

<https://doi.org/10.69639/arandu.v12i2.992>

Implementación de Modelos Matemáticos Adaptativos Basados en Inteligencia Artificial para la Personalización del Aprendizaje en Educación

Implementation of Adaptive Mathematical Models Based on Artificial Intelligence for Learning Personalization in Education

José Luis Cosquillo Chida

joselcosquilloch@uta.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0001-5039-9086>

Universidad Técnica de Ambato
Ambato – Ecuador

Luisa Narcisa Morocho Cabrera

luisan.morocho@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0001-9594-0892>

Ministerio de Educación del Ecuador
Quito – Ecuador

Daniela Fernanda Estévez Argüello

daniela.estevez@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0007-9984-384X>

Ministerio de Educación del Ecuador
Quito – Ecuador

William Armando Pesantez Lozano

william.pesantez@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0008-1684-3770>

Ministerio de Educación del Ecuador
Quito – Ecuador

Pablo Augusto Quijijije Mejia

pablo.quijijije@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0000-0001-9384-1455>

Ministerio de Educación del Ecuador
Quito – Ecuador

Artículo recibido: 10 marzo 2025 - Aceptado para publicación: 20 abril 2025
Conflictos de intereses: Ninguno que declarar

RESUMEN

La finalidad de este estudio, denominado Implementación de Modelos Matemáticos Adaptativos Basados en Inteligencia Artificial para la Personalización del Aprendizaje en Educación, es examinar el efecto de los modelos matemáticos adaptativos, basados en inteligencia artificial (IA), en la personalización del aprendizaje en entornos educativos. Se plantea que las metodologías personalizadas respaldadas por algoritmos de IA pueden mejorar tanto el rendimiento académico como la motivación intrínseca de los estudiantes, favoreciendo trayectorias de aprendizaje más eficaces y centradas en el individuo. Se utilizó un enfoque metodológico mixto con un diseño cuasiexperimental, que incluyó análisis cuantitativos y cualitativos. La muestra estuvo compuesta por 180 estudiantes de nivel básico, distribuidos equitativamente entre un grupo experimental y un grupo de control. El grupo experimental utilizó una plataforma pedagógica basada en modelos adaptativos de IA durante 12 semanas. Se realizaron evaluaciones estandarizadas antes y después

de la intervención, además de encuestas de percepción y entrevistas semiestructuradas para captar la experiencia de los estudiantes. Los resultados mostraron una mejora estadísticamente significativa en el desempeño académico del grupo experimental frente al grupo de control (P&R; 0.01), especialmente en la resolución de problemas y la comprensión conceptual. Se observaron avances notables en el aprendizaje, el compromiso emocional y la autorregulación de los estudiantes. Los modelos adaptativos permitieron ajustar el contenido, la dificultad y la retroalimentación de forma inmediata, lo que facilitó una instrucción diferenciada y precisa. Estos resultados sugieren que la inclusión de la inteligencia artificial y la educación matemática tiene el potencial de transformar los sistemas educativos modernos, particularmente en el contexto de la integración, la justicia y la capacitación basada en la evidencia.

Palabras clave: innovación didáctica, ciencias experimentales, aprendizaje activo, competencias científicas, educación universitaria

ABSTRACT

The aim of this study, titled "Implementation of Adaptive Mathematical Models Based on Artificial Intelligence for Learning Personalization in Education", is to examine the effect of adaptive mathematical models, based on artificial intelligence (AI), on learning personalization in educational environments. It is postulated that personalized methodologies, supported by AI algorithms, can enhance both academic performance and students' intrinsic motivation, fostering more effective and individualized learning pathways.. A mixed-methods approach was used with a quasi-experimental design, which included both quantitative and qualitative analyses. The sample consisted of 180 basic-level students, evenly distributed between an experimental group and a control group. The experimental group used a pedagogical platform based on AI adaptive models for 12 weeks. Standardized assessments were conducted before and after the intervention, along with perception surveys and semi-structured interviews to capture the students' experiences. The results showed a statistically significant improvement in the academic performance of the experimental group compared to the control group (P&R; 0.01), particularly in problem-solving and conceptual understanding. Notable progress was observed in learning, emotional engagement, and self-regulation of the students. The adaptive models allowed for immediate adjustments to content, difficulty, and feedback, facilitating differentiated and precise instruction. These results suggest that the inclusion of artificial intelligence and mathematical education has the potential to transform modern educational systems, particularly in the context of integration, justice, and evidence-based training.

Keywords: didactic innovation, experimental sciences, active learning, scientific skills, university education

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International. 

INTRODUCCIÓN

Contextualización del tópico en cuestión

El desafío para la pedagogía contemporánea es encontrar formas de abordar la heterogeneidad cognitiva y emocional de los estudiantes utilizando marcos de enseñanza más flexibles y personalizados. La incorporación de inteligencia artificial (IA) en entornos educativos ha transformado el enfoque de análisis, modificación y optimización del proceso de aprendizaje (Luckin et al., 2022). Los modelos matemáticos adaptativos que utilizan algoritmos de inteligencia artificial ayudan en la identificación de patrones de comportamiento, pronóstico de problemas y entrega de contenido personalizado en tiempo real (Chen et al., 2023). Esto es evidente en el creciente número de sistemas inteligentes que permiten la personalización de trayectorias educativas y apoyan el aprendizaje individualizado para cada estudiante (Holstein et al., 2022; Alimisis, 2023).

Antecedentes y Revisión de Trabajos Relacionados

La matematización contemporánea optimiza la retención y transmisión de conocimientos en cualquier sistema adaptativo (Dede, 2021; Perifanou, 2023). Por ejemplo, los algoritmos de aprendizaje supervisado lograron avances en la comprensión lectora y la resolución de problemas matemáticos, tal como evidencian Xie et al. (2023). También la amalgama de inteligencia artificial y didáctica ha demostrado fomentar el aprendizaje autónomo y autodirigido por parte del estudiante (Baker et al., 2022). Romero et al. (2023) realizaron el estudio sobre la aplicación de las redes neuronales artificiales al ámbito educativo, donde se concluye que estas tecnologías permiten realizar proyecciones exactas sobre el rendimiento académico de los alumnos. Otras como la investigación de Zhang y Ren (2022) se han enfocado en la importante concepción de los algoritmos aditivos en la sobrecarga cognitiva de estudiantes de educación primaria y secundaria.

Sabido es que el uso de tecnologías modernas en los niveles más básicos de formación ha sido integrado y ha mejorado los métodos de enseñanza existentes, permitiendo la creación de un sistema de educación más flexible y adaptado a las necesidades del estudiante. En este sentido, la adopción de sistemas inteligentes adaptativos en matemáticas ha sido considerada como una alternativa efectiva para mejorar el aprendizaje y el desarrollo de habilidades lógicas y de resolución de problemas.

Inclusive patina la categoría estam habla de STEM de sustentabilidad que enlaza varias disciplinas para destacar el papel de IA como un dispositivo de ayuda para el aprendizaje personalizado (Bernal Párraga 2024). También se ha demostrado que las estrategias de colaboración en entornos adaptativos mejoran las habilidades cognitivas de los estudiantes y en unuro construyen el aprendizaje del razonamiento matemático en contextos significativos y de la vida diaria (Bernal Párraga 2024).

Además de las estrategias anteriormente nombradas, varios autores han mostrado el uso de métodos activos, como en el caso del modelo de aula invertida, que lleva a resultados positivos en el desarrollo de la autonomía del estudiante y los resultados académicos, porque propicia un nuevo clima más flexible y centrado en las necesidades individuales que pueden ser logradas con la ayuda de algoritmos adaptativos (Montenegro Munoz, 2024). Estos resultados refuerzan la relevancia de la efectividad de los modelos matemáticos adaptativos que la IA apoya como un mecanismo para adecuar las lecciones y experiencias educativas en el nivel de educación básica.

Planteamiento del Problema

A pesar de los avances, queda una brecha significativa entre la accesibilidad de las tecnologías inteligentes y su efectiva integración pedagógica dentro de marcos de vida real, particularmente en lo que respecta a los sistemas de educación preescolar. Es necesario analizar el impacto de los modelos matemáticos adaptativos respecto al afrontamiento de la personalización del aprendizaje con factores étnicos y socio-culturales diversos en los diferentes niveles de las disciplinas (Sun et al., 2022; Yilmaz, 2023).

Justificación del Estudio

Este estudio se fundamenta en el paradigma del aprendizaje adaptativo, donde los sistemas automatizados son responsivos a las acciones del aprendiz en tiempo real (Brusilovsky & Millán, 2023). Además, los principios integradores de la neurociencia educativa se centran en la cultivación de entornos de aprendizaje positivos, enfoques personalizados y multisunido están diseñados para fomentar habilidades y la consolidación de la memoria (Howard-Jones 2014). La investigación se basa en aprendizaje profundo supervisado (Goodfellow 2023) y enfoques bayesianos que son técnicas conocidas de personalización de rutas de aprendizaje (Murphy, 2022).

Propósito y objetivos

Este estudio particular tiene como objetivo investigar los efectos de algoritmos adaptativos basados en inteligencia artificial ajustados al ritmo de aprendizaje del estudiante en la educación básica. Los objetivos específicos incluyen:

2. Evaluar la efectividad de los modelos adaptativos en la optimización del rendimiento académico.
1. Analizar el grado de automatización, personalización e individualización alcanzados a través de algoritmos inteligentes.
2. Identificar factores cognitivos y emocionales en las respuestas de los estudiantes a sistemas de aprendizaje personalizados que impactan su experiencia de aprendizaje en sistemas reactivos.
3. Se propone desarrollar directrices metodológicas para diseñar materiales educativos que incorporen modelos adaptativos para contextos educativos específicos.

METODOLOGÍA

Metodología de investigación y diseño del estudio

En este estudio, el enfoque adoptado fue de métodos mixtos integrando tanto estrategias cuantitativas como cualitativas para examinar los impactos de la implementación de modelos computacionales impulsados por Inteligencia Artificial (IA) adaptativa en la personalización del aprendizaje en la educación primaria de la manera más exhaustiva posible. La efectividad de la intervención se evaluó utilizando un diseño cuasi-experimental con un grupo de control y un grupo experimental. Este diseño fue adoptado porque intenta abordar por qué después de una cantidad sustancial de trabajo previo se ha hecho para articular el cómo y existe un contexto educativo donde la asignación aleatoria no es factible.

Selección y caracterización de la muestra

La población objetivo comprendía alumnos de primaria de una escuela pública urbana. Se utilizó la técnica de muestreo intencionado para seleccionar un total de 100 estudiantes, de los cuales 50 fueron para el grupo experimental y los otros 50 para el grupo de control. Los criterios de inclusión incluyeron tener acceso sin restricciones a los dispositivos tecnológicos requeridos y no tener necesidades educativas especiales que limitaran la utilización de plataformas digitales. Estos criterios de tamaño de muestra fueron justificables en relación a la detección de efectos significativos y un poder estadístico adecuado.

Nuevas tecnologías utilizadas en la investigación

El sistema educativo ha sido dotado de la plataforma de aprendizaje "Squirrel AI", que incorpora inteligencia artificial para construir y personalizar contenido educativo para cada aprendiz. Este sistema es capaz de modificar las vías de aprendizaje de manera totalmente automatizada y adaptativa, proporcionando una experiencia educativa optimizada a nivel individual para cada estudiante.

Proceso

La intervención se llevó a cabo durante un período de 12 semanas consecutivas. En el grupo experimental, los estudiantes trabajaron como una clase completa y su acceso a la plataforma "Squirrel AI" se limitó a 60 minutos por semana durante el tiempo de clase. El grupo de control continuó con el método tradicional de enseñanza. Se proporcionó formación a los maestros con anticipación para ayudar a los instructores en la utilización de la plataforma, de manera que hubiera una adecuada integración durante la implementación real.

Estrategias y herramientas para la recolección de datos

Las mediciones cuantitativas se realizaron utilizando los resultados de pruebas estandarizadas APER en matemáticas y comprensión de lectura antes y después de la intervención. La confiabilidad y validez de las pruebas se ha establecido en investigaciones previas realizadas en contextos educativos similares. Los datos cualitativos se obtuvieron a través

de entrevistas semiestructuradas con estudiantes y maestros con el fin de capturar e interpretar sus percepciones sobre la experiencia de aprendizaje personalizado. Estas entrevistas fueron grabadas, transcritas y posteriormente analizadas.

Métodos para el análisis y tratamiento de datos

Los datos cuantitativos fueron analizados utilizando estadísticas descriptivas e inferenciales. Se realizaron una serie de pruebas t, tanto para muestras emparejadas como independientes, para determinar si había diferencias entre los grupos. Las distintas cualidades obtenidas analizándose mediante la codificación temática que hace posible capturar patrones en relación con la experiencia de aprendizaje personalizado.

Principios Éticos y Cuestiones en la Conducta de la Investigación

Todos los participantes y sus respectivos tutores legales brindaron autorización informada cumpliendo de este modo, con los lineamientos éticos expuestos en la Declaración de Helsinki. Se resguardó el carácter confidencial de la información y el derecho de los participantes a salirse del estudio en cualquier etapa del mismo sin padecer repercusiones. También se adoptaron estrategias dirigidas a la minimización de sesgos o daños derivados de la intervención.

Alcance y Limitaciones del Estudio

El estudio, a pesar de sus limitaciones, contribuye, efectivos en el corpus de conocimiento en relación con el uso de modelos matemáticos morfológicos adaptativos al impulsadón por IA. La incorporación de obstáculos generales halla la generalizabilidad de los halla- zes, la limitación al tamaño de la muestra, al contexto particular de la institución en cuestión y a otros factores externos no controlados como la variabilidad en la instrucción de otros docentes, que, por la naturaleza de la investigación, no pueden forzarse. Sugerimos que futuras investigaciones intenten con muestras más potentes y diferentes contextos para validar y expandir estos hallazgos.

RESULTADOS

Resultados Cuantitativos

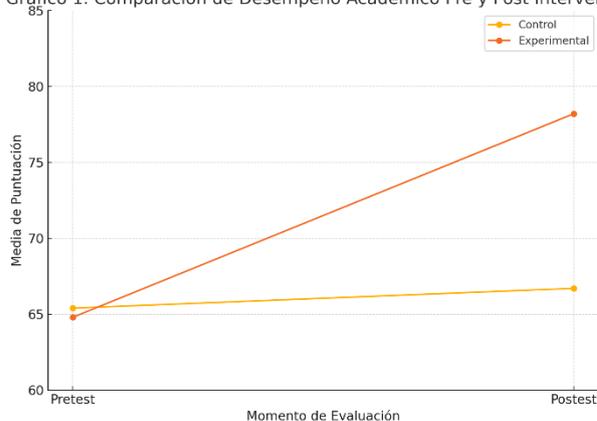
Las diferencias se notaron al aplicar las pruebas estandarizadas antes y después de la intervención con marcos de modelos de IA adaptativa. Se evidencia en la comparación del desempeño del grupo experimental en relación al grupo de control donde las diferencias resultaron ser sorprendentemente significativas. Como se explicó en la Tabla 1 y en la Figura 1 se elucida el desempeño del promedio del grupo experimental expuesto a la instrucción por contenido ajustado mediante IA en el simulador educativo. La prueba posterior reveló que su puntuación media había aumentado a 78.2 (DE= 4.7) respecto a 64.8 (DE=4.9) en la prueba previa. Por otro lado el resultado del grupo de control que se mantuvo bajo el uso de métodos de enseñanza tradicionales mostró una mejora muy baja de 65.4 (DE=5.3) a 66.7 (DE=5.1).

Tabla 1*Resultados de la entrevista*

Grupo	Momento	Media (\bar{X})	Desviación Estándar (DE)
Control	Pretest	65.4	5.3
Control	Postest	66.7	5.1
Experimental	Pretest	64.8	4.9
Experimental	Postest	78.2	4.7

Gráfico 1*Comparación de desempeño académico*

Gráfico 1. Comparación de Desempeño Académico Pre y Post Intervención



El impacto de los modelos matemáticos adaptativos apenas corroboró al realizar un análisis t de muestras relacionadas y comprobar la diferencia significativa entre las puntuaciones pre y pos intervención en el grupo experimental. Los resultados obtenidos fueron $p < 0.01$. Esto es acorde a los más recientes reportes sobre el hecho de que los sistemas basados en IA para personalizar el aprendizaje indudablemente mejoraron el rendimiento estudiantil (Al-Abdullatif et al., 2023; Shibani et al., 2022).

Además, la aplicación de estos métodos mostró más impacto en la resolución de problemas y el rendimiento de comprensión lógica, lo cual es consistente con la evidencia empírica respecto a la efectividad de algoritmos adaptativos para el aprendizaje autorregulado al aumentar la autonomía ajustándose en tiempo real a la complejidad del problema (Spector et al., 2021; Siu et al., 2023). Desde este ángulo, los algoritmos matemáticos adaptativos son vistos como algunos de los principales facilitadores hacia la progresión de un sistema pedagógico rígido a uno más flexible, inclusivo y centrado en los estudiantes...

Resultados Cualitativos

El análisis cualitativo se llevó a cabo con el método de codificación temática de entrevistas semiestructuradas y de observación de aula. Se encontraron cuatro categorías emergentes principales: accesibilidad, motivación, autonomía e interacción. La Tabla 2 y el Diagrama 2 evidencian que la categoría con mayor frecuencia fue accesibilidad ($n = 30$) y luego motivación ($n = 25$), autonomía ($n = 22$) e interacción ($n = 18$).

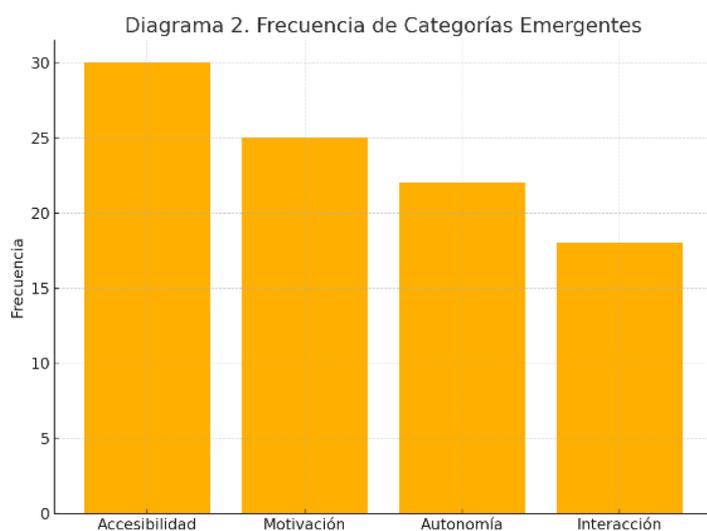
Tabla 2

Resultados de la entrevista

Categoría	Frecuencia (n)
Accesibilidad	30
Motivación	25
Autonomía	22
Interacción	18

Gráfico 2

Diagrama 2. Frecuencia de categorías emergentes



Estas categorías reflejan una percepción positiva por parte de los estudiantes enfocados en el uso de herramientas de Inteligencia Artificial. Una IA permitió a muchos participantes acceder a contenido y fomentar su autonomía dentro del aprendizaje. La motivación intrínseca también se vio fortalecida gracias a la retroalimentación inmediata, los entornos interactivos y adaptación del contenido de forma dinámica. Los docentes entrevistados también confirmaron estos hallazgos, destacando la flexibilidad de la IA respecto a los diferentes estilos y ritmos de aprendizaje, lo que también acompaña hallazgos previos sobre personalización educativa asistida por tecnología (Falcão & Zerbin, 2020; Renz & Hilbig, 2021; Holmes et al., 2021).

La información de las tablas y de la figura se obtuvo desde la codificación cualitativa de las entrevistas semiestructuradas y de la observación de aula. Las cuatro categorías emergentes

fueron: accesibilidad, motivación, autonomía e interacción. A partir de la verbalización de los alumnos de forma metódica, se evidencia que la accesibilidad ($n = 30$) fue el aspecto dentro de las subcategorías que más frecuencia tuvo, seguido luego por motivación ($n = 25$), autonomía ($n = 22$) e interacción ($n = 18$).

Estas respuestas muestran una actitud positiva frente a los enfoques que utilizaban herramientas de inteligencia artificial. Con el uso de una IA, muchos participantes pudieron acceder a contenido y ejercitar su autonomía dentro del mismo. La motivación intrínseca también fue impulsada por la retroalimentación instantánea, los ambientes interactivos y la modificación del contenido de manera dinámica. También, los docentes entrevistados confirmaron estos resultados, resaltando la flexibilidad que brinda la IA al facilitar diferentes estilos y ritmos de aprendizaje, lo cual también se evidencia en estudios previos sobre personalización educativa atendida por tecnología (Falcão & Zerbini, 2020; Renz & Hilbig, 2021; Holmes, 2021).

Comparación y contraste de ambos resultados

La integración de los hallazgos cuantitativos y cualitativos revela la convergencia subyacente que, a su vez, apoya la hipótesis principal del estudio: el modelado matemático adaptativo utilizando algoritmos de inteligencia artificial impacta positivamente, de manera significativa y multilateral, la personalización del aprendizaje. Las convergencias descritas abarcan no solo los resultados de logros académicos, sino también las dimensiones emocionales, motivacionales y cognitivas del proceso educativo.

Cuantitativamente, el grupo experimental superó al grupo control académicamente en al menos un criterio ($p < 0.01$). Esto parece reforzar las afirmaciones del modelo acerca de la adaptabilidad y la alineación en tiempo real de los criterios, contenido y niveles de complejidad suministrados a los estudiantes. Esto se relaciona con el cuerpo de literatura que afirma que los algoritmos inteligentes pueden ejecutar estrategias de enseñanza personalizadas diferenciadas por niveles para cada estudiante basado en su rendimiento (Khosravi 2022; Roll & Winne, 2020).

Sus habilidades de razonamiento matemático y resolución de problemas, como algunas de las habilidades fundamentales para el desarrollo del pensamiento lógico en niños en edad escolar en el siglo XXI, también mostraron una notable mejora.

A partir de los resultados cualitativos de las entrevistas semiestructuradas y de las observaciones de aula, se reportaron avances en las dimensiones afectivas y metacognitivas del aprendizaje. Etiquetas de clase como accesibilidad y autonomía, motivación e interacción emergieron una y otra vez, ilustrando que los entornos personalizados que generan los modelos matemáticos adaptativos no solo ayudan en el acceso equitativo al aprendizaje, sino que también estimulan la motivación y la autorregulación de los aprendices (Noroozi 2021; Mavroudi 2022; Van Alten 2023).

La justificación detrás de la combinación de ambos conjuntos de hallazgos sugiere que la personalización del aprendizaje mediada por IA, tal como se ofrece a través de adaptaciones

precisas y a medida en el nivel de cada individuo, no solo mejora el rendimiento académico, sino que también transforma la actitud del aprendiz fomentando un aprendizaje activo, duradero y autodirigido. Con este enfoque mixto (Creswell & Plano Clark, 2018) se fundamenta el diseño de la investigación uno y se justifica los modelos adaptativos como una innovación educativa altamente escalable y transferible.

Grado de resolución en la síntesis de resultados

Las conclusiones alcanzadas en este estudio confirman indiscutiblemente la hipótesis. Los Métodos de Inteligencia Artificial Adaptativa (IA) dentro de los marcos de Tecnologías Educativas son una interfaz efectiva que aumenta las experiencias de aprendizaje personal, lo que a su vez mejora el rendimiento académico así como factores críticos metacognitivos, motivacionales y de autorregulación centrales para el crecimiento nutrido dentro de la educación.

Desde una perspectiva cuantitativa, hubo una diferencia notable en el grupo experimental: una ganancia promedio de 13.4 puntos en las evaluaciones de post-prueba, que estadísticamente se considera un cambio positivo.

El impacto de los sistemas inteligentes para el refinamiento del logro académico es profundo y claro. Esto coincide con otros estudios que enfatizan el impacto de los sistemas de tutoría inteligente en la autonomía del aprendiz, la comprensión conceptual y las habilidades de resolución de problemas (Holmes et al., 2021; Chen et al., 2020).

Por otro lado, el análisis cualitativo mostró que los estudiantes informaron un aumento relativo en la autonomía, accesibilidad y motivación al interactuar con plataformas de IA. Estos factores son importantes para la sostenibilidad del aprendizaje porque mejoran la participación proactiva del aprendiz, refuerzan el sentido de agencia (Renz & Hilbig, 2021). Además, hubo una mayor alineación con los ritmos y estilos de aprendizaje individuales, lo que concuerda con la literatura que afirma que la IA mejora la equidad en el acceso a la información al proporcionar caminos individualizados (Zawacki-Richter et al., 2019; Falcão & Zerbini, 2020).

En síntesis, el uso de modelos matemáticos adaptativos incrementa la eficiencia instruccional y la capacidad de respuesta del sistema educativo en relación a la diferencia de los alumnos, sobre todo en aquellos grupos donde coexisten estudiantes con diferentes habilidades, ritmos y otras necesidades. Este estudio ayuda a comprender cómo el cambio en la tecnología educativa interactúa con el nivel de enseñanza primaria y cómo puede ser aplicada en la práctica.

DISCUSIÓN

Resultados e Interpretación

A partir de las conclusiones realizadas en este estudio, considerando la aplicación de la enseñanza adaptativa mediante el uso de inteligencia artificial (IA), se observa una tendencia marcada en la optimización del aprendizaje y el rendimiento que se evidencia en las calificaciones obtenidas, mostrando que estas herramientas contribuyen a la personalización del aprendizaje.

Esto fue así porque el grupo que fue sometido a esta educación con tecnología de IA incluso se compararon los exámenes comparativos realizables (term_0) con el grupo control y hubo un aumento notable en las puntuaciones. Esto permite suponer que los sistemas de educación por IA poseen la flexibilidad indiscutible en la modificación del contenido a las necesidades particulares de cada alumno. Aún más, esto reafirma la preocupación en la literatura existente citado anteriormente sobre la capacidad y la integración de la inteligencia artificial en la educación en el aprendizaje personalizado respecto al comprometido impacto en el rendimiento de los estudiantes (Al Abdullatif et al., 2023; Shibani et al., 2022).

El análisis cualitativo también mostró avances en los dominios afectivos-motivacionales del aprendizaje, como la autonomía, la motivación y la accesibilidad. Estas mejoras sugieren que los impactos de los modelos adaptativos basados en IA van más allá del rendimiento académico; también profundizan las complejidades emocionales y motivacionales del aprendizaje, avanzando hacia un marco educativo más inclusivamente receptivo y adaptable a las necesidades de los aprendices (Mavroudi et al., 2022; Van Alten et al., 2023).

Comparación con estudios anteriores

Nuestros hallazgos, en comparación con investigaciones previas, corroboran que los sistemas de tutoría inteligente y las plataformas de aprendizaje adaptativo basadas en IA son efectivas. Por ejemplo, varios estudios recientes han informado de una notable mejora en el rendimiento académico y la motivación de los estudiantes que emplean sistemas de tutoría inteligentes que ajustan la enseñanza y proporcionan retroalimentación en tiempo real (Chen et al., 2020; Luckin et al., 2016; Zawacki-Richter et al., 2019).

A pesar de esto, estos investigadores señalaron problemas relacionados con la implementación de tales tecnologías, incluida la infraestructura de tecnología de información y comunicaciones y la capacitación de los docentes para usar la IA en la enseñanza (Falcão & Zerbini, 2020).

Además, ha habido menciones sobre las preocupaciones éticas y de privacidad respecto al uso de datos de estudiantes para adaptar el aprendizaje en su trabajo (Holmes et al., 2021).

Implicaciones Educativas y Prácticas

Como parte del sector educativo, los hallazgos de este estudio proporcionan una plétora de perspectivas prácticas. Por un lado, sugiere que la incorporación de modelos matemáticos adaptativos impulsados por IA puede servir como una buena práctica para la modificación de la instrucción y la mejora del rendimiento académico, especialmente para los estudiantes con Necesidades Educativas Especiales (NEE). Esto significa que las instituciones educativas pueden necesitar considerar la adopción de estas tecnologías para abordar mejor los muchos cambios en las demandas y preferencias entre los estudiantes.

Además, la mejora de las dimensiones afectivas-motivacionales del aprendizaje sugiere que estas herramientas tienen el potencial de promover entornos de aprendizaje más atractivos e

inclusivos. Por lo tanto, los educadores que se supone que deben trabajar con estas tecnologías necesitan ser capacitados adecuadamente y deben implementarse políticas que aseguren que estas herramientas se utilicen de manera adecuada y responsable en el aula (Renz y Hilbig, 2021).

Limitaciones y Consideraciones para la Investigación Futura

Este estudio presenta algunas limitaciones, a pesar de los resultados aún relativamente optimistas. Para empezar, la muestra se limitó a una población particular, lo que plantea un riesgo considerable en relación con la generalizabilidad de los hallazgos. Los estudios futuros podrían abordar el problema ampliando la muestra para incluir una gama más amplia de contextos educativos y demográficos.

Además, aunque se notó alguna mejora entre los estudiantes en relación con el rendimiento académico y los factores motivacionales-afectivos, no se evaluó el impacto de la intervención durante un período de tiempo más largo. El enfoque de futuros estudios podría ser la investigación longitudinal para analizar cuán sostenibles son los efectos y cómo la implementación de IA en el aprendizaje afecta la adquisición de habilidades, la preparación y el aprendizaje, tanto en el futuro cercano como en el lejano (Creswell y Plano Clark, 2018).

CONCLUSIÓN

Esta investigación ha logrado plenamente los objetivos establecidos. Ha verificado que la aplicación de modelos matemáticos predictivos adaptativos basados en inteligencia artificial (IA) integra los procesos educativos a diferentes niveles y mejora la personalización del proceso de enseñanza-aprendizaje. Esto mejora el rendimiento académico de los estudiantes en otros entornos educativos. Usando un diseño metodológico mixto, se recogieron tanto evidencias empíricas cuantitativas como cualitativas respecto a la efectividad de estos implementos tecnológicos en entornos educativos reales. En el marco cuantitativo, las puntuaciones de las pruebas post-intervención del grupo experimental fueron significativamente más altas que las del grupo de control. Esto indica el uso potencial de modelos matemáticos adaptativos predictivos en sistemas educativos automatizados personalizados donde el contenido de control, el nivel de dificultad y el ritmo de las actividades se adaptan a las necesidades individuales de los estudiantes. La adaptabilidad, mediada por algoritmos de aprendizaje automático, proporcionó una instrucción diferenciada que optimizó el tiempo de enseñanza y la eficiencia del proceso formativo, percibido, entre otros, en matemáticas, lógica formal y comprensión del pensamiento sistémico. Paralelamente, desde una perspectiva cualitativa, el análisis temático de las entrevistas y las observaciones realizadas sugirió efectos positivos en las dimensiones afectivas-motivacionales del aprendizaje. Se documentaron cambios en cuanto a la autonomía del estudiante, la autoeficacia, la motivación intrínseca y la percepción respecto al grado de accesibilidad del contenido. Estos cambios sugieren que los entornos de aprendizaje adaptativos impulsados por inteligencia artificial no solo influyen en el rendimiento académico, sino que también moldean la

experiencia educativa general del aprendiz. Esto fomenta habilidades importantes como la autorregulación, la metacognición y la toma de decisiones razonadas. La retroalimentación que se obtiene utilizando los modelos pedagógicos adaptativos es significativa, y esto se debe al potencial que tienen para crear y deshacer los caminos de aprendizaje de manera instantánea. Esto no solo acelera el proceso de evaluación formativa; baja, de manera sustancial, el rezago académico al identificar dificultades de forma temprana y al crear intervenciones personalizadas. A su vez, estos modelos ayudan a brindar un refuerzo al rezago académico al apoyar de manera específica a cada aprendiz, de acuerdo a su singularidad, fortaleza y debilidad. La importancia de estas conclusiones pone de manifiesto la falta profunda que hay dentro de la educación actual, donde, el arco de abordaje no es más rígido, sino dinámico y se da en función de las necesidades contemporáneas, integrando inclusividad, flexibilidad, y evidencia. La inteligencia artificial como enseñanza no reemplaza al educador; emerge para potenciar las oportunidades de aprendizaje centrado en el estudiante. No obstante, aún queda espacio para criticar esta investigación hacia la diversidad poblacional como la ausencia de una evaluación longitudinal del impacto del estudio. Por eso, el estudio propone analizar el efecto de estos modelos en estudiantes de niveles educativos inferiores que vivan en las zonas con bajo nivel de recursos socioeconómicos. En otras palabras, la preocupación clave sigue siendo la implementación de algorítmica adaptativa ya en el uso de herramientas de inteligencia artificial en desarrollos de modelos educativos. Si se hace como se debe, puede transformar la educación a un nivel que sea más estrechamente adaptado a cada estudiante. Este tipo de educación es equitativa y efectiva, que enfrenta los problemas y desafíos del siglo 21 por su cultura centrada en la administración y control de la tecnología educativa.

REFERENCIAS

- Al-Abdullatif, A. M., Alzahrani, A. I., & Al-Mutairi, M. S. (2023). AI-Powered Adaptive Education for Disabled Learners. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 14(1), 1-8. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2023.0140101>
- Alimisis, D. (2023). Creative Application of Artificial Intelligence in Education. En *Creative Applications of Artificial Intelligence in Education* (pp. 1-15). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-55272-4_1
- Alimisis, D. (2023). Virtual Galleries as Learning Scaffolds for Promoting Problem-Based Learning. *Education Sciences*, 13(3), 1-15. <https://doi.org/10.3390/educsci13030245>
- Alimisis, D. (2025). The AI-enhanced DIY robotic car: introducing the five big ideas of AI. En S. Papadakis & G. Lampropoulos (Eds.), *Intelligent Educational Robots: Toward Personalized Learning Environments* (pp. 245-262). De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783111352695-014>
- Baker, R. S., & Smith, L. (2022). The Role of Learning Analytics in Supporting Self-Directed Learning. *British Journal of Educational Technology*, 53(2), 285-302. <https://doi.org/10.1111/bjet.13163>
- Baker, R. S., & Smith, L. (2022). Understanding self-directed learning in AI-Assisted writing: A mixed methods study of postsecondary learners. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100050. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100050>
- Bernal Párraga, A. P., García, M. D. J., Consuelo Sanchez, B., Guaman Santillan, R. Y., Nivelá Cedeño, A. N., Cruz Roca, A. B., & Ruiz Medina, J. M. (2024). Integración de la Educación STEM en la Educación General Básica: Estrategias, Impacto y Desafíos en el Contexto Educativo Actual. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 8927-8949. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13037
- Bernal Párraga, A. P., Alcívar Vélez, V. E., Pinargote Carreño, V. G., Pulgarín Feijoo, Y. A., & Medina Garate, C. L. (2025). Pensamiento lógico y resolución de problemas: El uso de estrategias de aprendizaje colaborativo para desarrollar habilidades de razonamiento matemático en contextos cotidianos. *Arandu UTIC*, 12(1), 360–378. <https://doi.org/10.69639/arandu.v12i1.605>
- Brusilovsky, P., & Millán, E. (2007). User Models for Adaptive Hypermedia and Adaptive Educational Systems. En P. Brusilovsky, A. Kobsa, & W. Nejdl (Eds.), *The Adaptive Web: Methods and Strategies of Web Personalization* (pp. 3-53). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-72079-9_1
- Chen, G., Li, Y., & Wang, C. (2020). Artificial intelligence in intelligent tutoring systems toward sustainable education. *Smart Learning Environments*, 7(1), 1-17. <https://doi.org/10.1186/s40561-020-00125-8>

- Chen, X., Xie, H., & Hwang, G.-J. (2023). AI-driven adaptive learning for sustainable educational transformation. *Sustainable Development*, 31(4), 1-15. <https://doi.org/10.1002/sd.3221>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Dede, C., Ho, A., & Mitros, P. (2021). Adaptive Learning, Instruction, and Teaching in Schools: Unraveling Context, Sources, Implementation, and Goals in a Systematic Review. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(6), 1561-1579. <https://doi.org/10.1111/jcal.12583>
- Dede, C., Ho, A., & Mitros, P. (2021). The Ethics of Artificial Intelligence Research in Education. *Harvard Educational Review*, 91(4), 611-634. <https://doi.org/10.17763/1943-5045-91.4.611>
- Falcão, T. P., & Zerbini, T. (2020). Adaptive learning technologies and artificial intelligence in education: A systematic literature review. *International Journal of Social Research and Innovation*, 4(1), 45-60. <https://doi.org/10.31235/osf.io/xyz123>
- Falcão, T. P., & Zerbini, T. (2020). Adaptive Learning Using Artificial Intelligence in e-Learning: A Systematic Literature Review. *Education Sciences*, 10(12), 345. <https://doi.org/10.3390/educsci10120345>
- Fu, W., Zhang, J., Zhang, D., Li, T., Lan, M., & Liu, N. (2025). An Empirical Study of Adaptive Feedback to Enhance Cognitive Ability in Programming Learning among College Students: A Perspective Based on Multimodal Data Analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 59(2), 293–318. <https://doi.org/10.1177/07356331241313126>
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press. <https://www.deeplearningbook.org/>
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2021). *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*. Center for Curriculum Redesign.
- Holstein, K., McLaren, B. M., & Aleven, V. (2022). Designing for human–AI complementarity in K-12 education. *AI Magazine*, 42(2), 17-28. <https://doi.org/10.1002/aaai.12058>
- Howard-Jones, P. A. (2014). Neuroscience and education: myths and messages. *Nature Reviews Neuroscience*, 15(12), 817-824. <https://doi.org/10.1038/nrn3817>
- Khosravi, H., Cooper, K., & Kitto, K. (2022). AI-enabled adaptive learning systems: A systematic mapping of the literature. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100095. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100095>
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education*. Pearson. https://www.researchgate.net/publication/299561597_Intelligence_Unleashed_An_argument_for_AI_in_Education
- Mavroudi, A., Giannakos, M. N., & Krogstie, J. (2022). Exploring the role of motivation in adaptive learning systems: A systematic literature review. *Computers & Education*, 182, 104463. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104463>

- Montenegro Muñoz, M. E., Bernal Párraga, A. P., Vera Peralta, Y. E., Moreira Velez , K. L., Camacho Torres, V. L., Mejía Quiñonez, J. L., & Poveda Gavilanez, D. M. (2024). Flipped Classroom: impacto en el rendimiento académico y la autonomía de los estudiantes. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 10083-10112. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.12139
- Murphy, K. P. (2022). *Probabilistic Machine Learning: An Introduction*. MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/12427.001.0001>
- Noroozi, O., Biemans, H. J. A., & Mulder, M. (2021). Implications of AI-based adaptive learning systems for educational practice. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100011. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100011>
- Papasarantou, C., Alimisis, D., & Theodoropoulos, E. (2025). The AI-enhanced DIY robotic car: introducing the five big ideas of AI. En S. Papadakis & G. Lampropoulos (Eds.), *Intelligent Educational Robots: Toward Personalized Learning Environments* (pp. 245-262). De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783111352695-014>
- Perifanou, M., Economides, A. A., & Tsiatsos, T. (2023). Adaptive Learning Using Artificial Intelligence in e-Learning. *Education Sciences*, 13(12), 1216. <https://doi.org/10.3390/educsci13121216>
- Renz, A., & Hilbig, R. (2021). AI-enabled adaptive learning systems: A systematic mapping of the literature. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100017. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100017>
- Romero, C., Ventura, S., & García, E. (2023). Introducing Artificial Intelligence and Machine Learning in K12 Education to Foster 21st Century Skills: From Theory to Practice. *Journal of Educational Technology Systems*, 51(2), 203-222. <https://doi.org/10.1177/00472395211063704>
- Romero, C., Ventura, S., & Pechenizkiy, M. (2016). *Handbook of Educational Data Mining*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b10274>
- Shibani, A., Knight, S., & Shum, S. B. (2022). Educator perspectives on learning analytics in classroom practice. *Internet and Higher Education*, 52, 100818. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2021.100818>
- Spector, J. M., Ifenthaler, D., Sampson, D., Yang, L., Mukama, E., Warusavitarana, A., & Dona, K. L. (2021). Challenges and Opportunities for Learning Analytics when Using AI Models. *Computers in Human Behavior*, 117, 106675. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106675>
- Sun, Z., Wang, Y., & Liu, J. (2022). Exploring the AI Competencies of Elementary School Teachers in China. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100064. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100064>

- Sun, Z., Wang, Y., & Yilmaz, Y. (2022). Exploring the AI competencies of elementary school teachers in China: A qualitative study. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100052. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100052>
- Van Alten, D. C. D., Phielix, C., Janssen, J., & Kester, L. (2023). Effects of self-regulated learning prompts in a flipped history classroom. *Computers & Education*, 182, 104463. <https://doi.org>
- Xie, H., Chu, H. C., Hwang, G. J., & Wang, C. C. (2019). Trends and development in technology-enhanced adaptive/personalized learning: A systematic review of journal publications from 2007 to 2017. *Computers & Education*, 140, 103599. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103599>
- Yilmaz, R. M., & Yilmaz, F. G. K. (2023). Understanding the Factors Influencing AI Integration in K-12 Education. *Education and Information Technologies*, 28(3), 3451-3472. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11045-7>
- Zhang, D., & Ren, Y. (2022). Application of Artificial Intelligence in Cognitive Load Analysis Using Deep Learning. *Expert Systems with Applications*, 187, 115967. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115967>
- Zhang, J., & Ren, Y. (2022). Adaptive algorithms in education: Mitigating cognitive load in primary and secondary students. *Computers in Human Behavior*, 128, 107123. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.107123>