

Tutoría Basada en Inteligencia Artificial para Fortalecer el Razonamiento Proporcional en Estudiantes de Primer Semestre

Artificial Intelligence-Based Tutoring to Strengthen Proportional Reasoning in First-Semester Students

 María Sofía Giler-Sánchez^{1*},  Janeth Rocío Jácome-Gómez¹

¹ Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador

Recibido: 10 de julio de 2026. **Aceptado:** 11 de septiembre de 2026. **Publicado en línea:** 23 de octubre de 2026

*Autor de correspondencia: marias.giler@uleam.edu.ec

Resumen

Justificación: Las deficiencias en el razonamiento proporcional con las que los estudiantes ingresan a la educación superior inciden en la comprensión de contenidos más complejos; por lo que se requieren estrategias pedagógicas que permitan superar estas dificultades. **Objetivo:** Evaluar la efectividad de la tutoría basada en inteligencia artificial para fortalecer el razonamiento proporcional en estudiantes de primer semestre de una universidad pública en la provincia de Manabí, Ecuador. **Metodología:** Enfoque cuantitativo de alcance descriptivo-comparativo con diseño preexperimental de tipo pretest-postest con dos grupos. La muestra estuvo conformada por 78 estudiantes. La intervención consistió en una tutoría con uso de herramientas de inteligencia artificial, estructurada en dos momentos: construcción de conocimientos previos y resolución de problemas de proporcionalidad. Para la recolección de datos se empleó dos pruebas de desempeño orientada a evaluar la identificación, estructuración y aplicación de la relación proporcional. **Resultados:** Tras la intervención pedagógica, los resultados mostraron un desplazamiento hacia niveles superiores de desempeño en ambos grupos, con una reducción del nivel bajo y un incremento significativo del nivel alto. Específicamente, se observaron mejoras en la identificación, estructuración y aplicación de la relación proporcional; sin embargo, el cambio en la identificación fue menos pronunciado. Las pruebas inferenciales mostraron diferencias estadísticamente significativas entre el pretest y el postest ($p < .001$), con tamaños del efecto grandes. **Conclusión:** La tutoría basada en inteligencia artificial fortaleció el razonamiento proporcional en los estudiantes de primer semestre que participaron de este estudio.

Palabras clave: intervención educativa, pensamiento matemático, sistema de tutoría inteligente.

Abstract

Justification: Deficiencies in proportional reasoning with which students enter higher education affect the understanding of more complex content; therefore, pedagogical strategies are required to help overcome these difficulties. **Objective:** To evaluate the effectiveness of artificial intelligence-based tutoring in strengthening proportional reasoning among first-semester students at a public university in the province of Manabí, Ecuador. **Methodology:** A quantitative approach with a descriptive-comparative scope was adopted, using a pre-experimental pretest-posttest design with two groups. The sample consisted of 78 students. The intervention involved tutoring supported by artificial intelligence tools, structured in two stages: prior knowledge construction and proportional problem solving. Data were collected using two performance tests designed to assess the identification, structuring, and application of proportional relationships. **Results:** After the pedagogical intervention, the results showed a shift toward higher performance levels in both groups, with a reduction in the low level and a significant increase in the high level. Specifically, improvements were observed in the identification, structuring, and application of proportional relationships; however, the change in identification was less pronounced. Inferential analyses revealed statistically significant differences between the pretest and posttest ($p < .001$), with large effect sizes. **Conclusion:** Artificial intelligence-based tutoring strengthened proportional reasoning among the first-semester students who participated in this study.

Keywords: educational intervention, mathematical thinking, intelligent tutoring systems.

Cita: Giler-Sánchez, M. S., & Jácome-Gómez, J. R. (2026). Tutoría Basada en Inteligencia Artificial para Fortalecer el Razonamiento Proporcional en Estudiantes de Primer Semestre. *Erevna Research Reports*, 4(2), e2026064. <https://doi.org/10.70171/b4pxp193>



INTRODUCCIÓN

El ingreso a la educación superior supone una transición educativa que exige al estudiante contar con un conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes que le permitan enfrentar tareas de mayor complejidad, así como adaptarse a nuevas dinámicas de aprendizaje y exigencia intelectual (Kyndt et al., 2017; Lara & Brouwer, 2023; Jarrín-García & Alvarez-Maldonado, 2025). No obstante, en los últimos años se evidencia un retroceso en los conocimientos con los que los jóvenes culminan la educación secundaria, particularmente en matemáticas.

Según el informe del Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes (PISA) 2022, el rendimiento matemático a nivel mundial disminuyó 15 puntos en comparación con los resultados de 2018. En este contexto, uno de cada cuatro estudiantes no alcanza el nivel básico de competencia (Nivel 2), lo que se traduce en dificultades para aplicar fórmulas básicas, procedimientos o reglas para resolver problemas simples en situaciones cotidianas como, por ejemplo, comparar la distancia total a través de dos rutas alternativas. En América Latina la situación es aún más alarmante, el 75% de los estudiantes tiene bajo desempeño en esta área, superando las deficiencias registradas en lectura y ciencias (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE], 2023).

De manera similar, en Ecuador, los datos de PISA para el Desarrollo informan que las matemáticas son el área con el rendimiento más bajo del sistema educativo nacional (Ineval, 2018). Con un puntaje promedio de 377 puntos, el país se sitúa por debajo de la media de la OCDE. Esta realidad se refleja en que el 70,9% de los estudiantes ecuatorianos no logra el nivel de competencia mínima, mostrando serias limitaciones para realizar cálculos básicos o interpretar enunciados matemáticos sencillos, lo cual compromete su desempeño académico en niveles superiores. Esta tendencia se mantiene en las evaluaciones nacionales más recientes del Ineval (2025), donde el promedio en matemática para el nivel de bachillerato está por debajo del umbral mínimo de competencia definido en 700 puntos, posicionando a la mayoría del estudiantado en un nivel de logro "elemental".

Bajo este panorama, no resulta sorprendente que los estudiantes ingresen a la educación superior con vacíos en habilidades matemáticas fundamentales, entre ellas el razonamiento proporcional, entendido como la capacidad cognitiva que permite comprender, establecer y operar con relaciones multiplicativas entre dos o más magnitudes que varían de manera coordinada, manteniendo una razón constante entre ellas (Izzatin, 2021). En el ámbito educativo, este tipo de razonamiento se considera un punto de transición entre la aritmética básica y formas de pensamiento más abstractas propias de la formación universitaria (Hanna, 2020).

Sin embargo, pese a ser un contenido introducido a finales de la educación primaria, diversos estudios reportan dificultades persistentes en estudiantes de primer semestre para identificar relaciones proporcionales en distintos contextos, diferenciar entre estructuras aditivas y multiplicativas, interpretar razones y tasas, así como aplicar estrategias pertinentes en la resolución de problemas de proporcionalidad (Aviña González et al., 2019; Bravo-Guerrero, 2020; Encalada & Muñoz, 2024; Gamboa Araya et al., 2019; Velásquez et al., 2022). Estas limitaciones inciden en la comprensión de contenidos de mayor complejidad, especialmente en asignaturas que demandan razonamiento lógico y análisis cuantitativo, lo que repercute en el desempeño académico del estudiante y, a largo plazo, puede afectar su progreso en la trayectoria formativa y el desarrollo de competencias necesarias para su desempeño profesional (Sornoza & Suárez, 2026). Ante esta escenario, se requiere implementar estrategias de apoyo que atiendan estas dificultades desde el inicio de la trayectoria universitaria.

En este contexto, varias revisiones sistemáticas (Awang et al., 2025; Niño-Rojas et al., 2024; Kuncoro et al., 2026; Sevilla et al., 2025) muestra que la integración de la Inteligencia Artificial (IA) puede ser una alternativa tecnológica para abordar las brechas en el aprendizaje matemático. Esta afirmación se sustenta en estudios que han implementado sistemas de tutoría basados en IA en distintos contextos educativos, en los cuales se reportan mejoras en la comprensión de contenidos matemáticos, el desarrollo de habilidades de resolución de problemas y el nivel de participación estudiantil.

Algunos estudios también han comparado el uso de tutorías basadas en IA con métodos tradicionales, reportando mejoras significativas en el desempeño académico de los estudiantes que utilizaron estas herramientas, reflejadas en incrementos en las puntuaciones obtenidas en evaluaciones posteriores a la intervención (Kudaisi, 2025). Asimismo, se ha evidenciado un aumento en la confianza de los estudiantes y una actitud más positiva hacia el aprendizaje de las matemáticas, lo que incide en su disposición para enfrentar tareas de mayor complejidad (Lara et al., 2025).

Estas mejoras se asocian, en gran medida, con la capacidad de los sistemas de inteligencia artificial para adaptar el proceso de enseñanza a las necesidades individuales del estudiante, ajustando el ritmo de aprendizaje y las actividades en función de su desempeño (Latif et al., 2026). A partir de esta personalización, se promueve una interacción constante durante la resolución de tareas, en la que el estudiante recibe retroalimentación inmediata que le permite identificar y corregir errores en el momento en que ocurren, evitando su consolidación (Barrón, 2025). Este proceso se ve reforzado por la orientación paso a paso, el seguimiento del desempeño y el uso de preguntas y pistas graduadas, guiando progresivamente la construcción del conocimiento (Paiva et al., 2017).

Asimismo, la incorporación de representaciones dinámicas y visualizaciones interactivas contribuye a superar bloqueos conceptuales y a facilitar la comprensión de relaciones matemáticas que, en entornos tradicionales, suelen abordarse mediante representaciones estáticas (Thompson, 2018). De este modo, la combinación de adaptación, retroalimentación en tiempo real y apoyo guiado favorece una mayor implicación cognitiva, fortalece los procesos de razonamiento y promueve aprendizajes más profundos (Wang et al., 2024).

A pesar de estos avances, aún es limitada la evidencia sobre la efectividad de tutorías basadas en inteligencia artificial orientadas específicamente al fortalecimiento del razonamiento proporcional en estudiantes de primer semestre en contextos latinoamericanos. Por lo que surge la siguiente pregunta de investigación ¿en qué medida la tutoría basada en inteligencia artificial contribuye al desarrollo del razonamiento proporcional en estudiantes de primer semestre de Ecuador? En correspondencia con esta pregunta, el objetivo del presente estudio es evaluar la efectividad de la tutoría basada en inteligencia artificial para fortalecer el razonamiento proporcional en estudiantes de primer semestre de una universidad pública en la provincia de Manabí, Ecuador. Sobre esto se hipotetiza que la implementación de una tutoría basada en inteligencia artificial produce una mejora significativa en el en el razonamiento proporcional de estudiantes de primer semestre.

Complementariamente se propone diagnosticar el nivel de desempeño de los estudiantes en la resolución de problemas de proporcionalidad antes de la intervención mediante la aplicación de un pretest, así como describir dicho nivel después de la intervención a través de un postest; además, se plantea comparar los resultados obtenidos en ambos momentos con el fin de identificar posibles cambios en el desempeño y analizar la variación en función de los indicadores evaluados en la prueba.

METODOLOGÍA

El estudio se enmarcó en un enfoque cuantitativo, dado que se orientó a la medición objetiva de los resultados del aprendizaje mediante instrumentos estructurados y al análisis estadístico de los datos obtenidos. El alcance de la investigación fue descriptivo-comparativo, descriptivo en la medida en que caracterizó el nivel de desempeño de los estudiantes en la resolución de problemas de proporcionalidad aritmética, tanto antes como después de la intervención; y comparativo, al contrastar los resultados obtenidos para determinar la existencia de cambios significativos en el desempeño tras la intervención (Hernández-Sampieri et al., 2014). En cuanto al diseño, la investigación correspondió a un diseño preexperimental con aplicación de pre-test y post-test a grupos previamente constituidos; y se ejecutó bajo un corte longitudinal, ya que se recolectaron datos de los mismos sujetos en dos momentos temporales distintos (Hernández-Sampieri et al., 2014).

Población y Muestra

La población de estudio estuvo conformada por los estudiantes matriculados en primer semestre de una universidad pública en Manabí, Ecuador. Debido a la imposibilidad de intervenir en la totalidad de la población universitaria, se optó por un muestreo no probabilístico intencional. El criterio de selección se basó en la accesibilidad, optando por una carrera de la oferta institucional.

La muestra (Tabla 1) quedó conformada por 78 estudiantes de dos paralelos: A (n=40) y B (n=38). La edad osciló entre 17 y 19 años, con una media de 18,18 años (DE = 0,71) en el paralelo A y 18 años (DE = 0,66) en el paralelo B. El sexo femenino fue predominante en ambos grupos, 62,50% en el A y 55,26% en el B; el masculino correspondió al 37,50% y 44,74%, respectivamente. La mayoría de los estudiantes provenía de instituciones fiscales (82,50% en A y 89,47% en B), mientras que una proporción menor correspondió a instituciones particulares (17,50% y 10,53%). La distribución por zona de residencia fue similar entre área rural (45% en A; 52,63% en B) y urbana (55% en A; 47,37% en B).

Tabla 1. Caracterización Sociodemográfica de la Muestra

Características	Paralelo A (n=40)	Paralelo B (n=38)	Total (N=78)
Sexo			
Femenino	25 (62,50%)	21 (55,26%)	46 (58,97%)
Masculino	15 (37,50%)	17 (44,74%)	32 (41,03%)
Tipo de institución			
Fiscal	33 (82,50%)	34 (89,47%)	67 (85,90%)
Particular	7 (17,50%)	4 (10,53%)	11 (14,10%)
Zona de residencia			
Rural	18 (45,00%)	20 (52,63%)	38 (48,72%)
Urbana	22 (55,00%)	18 (47,37%)	40 (51,28%)
Edad (Años)			
Media (M)	18,18	18	18,09
Desviación Estándar (DE)	0,71	0,66	0,68

Variables

La variable independiente correspondió a la tutoría basada en inteligencia artificial, entendida como una estrategia pedagógica mediada por herramientas de inteligencia artificial utilizadas como tutores, que proporcionan orientación y retroalimentación durante el proceso de aprendizaje (Latif et al., 2026). Esta se concretó como una intervención pedagógica implementada a través de una herramienta de inteligencia artificial, guiada mediante una secuencia estructurada de instrucciones y preguntas que orientan de forma progresiva la construcción del conocimiento, organizada en torno a los contenidos fundamentales de la proporcionalidad, incluyendo el concepto de proporcionalidad, las relaciones multiplicativas entre magnitudes, la razón y proporción, la constante de proporcionalidad, la proporcionalidad directa e inversa, y la resolución de problemas en contextos proporcionales (Castillo Céspedes et al., 2022).

La variable dependiente fue la habilidad proporcional, definida como la capacidad para comprender y aplicar relaciones multiplicativas entre magnitudes que varían de manera proporcional, ya sea directa o inversamente, en la resolución de problemas (Lesh et al., 1988). De acuerdo con el modelo de razonamiento proporcional propuesto por Modestou y Gagatsis (2010), esta implica la resolución de situaciones que involucran relaciones multiplicativas constantes, propias de contextos lineales e incluye tres indicadores que son: identificación de la relación proporcional, estructuración de la relación proporcional y uso de representaciones, y aplicación operativa de la relación proporcional.

Tabla 2. Operacionalización de las Variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Componentes
Tutoría basada en inteligencia artificial	Estrategia pedagógica mediada por herramientas de inteligencia artificial utilizadas como tutores, que proporcionan orientación y retroalimentación durante el proceso de aprendizaje.	Intervención pedagógica implementada a través de una herramienta de inteligencia artificial, guiada mediante una secuencia estructurada de instrucciones y preguntas, que orientan de forma progresiva la construcción del conocimiento.	Concepto de proporcionalidad Relaciones multiplicativas entre magnitudes Razón y proporción Constante de proporcionalidad Proporcionalidad directa e inversa Resolución de problemas
Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores
Habilidad proporcional	Capacidad para comprender aplicar relaciones multiplicativas entre magnitudes que varían de manera proporcional, ya sea directa o inversamente.	Resolución de problemas que involucran relaciones multiplicativas constantes, propias de situaciones lineales.	Identificación de la relación proporcional. Estructuración de la relación proporcional y uso de representaciones. Aplicación operativa de la relación proporcional.

Instrumento

La evaluación se llevó a cabo mediante la aplicación de dos pruebas estructuradas, adaptadas a partir del marco conceptual y metodológico de Programme for International Student Assessment (PISA), con el propósito de evaluar las habilidades de los estudiantes en la resolución de problemas de proporcionalidad. La prueba estuvo conformada por un total de 10 ítems, distribuidos entre problemas de proporcionalidad directa e inversa, tanto en su modalidad simple como compuesta. Cada ítem fue elaborado para valorar tres indicadores cognitivos: 1) Identificación de la relación proporcional, que representa la comprensión de la situación problemática mediante la identificación de las magnitudes involucradas, la extracción de datos relevantes y el reconocimiento del tipo de relación proporcional que las vincula; 2) Estructuración de la relación proporcional y uso de representaciones, que refiere a la organización de las magnitudes en una relación multiplicativa coherente, mediante el establecimiento de proporciones (equivalencia de razones o constante de proporcionalidad) y el uso adecuado de representaciones simbólicas, tabulares o algebraicas; y 3) Aplicación operativa de la relación proporcional, que comprende la resolución del problema mediante la ejecución de procedimientos aritméticos acordes con la relación proporcional establecida, asegurando la coherencia del resultado con los datos y las unidades de medida.

El instrumento fue sometido a un proceso de validación de contenido mediante la revisión de tres expertos en el área de matemáticas, quienes evaluaron la suficiencia, claridad y relevancia de los reactivos. Siguiendo el procedimiento sugerido por Souza et al. (2017), se estimó un Índice de Validez de Contenido (IVC) global de 1, que indicó una adecuada pertinencia y claridad de los ítems. Asimismo, la consistencia interna del instrumento se estimó mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, considerando los 30 indicadores derivados de los 10 ítems. Este análisis se realizó de manera independiente para el pretest y el postest, obteniendo valores de $\alpha = 0.787$ y $\alpha = 0.739$, respectivamente.

La calificación de la prueba se realizó asignando un punto por cada respuesta correcta, estableciendo un puntaje mínimo de 1 y un máximo de 30 puntos. Con base en estos resultados, se establecieron niveles de desempeño para facilitar la interpretación de los datos: nivel bajo (1–10 puntos), nivel medio (11–20 puntos) y nivel alto (21–30 puntos), para clasificar el grado de dominio de los estudiantes en la resolución de problemas de regla de tres.

Procedimientos

En la primera fase del estudio, se aplicó un pretest a ambos grupos con el fin de diagnosticar el nivel inicial de habilidades en la resolución de problemas de proporcionalidad aritmética. En la segunda fase, se implementó la intervención pedagógica la cual tuvo una duración de cuatro semanas y se desarrolló entre los meses de septiembre y octubre de 2025. Esta se desarrolló mediante una tutoría asistida por inteligencia artificial, a través de una secuencia estructurada de instrucciones y preguntas orientadas de manera progresiva.

En un primer momento, la interacción se centró en la construcción de conocimientos previos vinculados con el concepto de proporcionalidad, las relaciones multiplicativas entre magnitudes, la razón y la proporción, la constante de proporcionalidad y la diferenciación entre proporcionalidad directa e inversa. En un segundo momento, la tutoría se orientó a la resolución de problemas de proporcionalidad aritmética, guiando al estudiante en tres procesos: identificación, estructuración y aplicación operativa de la relación proporcional.

Durante todo el proceso, la inteligencia artificial proporcionó explicaciones, preguntas de andamiaje, retroalimentación inmediata y orientaciones de corrección.

En la tercera fase, se aplicó un postest equivalente al inicial, para evaluar los cambios en el desempeño de los estudiantes tras la intervención.

Consideraciones Éticas

Para el desarrollo del estudio, en primera instancia se gestionó la autorización institucional ante las autoridades de la universidad donde se llevó a cabo la investigación. La institución concedió el permiso correspondiente para la ejecución del estudio, estableciendo como condición el resguardo de la confidencialidad de la información y el anonimato de los participantes. Posteriormente, se realizó la socialización del proyecto de investigación con los estudiantes participantes, en la cual se explicó el propósito del estudio, la naturaleza académica de la intervención y el uso de los resultados exclusivamente con fines investigativos. Asimismo, se aclaró que la participación no tendría implicaciones en su evaluación académica ni generaría consecuencias negativas, con el fin de evitar posibles situaciones de tensión o estrés durante el desarrollo de las actividades.

Previo a la recolección de datos, se solicitó la firma del consentimiento informado, mediante el cual los participantes manifestaron su aceptación voluntaria para formar parte del estudio, una vez informados sobre los objetivos y procedimientos. La participación se desarrolló de forma voluntaria, reconociendo la posibilidad de retirarse del estudio en cualquier momento. Los datos fueron tratados de manera confidencial, omitiendo información que permitiera la identificación de los participantes.

Análisis de Datos

El tratamiento de los datos se ejecutó mediante el software IBM SPSS Statistics v.27, siguiendo un protocolo de análisis de tres niveles de profundidad estadística. El primer nivel correspondió al análisis descriptivo, para ello se procedió a determinar la distribución de frecuencias absolutas (n) y relativas (%) para clasificar el desempeño estudiantil en los niveles de logros. Asimismo, se calcularon los estadísticos de tendencia central y dispersión, específicamente la Media Aritmética (M) y la Desviación Estándar (DE), para describir el comportamiento de las variables en el pretest y postest. En el segundo nivel de análisis, se verificó los supuestos de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk aplicada a las diferencias (postest–pretest). Se seleccionó esta prueba debido a su mayor potencia estadística y sensibilidad para detectar desviaciones de la normalidad en muestras de tamaño moderado ($n < 50$ por grupo). Los resultados, tanto a nivel global como por dimensiones, presentaron valores de significación inferiores a $p < ,05$, indicando la ausencia de una distribución normal, por lo que se descartaron pruebas paramétricas.

Ante el incumplimiento del supuesto de normalidad, en el tercer nivel, se empleó la prueba de Wilcoxon signed-rank para la contratación de las hipótesis de investigación. Específicamente, este estadístico evaluó la magnitud y dirección del cambio a través de la clasificación de las diferencias en tres categorías: rangos negativos, que representan una disminución en el puntaje tras la intervención; rangos positivos, que indican una mejora efectiva en el desempeño; y empates, que señalan la ausencia de cambio. La prevalencia significativa de rangos positivos sobre los negativos permite determinar si la intervención pedagógica generó cambios. Complementariamente, para cuantificar la relevancia pedagógica de la intervención, se calculó el tamaño del efecto mediante el coeficiente de Correlación Rank-Biserial (rrb), fundamentado en la metodología de Kerby (2014). Se

clasificaron los efectos en pequeños ($\approx 0,10$), medianos ($\approx 0,30$) y grandes ($\geq 0,50$), según los umbrales de Grissom y Kim (2012).

RESULTADOS

La Tabla 3 presenta la distribución de los niveles de desempeño en la resolución de problemas de proporcionalidad obtenidos por los estudiantes en los dos momentos de evaluación. En la fase de pretest, el 25% de los participantes del Grupo 1 y el 28,9% del Grupo 2 se situaron en el nivel bajo. El nivel medio agrupó al 42,5% de los integrantes del primer grupo y al 42,1% del segundo, mientras que el nivel alto registró una presencia inicial del 32,5% y 28,9% respectivamente.

Tras la intervención pedagógica, los datos del postest indicaron un desplazamiento hacia los rangos superiores de desempeño en ambas unidades de análisis. En cuanto al nivel bajo, este experimentó una reducción en ambos casos, situándose en el 7,5% para el Grupo 1 y en el 10,5% para el Grupo 2. Por su parte, el nivel medio se ajustó al 22,5% y 34,2% respectivamente. De forma paralela, el nivel alto ascendió al 70% en el Grupo 1 y al 55,3% en el Grupo 2, representando incrementos de 37,5 y 26,4 puntos porcentuales en comparación con el estado inicial.

Tabla 3. Distribución de los Niveles de Desempeño en el Pretest y Postest por Grupos

Nivel	Momento	Grupo 1 (n=40)		Grupo 2 (n=38)	
		n	%	n	%
Bajo	Pretest	10	25	11	28,9
	Postest	3	7,5	4	10,5
Medio	Pretest	17	42,5	16	42,1
	Postest	9	22,5	13	34,2
Alto	Pretest	13	32,5	11	28,9
	Postest	28	70	21	55,3

La Tabla 4 profundiza en los resultados obtenidos al identificar el desempeño en cada uno de los indicadores evaluados. En la fase de pretest, la identificación de la relación proporcional se representó como el principal inconveniente para los estudiantes, registrando medias más bajas en ambos grupos (5,38 para el Grupo 1 y 5,26 para el Grupo 2). Por su parte, la estructuración de la relación proporcional inició con valores ligeramente superiores de 5,57 y 5,55, mientras que la aplicación operativa de la relación proporcional mostró promedios iniciales de 5,78 y 5,66 respectivamente.

Tras la aplicación del programa, los datos del postest indicaron un incremento en las puntuaciones medias de todas las dimensiones analizadas, logrando superar los niveles iniciales. En cuanto a la identificación de la relación proporcional, los promedios ascendieron a 6,15 en el Grupo 1 y 6,03 en el Grupo 2. Por su parte, aplicación operativa de la relación proporcional se situó en 7,4 para el primer grupo y en 6,68 para el segundo. En el indicador de estructuración de la relación proporcional, se observó el avance más pronunciado tras la intervención, alcanzando valores de 7,6 y 7,21

respectivamente. Asimismo, se observó una reducción general en las desviaciones estándar al finalizar el proceso, indicando una mayor homogeneidad en el desempeño de los estudiantes; es decir, que estos alcanzaron puntuaciones más similares entre sí tras la intervención.

Tabla 4. Estadísticos Descriptivos por Dimensiones del Desempeño en el Pretest y Postest

Dimensiones	Momento	Grupo 1 (n=40)		Grupo 2 (n=38)	
		Media	DE	Media	DE
Identificación de la relación proporcional	Pretest	5,38	2,372	5,26	2,310
	Postest	6,15	2,202	6,03	2,033
Estructuración de la relación proporcional	Pretest	5,58	2,074	5,58	2,088
	Postest	7,6	1,809	7,21	1,580
Aplicación operativa de la relación proporcional	Pretest	5,78	1,915	5,66	1,990
	Postest	7,4	2,048	6,68	1,890

Análisis de la Diferencia en el Desempeño

La Tabla 5 presenta los resultados de la prueba de Wilcoxon, aplicada para contrastar el desempeño en la resolución de problemas de proporcionalidad antes y después de la intervención. En el Grupo 1, se observó una diferencia significativa ($p < ,001$), caracterizada por la prevalencia de 28 rangos positivos frente a 2 negativos que indican que la mayor parte de los participantes incrementó su puntuación en el segundo momento de evaluación, mientras que 10 estudiantes mantuvieron su desempeño inicial. De manera similar, el Grupo 2 reportó una significancia de $p < ,001$, con predominio de 26 rangos positivos y 4 negativos. Complementariamente, el cálculo del tamaño del efecto reportó valores de $r_{rb} = 0,94$ para el primer grupo y $r_{rb} = 0,84$ para el segundo, lo que representa una magnitud de cambio grande.

Tabla 5. Resultados de la Prueba de Rangos con Signo de Wilcoxon para los Grupos 1 y 2

Grupo	Comparación	Rangos Negativos	Rangos Positivos	Empates	p	r_{rb}
G1	Post - Pre	2 ^a	28 ^b	10 ^c	< ,001	0,94
G2	Post - Pre	4 ^a	26 ^b	8 ^c	< ,001	0,84

Nota: a Post_G < Pre_G; b Post_G > Pre_G; c Post_G = Pre_G; p = significancia; r_{rb} = tamaño del efecto.

La Tabla 6 detalla el contraste por dimensiones mediante la prueba de Wilcoxon, permitiendo identificar en qué áreas específicas de la resolución de problemas de proporcionalidad se produjeron los cambios más significativos. En el Grupo 1, todas las dimensiones evaluadas mostraron una diferencia significativa ($p < ,001$) con un tamaño del efecto grande ($r_{rb} = 0,82 - 0,94$). Particularmente, en identificación de la relación proporcional, que presentaba las mayores dificultades antes de la intervención, a pesar de ser la dimensión con mayor número de empates (20), la prevalencia de 19 rangos positivos frente a solo 1 negativo indica una evolución favorable en la identificación y establecimiento de relaciones de proporcionalidad.

Por el contrario, el Grupo 2 presentó un comportamiento diferenciado. Mientras que en los indicadores estructuración de la relación proporcional y aplicación operativa de la relación proporcional los cambios fueron significativos ($p < ,001$), en la identificación de la relación proporcional ($p = 0,054$) no alcanzó los niveles de significancia estadística requeridos ($p > ,005$).

Tabla 6. Resultados de la Prueba de Rangos con Signo de Wilcoxon por Dimensiones

Dimensiones	Grupo	Comparación	Rangos Negativos	Rangos Positivos	Empates	p	r_{rb}
Identificación de la relación proporcional	G1	Post - Pre	1 ^a	19 ^b	20 ^c	< ,001	0,86
	G2	Post - Pre	10 ^a	21 ^b	7 ^c	0,054	0,39
Estructuración de la relación proporcional	G1	Post - Pre	7 ^d	25 ^e	8 ^f	< ,001	0,82
	G2	Post - Pre	1 ^d	27 ^e	10 ^f	< ,001	0,97
Aplicación operativa de la relación proporcional	G1	Post - Pre	2 ^g	25 ^h	13 ⁱ	< ,001	0,94
	G2	Post - Pre	8 ^g	22 ^h	8 ⁱ	< ,003	0,62

Nota: a. Pos_C < Pre_C; b. Pos_C > Pre_C; c. Pos_C = Pre_C; d. Pos_P < Pre_P; e. Pos_P > Pre_P; f. Pos_P = Pre_P; g. Pos_R < Pre_R; h. Pos_R > Pre_R; i. Pos_R = Pre_R. p = significancia; r_{rb} = tamaño del efecto.

DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la efectividad de la tutoría basada en inteligencia artificial para fortalecer el razonamiento proporcional en estudiantes de primer semestre de una universidad pública en la provincia de Manabí, Ecuador. En este marco, los resultados evidencian un cambio sistemático en el desempeño en la resolución de problemas de proporcionalidad de los estudiantes entre el pretest y el postest, tanto a nivel global como en cada una de las dimensiones evaluadas.

En la fase inicial, la distribución de los niveles mostró una concentración predominante en el nivel medio en ambos grupos, mientras que aproximadamente una cuarta parte de los estudiantes se ubicó en el nivel bajo de competencia; siendo consistente con las tendencias reportadas en evaluaciones internacionales y nacionales en las que se identifica que la mayoría de estudiantes no logran resolver tareas básicas de proporcionalidad (Ineval, 2018; Ineval, 2025; OCDE, 2023). La mayor dificultad se concentró en la identificación de la relación proporcional, mostrando limitaciones en el reconocimiento de las magnitudes involucradas y del tipo de relación que estructura el problema. Este resultado no solo confirma lo reportado en otros estudios (Checa & Artero, 2025; Cuevas-Vallejo, 2023), sino que también permite precisar que el obstáculo no reside exclusivamente en la ejecución de procedimientos, sino en la comprensión estructural del problema.

El menor desempeño en el reconocimiento de la relación podría explicarse porque la comprensión inicial de la situación implica coordinar simultáneamente magnitudes, reconocer patrones

multiplicativos y traducir información verbal a representaciones matemáticas, procesos que demandan un nivel de abstracción que no siempre está consolidado en los estudiantes (Proulx, 2024). En consecuencia, es frecuente que los estudiantes operen de forma algorítmica, sin haber establecido previamente la relación que da sentido a la situación planteada (Lugo Lugo et al., 2024).

Tras la intervención pedagógica, la proporción de estudiantes en el nivel bajo se redujo a uno de cada trece en el Grupo 1 y a uno de cada diez en el Grupo 2; en paralelo, aumentó la proporción de participantes ubicados en el nivel alto. Este cambio indica que la intervención incidió en la consolidación de habilidades de proporcionalidad, en línea con estudios que exploran la integración de inteligencia artificial para apoyar la educación matemática, los cuales reportan avances progresivos en la comprensión de relaciones proporcionales (Edson et al., 2025). Este avance puede vincularse a las características de la intervención implementada, en la medida en que la tutoría mediada por inteligencia artificial favoreció una interacción constante con las tareas, la retroalimentación inmediata y el ajuste progresivo de los procedimientos. Este tipo de dinámica ha sido asociada con mejoras en la comprensión de relaciones matemáticas, al permitir que los estudiantes identifiquen errores durante el proceso y reformulen sus estrategias de resolución (Paiva et al., 2017; Barrón, 2025). En este sentido, la mejora observada no solo responde a la repetición de ejercicios, sino a la posibilidad de reflexionar sobre el propio proceso de resolución.

El análisis por dimensiones permite profundizar en la naturaleza de estos cambios. En ambos grupos se evidenció un incremento en las puntuaciones medias, siendo más pronunciado en la estructuración de la relación proporcional. Este resultado sugiere que los estudiantes lograron avanzar en la organización de la información y en el establecimiento de relaciones coherentes entre las magnitudes, lo que constituye un paso intermedio entre la comprensión del problema y su resolución (Cuevas-Vallejo et al., 2023). De manera complementaria, el aumento en la aplicación operativa indica que los estudiantes lograron ejecutar procedimientos con mayor precisión, lo que se refleja en la resolución de las tareas planteadas. Sin embargo, el comportamiento de la identificación de la relación proporcional presenta un avance más moderado, especialmente en el Grupo 2, donde no se alcanzó significancia estadística. Este resultado indica que, aunque los estudiantes mejoraron en la ejecución y organización de los procedimientos, la comprensión inicial de la situación problemática continúa representando una dificultad, posiblemente debido a que la identificación exige procesos de interpretación y modelización que requieren mayor tiempo de consolidación y posiblemente intervenciones más focalizadas (Thurn et al., 2022).

Por otra parte, la reducción en las desviaciones estándar observada en el postest sugiere una mayor homogeneidad en el desempeño de los estudiantes. Esto indica que la intervención no solo benefició a aquellos con mejor rendimiento inicial, sino que contribuyó a disminuir las diferencias entre los participantes, favoreciendo un nivel de logro más equilibrado dentro de los grupos.

Finalmente, los resultados inferenciales refuerzan la consistencia de los cambios observados. Las diferencias estadísticamente significativas entre el pretest y el postest en ambos grupos, junto con tamaños del efecto de magnitud grande, indican que la variación en el desempeño no responde a fluctuaciones aleatorias, sino a un cambio sistemático asociado al proceso de intervención. En este marco, los hallazgos permiten sostener que la tutoría basada en inteligencia artificial fortaleció el razonamiento proporcional en los estudiantes de primer semestre que participaron de este estudio, lo cual permite respaldar la hipótesis planteada.

CONCLUSIÓN

El presente estudio permitió constatar que la tutoría basada en inteligencia artificial constituye una estrategia efectiva para el fortalecimiento del razonamiento proporcional en estudiantes de primer semestre. A partir del diagnóstico inicial, se identificó que la mayoría de los estudiantes presentaba niveles de desempeño medio y bajo, con mayores dificultades en la identificación de la relación proporcional. Tras la intervención, se observó un desplazamiento significativo hacia niveles de desempeño más altos en ambos grupos, acompañado de incrementos en las puntuaciones medias en todas las dimensiones evaluadas. Los resultados inferenciales confirmaron diferencias estadísticamente significativas entre el pretest y el posttest, con tamaños del efecto grandes, lo que evidencia un impacto relevante de la intervención en el desempeño de los estudiantes.

No obstante, los hallazgos también muestran que la mejora no fue homogénea en todos los indicadores, ya que la identificación de la relación proporcional continuó representando una dificultad, especialmente en uno de los grupos. En consecuencia, si bien la tutoría basada en inteligencia artificial favorece el desarrollo del razonamiento proporcional, se requiere complementar su implementación con estrategias pedagógicas específicas orientadas a fortalecer los procesos iniciales de comprensión de la situación problemática.

Implicaciones y Limitaciones

Los resultados del estudio aportan evidencia al campo de la educación matemática al mostrar que la integración de tutorías basadas en inteligencia artificial contribuye al fortalecimiento del razonamiento proporcional, particularmente en procesos relacionados con la estructuración y aplicación de relaciones multiplicativas. Desde una perspectiva teórica, los hallazgos respaldan enfoques que destacan el papel de la retroalimentación inmediata, la práctica guiada y la adaptación del aprendizaje en la consolidación de habilidades cognitivas complejas. En el plano práctico, los resultados sugieren que la incorporación de este tipo de herramientas puede constituir una estrategia pertinente para atender las brechas de aprendizaje con las que ingresan los estudiantes a la educación superior, facilitando procesos de nivelación académica.

No obstante, el estudio presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas en la interpretación de los resultados. En primer lugar, el diseño preexperimental, sin grupo de control, limita la posibilidad de atribuir los cambios observados exclusivamente a la intervención, ya que no se descartan posibles efectos asociados a la práctica o a factores externos. Asimismo, el uso de un muestreo no probabilístico y la selección de una única carrera restringen la generalización de los hallazgos a otros contextos educativos. Por otro lado, la duración de la intervención y el tamaño de la muestra pueden influir en la estabilidad de los resultados obtenidos. En este sentido, se recomienda que futuros estudios incorporen diseños cuasi-experimentales o experimentales con grupos de control, amplíen la muestra y consideren distintos contextos institucionales. Además, sería pertinente profundizar en el análisis de los procesos cognitivos específicos involucrados en la identificación de la relación proporcional, así como explorar intervenciones complementarias que permitan fortalecer esta dimensión desde etapas iniciales del aprendizaje.

Contribuciones

María Sofía Giler-Sánchez y Janeth Rocío Jácome-Gómez: Diseño de la investigación, administración del proyecto, revisión de bibliografía, toma de datos, análisis e interpretación formal

de datos, redacción y revisión final del manuscrito. Hemos leído y aprobado la versión final del manuscrito. Asimismo, estamos de acuerdo con la responsabilidad de todos los aspectos del trabajo presentado.

Conflicto de Interés

Los autores declaran que no tienen conflictos de interés en relación con el trabajo presentado en este informe.

Uso de Inteligencia Artificial

No se usaron tecnologías de IA o asistidas por IA para el desarrollo de este trabajo.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Aviña González, M. J., Vargas Alejo, V., Alvarado Monroy, A., & Escalante, C. C. (2019). Ciclos de entendimiento de estudiantes universitarios al resolver una actividad de proporcionalidad. *CPU-e. Revista de Investigación Educativa*, (29), 58-86. <https://www.scielo.org.mx/pdf/cpue/n29/1870-5308-cpue-29-58.pdf>
- Awang, L. A., Yusop, F. D., & Danaee, M. (2025). Current practices and future direction of artificial intelligence in mathematics education: A systematic review. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 20(2), em0823. <https://doi.org/10.29333/iejme/16006>
- Barrón, G. G. P. (2025). Artificial Intelligence and Intelligent Tutoring Systems in Differential Calculus Education: A Global Review (2019–2025). *Sch J Eng Tech*, 10, 807-812. <https://doi.org/10.36347/sjet.2025.v13i10.003>
- Bravo-Guerrero, F. E. (2020). Dificultades que enfrentan los nuevos estudiantes universitarios en matemática. *INNOVA Research Journal*, 5(1), 1-13. <https://doi.org/10.33890/innova.v5.n1.2020.994>
- Castillo Céspedes, M. J., Burgos Navarro, M., & Díaz Godino, J. (2022). Guía de análisis de lecciones de libros de texto de Matemáticas en el tema de proporcionalidad. *Uniciencia*, 36(1), 234-252. <http://dx.doi.org/10.15359/ru.36-1.14>
- Checa, A. N., & Artero, R. N. M. (2025). ¿ Ha mejorado el razonamiento proporcional en futuros maestros?. *Edetania: estudios y propuestas socio-educativas*, (67), 65-89. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10582851>
- Cuevas-Vallejo, A., Islas-Ortiz, E., & Orozco-Santiago, J. (2023). Promover el razonamiento proporcional mediante la tecnología digital. *Apertura (Guadalajara, Jal.)*, 15(1), 84-101. <https://doi.org/10.32870/ap.v15n1.2344>
- Edson, A. J., Fabry, A., Kohar, A. W., Bondaryk, L., & Phillips, E. D. (2025). Addressing design challenges when integrating machine learning with a digital annotation system to examine student proportional reasoning. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 11(1), 42-76. <https://doi.org/10.1007/s40751-024-00163-8>
- Encalada, C. E. T., & Muñoz, V. E. P. (2024). Pensamiento Analítico-Matemático de los Estudiantes de Primer Ciclo de Ingeniería Electromecánica en la Universidad Nacional de Loja, Año 2023. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 4833-4864. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11688

- Gamboa Araya, R., Castillo Sánchez, M., & Hidalgo Mora, R. (2019). Errores matemáticos de estudiantes que ingresan a la universidad. *Actualidades investigativas en educación*, 19(1), 104-136. <http://dx.doi.org/10.15517/aie.v19i1.35278>
- Hanna, G. (2020). Mathematical proof, argumentation, and reasoning. In *Encyclopedia of mathematics education* (pp. 561-566). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_102
- Instituto Nacional de Evaluación Educativa & OCDE. (2018). *Educación en Ecuador: Resultados de PISA para el Desarrollo*. <https://evaluaciones.evaluacion.gob.ec/BI/educacion-en-ecuador-resultados-de-pisa-para-el-desarrollo/>
- Instituto Nacional de Evaluación Educativa. (2025). *Informe nacional Ser Estudiante: Nivel de bachillerato, año lectivo 2023–2024*. https://cloud.evaluacion.gob.ec/dagireportes/sestciclo21/nacional/2023-2024_3.pdf
- Izzatin, M. (2021, December). Proportional Reasoning in Mathematics: What and How is the Process?. In *2nd International Conference on Innovation in Education and Pedagogy (ICIEP 2020)* (pp. 115-119). Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.211219.022>
- Jarrín-García, G. H., & Alvarez-Maldonado, M. A. (2025). Estrés Académico y Pruebas de Admisión: Retos del Acceso a la Educación Superior en Ecuador. *Erevna Research Reports*, 3(1), 27-27. <https://doi.org/10.70171/tev26p09>
- Kerby, D. S. (2014). The simple difference formula: An approach to teaching nonparametric correlation. *Comprehensive Psychology*, 3, 11-IT. <https://doi.org/10.2466/11.IT.3.1>
- Kudaisi, A.-G. B. (2025). *Artificial intelligence in mathematics classroom: Exploring the potency of MathGPTPro in enhancing secondary school students' cognitive proficiency in circle theorems*. SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.5747623>
- Kuncoro, K. S., Fitriyari, P., Erlangga, S. Y., Ario, M., & Kartika, D. L. (2026). Artificial Intelligence and Intelligent Tutoring Systems in Mathematics Education: A Bibliometric Analysis (2001–2025). *F1000Research*, 15, 107. <https://doi.org/10.12688/f1000research.176098.1>
- Kyndt, E., Donche, V., Trigwell, K., & Lindblom-Ylänne, S. (2017). *Higher education transitions*. New York: Taylor & Francis.
- Lara, F., Orzaes, V. M., Dagasdas, M. J., & Egoy, C. J. Q. (2025). Evaluating the impact of artificial intelligence on teaching and learning mathematics at the secondary school level. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*, 9(7), 2699-2714. <https://dx.doi.org/10.47772/IJRISS.2025.907000220>
- Lara, M., & Brouwer, J. (2023). HIGH SCHOOL AND HIGHER EDUCATION STUDENTS' PERSPECTIVES ABOUT RELEVANT SKILLS FOR A SUCCESSFUL TRANSITION TO HIGHER EDUCATION. In *EDULEARN23 Proceedings* (pp. 2943-2943). IATED. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2023.0828>
- Latif, E., Liu, V., & Zhai, X. (2026). A systematic review of intelligent and robot tutoring systems: evolution, pedagogical design, and AI-driven classification. *Smart Learning Environments*, 13(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s40561-025-00427-9>
- Lesh, R., Post, T., & Behr, M. (1988). Proportional reasoning. In *Number concepts and operations in the middle grades* (pp. 93-118). Routledge.

- Lugo Lugo, C. A., García Torres, E., & Palmas Pérez, S. A. (2024). Niveles de razonamiento proporcional y micromundos. Un estudio en telesecundaria unitaria. *Uniciencia*, 38(1), 230-249. <http://dx.doi.org/10.15359/ru.38-1.13>
- Niño-Rojas, F., Lancheros-Cuesta, D., Jiménez-Valderrama, M. T. P., Mestre, G., & Gómez, S. (2024). Systematic Review: Trends in Intelligent Tutoring Systems in Mathematics Teaching and Learning. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 12(1), 203-229. <https://doi.org/10.46328/ijemst.3189>
- OCDE. (2023). *PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Paiva, R. C., Ferreira, M. S., & Frade, M. M. (2017). Intelligent tutorial system based on personalized system of instruction to teach or remind mathematical concepts. *Journal of Computer Assisted Learning*, 33(4), 370-381. <https://doi.org/10.1111/jcal.12186>
- Proulx, J. (2024). Relative proportional reasoning: transition from additive to multiplicative thinking through qualitative and quantitative enmeshments. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 22(2), 353-374. <https://doi.org/10.1007/s10763-023-10373-y>
- Sevilla, A., Cuevas-Ruiz, P., Rello, L., & Sanz, I. (2025). Artificial intelligence in education: computer-assisted learning and AI-guided tutors. *Italian Economic Journal*, 1-38. <https://doi.org/10.1007/s40797-025-00354-1>
- Sornoza, Z. A. M., & Suárez, Á. A. M. (2026). Didáctica del razonamiento proporcional y reducción de errores sistemáticos en matemática. *Visión Académica*, 4(1), 87-98. <https://doi.org/10.70577/03xexv66>
- Souza, A. C. D., Alexandre, N. M. C., & Guirardello, E. D. B. (2017). Psychometric properties in instruments evaluation of reliability and validity. *Epidemiologia e servicios de saude*, 26, 649-659. <http://dx.doi.org/10.5123/s1679-49742017000300022>
- Thompson, P. W. (2018). Artificial intelligence, advanced technology, and learning and teaching algebra. In *Research issues in the learning and teaching of algebra* (pp. 135-161). Routledge.
- Thurn, C., Nussbaumer, D., Schumacher, R., & Stern, E. (2022). The role of prior knowledge and intelligence in gaining from a training on proportional reasoning. *Journal of Intelligence*, 10(2), 31. <https://doi.org/10.3390/jintelligence10020031>
- Velásquez, L. E. G., Villavicencio, M. V. N., & Toro, J. A. R. (2022). Conocimientos matemáticos de la población estudiantil al ingresar en la Universidad Técnica Luis Vargas Torres Mathematical knowledge of the student population upon entering the Luis Vargas Torres Technical University. *Brazilian Journal of Development*, 8(1), 6992-7006. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n1-472>
- Wang, D., Shan, D., Ju, R., Kao, B., Zhang, C., & Chen, G. (2025). Investigating dialogic interaction in K12 online one-on-one mathematics tutoring using AI and sequence mining techniques. *Education and Information Technologies*, 30(7), 9215-9240. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13195-9>