approach was employed with a quasi-experimental design, comparing a control group that received traditional

feedback with an experimental group that used AI tools. The sample consisted of 68 students from the José María Carbonell Technical Industrial Educational Institution.

Quantitative results showed significant improvement in both groups, with the experimental group exhibiting greater relative progress and a reduction in score dispersion. The qualitative analysis revealed mixed perceptions among teachers and students regarding the use of AI in math education, with some resistance from teachers but a trend towards greater acceptance among students after exposure to these tools.

The research concluded that integrating AI into math teaching can significantly improve performance in standardized tests, especially for students with initial difficulties. The study highlights the importance of combining traditional and technological methods, as well as the need for teacher training in the ethical and effective use of AI tools. The research suggests that careful implementation of AI can contribute to more personalized and equitable learning, aligning with contemporary educational theories and recommendations from international organizations such as UNESCO.

Keywords

Artificial Intelligence, Mathematics Education, Standardized Tests, Personalized Learning, Technological Tools, Autonomous Learning, Instrumental Mediation.

El uso de la inteligencia artificial (IA) para mejorar el rendimiento en pruebas estandarizadas de matemáticas en estudiantes de educación secundaria es un tema de investigación prometedor y relevante en el contexto educativo actual. El estudio propone una intervención educativa que introduce a los estudiantes al uso adecuado y ético de herramientas de IA en el contexto del aprendizaje matemático con el fin que sea aplicado a la preparación de las Pruebas Saber. La investigación evaluará si, tras esta intervención, los estudiantes logran mejorar significativamente sus resultados en pruebas estandarizadas de matemáticas. En este sentido, se analizará cómo el uso guiado de la IA puede ayudar a los estudiantes a comprender mejor los conceptos matemáticos, resolver problemas de manera más eficiente y aplicar sus conocimientos en el contexto de las pruebas. Además, se examinará si esta aproximación fomenta un uso responsable y ético de la tecnología en el aprendizaje. El estudio busca proporcionar evidencia empírica sobre el impacto de la IA en el rendimiento académico, específicamente en el área de matemáticas, y ofrecer conclusiones reveladoras sobre cómo integrar efectivamente estas herramientas en la preparación para pruebas estandarizadas.

Introducción

La inteligencia artificial (IA) está transformando numerosos campos, y la educación no es la excepción. Su aplicación en la enseñanza permite personalizar el aprendizaje, adaptar los contenidos a las necesidades individuales de cada estudiante y ofrecer retroalimentación inmediata. Estas capacidades son especialmente valiosas en materias como las matemáticas, donde los conceptos abstractos y la resolución de problemas requieren una atención personalizada.

Al preparar a los estudiantes para pruebas estandarizadas, la IA puede ofrecer simulaciones y prácticas personalizadas, centradas en las áreas que necesitan mayor atención, mejorando así el rendimiento general.

La IA puede mejorar los procesos de evaluación al permitir un análisis detallado del desempeño de los estudiantes en tiempo real. Esto facilita la identificación de patrones y tendencias en el aprendizaje, ayudando a los educadores a identificar dificultades en ciertas competencias y en temas básicos del área y con ello ajustar sus estrategias pedagógicas de manera más efectiva y en consecuencia aumentar los puntajes que los estudiantes requieren para mostrar resultados satisfactorios en el área.

No obstante, uno de los mayores desafíos es aprovechar las tecnologías y que no solo guíen a los estudiantes en la resolución de ejercicios, sino que también los estimulen a construir su propio conocimiento. Es esencial que la IA promueva el pensamiento crítico y la creatividad y la lectura en contextos matemáticos y no matemáticos, en lugar de simplemente mostrar la solución de problemas o los resultados de x o y procedimiento matemático. Para lograr esto, las plataformas de aprendizaje basadas en IA deben integrar actividades que requieran la exploración y la aplicación de conceptos matemáticos en contextos nuevos y variados. Además, es importante el buscar estrategias nuevas de evaluación que permitan evaluar en forma que los estudiantes puedan usar esta tecnología y los resultados obtenidos en contextos reales apropiados y que signifiquen algo en su conocimiento. Estas tecnologías deben actuar como facilitadoras, creando un entorno en el que los

La implementación de IA en el ámbito educativo podría tener el potencial de mejorar los puntajes en pruebas estandarizadas y ayudar a los estudiantes a desarrollar una mayor confianza y motivación hacia las matemáticas. Al proporcionar un entorno de aprendizaje interactivo y accesible, los tutores de IA ayudarían a los estudiantes a superar sus dificultades y a consolidar sus conocimientos de una manera más personalizada y que se ajusten a las deficiencias y fortalezas de cada estudiante. educativo. *“la IA puede analizar el comportamiento de estudio, el estilo de aprendizaje, las fortalezas y debilidades de cada estudiante, y proporcionar retroalimentación y recomendaciones de aprendizaje personalizadas”*. (Maldonado Zuñiga, Romero Castro , Toala Pilay, & Velázquez Concepción, Agosto, 2023). Así mismo, la integración de IA fomentaría habilidades críticas como la resolución de problemas y la comprensión lectora en contextos matemáticos, preparándolos mejor para los desafíos académicos y profesionales del futuro.

Otra área crítica que se beneficiará de la IA es la evaluación. Las herramientas de IA pueden ofrecer análisis más completos del desempeño de los estudiantes, facilitando la identificación de dificultades comunes y aciertos en su aprendizaje. Esto es particularmente útil en la preparación para pruebas estandarizadas, donde la IA puede proporcionar prácticas personalizadas y sobretodo simulaciones, enfocándose en las áreas que requieren mayor atención. Para lograr esto, es necesario diseñar estrategias de aprendizaje que integren actividades que requieran la exploración y la aplicación de conceptos en contextos diversos y que permitan el autoaprendizaje y un uso adecuado de la información con el fin de fortalecer los procesos de aprendizaje.

Se pretende proporcionar a los educadores, una comprensión más profunda de cómo la IA puede apoyar y mejorar el proceso educativo principalmente en el área de matemáticas, asegurando que los estudiantes no solo resuelvan problemas, sino que desarrollen habilidades para el aprendizaje autónomo y la creación de conocimiento. “La aplicación de la inteligencia artificial a la enseñanza de las matemáticas no solo busca mejorar la eficacia del aprendizaje, sino que también contribuye a la personalización de la educación” (Fuei Bermeo, Coy García, Durán Pardo, & Coloma Añazco, 2024)

Objetivo General

Evaluar el impacto del uso de las herramientas de inteligencia artificial en rendimiento de los estudiantes de décimo grado en pruebas estandarizadas de matemáticas específicamente en la Prueba Saber, con el fin de determinar si estas tecnologías pueden mejorar significativamente sus resultados.

Objetivos específicos

1. Implementar y utilizar herramientas de inteligencia artificial en el aula para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas y medir el cambio de los resultados en pruebas estandarizadas de matemáticas antes y después de la intervención
2. Determinar si la IA, mediante una retroalimentación oportuna y personalizada puede potenciar la habilidad de los estudiantes de grado décimo para resolver problemas matemáticos de complejidad creciente midiendo su desempeño en pruebas de resolución de problemas con y sin la asistencia de herramientas de IA.
3. Analizar las percepciones de los estudiantes de grado decimo y docentes sobre la utilidad y efectividad de la IA como herramienta de apoyo en el aprendizaje de las matemáticas, identificando ventajas, desventajas y áreas de mejora percibidas.

Hipótesis

Los estudiantes de grado decimo que se expongan a herramientas de inteligencia artificial (IA) durante su proceso de aprendizaje de matemáticas demostrarán un mejor desempeño en pruebas estandarizadas tipo Saber en comparación con aquellos que no han estado expuestos a este tipo de herramientas.

Referentes teóricos

La educación matemática es fundamental para el desarrollo cognitivo y profesional de los estudiantes, ya que ayuda a mejorar sus habilidades entre ellas el razonamiento lógico, la resolución de problemas y análisis de situaciones en contextos numéricos o geométricos. En el contexto de la educación media, las pruebas estandarizadas en matemáticas son herramientas clave para evaluar el rendimiento académico y la comprensión de conceptos fundamentales. Sin embargo, muchos estudiantes enfrentan desafíos significativos en estas evaluaciones, lo que plantea la necesidad de explorar nuevas estrategias pedagógicas y tecnológicas para mejorar los resultados.

La inteligencia artificial (IA) ha emergido como una tecnología que empieza a transformar diversos campos, entre ellos la educación. En el ámbito educativo, la IA busca que a través del uso de algoritmos y sistemas inteligentes se personalice y mejore el proceso de enseñanza-aprendizaje entre otros objetivo y usos que pueden dársele a esta tecnología. Herramientas como los tutores inteligentes, los sistemas de recomendación y el análisis de aprendizaje (learning analytics) han mostrado un potencial considerable para adaptar el contenido educativo a las necesidades individuales de los estudiantes, proporcionar retroalimentación inmediata y facilitar una comprensión más profunda de los conceptos matemáticos.

Según (IBM, s.f), “La inteligencia artificial, o IA, es tecnología que permite que las computadoras simulen la inteligencia humana y las capacidades humanas de resolución de problemas. Por sí sola o combinada con otras tecnologías (por ejemplo, sensores, geolocalización, robótica), la IA puede realizar tareas que de otro modo requerirían inteligencia o intervención humana.”

Por otro lado, la Organización Internacional de Normalización **ISO** la define como: “«un campo técnico y científico dedicado al sistema de ingeniería que genera resultados como contenido, previsiones, recomendaciones o decisiones para un conjunto determinado de objetivos definidos por el ser humano» (ISO, s.f.)

Esto desde el punto de vista técnico, pero, sus usos actuales van más allá de algo que en su momento se pensaba como ciencia ficción.

Por otra parte, la UNESCO pretende que la IA se enfoque en el ser humano, con el objetivo de dar solución a las desigualdades en el acceso al conocimiento, a la investigación y teniendo en cuenta la diversidad cultural, con el fin de acortar brechas tecnológicas en los países.

“La promesa de la “IA para todos” debe permitir que cada cual pueda sacar provecho de la revolución tecnológica en curso y acceder a sus frutos, fundamentalmente en términos de innovaciones y conocimientos.” (Unesco, 2019).

La IA ofrece un conjunto de herramientas y aplicaciones con el potencial de transformar la educación matemática y mejorar el rendimiento de los estudiantes en pruebas como las Pruebas Saber. Algunas de las aplicaciones más relevantes de la IA en este campo incluyen: tutores inteligentes, sistemas de recomendación, análisis de aprendizaje learning analytics; plataformas de gamificación, chatbots educativos, evaluación automatizada; entre otros. La IA ofrece una gama de herramientas y aplicaciones que pueden personalizarse y adaptarse a las necesidades individuales de los estudiantes proporcionándoles retroalimentación oportuna, facilitando una comprensión más profunda de los conceptos matemáticos y mejorando su desempeño en evaluaciones como las pruebas Saber.

Este estudio se fundamenta en la mediación instrumental, un concepto fundamental en la teoría sociocultural de **Lev Vygotsky** (1978), hace referencia al uso de herramientas o recursos por parte de los individuos para mediar sus interacciones con el mundo y, en consecuencia, promover su aprendizaje y desarrollo (Wertsch, 1991). Esta noción implica que objetos, símbolos y sistemas de signos pueden actuar como herramientas mentales que nos ayudan a pensar, actuar y resolver problemas de manera más efectiva (Gaudin & Cole, 2001).

Vygotsky afirma que el educando puede explotar su potencial con la ayuda y guía de otras personas de otros mediadores del conocimiento, es aquí donde el docente adquiere el papel relevante, pues, es a través de su experiencia y formación quien debe contribuir en la elaboración de estrategia metodológicas y en el uso de recursos que permitan potenciar las capacidades del estudiante.

En cuanto a la mediación instrumental en el ámbito de las matemáticas Moreno Armella (2013) ha discutido cómo las herramientas tecnológicas pueden actuar como mediadores en el proceso de aprendizaje matemático. Algunas de las ideas principales que ha expresado sobre este tema incluyen:

- Las herramientas tecnológicas no son simplemente ayudas neutras, sino que transforman la manera en que pensamos y aprendemos matemáticas.
- La mediación instrumental implica que los estudiantes no solo aprenden matemáticas, sino que también aprenden a usar las herramientas tecnológicas de manera efectiva para explorar conceptos matemáticos. “La exploración matemática en un medio digital está mediada por sistemas de representación activos y el conocimiento que emerge es distinto al que emerge de un medio estático.” Morello (2013)

Moreno Armella sugiere que la mediación instrumental puede ayudar a hacer las matemáticas más accesibles y significativas para los estudiantes, pero también enfatiza la importancia de un uso reflexivo y cuidadoso de la tecnología en la educación matemática. Es importante considerar cómo integrar estas herramientas en el currículo y la pedagogía de manera que apoyen genuinamente el aprendizaje matemático, en

lugar de ser simplemente una adición superficial. En el caso de la IA se deben considerar factores de tipo ético en su uso, al ser una herramienta tan poderosa, debe llevar a pensar en la forma de evaluar, en su uso y veracidad de los resultados mostrados, además, de que su implementación debe estar cuidadosamente planeado en términos de la metodología que se vaya a usar y el tipo de trabajo al cual se quiere llevar al estudiante, así pensarse claramente los objetivos de la evaluación

En el contexto colombiano la evaluación es un proceso en el cual se busca realizar un seguimiento de los procesos y avances en la adquisición y puesta en práctica de los conocimientos por parte de los estudiantes al respecto el MEN de Colombia dice:

“En el plan de estudios deberá incluirse el procedimiento de evaluación de los logros del alumno, entendido como el conjunto de juicios sobre el avance en la adquisición de los conocimientos y el desarrollo de las capacidades de los educandos, atribuibles al proceso pedagógico” (MEN, 1994, Art. 47, pp. 17)

Dado que el objetivo de la evaluación del ICFES es monitorear la calidad de la educación en el país y facilitar el acceso a la educación superior, según el Ministerio de Educación Nacional, estas pruebas, buscan proporcionar información relevante sobre el desempeño académico de los estudiantes en distintas áreas del conocimiento, incluyendo matemáticas, y sirven como herramienta para la toma de decisiones educativas y políticas (Ministerio de Educación de Colombia). es fundamental que los establecimientos educativos piensen en adoptar dentro de sus recursos y posibilidades herramientas avanzadas donde se piense a la tecnología desde el currículo, no solo como forma de innovación o de atajo para hacer las clases “atractivas”, sino, intentar con herramientas como las inteligencias artificiales para mejorar la preparación de los estudiantes. La IA no solo personaliza el aprendizaje y proporciona retroalimentación inmediata, sino que también reduce desigualdades y mejora la calidad educativa general. Por lo tanto, su implementación puede ser esencial para asegurar que todos los estudiantes estén bien preparados para las pruebas del ICFES y, en última instancia, para su futura educación superior.

Metodología

La elección de una metodología de investigación mixta se justificó por la necesidad de obtener una comprensión aplicativa del impacto de la inteligencia artificial (IA) en el rendimiento de los estudiantes en matemáticas. Este enfoque proporcionó una visión más completa y rica del fenómeno de estudio. El estudio se abordó desde una perspectiva exploratoria al incursionar en una nueva área de investigación (uso de IA en la educación matemática), además, desde lo descriptivo documentando y describiendo el impacto de la herramienta de IA en el rendimiento y las percepciones de los estudiantes, y un desde lo correlacional para examinar las relaciones entre las variables clave (uso de IA y rendimiento académico).

Se empleó un diseño cuasi-experimental cuantitativo, trabajando con un grupo de control y otro grupo experimental. Se realizaron mediciones mediante un pre-test y, posteriormente, un post-test para evaluar el impacto de la intervención con IA. Las

evaluaciones estandarizadas en Colombia, particularmente en matemáticas, son vistas como herramientas esenciales para la mejora continua de la educación, respaldadas tanto por políticas gubernamentales como por investigaciones académicas que buscan entender y optimizar su impacto en el aprendizaje estudiantil.

La población fueron estudiantes de décimo grado en la Institución Educativa Técnica Industrial José María Carbonell, con una muestra de 68 estudiantes de dos grupos diferentes para participar en el programa piloto.

Los instrumentos de recolección de datos usados fueron: pruebas estandarizadas, se usaron con el fin medir el rendimiento antes y después de la implementación del programa, también entrevistas con estudiantes y docentes del área para obtener perspectivas cualitativas sobre el uso de IA en el aula y registros de uso de la plataforma de IA que ayudaron a analizar la interacción de los estudiantes con la herramienta de IA.

Esquema 1 (Elaboración Propia)

Técnicas de validación de datos

Las pruebas utilizadas son las pruebas Saber, administradas por el Instituto Colombiano para la Educación Superior ICFES, la entidad oficial encargada de realizar estas evaluaciones a estudiantes de último grado. Estas pruebas han sido validadas por expertos, asegurando que cubren adecuadamente el contenido y miden los constructos teóricos relevantes en el área de matemática. Desde el gobierno se busca que los resultados sean utilizados para elaborar políticas educativas que fomenten el desarrollo integral de los estudiantes y la equidad en el acceso a una educación de calidad. En este ejercicio de investigación se buscó garantizar que las pruebas estandarizadas se administraran de manera consistente y siguiendo los mismos procedimientos para todos los estudiantes. Posteriormente se revisaron los datos recolectados para identificar posibles errores de entrada o inconsistencias. En una etapa posterior se complementaron los datos de las pruebas estandarizadas con datos cualitativos obtenidos a través de entrevistas y observaciones para una comprensión más completa del rendimiento de los estudiantes.

Análisis de Datos

El Análisis Cuantitativo se basó en las estadísticas descriptivas e inferenciales de los datos proporcionados por las pruebas aplicadas antes y después de la intervención buscando evaluar el impacto del programa piloto en el rendimiento de los estudiantes. De otro lado el análisis cualitativo se realizó haciendo una revisión de las entrevistas hechas a los estudiantes y docentes para identificar patrones y perspectivas sobre el uso de IA en la enseñanza de matemáticas.

La presentación de datos de calificaciones de estudiantes es esencial para analizar el desempeño académico y tomar decisiones. En este informe, se presentan los resultados de un conjunto de datos pre test y pos test, que incluye las calificaciones de los estudiantes, organizadas representadas mediante gráficos los cuales permiten hacer un análisis estadístico y posteriormente interpretar y concluir con la información obtenida.

En la investigación se tomaron dos grupos de grado 10, el grupo 1 se tomó como grupo de control y el grupo 2 quién sería el grupo experimental.

Grafico 1. Elaboración propia

Representación calificaciones de los grupos control y experimentación.

El grupo 1 presenta un mayor nivel académico en el área.

El grupo 1, sometido a un pre-test como diagnóstico seguido de un post-test, experimentó una notable mejora en sus resultados gracias a la implementación de una retroalimentación tradicional sobre las preguntas que presentaron mayor dificultad en el pre- test.

Tabla 1. Elaboración propia. Resultados cuantitativos

Entre los cambios significativos observados se destacan los mostrados en el gráfico 2:

- **Mejora significativa en el puntaje promedio:** El post-test presenta un puntaje promedio significativamente más alto (20,17 puntos) que el pre-test. Esto indica que, en promedio, los estudiantes obtuvieron mejores resultados en el post-test, lo que sugiere una mejora en su aprendizaje tras la intervención educativa.
- **Baja presencia de puntajes bajos:** los resultados obtenidos en pos test, muestran una baja sensible en los puntajes bajos, desplazando a los estudiantes de un nivel bajo a un nivel básico y superior.

Grafico 2 .Elaboración Propia

El análisis comparativo del pre-test y post-test evidencia una mejora significativa en el rendimiento general de los estudiantes tras la intervención educativa.

Esta mejora se refleja en el aumento considerable del puntaje promedio, la mediana y la moda, así como en el desplazamiento de la distribución de frecuencias hacia puntajes más altos. La presencia de puntajes sobresalientes en el post-test también respalda la idea de una mejora.

Para el grupo 2, el cual se tomó como grupo experimental se observa:

El grupo presentó inicialmente un desempeño académico menor al grupo 1, tanto el pre test como el pos test, sin embargo, al realizar la intervención haciendo una retroalimentación de las preguntas con dificultad en el pre test y de aclarar conceptos usando herramientas de inteligencia artificial, mostraron una mejoría significativa en la prueba.

Tabla 2. Elaboración Propia. Medidas de tendencia central

Mejora significativa en el puntaje promedio: Hay un aumento notable en todas las medidas de tendencia central, lo que indica una mejora general en el rendimiento.

Cambio en la distribución de los puntajes: La diferencia entre la mediana del pre-test y la del post-test (20,71 puntos) es incluso mayor que la diferencia entre las medias (19.56). Esto implica que la distribución de los puntajes en el post-test se ha desplazado considerablemente hacia los valores altos, concentrando a la mayoría de los estudiantes en un rango de puntajes superior al del pre-test.

Mayor homogeneidad en los resultados: La dispersión relativa (CV) ha disminuido, lo que sugiere que los resultados son más homogéneos después de la intervención. La reducción en el coeficiente de variación (de 0,23 a 0,16) indica que los resultados después de la intervención son más homogéneos. Esto sugiere que la estrategia de IA pudo haber sido particularmente beneficiosa para los estudiantes que inicialmente tenían un rendimiento más bajo, ayudando a cerrar la brecha entre los estudiantes de alto y bajo rendimiento.

Desplazamiento hacia puntuaciones más altas: El cambio en la distribución, con una mayor concentración en valores altos en el post-test, indica que la mayoría de los

estudiantes mejoró significativamente. La moda pasó de 57,0 a 82,22, lo que representa un salto importante en la puntuación más frecuente.

Posible persistencia de dificultades en algunos estudiantes: Aunque la mayoría de los estudiantes mostró una mejora, la presencia de algunos valores bajos en el post-test (aunque menos frecuentes) sugiere que algunos estudiantes pueden seguir enfrentando dificultades. Esto podría indicar la necesidad de estrategias adicionales o más personalizadas para estos casos particulares.

Comparación de resultados entre los grupos 1 y 2

El primer grupo mostró un mejor desempeño general en la evaluación de conocimientos en matemáticas, con una media de 87.76 en comparación con la media de 76.26 del segundo grupo. Esto indica que, en promedio, los estudiantes del primer grupo obtuvieron calificaciones más altas. Cabe anotar que el grupo 1 presenta un mayor nivel académico en el área, lo cual, haría pensar que la intervención no fue efectiva, y que es mejor el uso de una metodología tradicional, sin embargo, en términos de la estrategia el grupo 2 tuvo un avance significativo, al mejorar los promedios iniciales y también, movilizar los estudiantes de desempeño bajo a nivel básico o superior.

En el primer grupo, una proporción significativa de estudiantes (21.2%) se encuentra en el intervalo de 90-94, mientras que, en el segundo grupo, el intervalo con mayor frecuencia es 80-84 con 23.5%. Esto indica que en el primer grupo hay más estudiantes alcanzando calificaciones muy altas en comparación con el segundo grupo, donde la mayoría se concentra en un intervalo ligeramente inferior.

La mediana del primer grupo (91.79) es significativamente más alta que la del segundo grupo (77.50), lo que refuerza la conclusión de un mejor desempeño general del primer grupo. Además, los cuartiles Q1 y Q3 del primer grupo (78.75 y 98.75) también son más altos que los del segundo grupo (69.58 y 84.06), lo que indica que la distribución de las calificaciones en el primer grupo se encuentra en rangos superiores.

Desde lo cualitativo al hacer un acercamiento a las percepciones de los estudiantes y algunos docentes podemos tener una mirada desde su perspectiva, uno de los docentes afirma: "Nunca se ha utilizado y creo que a este nivel no es conveniente su uso." (Docente 1). Esta percepción de docente 1 refleja una resistencia al cambio y una falta de experiencia previa con las herramientas de IA en el aula. Podría estar influenciada por la preocupación de que estas herramientas sean demasiado avanzadas o inadecuadas para los niveles educativos actuales, la preocupación de que este tipo de herramientas no permitan el uso adecuado de recursos y sea ella quien les «haga todo», lo cual no permitiría fortalecer los procesos cognitivos y de pensamiento matemático que los estudiantes necesitan desarrollar.

De otra parte, tenemos una opinión similar de otro docente de matemáticas encargado de grados de secundaria: "Considero que no se hace necesario el uso de estas herramientas ya que sesga el aprendizaje, limita la capacidad de análisis, influye en la lógica de los procesos que se adquieren con mayor base procedimental bajo los métodos tradicionales de aprendizaje"(Docente 2).

Esta opinión del docente 2 destaca una inquietud por la potencial dependencia excesiva de la tecnología, que podría impedir el desarrollo de habilidades analíticas y procedimentales fundamentales en el proceso de aprendizaje de las matemáticas. El docente parece valorar los métodos tradicionales que fomentan una comprensión profunda y una base sólida en los procedimientos matemáticos.

Frente a este panorama, Mayer (2009) sugiere que el aprendizaje es más efectivo cuando se gestiona adecuadamente la carga cognitiva de los estudiantes. Al utilizar herramientas de IA para personalizar el aprendizaje, adaptando el contenido y los problemas matemáticos al nivel de habilidad de cada estudiante, se podría reducir la sobrecarga cognitiva y mejorando la comprensión.

Por otro lado, la opinión de los estudiantes no dista mucho de la de los docentes, especialmente aquellos que han recibido retroalimentación de manera tradicional. Existe cierto desconocimiento sobre las bondades y beneficios del uso de herramientas de IA, así como de los fallos y usos inadecuados de las mismas. “Yo nunca he utilizado la inteligencia artificial para ayudarme en matemáticas entonces no puedo hablar mucho de mi experiencia, pero a mí personalmente no me gusta usar esa herramienta, prefiero ver videos, buscar información por otro lado, pienso que no es confiable y es mejor no acostumbrarse a esta”. (E1, grupo 1)

Sin embargo, los estudiantes que han recibido retroalimentación utilizando IA han cambiado su manera de ver e interactuar con la herramienta, adaptándose a su uso y comprendiendo sus aplicaciones más apropiadamente. “Mi experiencia la mayoría de veces ha sido buena ya que me ha brindado la información que eh necesitado, pero muchas veces me da resultados incoherentes a los que necesito”. (E25 grupo 2). Esto no solo les permite obtener respuestas de la IA, sino también generar nuevas preguntas e interacciones más provechosas, obteniendo así mejores resultados en las pruebas aplicadas.

Conclusiones

La educación secundaria enfrenta desafíos significativos al tratar de satisfacer las diversas necesidades de los estudiantes y mejorar su rendimiento académico. Holmes, Balik, Fadel (2019) nos invitan a repensar los métodos de enseñanza en general, para asegurar que el aprendizaje sea significativo, práctico y prepare efectivamente a los estudiantes para los desafíos futuros. Al respecto dicen “es importante que cada pieza del plan de estudios esté ahí por una razón, y que el significado nunca esté demasiado lejos”. (Holmes, Bialyk, & Fadel, 2019), así pues, el uso de diferentes herramientas para la educación, debe tener un objetivo claro dentro del currículo y que el docente sea capaz de desarrollar estrategias educativas personalizadas que respondan a las necesidades específicas de los estudiantes. Promover un entorno de aprendizaje inclusivo mediante el uso de tecnología puede cerrar la brecha entre estudiantes de diferentes niveles de rendimiento, Las IA pueden ser una de esas herramientas que ayuden a mejorar la educación, de tal manera que estemos en línea con las recomendaciones de la UNESCO.

Considerando la efectividad de dos enfoques de retroalimentación aplicados en los dos grupos de estudiantes participantes, el grupo de control, sometido a retroalimentación tradicional, y el grupo experimental, que recibió retroalimentación utilizando

herramientas de inteligencia artificial (IA). Vemos que el grupo de control (Grupo 1), con un nivel académico inicial más alto, mostró una mejora significativa en los puntajes del post-test tras recibir retroalimentación tradicional. La puntuación promedio aumentó notablemente, evidenciando la efectividad de esta metodología. Para el grupo experimental (Grupo 2), que comenzó con un nivel académico inferior, también se observó una mejora significativa en sus puntajes post-test gracias a la retroalimentación asistida por IA. La diferencia entre las medidas de tendencia central y otros indicadores estadígrafos indican un desplazamiento considerable de los puntajes hacia niveles superiores. La disminución del coeficiente de variación (CV) sugiere una mayor homogeneidad en los resultados, lo que implica que la IA ayudó a cerrar la brecha entre estudiantes de diferentes niveles de rendimiento.

Lev Vygotsky destacó la importancia de la "zona de desarrollo próximo" (ZDP) en el aprendizaje, subrayando que los estudiantes pueden alcanzar niveles más altos de rendimiento con la ayuda adecuada. Los resultados del Grupo 1 respaldan esta teoría, mostrando cómo la retroalimentación directa y estructurada puede mejorar significativamente el rendimiento académico de los estudiantes. Por otro lado, desde el punto de vista de los recursos que se usan para el aprendizaje y la mediación que se hace con esos recursos, observamos que las herramientas de IA también hacen un trabajo efectivo en el Grupo 2, mejorando sustancialmente los resultados obtenidos.

Richard Mayer, conocido por su teoría de la carga cognitiva, sugiere que la presentación de la información debe ser diseñada para optimizar el aprendizaje y evitar la sobrecarga cognitiva. La mejora observada en el Grupo 2 sugiere que las herramientas de IA pueden ayudar a gestionar la carga cognitiva al proporcionar retroalimentación personalizada y aclaraciones en tiempo real, facilitando una mejor comprensión y retención de los conceptos.

Los resultados del Grupo 2, que muestran una mejora significativa tras la intervención con IA, apoyan sus conclusiones sobre el potencial de la tecnología para personalizar la enseñanza y proporcionar apoyo adicional a los estudiantes con dificultades, fomentando un aprendizaje más equitativo esto se alinea a lo expuesto por Morelo Armella (2013) quien ha investigado extensamente el impacto de las tecnologías avanzadas en la educación matemática y sobre el potencial de la tecnología para personalizar la enseñanza y proporcionar apoyo adicional a los estudiantes con dificultades.

Sugerencias

Los resultados de esta investigación proponen que una combinación de métodos de retroalimentación tradicionales y tecnológicos puede ser altamente efectiva. Al integrar la guía experta con herramientas de IA, se pueden abordar las diversas necesidades de los estudiantes y mejorar su rendimiento académico de manera más equitativa.

Es esencial desarrollar estrategias educativas personalizadas que respondan a las necesidades específicas de los estudiantes con dificultades persistentes. Esto puede incluir tutorías adicionales, programas de apoyo y el uso de tecnologías adaptativas que ajusten la enseñanza según las necesidades individuales de cada estudiante. Pero, es de vital

importancia que el trabajo de planeación de estas actividades sea propuesto por parte del docente, dichas iniciativas deben ser planeadas desde el currículo.

Promover un entorno de aprendizaje inclusivo mediante el uso de tecnología puede cerrar la brecha entre estudiantes de diferentes niveles de rendimiento. Las políticas educativas deben enfocarse en la equidad y en proporcionar recursos adecuados para todos los estudiantes, en línea con las recomendaciones de la UNESCO.

La formación continua de los docentes en tecnologías educativas y estrategias de retroalimentación efectiva es esencial para optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Esta capacitación no solo permitiría a los educadores maximizar el potencial de las herramientas disponibles, sino también adaptarse ágilmente a las necesidades de aprendizaje de sus estudiantes. En particular, la instrucción en el uso de la inteligencia artificial (IA) en el ámbito educativo podría ser importante en el proceso de aprendizaje, ya que no solo disminuye la resistencia natural al cambio, sino que también amplía la perspectiva sobre las innovadoras prácticas pedagógicas que pueden surgir de su aplicación. Al integrar la IA de manera reflexiva y crítica, los docentes pueden enriquecer sus métodos de enseñanza, fomentar el pensamiento crítico en sus alumnos y prepararse mejor para los desafíos educativos del futuro.

La implementación gradual las herramientas de IA, comenzando con aplicaciones simples y avanzando hacia usos más complejos, el mostrar ejemplos concretos de cómo las herramientas de IA pueden mejorar el aprendizaje y no simplemente reemplazar el pensamiento crítico. El temor de que las herramientas de IA no permitan fortalecer los procesos cognitivos y el pensamiento matemático es comprensible, pero no necesariamente preciso. Cuando se usan adecuadamente, estas herramientas pueden:

- Proporcionar práctica adicional personalizada
- Ofrecer explicaciones alternativas
- Permitir a los estudiantes explorar conceptos de manera interactiva

El diseño de actividades programadas y dirigidas por parte de los docentes es una tarea fundamental, lo cual implica: dejar a un lado la resistencia que se tenga con respecto a las herramientas de IA; crear tareas que requieran que los estudiantes usen herramientas de IA como apoyo, pero que aún exijan pensamiento crítico y resolución de problemas; evaluar el impacto de estas herramientas en el aprendizaje de los estudiantes para ajustar su implementación. Por otro lado, es importante la colaboración entre educadores y el generar discusiones que impliquen estrategias y metodologías para ayudar a los estudiantes a usar las herramientas que realmente apoyen los objetivos educativos.

La evaluación continua y ajuste de estrategias de evaluación continua para monitorear el progreso de los estudiantes y ajustar las estrategias educativas en consecuencia es crucial. Esto permitirá una respuesta rápida a las necesidades emergentes y garantizará que todos los estudiantes reciban el apoyo necesario para su desarrollo académico.

En conclusión, los resultados de esta investigación destacan la importancia de combinar métodos tradicionales y tecnológicos para mejorar el aprendizaje de los estudiantes. Al integrar estas estrategias y seguir un enfoque inclusivo, se puede

promover un ambiente educativo equitativo y efectivo para todos los estudiantes, alineándose con las teorías de Vygotsky, Mayer, Morelo Armella y las recomendaciones de la UNESCO.

Referencias

Barrera Mora, F. Reyes Rodríguez, A (2018). *El rol de la tecnología en el desarrollo de entendimiento matemático vía la resolución de problemas*. Educatio Siglo XXI, Vol. 36 n° 3 pp. 41-72 <http://dx.doi.org/10.6018/j/349461>

Fuel Bermeo, A., Coy García, G., Durán Pardo, V. H., & Coloma Añazco, J. P. (2024). La inteligencia artificial aplicada a las Matemáticas. CONOCIMIENTO GLOBAL, 9(1), 234- 242.

IBM. (s.f.). ¿Qué es la inteligencia artificial (IA)? IBM México. "<https://www.ibm.com/mx-es/topics/artificial-intelligence>"
<https://www.ibm.com/mx-es/topics/artificial-intelligence>

ISO. (s.f.). ¿Qué es la inteligencia artificial (IA)? Organización Internacional de

Normalización. "<https://www.iso.org/es/inteligencia-artificial/que-es-ia>"
<https://www.iso.org/es/inteligencia-artificial/que-es-ia>

Gaudin, P., & Cole, M. (2001). Ideas, artifacts, and the social construction of knowledge. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Holmes, W, Bialik, M, Fadel, C. (2019) Artificial Intelligence in Education. Promise and Implications for Teaching and Learning. The Center for Curriculum Redesign, Boston, MA, <http://bit.ly/AIEDBOOK>

Maldonado Zuñiga, K., Romero Castro, M. I., Toala Pilay, M. A., & Velázquez Concepción, Y. (Agosto, 2023). Aula invertida y su impacto en la enseñanza-aprendizaje aplicando la inteligencia artificial. Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas, 16(8), 96- 109.
<https://publicaciones.uci.cu/index.php/serie/article/view/1419/1154>

Mayer, R. E. (2009). Multimedia learning (2nd ed.). Cambridge University Press.

Ministerio de Educación Nacional (MEN). (1994). Decreto 1860 de 1994. Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 115 de 1994, en los aspectos pedagógicos y organizativos generales.

Ministerio de Educación Nacional (MEN). (2009). Decreto 1290 de abril 16 de 2009. Por el cual se reglamenta la evaluación del aprendizaje y promoción de los estudiantes de los niveles de educación básica y media.

Morello Armella, L (2013) ¿Cómo impactan las tecnologías los currículos de la Educación Matemática? Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática. Año 8. Número 11. pp 307-315. Costa Rica
"https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/cifem/article/download/14734/13979"

Llerena Aguilar, P. Terán Zavala, E. Medina Perrazo, S. Veloz Sánchez, A. (2024) Integración de la inteligencia artificial en la metodología educativa: estrategias innovadoras para la enseñanza efectiva. Pol. Con. (Edición núm. 85) Vol. 9, No 1 pp. 1637-1654, ISSN: 2550 - 682X DOI: 10.23857/pc.v9i1.6458

Rabinovich, A. (2012). Scaffolding language and thinking: Instructional practices for diverse learners. New York, NY: Teachers College Press.

Unesco (2019). La inteligencia artificial en la educación. Unesco.
<https://www.unesco.org/es/digital-education/artificial-intelligence>

Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Wertsch, J. V. (1991). *Vygotsky and the social formation of mind*. Cambridge, MA: Harvard University Press.