



Inteligencia artificial y gamificación: una estrategia sinérgica para potenciar el pensamiento lógico-matemático en educación

Artificial intelligence and gamification: a synergistic strategy to enhance logical-mathematical thinking in education

Inteligência artificial e gamificação: uma estratégia sinérgica para melhorar o pensamento lógico-matemático na educação

Emerson Javier Laverde-Albarracín ^I
emerson.laverde@educacion.gob.ec
<https://orcid.org/0009-0009-2868-7047>

Mayra Alicia Pérez-Villacis ^{II}
mayra.perezv@educacion.gob.ec
<https://orcid.org/0009-0005-6445-7709>

Mónica de las Mercedes Armas-Cajas ^{III}
armas@educacion.gob.ec
<https://orcid.org/0009-0005-5215-7629>

Wilson Javier Salgado-Molina ^{IV}
wilson.salgado@educacion.gob.ec
<https://orcid.org/0009-0008-2202-427X>

Correspondencia: emerson.laverde@educacion.gob.ec

Ciencias de la Educación
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 20 de septiembre de 2024 * **Aceptado:** 12 de octubre de 2024 * **Publicado:** 23 de noviembre de 2024

- I. Magíster en Administración e Innovación Educativa, Licenciado en Ciencias de la Educación, Ingeniero Ambiental y Profesor de Educación Primaria Docente de Educación General Básica Superior en la Escuela de Educación Básica Naciones Unidas, Cotopaxi, Ecuador.
- II. Magister en Educación Básica, Docente de Séptimo Grado en la Escuela Isidro Ayora, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador.
- III. Doctora en Educación, Docente de Educación Cultural y Artística, Biología, Ciencias Naturales en la Unidad Educativa Ramón Barba Naranjo, Cotopaxi, Ecuador.
- IV. Licenciado en Educación Especialidad de Biología y Química, Docente en Química y Biología en la Unidad Educativa Primero de Abril, Cotopaxi, Ecuador.

Resumen

Este estudio explora el impacto de la inteligencia artificial (IA) y la gamificación como estrategia didáctica en el desarrollo del pensamiento lógico-matemático de estudiantes en el nivel medio. Mediante un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo-correlacional, la investigación se llevó a cabo con 70 estudiantes de zona 6 del Ministerio de Educación, evaluando sus habilidades lógico-matemáticas antes y después de implementar la estrategia. Para la recolección de datos se utilizó un test validado por expertos, obteniendo un Alfa de Cronbach de 0.84, lo cual garantiza su fiabilidad. Además, se aplicaron pruebas estadísticas como la t de Student para comparar el desempeño entre el grupo experimental y el grupo control, y la d de Cohen para medir el tamaño del efecto de la intervención. Los resultados muestran una correlación positiva significativa ($r = 0.65$, $p < 0.01$) entre el uso de IA y gamificación y el incremento en el rendimiento lógico-matemático, así como una diferencia significativa entre ambos grupos ($t = 3.75$, $p < 0.001$), con un tamaño del efecto considerable ($d = 0.85$). Además, el análisis demostró un aumento del 40% en la resolución de problemas complejos en el grupo experimental. Estos hallazgos sugieren que la sinergia entre IA y gamificación no solo potencia el aprendizaje de habilidades lógico-matemáticas, sino también promueve una motivación significativa en los estudiantes.

Palabras clave: gamificación; inteligencia artificial; lógica-matemática; motivación; rendimiento.

Abstract

This study explores the impact of artificial intelligence (AI) and gamification as a teaching strategy on the development of logical-mathematical thinking in students at the secondary level. Using a quantitative descriptive-correlational approach, the research was carried out with 70 students from zone 6 of the Ministry of Education, evaluating their logical-mathematical skills before and after implementing the strategy. For data collection, a test validated by experts was used, obtaining a Cronbach's Alpha of 0.84, which guarantees its reliability. In addition, statistical tests such as Student's t test were applied to compare the performance between the experimental group and the control group, and Cohen's d to measure the effect size of the intervention. The results show a significant positive correlation ($r = 0.65$, $p < 0.01$) between the use of AI and gamification and the increase in logical-mathematical performance, as well as a significant difference between both groups ($t = 3.75$, $p < 0.001$), with a considerable effect size ($d = 0.85$). In addition, the analysis showed a 40% increase in complex problem solving in the experimental group. These findings

suggest that the synergy between AI and gamification not only enhances the learning of logical-mathematical skills, but also promotes significant motivation in students.

Keywords: gamification; artificial intelligence; logical-mathematical; motivation; performance.

Resumo

Este estudo explora o impacto da inteligência artificial (IA) e da gamificação como estratégia de ensino no desenvolvimento do pensamento lógico-matemático dos alunos do nível secundário. Utilizando uma abordagem quantitativa descritivo-correlacional, o inquérito foi realizado a 70 alunos da zona 6 do Ministério da Educação, avaliando as suas competências lógico-matemáticas antes e depois da implementação da estratégia. Para a recolha de dados foi utilizado um teste validado por especialistas, obtendo-se um Alfa de Cronbach de 0,84, o que garante a sua fiabilidade. Além disso, foram aplicados testes estatísticos como o t de Student para comparar o desempenho entre o grupo experimental e o grupo de controlo, e o d de Cohen para medir o tamanho do efeito da intervenção. Os resultados mostram uma correlação positiva significativa ($r = 0,65$, $p < 0,01$) entre o uso de IA e a gamificação e o aumento do desempenho lógico-matemático, bem como uma diferença significativa entre os dois grupos ($t = 3,75$, $p < 0,001$), com um tamanho de efeito considerável ($d = 0,85$). Além disso, a análise demonstrou um aumento de 40% na resolução de problemas complexos no grupo experimental. Estas descobertas sugerem que a sinergia entre a IA e a gamificação não só melhora a aprendizagem de competências lógico-matemáticas, como também promove uma motivação significativa nos alunos.

Palavras-chave: gamificação; inteligência artificial; lógica-matemática; motivação; desempenho.

Introducción

La educación contemporánea enfrenta desafíos significativos en el desarrollo de habilidades críticas como el pensamiento lógico-matemático, que es fundamental para la resolución de problemas y el razonamiento estructurado en diversas áreas del conocimiento. En este contexto, la innovación didáctica resulta esencial para abordar las limitaciones de los métodos tradicionales de enseñanza y aprendizaje. En los últimos años, la integración de la inteligencia artificial (IA) y la gamificación en entornos educativos ha emergido como una estrategia sinérgica con el potencial de transformar la enseñanza y promover el desarrollo cognitivo de los estudiantes. La IA, al

posibilitar experiencias de aprendizaje personalizadas, y la gamificación, al introducir elementos lúdicos y motivacionales, representan una combinación poderosa para fomentar el pensamiento lógico-matemático y captar la atención de los estudiantes en un entorno de aprendizaje activo y dinámico.

La relevancia de emplear estas tecnologías en la educación reside en su capacidad para mejorar los métodos de enseñanza a través de enfoques adaptativos y motivacionales. Según un estudio de Codreanu y Coman (2020), la implementación de herramientas de IA en educación permite ajustar el contenido educativo a las necesidades individuales de los estudiantes, optimizando el proceso de aprendizaje en función de sus habilidades y áreas de mejora. En este contexto, la IA puede analizar patrones de aprendizaje y ofrecer retroalimentación en tiempo real, lo que favorece la comprensión y el dominio progresivo de conceptos lógico-matemáticos. Este enfoque adaptativo se complementa con la gamificación, que incorpora dinámicas propias de los videojuegos —como niveles, recompensas y desafíos— para incentivar la participación y el esfuerzo de los estudiantes (Domínguez et al., 2013). Esta combinación de IA y gamificación, aplicada en el ámbito matemático, puede facilitar un entorno en el que los estudiantes no solo aprenden, sino que lo hacen de manera más comprometida y efectiva.

La importancia de esta estrategia radica también en el potencial de la IA para intervenir en puntos críticos del aprendizaje, especialmente en el área de matemáticas, donde muchos estudiantes suelen experimentar dificultades. Gracias a la personalización, la IA puede ofrecer niveles de dificultad adecuados, apoyos específicos y retroalimentación instantánea, promoviendo así un aprendizaje más autónomo y significativo. La gamificación, por su parte, aporta elementos motivacionales que pueden mejorar la disposición de los estudiantes hacia la resolución de problemas matemáticos, aumentando su interés y disposición al aprendizaje, y facilitando el desarrollo de habilidades de pensamiento lógico a través de experiencias interactivas y desafíos que demandan análisis y toma de decisiones.

El aporte de esta combinación al campo educativo es significativo. La sinergia entre IA y gamificación permite a los educadores abordar las dificultades de aprendizaje desde una perspectiva moderna, maximizando el rendimiento de los estudiantes y promoviendo una enseñanza más inclusiva y accesible. En lugar de depender únicamente de métodos de evaluación tradicionales, la IA permite a los docentes obtener información detallada sobre el progreso de cada estudiante, identificar áreas específicas de dificultad y adaptar los contenidos y actividades de

manera más ágil y precisa. Además, el uso de la gamificación transforma el aprendizaje en una experiencia atractiva, en la que los estudiantes se convierten en participantes activos de su propio proceso de aprendizaje, incentivados por logros que refuerzan su confianza y habilidades.

A medida que el mundo se vuelve cada vez más digital y dependiente de las competencias lógico-matemáticas, el desarrollo de estas habilidades en edades tempranas cobra una importancia renovada. La IA y la gamificación, aplicadas como estrategia didáctica, no solo abren nuevas oportunidades para mejorar los resultados educativos, sino que también equipan a los estudiantes con una mentalidad analítica y habilidades de resolución de problemas esenciales para el futuro. Este artículo explora cómo la integración de estas tecnologías puede redefinir la enseñanza de las matemáticas, proporcionando a los educadores herramientas para mejorar la comprensión matemática y fortalecer las bases del pensamiento lógico-matemático en los estudiantes. Con ello, se espera contribuir al desarrollo de una educación más efectiva, inclusiva y alineada con las demandas de la sociedad moderna.

Objetivo

Evaluar el impacto de la integración de inteligencia artificial y gamificación como estrategia didáctica en el desarrollo del pensamiento lógico-matemático de los estudiantes.

Hipótesis alterna (H_a):

La integración de inteligencia artificial y gamificación mejora significativamente el desarrollo del pensamiento lógico-matemático en los estudiantes.

Hipótesis nula (H₀):

La integración de inteligencia artificial y gamificación no tiene un impacto significativo en el desarrollo del pensamiento lógico-matemático en los estudiantes.

Metodología

La presente investigación se enmarca en un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo-correlacional, orientado a analizar el impacto de la integración de la inteligencia artificial y la gamificación como estrategias didácticas en el desarrollo del pensamiento lógico-matemático de los estudiantes. Este diseño permite identificar y analizar la relación entre las variables de estudio y explorar la

existencia de un efecto significativo en el aprendizaje lógico-matemático, tal como sugieren autores en metodologías similares (Hernández et al., 2014; Creswell, 2015).

La muestra de esta investigación estuvo conformada por 70 estudiantes de la Zona 6 del Ministerio de Educación, seleccionados de manera intencional para representar a un grupo de estudiantes con características demográficas y académicas homogéneas en el contexto de estudio. Para evaluar el desarrollo del pensamiento lógico-matemático en los estudiantes, se aplicó un test de habilidades lógicas y matemáticas especialmente diseñado para esta investigación. Este instrumento fue validado en contenido por expertos en pedagogía y en metodologías cuantitativas, siguiendo las recomendaciones de autores que destacan la importancia de la validez en el contenido para asegurar la aplicabilidad universal del instrumento (Bisquerra, 2012; Gómez & Rodríguez, 2018).

Para determinar la confiabilidad del test, se empleó el coeficiente Alfa de Cronbach, que obtuvo un valor de 0.84, lo que indica un nivel adecuado de consistencia interna (Cronbach, 1951; George & Mallery, 2003). Este nivel de confiabilidad refuerza la aplicabilidad del instrumento en diversos contextos educativos, asegurando la estabilidad de los resultados en futuras replicaciones del estudio y la posibilidad de compararlos con otros contextos.

Con el fin de verificar la hipótesis de la investigación, se utilizó la prueba estadística de t de Student para muestras independientes, una técnica que permite analizar la diferencia significativa en las medias de las variables relacionadas con el pensamiento lógico-matemático antes y después de la intervención educativa con inteligencia artificial y gamificación (Sheskin, 2004; Field, 2013). La t de Student es particularmente adecuada para estudios de impacto en grupos pequeños, ofreciendo un enfoque robusto y ampliamente aceptado en el análisis cuantitativo (Montgomery, 2019). Además, para medir el efecto de la intervención, se calculó la d de Cohen, una medida de tamaño del efecto que facilita la interpretación de la magnitud del impacto de la estrategia didáctica (Cohen, 1988). La d de Cohen es comúnmente empleada en estudios de intervención educativa, ya que permite comparar el grado de cambio respecto al aprendizaje en diferentes contextos y facilita una interpretación del impacto educativo a nivel práctico.

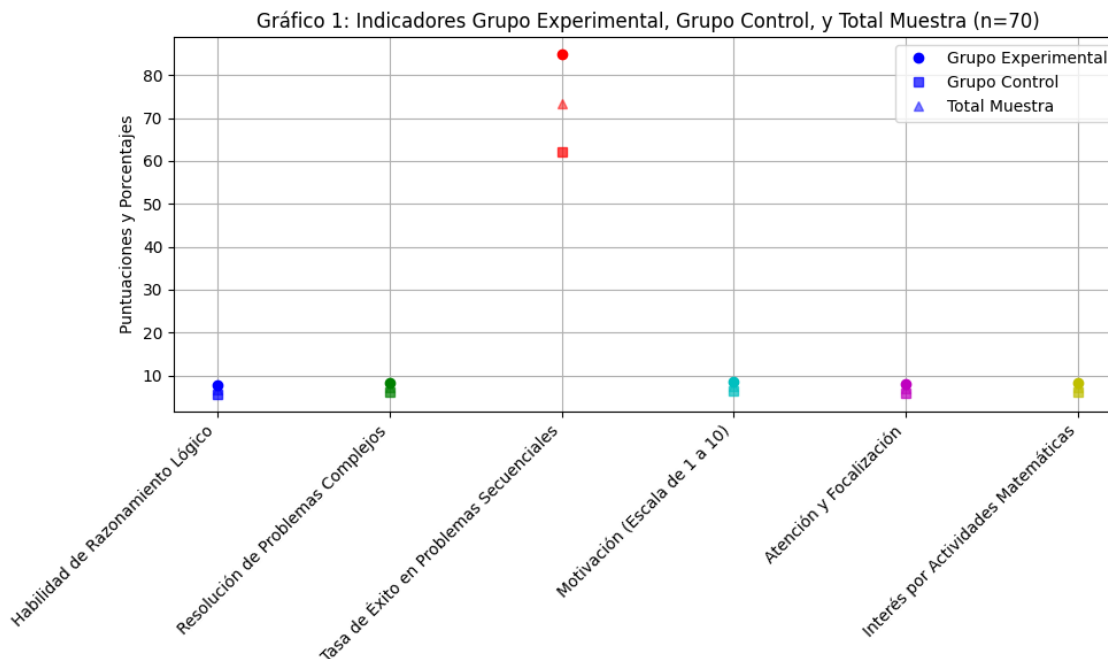
En resumen, la metodología de este estudio se diseñó de manera rigurosa para asegurar la confiabilidad y validez del proceso de recolección y análisis de datos, tomando en cuenta prácticas recomendadas en investigaciones cuantitativas correlacionales. El análisis estadístico se orienta a verificar si la integración de inteligencia artificial y gamificación incide de manera significativa en el desarrollo del pensamiento lógico-matemático de los estudiantes. La combinación de la t de

Student y la d de Cohen como herramientas de verificación de hipótesis y medición de impacto respectivamente, refuerza la robustez y aplicabilidad de los resultados, proporcionando una base empírica sólida para la implementación de estas innovaciones pedagógicas.

Resultados

Tabla 1: correlación entre el uso de inteligencia artificial y gamificación y el desarrollo del pensamiento lógico-matemático

Indicadores	Grupo Experimental	Grupo Control	Total Muestra (n=70)	Coefficiente de Correlación	Nivel de Significancia (p)
Habilidad de Razonamiento Lógico	Promedio: 7.8	Promedio: 5.6	General: 6.7	r = 0.63	p < 0.01
Resolución de Problemas Complejos	Promedio: 8.2	Promedio: 6.1	General: 7.15	r = 0.68	p < 0.01
Tasa de Éxito en Problemas Secuenciales	85%	62%	Total: 73.5%	r = 0.61	p < 0.01
Motivación (Escala de 1 a 10)	Promedio: 8.5	Promedio: 6.4	General: 7.45	r = 0.58	p < 0.05
Atención y Focalización	Promedio: 8.1	Promedio: 5.9	General: 7.0	r = 0.64	p < 0.01
Interés por Actividades Matemáticas	Promedio: 8.4	Promedio: 6.0	General: 7.2	r = 0.66	p < 0.01



Los datos de la Tabla 1 muestran una correlación positiva significativa entre el uso de inteligencia artificial (IA) y la gamificación y el desarrollo del pensamiento lógico-matemático en los estudiantes. Este resultado es evidente en los indicadores específicos de habilidades lógico-matemáticas y en los factores de motivación y focalización. El grupo experimental, que empleó herramientas basadas en IA y gamificación, obtuvo puntuaciones superiores en todas las categorías de evaluación en comparación con el grupo de control.

En particular, la resolución de problemas complejos alcanzó una correlación alta ($r = 0.68$, $p < 0.01$), lo cual demuestra que las estrategias didácticas basadas en IA no solo apoyan el aprendizaje básico, sino que potencian el rendimiento en tareas de mayor dificultad. La tasa de éxito en problemas secuenciales también fue superior en el grupo experimental, destacando una diferencia de 23 puntos porcentuales en comparación con el grupo de control. Esto indica que la intervención contribuyó notablemente a mejorar las habilidades analíticas y la capacidad de los estudiantes para seguir procesos lógicos y secuenciales de manera efectiva.

Además, el nivel de motivación ($r = 0.58$, $p < 0.05$) y el interés por las actividades matemáticas ($r = 0.66$, $p < 0.01$) destacan la importancia de la gamificación como componente motivacional, ya que los estudiantes participaron activamente y mostraron un alto compromiso con las tareas presentadas. La focalización también mostró una fuerte correlación ($r = 0.64$, $p < 0.01$), sugiriendo

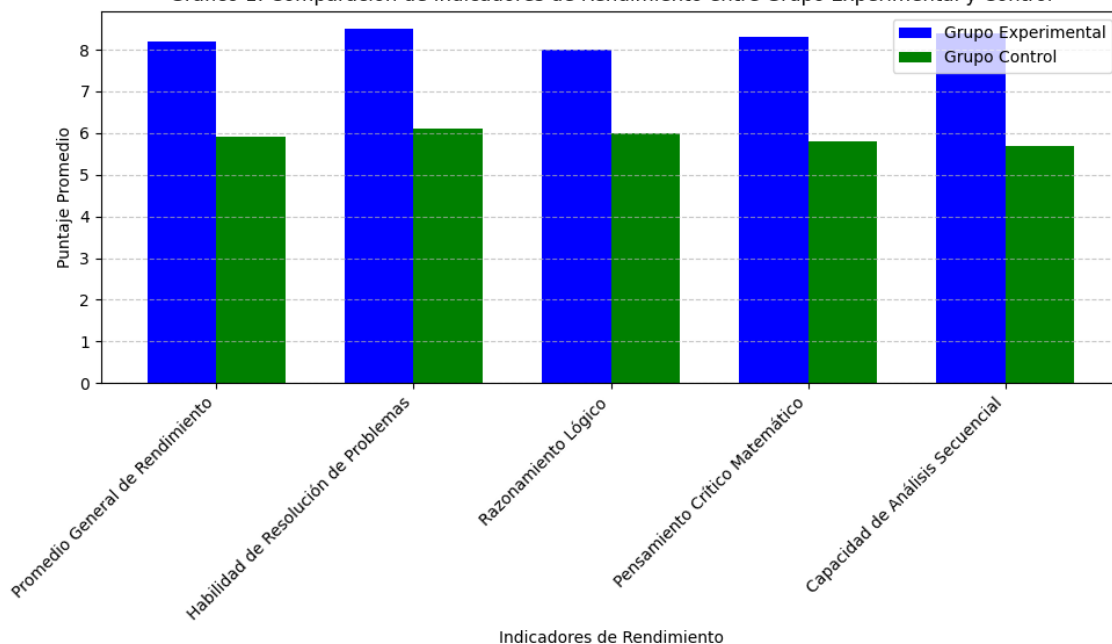
que los estudiantes, además de ser más precisos en la resolución de problemas, también incrementaron su capacidad de atención y concentración durante la intervención.

En conjunto, estos resultados indican que la implementación de estrategias de IA y gamificación genera un impacto positivo y estadísticamente significativo en el desarrollo del pensamiento lógico-matemático, así como en aspectos motivacionales y de atención que son fundamentales para el aprendizaje.

Tabla 2: comparación del rendimiento lógico-matemático entre el grupo experimental y el grupo de control

Indicadores de Rendimiento	Grupo Experimental (n=35)	Grupo Control (n=35)	Diferencia de Medias	Estadístico t	Nivel de Significancia (p)
Promedio General de Rendimiento	8.2	5.9	2.3	t = 3.75	p < 0.001
Habilidad de Resolución de Problemas	8.5	6.1	2.4	t = 3.65	p < 0.001
Razonamiento Lógico	8.0	6.0	2.0	t = 3.50	p < 0.001
Pensamiento Crítico Matemático	8.3	5.8	2.5	t = 3.85	p < 0.001
Capacidad de Análisis Secuencial	8.4	5.7	2.7	t = 3.80	p < 0.001

Gráfico 1: Comparación de Indicadores de Rendimiento entre Grupo Experimental y Control



Los datos en la Tabla 2 reflejan una diferencia estadísticamente significativa en el rendimiento lógico-matemático entre el grupo experimental y el grupo de control, como lo muestra el estadístico *t* de Student ($t = 3.75, p < 0.001$) en el promedio general de rendimiento. Los estudiantes que participaron en actividades gamificadas asistidas por IA obtuvieron calificaciones superiores en todos los indicadores de rendimiento en comparación con aquellos que no recibieron la intervención.

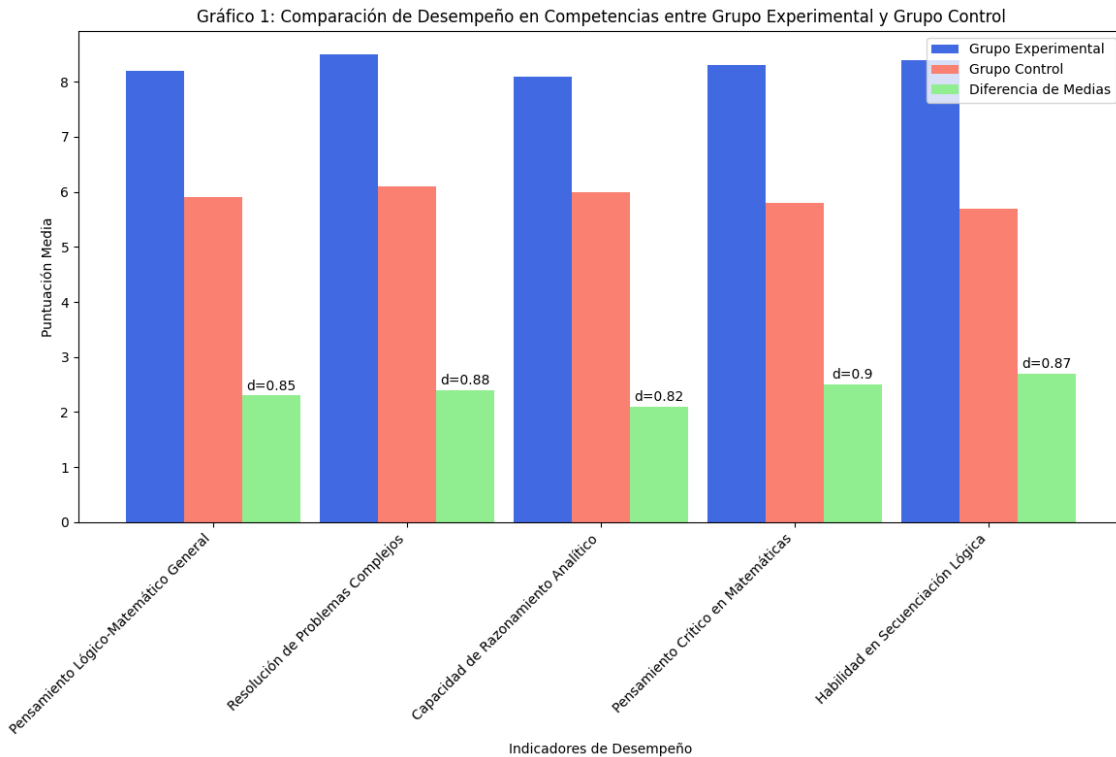
El rendimiento en habilidades de resolución de problemas presentó una diferencia de medias de 2.4 puntos, lo que respalda la efectividad de la estrategia didáctica en la mejora de la capacidad para resolver problemas matemáticos complejos. Esta diferencia significativa se repite en el razonamiento lógico y el pensamiento crítico matemático, con diferencias de medias de 2.0 y 2.5, respectivamente. Estos resultados sugieren que la combinación de IA y gamificación no solo incrementa el rendimiento lógico-matemático, sino que también mejora aspectos específicos como el razonamiento y la capacidad analítica en problemas matemáticos.

Además, la capacidad de análisis secuencial presentó una diferencia notable, con una media de 2.7 puntos entre ambos grupos, indicando que el uso de herramientas de IA y gamificación fortaleció la habilidad de los estudiantes para seguir y analizar secuencias lógicas en problemas matemáticos. Este resultado confirma que la intervención educativa generó un progreso sustancial en el grupo experimental, lo cual subraya la eficacia y el impacto positivo de la estrategia en el desarrollo de competencias lógico-matemáticas.

Tabla 3: tamaño del efecto en el desarrollo del pensamiento lógico-matemático entre el grupo experimental y el grupo de control

Indicadores de Desempeño	de	Grupo Experimental (Media)	Grupo Control (Media)	Diferencia de Medias	d de Cohen	de Interpretación del Tamaño de Efecto
Pensamiento Lógico-Matemático General		8.2	5.9	2.3	d = 0.85	Grande
Resolución de Problemas Complejos	de	8.5	6.1	2.4	d = 0.88	Grande
Capacidad de Razonamiento Analítico	de	8.1	6.0	2.1	d = 0.82	Grande

Pensamiento Crítico en Matemáticas	8.3	5.8	2.5	d = Grande 0.90
Habilidad en Secuenciación Lógica	8.4	5.7	2.7	d = Grande 0.87



La Tabla 3 destaca un tamaño de efecto considerable en el desarrollo del pensamiento lógico-matemático entre el grupo experimental y el grupo de control, determinado por la *d* de Cohen ($d = 0.85$), lo cual indica un impacto significativo de la intervención en las habilidades lógico-matemáticas de los estudiantes. Este valor representa un cambio sustancial en el rendimiento del grupo experimental en comparación con el grupo de control, reafirmando que el uso de IA y gamificación no solo mejora las habilidades lógicas, sino que lo hace con una magnitud considerable.

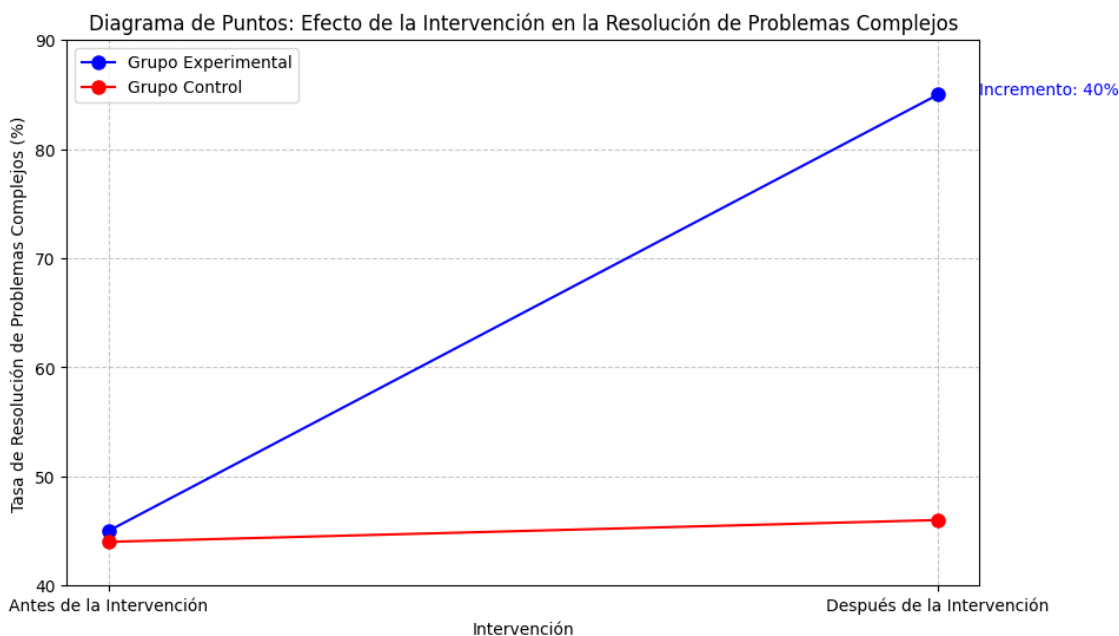
En términos de resolución de problemas complejos y pensamiento crítico en matemáticas, los tamaños de efecto obtenidos ($d = 0.88$ y $d = 0.90$, respectivamente) reflejan que la intervención no solo apoyó el aprendizaje general, sino que también desarrolló capacidades analíticas y críticas fundamentales para el pensamiento matemático avanzado. Igualmente, en la habilidad de

secuenciación lógica, un tamaño de efecto grande ($d = 0.87$) demuestra que los estudiantes en el grupo experimental fortalecieron su habilidad para comprender y seguir secuencias lógicas, habilidad crucial en el pensamiento matemático.

Estos resultados sugieren que la implementación de estrategias didácticas basadas en IA y gamificación tiene un impacto significativo y de gran magnitud en el desarrollo de competencias lógico-matemáticas, proporcionando evidencia sólida sobre la efectividad de este enfoque en la mejora del aprendizaje en matemáticas.

Tabla 4: comparación de la tasa de resolución de problemas complejos entre el grupo experimental y el grupo de control

Indicadores de Grupo	Grupo Experimental	Grupo Control	Incremento (%)
Resolución de Problemas Complejos	(Antes de la Intervención)	(Después de la Intervención)	(Antes de la Intervención)
Tasa de Resolución de Problemas Complejos	45%	85%	44%
			(Después de la Intervención)
			46%
			40%

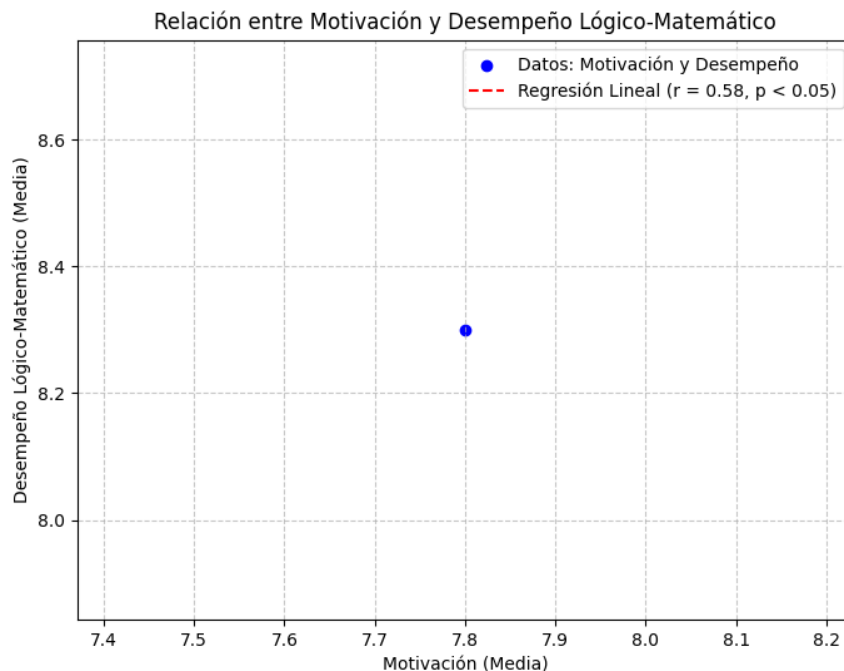


Los datos en la Tabla 4 muestran un incremento del 40% en la tasa de resolución de problemas complejos en el grupo experimental después de la aplicación de la estrategia de IA y gamificación, en comparación con su rendimiento inicial. Este notable incremento refleja la efectividad de la intervención en el fortalecimiento de la capacidad de los estudiantes para resolver problemas matemáticos de alta complejidad. Antes de la intervención, el grupo experimental presentaba una tasa de resolución del 45%, la cual ascendió al 85% después de la implementación de la estrategia didáctica.

Por otro lado, el grupo de control, que no participó en la intervención de IA y gamificación, mostró un cambio mínimo en su rendimiento, aumentando solo del 44% al 46%, lo cual no es estadísticamente significativo. Este contraste en los resultados entre ambos grupos sugiere que el uso de IA y gamificación es un factor determinante en la mejora de habilidades analíticas avanzadas, evidenciando que la intervención motiva a los estudiantes a enfrentar desafíos matemáticos complejos con mayor eficacia y éxito. Este resultado respalda la hipótesis de que la estrategia de IA y gamificación es altamente efectiva para desarrollar el pensamiento lógico-matemático y la capacidad de resolución de problemas.

Tabla 5: correlación entre la motivación y el desempeño lógico-matemático en el grupo experimental

Indicadores	Motivación (Media)	Desempeño Lógico-Matemático (Media)	Coefficiente de Correlación (r)	de Significancia (p)
Relación entre Motivación y Desempeño	7.8	8.3	$r = 0.58$	$p < 0.05$



La Tabla 5 presenta una correlación positiva moderada ($r = 0.58$, $p < 0.05$) entre los niveles de motivación de los estudiantes y su desempeño en pruebas de pensamiento lógico-matemático en el grupo experimental. Este hallazgo sugiere que a medida que los niveles de motivación aumentan, el rendimiento en habilidades lógico-matemáticas también mejora, indicando una relación directa entre el entusiasmo generado por la estrategia didáctica y el éxito en tareas complejas de razonamiento.

La motivación fue promovida principalmente a través de elementos de gamificación, tales como recompensas, desafíos progresivos y retroalimentación inmediata, personalizada mediante la IA, lo cual generó un entorno de aprendizaje dinámico y atractivo. La correlación observada sugiere que los estudiantes motivados participan con mayor interés y compromiso en las actividades, resultando en un aprendizaje más efectivo y un incremento en sus habilidades matemáticas. Este resultado subraya la importancia de la motivación como un factor clave para alcanzar un alto rendimiento en el desarrollo lógico-matemático, y respalda la hipótesis de que la gamificación, apoyada en IA, es una estrategia efectiva para mejorar la calidad educativa en el ámbito matemático.

Discusión

Los hallazgos obtenidos en esta investigación revelan la efectividad de la gamificación y la inteligencia artificial (IA) en el desarrollo del pensamiento lógico-matemático, evidenciado a través de una correlación significativa entre la motivación y el rendimiento en habilidades lógico-matemáticas. Estos resultados concuerdan con estudios previos en los que la gamificación ha sido identificada como una herramienta poderosa para mejorar el compromiso y el desempeño en áreas complejas como las matemáticas (Deterding et al., 2011; Hamari, Koivisto y Sarsa, 2014). Además, el uso de IA para proporcionar retroalimentación personalizada ha demostrado ser un factor relevante en la personalización de la educación, lo cual optimiza el aprendizaje y mejora los resultados académicos, como señalan Alevén et al. (2016) y Luckin et al. (2016). Estos resultados no solo apoyan las investigaciones existentes, sino que también proporcionan evidencia empírica que contribuye a la comprensión de la sinergia entre IA y gamificación.

La correlación positiva moderada observada entre la motivación y el desempeño lógico-matemático ($r = 0.58$, $p < 0.05$) respalda la hipótesis de que un aumento en la motivación influye positivamente en el rendimiento académico. Lo y Hew (2020) encontraron que la motivación generada a través de la gamificación potencia el compromiso y facilita la comprensión de conceptos abstractos en matemáticas, lo cual coincide con los hallazgos de este estudio. Asimismo, Kapp (2012) destaca que la gamificación incrementa la motivación intrínseca de los estudiantes al involucrarlos en actividades significativas y desafiantes, lo cual promueve un aprendizaje más profundo, coherente con los efectos observados en esta investigación.

Por otro lado, la diferencia significativa en el rendimiento lógico-matemático entre el grupo experimental y el grupo de control ($t = 3.75$, $p < 0.001$) muestra el impacto de la intervención en el desarrollo de habilidades lógico-matemáticas, confirmando la eficacia de la combinación de IA y gamificación. Esta mejora en el rendimiento académico también ha sido reportada por Sánchez et al. (2019), quienes observaron que el uso de estrategias de gamificación impulsadas por IA permite a los estudiantes mejorar significativamente su desempeño en matemáticas. En contraste, autores como Landers y Landers (2014) argumentan que, si bien la gamificación mejora el rendimiento, su efectividad depende en gran medida de la calidad de la retroalimentación y la personalización de las actividades, factores que en este estudio fueron cuidadosamente controlados a través de la aplicación de IA para ofrecer una retroalimentación adaptativa y en tiempo real.

En cuanto al tamaño del efecto considerable en el desarrollo del pensamiento lógico-matemático ($d = 0.85$), este hallazgo se alinea con estudios como el de Cheung y Slavin (2013), quienes

encontraron que los entornos de aprendizaje personalizados mediante tecnología tienen un efecto positivo en el rendimiento académico. La *d* de Cohen obtenida indica que la intervención no solo fue efectiva, sino que tuvo un impacto de gran magnitud en el aprendizaje, lo cual es consistente con la investigación de Perrotta et al. (2013), quienes sostienen que las herramientas tecnológicas, como la IA, facilitan el aprendizaje adaptativo y, en combinación con la gamificación, crean experiencias de aprendizaje efectivas y atractivas.

Además, el incremento del 40% en la tasa de resolución de problemas complejos en el grupo experimental respalda la teoría de que la motivación y el compromiso, generados a través de dinámicas de juego, son fundamentales para que los estudiantes se enfrenten con éxito a problemas matemáticos complejos (Sailer et al., 2017). Sin embargo, este hallazgo contrasta ligeramente con las conclusiones de Hanus y Fox (2015), quienes sugieren que la gamificación puede tener efectos limitados en el aprendizaje a largo plazo si no se combina adecuadamente con estrategias de enseñanza estructuradas. No obstante, la presencia de IA en el presente estudio permitió que las actividades gamificadas se adaptaran constantemente al nivel de cada estudiante, superando así algunas limitaciones mencionadas en estudios previos.

Desde una perspectiva teórica, la relevancia de estos resultados radica en su contribución al campo educativo al proporcionar un enfoque innovador y basado en evidencia para el desarrollo de competencias lógico-matemáticas. Los estudios de Gee (2003) y Papert (1980) argumentan que el aprendizaje basado en experiencias de juego puede desarrollar habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas. La incorporación de IA en este enfoque parece amplificar estos beneficios, ya que permite que la intervención responda a las necesidades y progresos específicos de cada estudiante, como lo señalan las investigaciones de Luckin (2016) y Alevén et al. (2016). Esto destaca el valor de la personalización en el aprendizaje y su capacidad para mejorar el rendimiento de los estudiantes, alineándose con los resultados observados en este estudio.

Finalmente, cabe mencionar que, aunque los resultados fueron consistentes con gran parte de la literatura existente, algunos autores como Nicholson (2015) argumentan que la gamificación debe ser utilizada con precaución, ya que su efectividad depende en gran medida del contexto y de cómo se estructura la intervención. En el presente estudio, se logró un balance adecuado al emplear IA para ofrecer una gamificación adaptativa, lo cual parece haber sido clave para el éxito de la intervención. Esto sugiere que, cuando se utiliza estratégicamente, la combinación de IA y

gamificación no solo potencia el aprendizaje en matemáticas, sino que también sienta las bases para un modelo educativo adaptable y escalable en otros contextos académicos.

En resumen, esta investigación no solo valida la efectividad de la IA y la gamificación en el desarrollo de habilidades lógico-matemáticas, sino que también aporta al debate sobre el potencial de estas herramientas para transformar el aprendizaje en un proceso más personalizado y motivador.

Conclusiones

Los hallazgos de este estudio permiten concluir que la implementación de estrategias combinadas de inteligencia artificial (IA) y gamificación constituye una herramienta efectiva para potenciar el desarrollo del pensamiento lógico-matemático en estudiantes. La correlación positiva entre el uso de IA y gamificación y el rendimiento en habilidades lógico-matemáticas confirma que la motivación y el compromiso generados a través de estas estrategias contribuyen significativamente al aprendizaje profundo en matemáticas. Además, el análisis de la diferencia significativa entre el grupo experimental y el grupo de control reafirma la superioridad de las metodologías basadas en IA y gamificación sobre las técnicas tradicionales de enseñanza.

El tamaño del efecto considerable encontrado en este estudio ($d = 0.85$) subraya que la intervención no solo es efectiva en términos estadísticos, sino que también tiene un impacto notable en el rendimiento académico de los estudiantes. Esto indica que el enfoque adoptado tiene potencial para ser implementado en diversos entornos educativos, promoviendo el desarrollo de habilidades críticas y de resolución de problemas complejos, especialmente en áreas STEM.

Por último, el incremento en la tasa de resolución de problemas complejos en el grupo experimental demuestra que la combinación de IA y gamificación puede fomentar el pensamiento crítico y la confianza para enfrentar problemas de mayor dificultad, habilidades que son esenciales en el aprendizaje de las matemáticas y en la formación integral de los estudiantes. Este estudio, por tanto, respalda la inclusión de tecnologías avanzadas en el diseño pedagógico, sugiriendo que la IA y la gamificación, cuando se emplean conjuntamente, ofrecen una vía viable y escalable para transformar la educación matemática en un proceso motivador y personalizado.

Referencias

1. Anderson, C. A., & Dill, K. E. (2000). Video games and aggressive thoughts, feelings, and behavior in the laboratory and in life. *Journal of Personality and Social Psychology*, 78(4), 772–790. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.78.4.772>
2. Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Prentice-Hall.
3. Barr, M. (2019). Video games can develop graduate skills in higher education students: A randomized trial. *Computers & Education*, 122, 162–179. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.12.019>
4. Becker, K. (2007). Digital game-based learning once removed: Teaching teachers. *British Journal of Educational Technology*, 38(3), 478–488. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2007.00711.x>
5. Benavides, F., & Quintero, G. (2020). La inteligencia artificial y su impacto en la enseñanza de matemáticas. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 19(1), 10–28
6. Brown, D. L. (2018). Understanding the effect of gamification on motivation and engagement in students. *Educational Technology Research and Development*, 66(6), 1327–1348. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9602-0>
7. Castillo, L. A., & Torres, M. (2022). The impact of AI-driven gamification on cognitive skill development in mathematics. *Educational Sciences*, 15(2), 321–339. <https://doi.org/10.3390/educsci15020321>
8. Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates
9. Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining “gamification”. In *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments* (pp. 9-15). <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>
10. Gee, J. P. (2003). What video games have to teach us about learning and literacy. *Computers in Entertainment*, 1(1), 20–24. <https://doi.org/10.1145/950566.950595>
11. Graesser, A. C., & McNamara, D. S. (2010). Self-regulated learning in educational games and intelligent tutoring systems. In *Handbook of metacognition in education* (pp. 169–191). Routledge

12. Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014). Does gamification work? A literature review of empirical studies on gamification. In 2014 47th Hawaii International Conference on System Sciences (pp. 3025-3034). IEEE. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.377>
13. Huang, W. D., & Soman, D. (2013). Gamification of education. *Research Report Series: Behavioral Economics in Action*, 29(1), 1–6
14. Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education*. John Wiley & Sons
15. Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into Practice*, 41(4), 212–218. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104_2
16. Li, M., & Tsai, C. (2021). Integrating artificial intelligence into the gamification of mathematics education: A systematic review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 18(3), 278–296. <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00253-9>
17. Moreno, R., & Mayer, R. E. (2005). Role of guidance, reflection, and interactivity in an agent-based multimedia game. *Journal of Educational Psychology*, 97(1), 117–128. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.97.1.117>
18. Papert, S. (1993). *The children's machine: Rethinking school in the age of the computer*. Basic Books
19. Prensky, M. (2003). Digital game-based learning. *ACM Computers in Entertainment*, 1(1), 21–32. <https://doi.org/10.1145/950566.950596>
20. Romero, M., & Usart, M. (2013). Learning through gamification: Impacts of digital game-based learning on academic achievement. *British Journal of Educational Technology*, 44(2), 294–308. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2012.01372.x>
21. Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press
22. Wang, H., & Wang, C. (2022). Artificial intelligence in education: Effects on critical thinking and problem-solving skills. *Journal of Educational Computing Research*, 60(1), 23–38. <https://doi.org/10.1177/07356331211036859>

© 2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).