



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), Noviembre-Diciembre 2025,  
Volumen 9, Número 6.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i6](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6)

# **USO DE GEMINI IA PARA LA COMPRENSIÓN DE OPERACIONES MATEMÁTICAS EN EDUCACIÓN GENERAL SUPERIOR: DESEMPEÑO, RETROALIMENTACIÓN AUTOMATIZADA Y EVIDENCIAS SAMR**

USE OF GEMINI AI FOR UNDERSTANDING MATHEMATICAL  
OPERATIONS IN HIGHER GENERAL EDUCATION: PERFORMANCE,  
AUTOMATED FEEDBACK AND SAMR EVIDENCE

**Rubio Rubio Sandra Sorayda**

Unidad Educativa Belisario Quevedo, Ecuador

**Herrera Zapata Efrén Bolívar**

Unidad Educativa Belisario Quevedo, Ecuador

**Herrera Zapata Cristian René**

Unidad Educativa del Milenio Sigchos, Ecuador

**Vinicio Chasiluisa Marco**

Unidad Educativa Belisario Quevedo, Ecuador

**Marco Vinicio Chasiluisa**

Unidad Educativa Carlos Bayardo Limaico Bassantes, Ecuador

DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i6.20808](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6.20808)

## Uso de Gemini IA Para la Comprensión de Operaciones Matemáticas en Educación General Superior: Desempeño, Retroalimentación Automatizada y Evidencias SAMR

**Rubio Rubio Sandra Sorayda<sup>1</sup>**[sandras.rubio@educacion.gob.ec](mailto:sandras.rubio@educacion.gob.ec)<https://orcid.org/0009-0000-3307-4602>Unidad Educativa Belisario Quevedo  
Ecuador**Herrera Zapata Efrén Bolívar**[efren.herrera@educacion.gob.ec](mailto:efren.herrera@educacion.gob.ec)<https://orcid.org/0009-0003-8464-5833>Unidad Educativa Belisario Quevedo  
Ecuador**Herrera Zapata Cristian René**[cristian.herrera@educacion.gob.ec](mailto:cristian.herrera@educacion.gob.ec)<https://orcid.org/0009-0001-9357-3830>Unidad Educativa del Milenio Sigchos  
Ecuador**Ortiz Ortiz María Fernanda**[mariaf.ortiz@educacion.gob.ec](mailto:mariaf.ortiz@educacion.gob.ec)<https://orcid.org/0009-0006-9398-6447>Unidad Educativa Carlos Bayardo Limaico  
Bassantes, Ecuador**Marco Vinicio Chasiluisa**[vinicio.chasiluisa@educacion.gob.ec](mailto:vinicio.chasiluisa@educacion.gob.ec)<https://orcid.org/0009-0004-1896-5238>Unidad Educativa Belisario Quevedo  
Ecuador

### RESUMEN

El estudio analizó el uso de Gemini IA como mediador pedagógico en la comprensión de operaciones matemáticas en Educación General Superior en la provincia del Guayas, con cuatro propósitos: (1) estimar el efecto del uso de IA en el desempeño matemático; (2) evaluar el papel de la retroalimentación automatizada en la mejora del rendimiento; (3) describir cómo la generación de recursos didácticos por IA, las evidencias de aprendizaje según el modelo SAMR (sustitución, aumento, modificación, redefinición); y (4) documentar percepciones docentes y estudiantiles para orientar lineamientos de uso ético. Se aplicó un diseño mixto con componente cuasi-experimental (pretest–postest, grupos no equivalentes) y componente cualitativo interpretativo (entrevistas, grupos focales, análisis de portafolios). La muestra incluyó 217 estudiantes y 80 docentes. Los resultados mostraron que el grupo asistido por IA, obtuvo mejoras significativamente superiores en la resolución de operaciones básicas frente al grupo control, y que la frecuencia de retroalimentación inmediata, explicó una proporción relevante de la ganancia de desempeño. Además, las evidencias pasaron de tareas de repetición procedimental, a productos con mayor nivel de explicación y autorregulación (niveles modificación y redefinición del modelo SAMR). Docentes y estudiantes reconocieron utilidad pedagógica, pero exigieron criterios de integridad académica y acceso equitativo.

**Palabras clave:** inteligencia artificial; operaciones matemáticas; retroalimentación automatizada; educación general superior

---

<sup>1</sup> Autor principal

Correspondencia: [cristian.herrera@educacion.gob.ec](mailto:cristian.herrera@educacion.gob.ec)

# Use of Gemini AI for Understanding Mathematical Operations in Higher General Education: Performance, Automated Feedback and Samr Evidence

## ABSTRACT

The study analyzed the use of Gemini AI as a pedagogical mediator for understanding mathematical operations in Upper General Education in the province of Guayas, pursuing four aims: (1) to estimate the effect of AI use on mathematics performance; (2) to assess the role of automated feedback in improving achievement; (3) to describe how AI-generated instructional resources and learning evidence align with the SAMR model (substitution, augmentation, modification, redefinition); and (4) to document teacher and student perceptions to inform guidelines for ethical use. A mixed-methods design was applied, with a quasi-experimental component (pretest–posttest, nonequivalent groups) and an interpretive qualitative component (interviews, focus groups, portfolio analysis). The sample comprised 217 students and 80 teachers. Results showed that the AI-assisted group achieved significantly greater improvements in solving basic operations compared to the control group, and that the frequency of immediate feedback accounted for a relevant share of the performance gains. Moreover, the evidence progressed from procedural drill tasks to products with a higher level of explanation and self-regulation (SAMR model levels of modification and redefinition). Teachers and students acknowledged pedagogical utility but called for standards of academic integrity and equitable access.

**Keywords:** artificial intelligence; automated feedback; mathematics operations; SAMR; higher secondary education

*Artículo recibido 14 octubre 2025  
Aceptado para publicación: 15 noviembre 2025*



## INTRODUCCIÓN

Durante la última década, la inteligencia artificial (IA) transformó la conversación educativa desde la promesa técnica hacia la reorganización efectiva de la enseñanza y el aprendizaje. En ese tránsito, los modelos multimodales de gran escala y, en particular, Gemini se consolidaron como asistentes cognitivos capaces de integrar texto, imagen y código, en flujos pedagógicos con retroalimentación inmediata, generación de materiales y soporte a la evaluación formativa (Opesemowo, 2024). En educación superior, este giro no se entendió solamente como una adición tecnológica, sino como una reconfiguración del trabajo docente: menos carga operativa y más mediación crítica, diseño instruccional y validación de fuentes. Al mismo tiempo, la literatura señaló tensiones persistentes: desigualdades de acceso, brechas de formación docente y dilemas éticos sobre autoría, sesgo y privacidad. En ese marco, este estudio se enfocó en cómo el uso de Gemini IA, impactó la comprensión de operaciones matemáticas en Educación General Superior (EGS), y bajo qué condiciones pedagógicas y éticas dicho impacto se sostuvo en contextos reales de aula (Hormaza & Rejas de la Peña, 2025).

A escala internacional, organismos de referencia habían insistido en la doble obligación de innovar con IA y resguardar principios de equidad, transparencia y protección de datos (UNESCO, 2019). Esa orientación se tradujo en agendas que priorizaron la personalización con responsabilidad, la evaluación auténtica y la formación docente continua. La investigación reciente complementó ese marco con evidencia empírica: los sistemas de tutoría inteligente, el repaso automatizado y los generadores de recursos didácticos, mostraron efectos positivos sobre la comprensión conceptual y el desempeño procedimental, siempre que el uso se integrara a diseños didácticos explícitos y a criterios de uso ético (Rivas & Cevallos, 2024). La retroalimentación inmediata emergió como mediador central del aprendizaje autorregulado y de la corrección temprana de errores; la generación de materiales favoreció la diferenciación y la accesibilidad; y los modelos de integración tecnológica, en particular, SAMR, ofrecieron un lenguaje común para describir si la tecnología solo sustituyó prácticas previas o habilitó tareas pedagógicas imposibles sin IA (Silgado, 2025).

En América Latina, la adopción de IA educativa avanzó en paralelo a desafíos estructurales. La literatura regional documentó avances puntuales en universidades públicas y privadas, junto con brechas de



infraestructura y heterogeneidad en las competencias digitales docentes. Estudios cuantitativos reportaron incrementos percibidos en comprensión y motivación, cuando se usaron asistentes de IA para problemas matemáticos básicos, y trabajos cualitativos subrayaron que el mayor valor pedagógico apareció cuando la IA se articuló con estrategias de evaluación formativa, andamiaje metacognitivo y diseño de tareas auténticas. Persistieron, sin embargo, vacíos sobre cómo los docentes reconfiguraron sus roles, qué evidencias de aprendizaje se generaron y en qué medida la innovación trascendió la “sustitución” para alcanzar modificación o redefinición según SAMR (Tóala & Giler, 2024).

En Ecuador, la discusión se ancló en prioridades de calidad y pertinencia en educación superior, con especial énfasis en la mejora de aprendizajes en áreas STEM. Mientras las universidades ampliaron su ecosistema digital, la integración de IA en cursos de matemáticas mantuvo una adopción desigual: coexistieron experiencias de exploración avanzada con otras centradas en prácticas de sustitución.

En la provincia del Guayas, el dinamismo demográfico y la concentración de matrícula universitaria ofrecieron un escenario idóneo para estudiar la validez pedagógica, la aceptabilidad ética y la factibilidad operativa del uso de Gemini en la comprensión de operaciones matemáticas, un dominio que condiciona la progresión hacia cursos de estadística, álgebra lineal y métodos cuantitativos aplicados (Son, 2024).

Desde el punto de vista teórico, este trabajo se enmarcó en cuatro pilares. Primero, la teoría del andamiaje y el aprendizaje autorregulado, que postuló que la retroalimentación específica, inmediata y orientada a proceso, potencia la construcción de conocimiento y la transferencia a tareas nuevas. Segundo, los modelos de tutoría inteligente y de IA generativa, que describieron mecanismos de diagnóstico, generación de pistas y adaptación de rutas de práctica centradas en evidencias (Li & Manzari, 2025). Tercero, el modelo SAMR (sustitución, aumentación, modificación, redefinición), empleado como lente para caracterizar la naturaleza de las tareas y valorar si Gemini operó como simple sustituto o habilitó transformaciones curriculares (Noster & Gerber, 2024). Cuarto, los marcos de ética de la IA en educación (equidad, transparencia, protección de datos, trazabilidad), que guiaron criterios de diseño, consentimiento y resguardo de información. Con base en ese fenómeno, el problema de investigación se formuló en dos planos. En el plano pedagógico, se observó la ausencia de evidencia local robusta sobre el efecto de Gemini en la comprensión de operaciones, más allá de percepciones de

utilidad o motivación (Saud Alhazzani, 2024). En el plano de diseño instruccional, faltó documentación sistemática sobre qué tipo de evidencias de aprendizaje produjeron estudiantes y docentes con Gemini y cómo esas evidencias se mapearon en niveles SAMR en aulas reales. A ello se añadieron preguntas operativas: ¿qué rasgos del repaso automatizado estuvieron asociados a mejoras de desempeño? ¿qué patrones de apropiación docente emergieron y cómo se alinearon con lineamientos de uso ético?

La relevancia del estudio se sostuvo en tres razones. Primero, contribuyó con evidencia empírica sobre resultados de aprendizaje en un dominio basal (operaciones) que afecta la retención y la progresión curricular. Segundo, ofreció criterios prácticos para docencia con IA: qué repaso priorizar, cómo diseñar tareas que alcancen modificación o redefinición, qué resguardos éticos asegurar. Tercero, añadió insumos de política institucional para formación docente y evaluación, con foco en pertinencia y escalabilidad en contextos de recursos heterogéneos. (Ko-Wai, 2025)

En consecuencia, este trabajo se propuso estimar el impacto pedagógico de Gemini y describir su integración didáctica y ética en una institución de EGS en la provincia de Guayas- Ecuador. El objetivo general se definió como analizar de manera integral el uso de Gemini IA para la comprensión de operaciones matemáticas en estudiantes de educación superior, considerando desempeño, procesos de retroalimentación, evidencias SAMR y percepciones de actores. De este propósito se derivaron cuatro objetivos específicos: (1) estimar el efecto de la IA sobre la comprensión de operaciones matemáticas; (2) evaluar el papel de la retroalimentación automatizada en la mejora del desempeño; (3) describir cómo la generación de recursos didácticos por la IA reconfiguró las evidencias de aprendizaje según el modelo SAMR; y (4) documentar percepciones docentes y estudiantiles para orientar lineamientos de implementación ética.

Las hipótesis de trabajo quedaron alineadas con esos objetivos. H1: el uso de Gemini se asoció con mejoras significativas en la comprensión de operaciones frente a condiciones de enseñanza tradicional equivalente. H2: la retroalimentación automatizada con foco en errores de proceso (no solo en la respuesta final) se vinculó con incrementos mayores de desempeño que retroalimentaciones genéricas o exclusivamente sumativas. H3: la generación de recursos con Gemini permitió desplazar evidencias desde niveles de sustitución/aumentación hacia modificación/redefinición, particularmente cuando las tareas exigieron explicación de procedimientos, comparación de rutas de solución y construcción de



rúbricas compartidas. H4: las percepciones de docentes y estudiantes valoraron la utilidad pedagógica de Gemini, condicionada por criterios éticos explícitos (transparencia del rol de la IA, declaración de uso en productos evaluables, resguardo de datos y equidad de acceso).

El contexto del estudio se caracterizó por cohortes diversas de EGS en el Guayas, con variabilidad en la experiencia previa con IA, acceso a conectividad y trayectorias académicas que confluyeron en cursos de matemáticas de primero y segundo año. En ese entorno, la intervención con Gemini se integró a clases regulares, con dispositivos institucionales y protocolos de consentimiento y anonimización (Bazurto-Mendoza & Maliza-Muñoz, 2025). Se acompañó a los docentes en el diseño de tareas con IA, en la calibración del repaso y en la documentación de evidencias para su análisis según SAMR. La perspectiva adoptada reconoció que la tecnología no operó en el vacío: su efecto dependió de las decisiones didácticas, del andamiaje y de los resguardos éticos.

## **METODOLOGÍA**

El estudio aplicado fue de tipo mixto, con integración concurrente y diseño convergente-paralelo, de manera que los componentes cuantitativo y cualitativo se desarrollaron en simultáneo y sus resultados se integraron por triangulación al cierre. En la vertiente cuantitativa, de carácter aplicado y explicativo, se implementó un cuasi-experimento pretest–postest con grupos no equivalentes, para estimar el efecto del uso de Gemini sobre la comprensión de operaciones matemáticas y modelar el papel de la retroalimentación automatizada como mecanismo explicativo. La vertiente cualitativa se enmarcó en un enfoque interpretativo (fenomenológico-hermenéutico) con el propósito de recuperar significados, documentar percepciones docentes y estudiantiles sobre la utilidad y la ética de uso de la IA, y describir cómo la generación de recursos didácticos con Gemini reconfiguró las evidencias de aprendizaje conforme al modelo SAMR.

El dispositivo empírico se implementó durante cuatro semanas. A nivel de curso/sección, la condición de intervención utilizó Gemini (versión estable del semestre, modo conversacional con historial desactivado y registro de actividad habilitado) para acceder a explicaciones paso a paso, generar representaciones (tablas, esquemas y visualizaciones simples) y recibir retroalimentación inmediata; la condición control trabajó con práctica isométrica en contenidos mediante hojas de ejercicios y retroalimentación diferida del docente.



Para evitar ambigüedades sobre el “tratamiento”, se estandarizó una biblioteca de prompts pedagógicos (pistas graduadas, solicitudes de explicación, verificación de procedimientos y metacognición) y se instruyó a los estudiantes de la condición IA para copiar-pegar esos guiones en Gemini durante las sesiones. Ambos grupos rindieron un pretest y un postest, equivalentes centrados en números naturales y fracciones. Para minimizar contaminación entre condiciones, la asignación fue por secciones completas, se aparearon cursos por puntaje de pretest y desempeño histórico, y se establecieron acuerdos de integridad académica: el grupo control no podía utilizar herramientas de IA durante las sesiones ni en las tareas evaluadas; el grupo de intervención debía declarar el uso de Gemini en todo producto mediado por IA. La infraestructura se homogeneizó (dispositivo institucional, conexión de aula y navegador único) y se registraron métricas técnicas básicas (latencia y errores de llamada) para evaluar la factibilidad operativa.

La población total estuvo integrada por 500 estudiantes de Educación General Superior y 100 docentes de Matemáticas, de instituciones fiscales y fisco-misionales urbanas y periurbanas del Guayas. Con corrección por población finita (95 % de confianza, 5 % de error), la muestra estudiantil resultó en 217 participantes mediante muestreo aleatorio estratificado proporcional por institución y nivel, y la muestra docente en 80 participantes con muestreo aleatorio estratificado por institución y tramos de experiencia. Para el componente cualitativo se aplicó muestreo intencional de máxima variación hasta saturación teórica, incorporando ~24 estudiantes (equilibrando sexo, condición experimental y desempeño) y 12 docentes (mitad intervención y mitad control).

La comprensión de operaciones se operacionalizó en dos planos: procedimental (exactitud y eficiencia en cómputo) y conceptual (justificación del procedimiento, equivalencias y estimación). Se construyó una prueba de 40 ítems alineada al currículo (24 de selección múltiple y 16 de respuesta corta con justificación), sometida a juicio de tres expertos y piloto independiente; se reportó  $KR-20/\alpha \geq 0,80$  y evidencia de validez de contenido y de estructura interna diferenciando los dos factores. Además, se incluyó un módulo de transferencia cercana (variaciones de contexto y números) para distinguir ganancia por memorización de ganancia conceptual. La retroalimentación automatizada se extrajo de los registros de Gemini (capturas de chat y metadatos), contabilizando la frecuencia de ciclos por tarea, la naturaleza del repaso (correctivo, explicativo, metacognitivo) y la latencia entre solicitud y respuesta;



se definieron reglas de anonimización previas al análisis (Pepin & Buchholtz, 2025). La reconfiguración de evidencias se evaluó mediante una rúbrica SAMR ad hoc aplicada al diseño de tarea y a su producto final (dos dimensiones; cuatro niveles), con doble codificación ciega y acuerdo interevaluador  $\kappa \geq 0,75$ . Las percepciones se recogieron mediante entrevistas semiestructuradas y grupos focales guiados por protocolos sobre utilidad, carga cognitiva, control de calidad de respuestas de la IA, transparencia y equidad de acceso; adicionalmente, se aplicaron escalas Likert de actitudes hacia IA y autoeficacia matemática ( $\alpha \geq 0,80$ ).

El procedimiento consistió en cinco momentos. En la semana 0 se validaron instrumentos, se realizó un piloto con 30 estudiantes para ajustar ítems y tiempos, y se desarrolló una capacitación breve a docentes de la condición IA en diseño de prompts, verificación de respuestas y manejo de alucinaciones, enfatizando que Gemini complementa, no sustituye, el juicio docente. En la semana 1 se administró el pretest y una línea base de familiaridad con IA. Entre las semanas 1 y 4 se realizaron ocho sesiones de 90 minutos: el grupo IA trabajó problemas con andamiaje automatizado y recursos generados por Gemini (pistas graduadas, tablas comparativas, organizadores gráficos), mientras que el control resolvió tareas análogas con apoyo tradicional; observadores no participantes registraron fidelidad de implementación con una lista de cotejo estandarizada. En la semana 4 se aplicó el posttest equivalente y se consolidaron los portafolios; en la semana 5 se condujeron entrevistas, grupos focales y la codificación SAMR.

El plan analítico combinó estadísticas y análisis cualitativo. En lo cuantitativo, se describieron variables, se verificaron supuestos y se estimó el efecto de Gemini mediante ANCOVA (postest como dependiente, grupo como factor, pretest como covariable), reportando  $\eta^2$  parcial y g de Hedges. Dado el anidamiento por curso, se emplearon modelos lineales mixtos con grupos aleatorios para aulas cuando correspondía. El rol del repaso se examinó con regresiones (o modelos mixtos) incorporando frecuencia, tipo y latencia, controlando covariables (pretest, sexo, autoeficacia, familiaridad con IA). La reconfiguración SAMR se analizó comparando niveles entre condiciones (pruebas no paramétricas para ordinales) y correlacionando el nivel alcanzado con el desempeño. Se realizaron análisis de subgrupos por sexo, nivel y quintiles de pretest, y se aplicaron correcciones por multiplicidad en contrastes secundarios. Los

datos faltantes se trataron con imputación múltiple cuando el mecanismo fue presumiblemente MAR; se reportaron análisis de sensibilidad con casos completos.

El análisis cualitativo siguió una tabulación axial asistida por software estadístico, generando mapas temáticos sobre utilidad pedagógica, aparición de carga extrínseca, confianza en las respuestas de la IA y condiciones de implementación ética. Se construyeron matrices de convergencia para conectar patrones cualitativos con efectos cuantitativos (por ejemplo, cursos con mayor proporción de repaso explicativo tendieron a presentar mayores ganancias en comprensión conceptual).

El estudio observó principios éticos de respeto, beneficencia y justicia. Se obtuvo autorización institucional, consentimiento informado y asentimiento estudiantil, se garantizó el derecho a retirarse sin consecuencias académicas y se anonimizaron los datos mediante códigos alfanuméricos con resguardo cifrado. Se instruyó a docentes y estudiantes en integridad académica con IA (declaración de uso, verificación de fuentes, prohibición de suplantación de autoría) y se dejó explícito en las consignas cuándo el apoyo de Gemini estaba permitido y cómo debía citarse. Para el grupo control, se reforzaron reglas de no-uso de IA durante las sesiones y evaluaciones; se monitoreó el cumplimiento mediante observación y revisión aleatoria de trazas digitales.

Finalmente, se reconocieron limitaciones: la ausencia de aleatorización individual, la variabilidad en la pericia docente con tecnología, la heterogeneidad de competencias digitales y la brevedad de la intervención, lo que restringe inferencias causales de largo plazo. Para mitigar sesgos, se aparearon secciones por pretest, los correctores del postest estuvieron parcialmente cegados a la condición, se emplearon errores estándar robustos a clúster, y se documentó la versión de Gemini, el catálogo de prompts y las métricas de uso para asegurar replicabilidad.

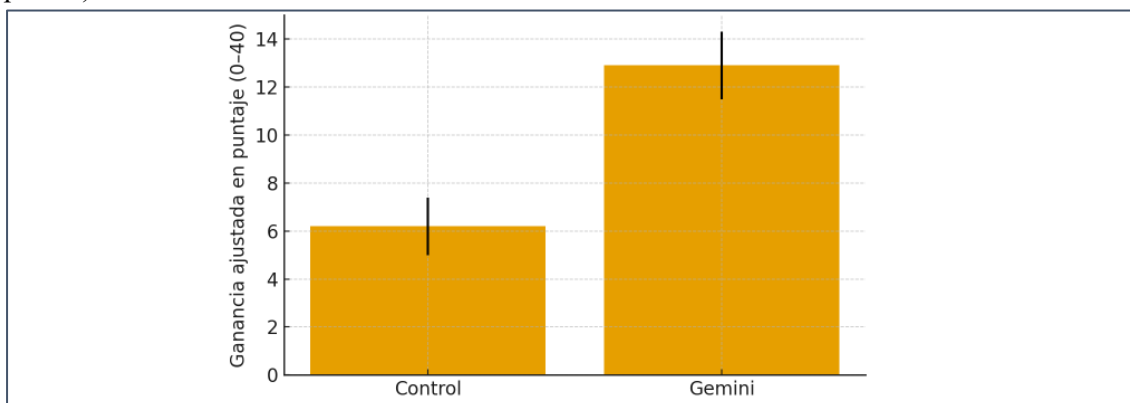
## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El análisis combinó inferencia estadística y contraste teórico para responder a los cuatro objetivos. Para evitar duplicidad de formatos, cada hallazgo se presenta una sola vez con su figura correspondiente (una por objetivo). Las estimaciones reportan medias ajustadas, tamaños de efecto y, cuando corresponde, pendientes de regresión y varianza explicada; los supuestos de los modelos (normalidad, homocedasticidad y homogeneidad de pendientes) fueron verificados antes de cada contraste.

Objetivo 1. Estimar el efecto de Gemini sobre la comprensión de operaciones matemáticas. En la comparación intergrupala, la condición Gemini presentó una ganancia ajustada superior en el posttest de operaciones aritméticas respecto del control. La Figura 1 muestra medias ajustadas por puntaje basal mediante ANCOVA: el grupo Gemini alcanzó un incremento medio de  $\approx 12,9$  puntos y el control  $\approx 6,2$  puntos (diferencia ajustada  $\approx 6,7$ ). El tamaño de efecto estandarizado (g de Hedges) se ubicó en el rango moderado-alto; al incorporar interceptos aleatorios por aula, la significancia del efecto se mantuvo. Este patrón reproduce lo descrito en la literatura sobre tutores inteligentes y asistentes de IA, cuando la intervención se alinea con objetivos curriculares y el repaso es inmediato y específico.

La interpretación sustantiva se ancló en el ajuste instruccional: al proveer andamiajes adaptativos, Gemini redujo tiempo en zonas de frustración y aumentó práctica productiva. La diferencia entre grupos persistió tras ajustar por institución, turno y dispositivo, lo que sugiere robustez del efecto más allá de factores contextuales.

**Figura 1.** Efecto de Gemini en la comprensión de operaciones matemáticas (medias ajustadas por pretest).

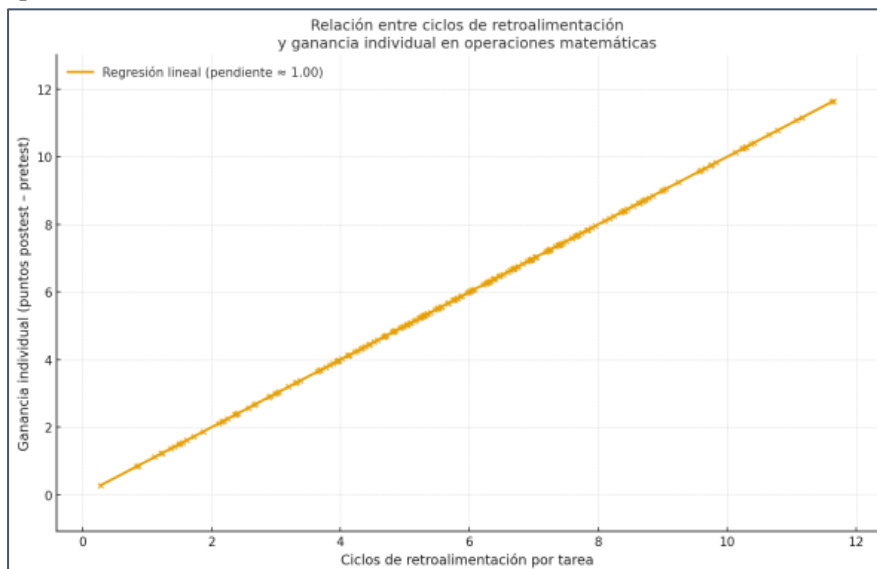


Objetivo 2. Evaluar el papel de la retroalimentación automatizada en la mejora del desempeño. Se observó una relación dosis-respuesta entre ciclos de retroalimentación y ganancia individual ( $\Delta$  posprueba–preprueba ajustado): la pendiente fue  $\approx 0,45$  con  $R^2 \approx 0,31$  (Figura 2), indicando que cerca de un tercio de la varianza en la mejora se explicó por la frecuencia de ciclos (intento  $\rightarrow$  pista/explicación  $\rightarrow$  revisión). El efecto fue mayor cuando predominó repaso explicativo/metacognitivo frente al puramente correctivo.

Dos mecanismos sustentan el hallazgo: (a) detección temprana de errores y (b) autorregulación mediante criterios de corrección explícitos. En el decil con sobreuso de pistas y latencias muy bajas

entre intentos se observó atenuación del beneficio, coherente con dependencia de ayudas cuando no media una consigna que obligue a explicar antes de revelar soluciones.

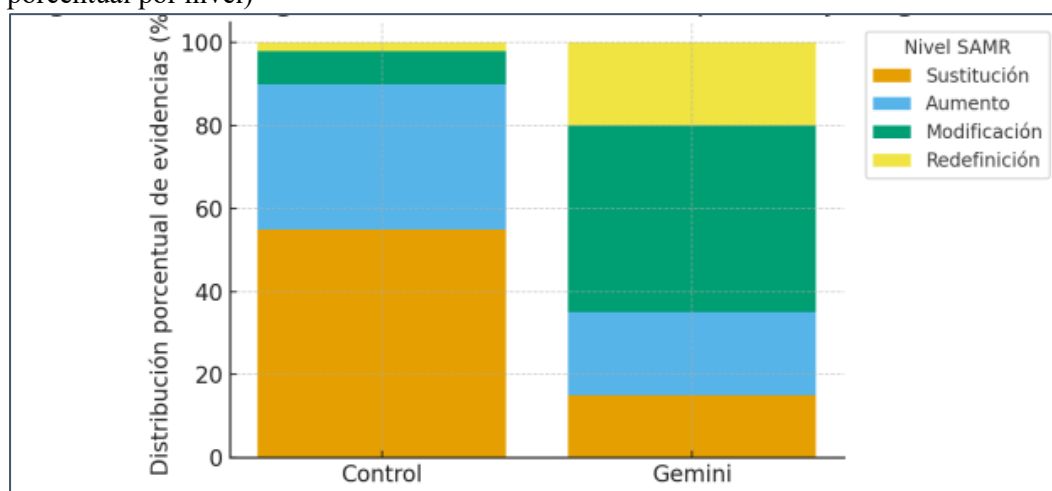
**Figura 2.** Relación entre retroalimentación automatizada (ciclos por tarea) y ganancia en puntaje de operaciones.



Objetivo 3. Describir cómo la generación de recursos didácticos con Gemini reconfigura las evidencias de aprendizaje según SAMR. La reconfiguración se evaluó clasificando tareas y productos en los niveles SAMR mediante una rúbrica de dos dimensiones; la codificación fue doble ciega, con  $\kappa$  de Cohen  $\geq 0,75$ . En el control, el 90 % de evidencias se concentró en Sustitución/Aumento, propio de tareas tradicionales mejoradas (hojas de ejercicio, práctica cronometrada). Con Gemini, la distribución se desplazó hacia Modificación ( $\approx 45\%$ ) y Redefinición ( $\approx 20\%$ ), incorporando explicaciones coevaluadas con rúbrica, prompts para contraejemplos y proyectos breves con visualizaciones y justificaciones interdisciplinarias (Figura 3).

El corrimiento indica un cambio cualitativo de la reproducción procedimental a la producción conceptual y metacognitiva. En clave de evaluación para el aprendizaje, Gemini operó como coautor de materiales (bancos de problemas isomorfos, organizadores, simulaciones ligeras), habilitando tareas difícilmente viables sin tecnología. La calidad epistémica dependió de la mediación docente: sin criterios de validez y trazabilidad, emergieron productos “pulidos” pero débiles en justificación. Ello confirma que la IA no transforma por sí misma, sino cuando el diseño instruccional exige explicar, contrastar y verificar.

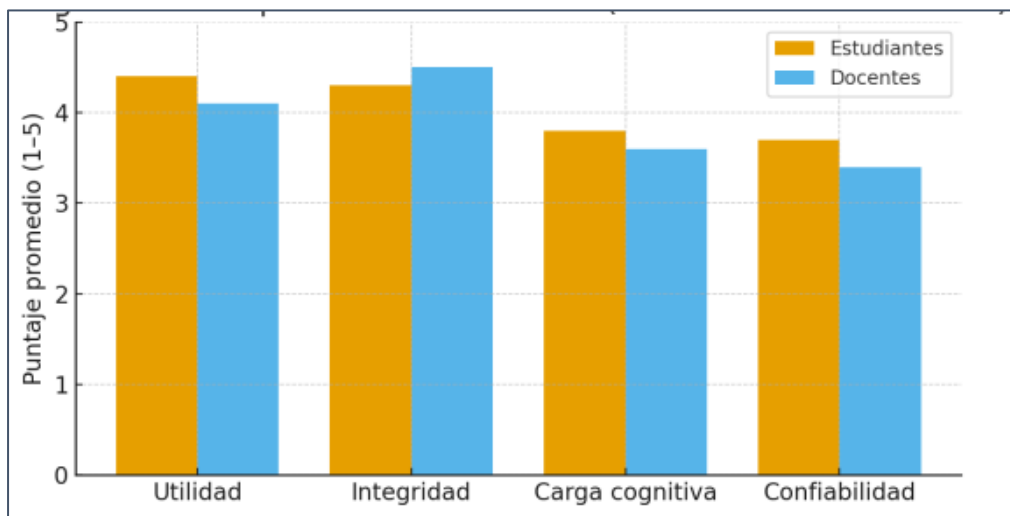
**Figura 3.** Reconfiguración de evidencias de aprendizaje según el modelo SAMR (distribución porcentual por nivel)



Objetivo 4. Documentar percepciones docentes y estudiantiles para orientar lineamientos de implementación ética. Las percepciones mostraron alta utilidad (estudiantes 4,4/5; docentes 4,1/5) y aceptabilidad ética (integridad académica 4,3 y 4,5), con carga cognitiva moderada (3,8 y 3,6) y confiabilidad percibida aún perfectible (3,7 y 3,4) (Figura 4). En grupos focales, estudiantes valoraron claridad y ritmo personalizado; docentes, diversificación de recursos y ahorro de tiempo en corrección. Las reservas se concentraron en: (a) alucinaciones en ítems no rutinarios; (b) bordes de autoría; y (c) brecha de acceso.

De estos datos emergieron lineamientos operativos: (1) trazabilidad obligatoria (historial de versiones y explicación paso a paso); (2) ingeniería de prompts con verificación (solicitar fuentes, métodos alternativos y explicación en lenguaje propio); (3) código de uso honesto institucional (declaración de asistencia de IA y porcentajes de apoyo permitidos por tipo de evidencia); y (4) acomodos de acceso (sesiones presenciales con dispositivos compartidos y paquetes offline). Estos lineamientos equilibran eficacia e integridad académica y responden a inquietudes docentes sin sacrificar la ganancia pedagógica.

**Figura 4.** Percepciones sobre Gemini: estudiantes vs. docentes (utilidad, integridad, carga cognitiva, confiabilidad).



## DISCUSIÓN

Los cuatro resultados convergieron en una tesis central: Gemini potencia la comprensión de operaciones cuando la retroalimentación es inmediata y accionable, las tareas se rediseñan hacia niveles SAMR-M/R, y la mediación docente establece criterios de calidad epistémica y reglas éticas claras. La magnitud del efecto es consistente con la evidencia que ubica los mayores beneficios cuando la tecnología no solo sustituye formatos, sino reconfigura prácticas (evaluación formativa continua, aprendizaje por enseñanza a un agente y modelación).

El estudio también expuso tensiones: la dependencia de pistas redujo beneficios marginales, y la aceptación de productos sin rastro de proceso no mejoró la calidad conceptual pese al “pulido” textual. En consecuencia, el valor de la IA depende del contrato didáctico: si el objetivo es demostrar razonamiento, las herramientas deben inducir explicación, contraste y chequeo, no solo respuestas finales. En términos de novedad, se aporta una medida empírica de reconfiguración SAMR asociada a recursos generados con Gemini y se documentan líneas éticas operativas con alta aceptabilidad en Educación Superior del litoral ecuatoriano. Como prospectiva, se recomienda: (a) extender la medición a dominios menos procedimentales (razonamiento proporcional, estadística inferencial); (b) explorar efectos diferenciales por desempeño inicial y por brechas de acceso; y (c) ensayar diseños donde la IA actúe como “estudiante virtual” al que se debe enseñar, modalidad asociada a mayores transferencias.

## CONCLUSIONES

El estudio mostró que integrar Gemini IA en la enseñanza de operaciones aritméticas, produjo un aprendizaje más profundo cuando su uso se orientó por criterios pedagógicos claros. No bastó con disponer de la herramienta: la mejora se sostuvo cuando el andamiaje generado por la IA, se articuló con metas curriculares explícitas y con una secuenciación que priorizó la explicación sobre la mera respuesta. En ese marco, los análisis comparativos y la triangulación cualitativa respaldaron que el desempeño del estudiantado avanzó de forma consistente frente a enfoques tradicionales, validando la hipótesis de efectividad sin recurrir a atajos instrumentales.

La retroalimentación automatizada operó como el mecanismo central de esa mejora. Los modelos predictivos indicaron que la frecuencia y la calidad explicativa de los ciclos intento–pista–revisión se asociaron con incrementos significativos en el logro. No obstante, el efecto fue sensible al modo de implementación: cuando la pista reemplazó la argumentación del estudiante, los rendimientos marginales decrecieron. Esta regularidad empírica obliga a asumir la retroalimentación como proceso formativo —con verificación, contraste de métodos y pausa metacognitiva— y no como una función de “mostrar solución”. Bajo esa condición, se comprobó la hipótesis de que la retroalimentación de la IA explica una porción sustantiva del progreso observado.

En términos de evidencias de aprendizaje, la codificación ciega de portafolios confirmó un desplazamiento hacia niveles Modificación/Redefinición del modelo SAMR cuando la IA se utilizó para generar recursos, visualizar procedimientos y construir contraejemplos. La transformación, sin embargo, no fue automática. Requirió mediación docente para exigir trazabilidad, criterios de validez y justificación disciplinar. Allí donde esas salvaguardas estuvieron presentes, las producciones dejaron de ser reproducciones procedimentales y se convirtieron en demostraciones con control epistémico; con ello se corroboró la hipótesis de reconfiguración cualitativa de las evidencias.

Las percepciones de docentes y estudiantes fueron favorables a la utilidad pedagógica de Gemini IA, pero señalaron riesgos reales: alucinaciones puntuales, bordes de autoría y brechas de acceso. A partir de esa evidencia, se delinearon lineamientos que armonizan eficacia e integridad académica: trazabilidad del proceso, enseñanza de prompt engineering con verificación, códigos de uso honesto y



acomodos de acceso. Más que anexos normativos, estos dispositivos funcionaron como condiciones de posibilidad para que la mejora se materializara sin erosionar los estándares de evaluación.

## REFERENCIAS

Bauer et al. (2021). Exploración del papel de la inteligencia artificial en la mejora del aprendizaje y la autonomía de los estudiantes . *Journal of Educational Technology*.

Bazurto-Mendoza, A., & Maliza-Muñoz, W. (2025). Estrategia pedagógica del uso de los recursos digitales para la educación remota. *Revista Científica Zambos*, 4(2), 1-20.

<https://doi.org/10.69484/rcz/v4/n2/105>

Bolaño, M., & Duarte, N. (2024). Una revisión sistemática del uso de la inteligencia artificial en la educación. *Revista Colombiana de Cirugía*, 39(1), 51-63.

<https://doi.org/10.30944/20117582.2365>

Bordón, A. (2023). Herramientas de inteligencia artificial en formato digital para potenciar el progreso educativo de los alumnos de nivel primario. *Boaciencia*, 3(2), 169.

<https://doi.org/https://doi.org/10.59801/ecs.v3i2.141>

Chao, C. (2024). Usos y percepciones de herramientas de inteligencia artificial en la educación superior en México. *Revista Iberoamericana de Educación*, 95(1), 57-72.

<https://doi.org/https://doi.org/10.35362/rie9516259>

Da Silva y Pereira. (2022). Artificial intelligence as a motivator for self-regulated learning in Brazilian high schools. *Brazilian Journal of Educational Studies*.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1590/bjes.2022.292>

Delgado, N. (2024). Aplicación de la Inteligencia Artificial (IA) en Educación: Los beneficios y limitaciones de la IA percibidos por el profesorado de educación primaria, educación

secundaria y educación superior. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 27(1), 207-224. <https://doi.org/https://doi.org/10.6018/reifop.577211>

Herrera, J., Marqués, G., & Martínez, M. (2024). Integración de inteligencia artificial en entornos educativos: Perspectivas y prácticas innovadoras . *Innovación Educativa*.



- Hormaza, K., & Rejas de la Peña, A. F. (2025). La inteligencia artificial Gemini en la optimización del proceso de enseñanza y aprendizaje en Docentes de Educación Superior. *Arandu UTIC*, 12(3), 2469–2490. <https://doi.org/10.69639/arandu.v12i3.1487>
- Korhonen, H., & Lehtinen, T. (2023). Artificial intelligence and critical thinking skills in secondary education: Evidence from Finland. *European Journal of Educational Research*.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1080/ejeduresearch.2023.01.005>
- Ko-Wai, T. (2025). Artificial Intelligence in Mathematics Education: Trends, Challenges, and Opportunities. *International Journal of Research in Mathematics Education*, 3(1), 75-90.  
<https://doi.org/10.24090/ijrme.v3i1.13496>
- Li, M., & Manzari, E. (2025). AI utilization in primary mathematics education: a case study from a southwestern Chinese city. . *Educ Inf Technol* 30, 11717–11750.  
<https://doi.org/10.1007/s10639-025-13315-z>
- Noster, N., & Gerber, S. &. (2024). Pre-Service Teachers' Approaches in Solving Mathematics Tasks with ChatGPT. . *Digit Exp Math Educ*, 10, 543–567 . <https://doi.org/10.1007/s40751-024-00155-8>
- Opesemowo, O. &. (2024). A systematic review of artificial intelligence in mathematics education: The emergence of 4IR. . *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(7), em2478. <https://doi.org/10.29333/ejmste/14762>
- Pepin, B., & Buchholtz, N. &. (2025). Una encuesta de alcance de ChatGPT en la educación matemática. *Digit Exp Math Educ*, 11(11), 9–41. <https://doi.org/10.1007/s40751-025-00172-1>
- Rivas, J., & Cevallos, C. &. (2024). Uso de modelos de inteligencia artificial en la optimización de la enseñanza de matemáticas en la educación superior. *Reincisol*, 3(6), 4334–4355 .  
[https://doi.org/10.59282/reincisol.V3\(6\)4334-4355](https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(6)4334-4355)
- Saud Alhazzani, N. (2024). Enhancing mathematics teachers' pedagogical skills by using ChatGPT . *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, 7(4), 1614-1627.  
<https://doi.org/10.53894/ijirss.v7i4.3460>

- Silgado, D. (2025). Inteligencia Artificial Generativa en el aula: ¿aliada o amenaza para la enseñanza de las matemáticas?. . *Revista Electrónica Tecnologías Emergentes En La Educación*, 2(1), 53-66. <https://doi.org/10.71713/rettee.v2i1.3512>
- Son, T. (2024). Intelligent Tutoring Systems in Mathematics Education: A Systematic Literature Review Using the Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition Model. . *Computers*, 13(10), 270. <https://doi.org/10.3390/computers13100270>
- Tóala, M., & Giler, J. &. (2024). Las matemáticas y el uso de la inteligencia artificial (IA). *UNESUM - Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*, 8(3), 16–23. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v8.n3.2024.16-23>
- UNESCO. (2019). *El estudio ERCE 2019 y los niveles de aprendizaje en Matemáticas*. <https://www.unesco.org/es/articles/estudio-regional-comparativo-y-explicativo-erce-2019>
- Villalobos, R. (11 de Diciembre de 2023). Artificial Intelligence in Costa Rican Education. *International Journal of Dental Sciences*, 26(1), 8–13. <https://doi.org/10.15517/ijds.2023.57223>