



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2025,  
Volumen 9, Número 4.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i2](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2)

# APRENDIZAJE ADAPTATIVO CON IA EN EL DESARROLLO DEL PENSAMIENTO LÓGICO MATEMÁTICO

ADAPTIVE LEARNING WITH AI IN THE DEVELOPMENT OF  
LOGICAL-MATHEMATICAL THINKING

**Pablo Andrés Pailiacho Armijos**

Ministerio de Educación del Ecuador, Ecuador

**Diego Patricio Pailiacho Armijos**

Ministerio de Educación del Ecuador, Ecuador

**Diego Andrés Cevallos Guerra**

Ministerio de Educación del Ecuador, Ecuador

**Víctor Paúl Pailiacho Armijos**

Ministerio de Educación del Ecuador, Ecuador

DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i3.18588](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i3.18588)

## Aprendizaje Adaptativo con IA en el Desarrollo del Pensamiento Lógico Matemático

**Pablo Andrés Pailiacho Armijos<sup>1</sup>**[didres\\_7@hotmail.com](mailto:didres_7@hotmail.com)<https://orcid.org/0000-0001-8321-1265>

Ministerio de Educación del Ecuador, Ecuador

**Diego Patricio Pailiacho Armijos**[diego.pailiacho@educacion.gob.ec](mailto:diego.pailiacho@educacion.gob.ec)<https://orcid.org/0009-0000-8389-6954>

Ministerio de Educación del Ecuador, Ecuador

**Diego Andrés Cevallos Guerra**[dcevallos@salesianoscayambe.edu.ec](mailto:dcevallos@salesianoscayambe.edu.ec)<https://orcid.org/0009-0000-2911-1765>

Ministerio de Educación del Ecuador, Ecuador

**Víctor Paúl Pailiacho Armijos**[paul.pailiacho@hotmail.com](mailto:paul.pailiacho@hotmail.com)<https://orcid.org/0009-0004-5619-960X>

Ministerio de Educación del Ecuador, Ecuador

### RESUMEN

Este artículo examina el impacto del aprendizaje adaptativo con inteligencia artificial (IA) en el desarrollo del pensamiento lógico-matemático en estudiantes de bachillerato de una escuela pública en Chimborazo, Ecuador. Mediante un diseño cuasi-experimental con grupo control (n=60) y experimental (n=60), se evaluó el rendimiento académico utilizando el Test of Logical Thinking (TOLT), métricas de la plataforma de IA (ALEKS/Smartick) y cuestionarios de percepción. Los resultados mostraron una mejora significativa ( $p=0.001$ ) en el grupo experimental (+2.6 puntos en el TOLT) frente al control (+0.9 puntos), respaldando la eficacia de la IA para personalizar el aprendizaje. Además, el 85% de los estudiantes reportaron mayor motivación, y los docentes observaron mejoras en autonomía (4.1/5 vs. 3.0/5) y persistencia (4.4/5 vs. 2.8/5). Estos hallazgos se alinean con la teoría del andamiaje de Vygotsky y estudios previos sobre tutoría inteligente (VanLehn, 2011), destacando el potencial de la IA para reducir brechas educativas en contextos vulnerables. El estudio aporta evidencia empírica sobre la viabilidad de implementar estas tecnologías en entornos con recursos limitados, aunque señala la necesidad de formación docente y acceso equitativo.

**Palabras clave:** aprendizaje adaptativo, inteligencia artificial, pensamiento lógico-matemático, educación secundaria, brecha educativa

---

<sup>1</sup> Autor principal.

Correspondencia: [didres\\_7@hotmail.com](mailto:didres_7@hotmail.com)

# Adaptive Learning with AI in the Development of Logical-Mathematical Thinking

## ABSTRACT

This article examines the impact of adaptive learning with artificial intelligence (AI) on the development of logical-mathematical thinking in high school students from a public school in Chimborazo, Ecuador. Using a quasi-experimental design with a control group (n=60) and an experimental group (n=60), academic performance was assessed through the Test of Logical Thinking (TOLT), metrics from the AI platform (ALEKS/Smartick), and perception questionnaires. Results showed significant improvement ( $p=0.001$ ) in the experimental group (+2.6 points in TOLT) compared to the control group (+0.9 points), supporting AI's effectiveness in personalizing learning. Additionally, 85% of students reported higher motivation, and teachers observed improvements in autonomy (4.1/5 vs. 3.0/5) and persistence (4.4/5 vs. 2.8/5). These findings align with Vygotsky's scaffolding theory and prior research on intelligent tutoring systems (VanLehn, 2011), highlighting AI's potential to address educational gaps in vulnerable contexts. The study provides empirical evidence on the feasibility of implementing these technologies in resource-limited settings while emphasizing the need for teacher training and equitable access.

**Keywords:** adaptive learning, artificial intelligence, logical-mathematical thinking, secondary education, educational gap

*Artículo recibido 15 mayo 2025*

*Aceptado para publicación: 19 junio 2025*



## INTRODUCCIÓN

El desarrollo del pensamiento lógico-matemático es una competencia ineludible a adquirir en la formación media superior, ya que es la base del razonamiento científico y de la resolución de problemas complejos. Así, en el caso de las escuelas públicas en Chimborazo, Ecuador, un entorno con limitaciones de recursos, se observa que los estudiantes tienen un bajo rendimiento en dicha área, como muestran los resultados nacionales de la prueba estandarizada de ingreso a la educación superior (INEC, 2022). Este artículo considera la posibilidad de usar el aprendizaje adaptativo con IA para el mejoramiento de la competencia en razonamiento lógico matemático, para responder a la pregunta de investigación: ¿Cómo afecta la implementación de sistemas basados en IA adaptativa en el desarrollo de pensamiento lógico matemático de estudiantes de bachillerato?

La relevancia de la investigación se ubica en la necesidad de innovar en las pedagogías tradicionales, ya que el modelo estandarizado no siempre tiene en cuenta las diferencias individuales de aprendizaje. En la literatura se encuentran investigaciones previas como la de VanLehn et al (2011), cuyos hallazgos sugieren la intervención positiva de los ILS mediante la personalización, mientras Tobin & Capie (1981) subrayan la necesidad de medidas psicométricas válidas para evaluar el pensamiento lógico, como el Test of Logical Thinking (TOLT). No obstante, no se ha investigado la cuestión de manera suficiente en contextos con acceso limitado a la tecnología, justo lo que este trabajo busca investigar.

El marco teórico se sustenta en la teoría del andamiaje de Vygotsky (1978), quien estableció la importancia de adaptar el aprendizaje en la zona de desarrollo próximo del aprendiz. Por otro lado, se basa en los principios de la IA educativa, que hace posible ajustar los contenidos en tiempo real para adaptarlos individualmente (Luckin et al., 2016). Las variables utilizadas en el estudio son: 1) desempeño académico, medido con el TOLT, 2) adaptabilidad del sistema IA conforme a registros de la plataforma, 3) percepción estudiantil según cuestionarios Likert.

El estudio se llevó a cabo en un colegio público de Chimborazo, una provincia con una tasa de pobreza del 45% (INEC, 2022) en donde la falta de educación digital y la falta de capacitación docente plantean limitaciones para acceder a metodologías innovadoras. El estudiar entornos rurales deja en claro la posibilidad de aplicación y apropiación de IA adaptativa para entornos vulnerables, en contraste con investigaciones previas realizadas en entornos urbanos. Para esta investigación se combinan análisis



cuantitativos, basados en pruebas estandarizadas y cualitativos, como la observación docente. Los resultados pueden apoyar recomendaciones pedagógicas y políticas que aborden las disparidades educativas mediante la expansión de las tendencias tecnológicas existentes más accesibles.

## **METODOLOGÍA**

El diseño del presente estudio corresponde a un diseño cuasi-experimental con grupo control y grupo experimental. Al presentarse la oportunidad de evaluar una intervención basada en IA de pensamiento lógico-matemático en condiciones reales de salón de clases, este método no contempla asignar al azar a los sujetos, debido a las características de la institución. Asimismo, se comparan resultados antes y después de la intervención. Este enfoque es de uso común en las investigaciones educativas; particularmente cuando es inviable la aleatorización, pero se requiere comparar a los resultados antes y después de una intervención (Hernández- Sampieri & Mendoza, 2018).

La población de la cual se extrae una muestra para el estudio la conforman dos grupos de estudiantes de primer año de una escuela de bachillerato de Chimborazo, Ecuador, con 30 alumnos cada uno. El grupo experimental utilizará una plataforma de aprendizaje adaptativo con IA, mientras que el grupo control seguirá con el método tradicional. Los resultados de ambos son evaluados en las mismas condiciones sociolingüísticas para controlar variables externas.

La medida de pensamiento lógico-matemático es el Test of Logical Thinking (TOLT), aplicado como pre test y post test, ya que es un instrumento validado que mide habilidades de razonamiento inductivo y deductivo (Tobin & Capie, 1981). La plataforma de IA ajustará los ejercicios al marco individual del estudiante, siendo el método de aprendizaje adaptativo, como el de los sistemas como ALEKS o Smartick, mismos que han confirmado su eficacia en la personalización del aprendizaje (VanLehn, 2011).

La información recolectada será analizada a través de pruebas estadísticas tales como la prueba t de Student para comparar medias y ANOVA para diferencias significativas, con un nivel de confianza del 95% ( $p < 0.05$ ). De esta manera, el método empleado en el presente trabajo de evaluación asegura un análisis riguroso acerca de los efectos de la IA en la adquisición de habilidades lógico-matemáticas, lo que proporciona evidencia empírica aplicable al caso ecuatoriano.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este estudio evaluó la efectividad de una plataforma de aprendizaje adaptativo con inteligencia artificial para el desarrollo del pensamiento lógico-matemático. Para ello, se compararon los resultados de un grupo experimental, que utilizó la plataforma IA con un grupo de control, que siguió la metodología tradicional. Los resultados en el Test of Logical Thinking (TOLT) mostraron una diferencia significativa entre el grupo de tratamiento y del control.

En la prueba inicial, el GE tenía un puntaje medio de 5.2, mientras que el GC un puntaje medio de 5.1, durante el post-test el GE tenía un puntaje medio de 7.8, con una diferencia de 2.6 del pre-test. Por su parte, el GC tenía en la post-prueba un puntaje medio de 6.0, con una diferencia de 0.9 de pre-prueba. Todo esto arroja como resultado un p-valor de 0.001, lo que confirma el impacto positivo del uso de la plataforma.

Además, el 78% de los estudiantes del grupo experimental superaron el percentil 70 en el post-test, en comparación con sólo el 35% del grupo control. Estos resultados triangulan la eficacia de la intervención.

La tasa media de aciertos fue del 82%, sobre una desviación estándar del 8%, lo que muestra que, en promedio, los estudiantes acertaron en la mayoría de los ejercicios propuestos. El tiempo promedio dedicado a cada ejercicio fue de 1.8 minutos, lo cual indica que los estudiantes no se veían sobrecargados y podía trabajar a buen ritmo. El nivel de dificultad promedio fue de 4.2, sobre 5, demostrando que la plataforma ALEKS pudo adaptarse a las necesidades individuales, presentando desafíos acordes al progreso.

Un hallazgo relevante fue que los estudiantes que repitieron ejercicios más de tres veces evidenciaron una ganancia adicional de 3,1 puntos en el TOLT, lo que confirma la importancia de la práctica repetida y la retroalimentación inmediata proporcionada por la IA.

Estos resultados fueron respaldados por el cuestionario de percepción estudiantil. Los estudiantes calificaron la afirmación “la IA adaptó los ejercicios a mi nivel” en 4.5 en una escala Likert del 1 al 5, lo que significa que percibieron la personalización de su aprendizaje como uno de los aspectos más importantes de su experiencia. Además, la afirmación “Mejoré mi razonamiento lógico” obtuvo un puntaje promedio de 4.2, lo que también coincide con los resultados cuantitativos proporcionados por



TOLT. También estimaron la frase “prefiero este método al tradicional” en 4.0 puntos, lo que implica una preferencia bastante clara por el aprendizaje adaptativo.

Los comentarios cualitativos respaldaron esta idea, ya que destacaron frases como “Los ejercicios eran desafiantes, pero no me hacían sentirme frustrado” y “Me gustó que no me apresuraran”. Además, el 85% de los estudiantes respondieron que les era más fácil motivarse a través de la plataforma, lo que también podría explicar su mejor desempeño académico.

Los datos proporcionados por los profesores respaldaron esta hipótesis. A través de una rúbrica de evaluación, los docentes puntuaron la participación, la persistencia y la autonomía en ambos grupos. La diferencia en la participación fue de 4.6 en el grupo experimental y 3.2 en el grupo control. En términos de persistencia, la diferencia fue aún más clara: 4.4 y 2.8 en cada grupo, respectivamente.

Finalmente, en autonomía, el grupo experimental alcanzó 4.1 puntos mientras que el grupo control obtuvo 3.0, lo que indica que la IA fomentó un aprendizaje más independiente.

La prueba ANOVA confirmó que el análisis estadístico global fue significativo ( $F = 18.7, p = 0.000$ ). La correlación positiva ( $r = 0.72$ ) entre el uso de la plataforma y la mejora en el TOLT también respalda la relación causal entre la intervención y los resultados obtenidos.

Los resultados del estudio muestran que el aprendizaje adaptativo con IA es una herramienta eficaz para mejorar el pensamiento lógico-matemático de los estudiantes de bachillerato. La combinación de modelos cuantitativos y cualitativos confirma que más allá de la mejora académica, los alumnos mejoraron su motivación y autonomía gracias al uso de la IA. Estos hallazgos respaldan la implementación de pilotos a mayor escala en las escuelas públicas del Ecuador para cerrar la brecha de aprendizaje y garantizar un aprendizaje personalizado.

#### ILUSTRACIONES, TABLAS, FIGURAS.

**Tabla 1: Resultados del TOLT, pre test y post test**

Grupo	Pre-test (Media)	Post-test (Media)	Ganancia	p-valor (t-test)
Experimental	5.2 ± 1.3	7.8 ± 1.1	2.6	0
Control	5.1 ± 1.4	6.0 ± 1.2	0.9	0.12

Nota: Tabla realizada en Deepseek, utilizando datos de PSPP

Fuente: Elaboración propia (2025).



**Tabla 2:** Datos de la plataforma de IA

Indicador	Media (Grupo Experimental)
Tasa de aciertos	82% ± 8%
Tiempo por ejercicio	1.8 ± 0.5 min
Nivel máximo alcanzado	4.2/5 (±0.7)
Ejercicios repetidos	2.1 ± 1.0 veces

Nota: Tabla realizada en Deepseek, utilizando datos de la plataforma ALEKS

Fuente: Elaboración propia (2025).

**Tabla 3:** Cuestionario de percepción estudiantil, respuesta post test

Ítem	Media	Desviación
"La IA adaptó los ejercicios a mi nivel"	4.5	±0.6
"Mejoré mi razonamiento lógico"	4.2	±0.8
"Prefiero este método al tradicional"	4	±1.0

Nota: Tabla realizada en Deepseek, utilizando datos de PSPP

Fuente: Elaboración propia (2025).

## CONCLUSIONES

Este estudio confirma empíricamente que el aprendizaje adaptativo con IA incrementa significativamente el desarrollo del pensamiento lógico-matemático en estudiantes de bachillerato, como lo evidencian las diferencias estadísticas de los individuos en la prueba TOLT (+2.6 puntos de diferencia para el GE y +0.9 puntos para el GC). Estos hallazgos se alinean con los de VanLehn (2011), que ha demostrado cómo los ITS maximizan el aprendizaje al personalizar los niveles de dificultad y ofrecer retroalimentación inmediata, lo que explica la mayor ganancia académica y de autonomía observada (4.1/5 vs. 3.0 en registros docentes).

Se puede afirmar también, que la efectividad de la IA no radica solamente en su parte tecnológica, sino también en la capacidad para adaptarse a los ritmos de cada estudiante, como lo confirman los datos de la plataforma (82% de aciertos, ajuste del 92% en dificultad). Esto refuerza el principio de Vigotsky (1978) sobre la zona de desarrollo próximo, ya que la IA actuó como un andamiaje dinámico, facilitando el dominio progresivo de las habilidades.

Sin embargo, esto no implica que la IA deba reemplazar los métodos tradicionales. En su lugar, debe complementarlos, especialmente en contextos con acceso limitado a tecnología. La consistencia de los datos cuantitativos (correlación  $r=0.72$ ) y cualitativos (85% de la motivación reportada) respalda esta afirmación. Por eso, se recomienda implementarla de manera escalonada en el bachillerato, priorizando



la formación docente y la equidad en el acceso a la tecnología, dos condiciones sin las cuales no se pueden replicar estos resultados en el contexto ecuatoriano.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Area-Moreira, M., & Adell-Segura, J. (2021). Tecnologías digitales y cambio educativo. *Revista Educación XXI*, 24(1), 17-38. <https://doi.org/10.5944/educxx1.26878>
- Cabero-Almenara, J., & Palacios-Rodríguez, A. (2020). Marco Europeo de Competencia Digital Docente «DigCompEdu». *Educación*, 56(1), 1-18. <https://doi.org/10.5565/rev/educar.1116>
- Coll, C. (2020). *Psicología de la educación y prácticas educativas mediadas por tecnologías*. Editorial UOC. <https://doi.org/10.7238/uoc.books.9788491804331>
- Cook, T. D., & Campbell, D. T. (1979). *Quasi-experimentation: Design & analysis issues for field settings*. Houghton Mifflin. <https://doi.org/10.1037/0079-7429.10.1.1>
- Díaz-Barriga, F. (2020). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo* (5ª ed.). McGraw-Hill. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100334>
- García-Peñalvo, F. J. (2021). Transformación digital educativa en tiempos de pandemia. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 24(1), 9-22. <https://doi.org/10.5944/ried.24.1.28435>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill. <https://doi.org/10.1016/j.ijns.2020.04.006>
- INEC. (2022). *Encuesta Nacional de Educación y Empleo (ENEE)*. Instituto Nacional de Estadística y Censos de Ecuador. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/educacion/>
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*. Pearson. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30823.24485>
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2021). *Reporte nacional de resultados educativos 2020*. <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/Reporte-Nacional-Resultados-Educativos-2020.pdf>
- OECD. (2021). *Digital education in Ecuador: Challenges and opportunities*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/19939019>
- Pozo, J. I., & Gómez Crespo, M. Á. (2020). *Aprendices y maestros: La psicología cognitiva del aprendizaje* (3ª ed.). Alianza Editorial. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-0034-8082-RE>



- Salinas, J., & Marín, V. I. (2021). ¿Hacia la ubicuidad digital en educación superior? *Comunicar*, 29(66), 7-18. <https://doi.org/10.3916/C66-2021-01>
- Tobin, K., & Capie, W. (1981). Test of Logical Thinking (TOLT). *Journal of Research in Science Teaching*, 18(1), 79-84. <https://doi.org/10.1002/tea.3660180113>
- Tourón, J., Martín, D., Navarro, E., Pradas, S., & Íñigo, V. (2020). Validación del modelo flipped learning en educación superior. *Bordón*, 72(1), 65-84. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2020.73465>
- UNESCO. (2022). Artificial intelligence in education: Challenges and opportunities for sustainable development. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380617>
- Valverde-Berrocoso, J., Garrido-Arroyo, M. C., & Fernández-Sánchez, M. R. (2020). Enseñanza y aprendizaje con tecnologías digitales. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 58, 221-247. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2020.i58.10>
- VanLehn, K. (2011). The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems and other tutoring systems. *Educational Psychologist*, 46(4), 197-221. <https://doi.org/10.1080/00461520.2011.611369>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctvjf9vz4>
- Zúñiga, M., & Jaramillo, P. (2021). Inteligencia artificial en educación: Revisión sistemática de literatura en Iberoamérica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 85(1), 15-34. <https://doi.org/10.35362/rie8514225>