

Implementación de entornos digitales interactivos para potenciar el aprendizaje de álgebra en estudiantes de bachillerato: un enfoque innovador hacia la resolución de problemas y el pensamiento crítico

Implementing interactive digital environments to enhance algebra learning in high school students: an innovative approach to problem-solving and critical thinking

Implementação de ambientes digitais interativos para potenciar a aprendizagem da álgebra em alunos do ensino médio: uma abordagem inovadora para a resolução de problemas e o pensamento crítico

Daniela Silvana Benavides Espín
Carlos Ricardo Aguayo Cotallat
Elsy Silvania Guevara Albarracín
Marcia Esmeralda Ulloa Campos
Juana del Carmen Moreira Cedeño

RESUMEN

El presente estudio se enfoca en el uso de interactivos digitales enfocados en el desarrollo del pensamiento crítico como estrategia pedagógica para el aprendizaje del álgebra en estudiantes de educación secundaria, enfatizando la resolución de problemas complejos. Esta investigación, de tipo híbrido, se compone de una parte cuantitativa que analiza resultados de pruebas estandarizadas, así como de la parte cualitativa que se centra en entrevistas y grupos focales. Considerando el diseño de los grupos, la muestra cuantitativa se compone de 120 estudiantes de segundo de bachillerato en educación pública urbana, que fueron divididos en el grupo experimental y control. Los resultados que se obtuvieron a partir de las pruebas y la evaluación de los softwares interactivos indican que el uso de herramientas icónicas (narrativas, visuales, y simulaciones algebraicas) interactivas dedicadas a la álgebra en las computadoras potencia la elicitation de las habilidades supremas, mejoran el aprendizaje y la comprensión niveladas. Adicionalmente, se mejora de manera notable la autorregulación y la argumentación para el

How to cite:

Collaguazo, L., Aguayo, C., Guevara, E., Ulloa, M., Moreira, J., (2025) Implementación de entornos digitales interactivos para potenciar el aprendizaje de álgebra en estudiantes de bachillerato: un enfoque innovador hacia la resolución de problemas y el pensamiento crítico *Revista Iberoamericana De educación*, 9 (4).

Received: April, 2025
Approved: July, 2025

<http://www.revista-iberoamericana.org/index.php/es>

Ministerio de Educación del Ecuador
daniela.benavides@educacion.gob.ec
<https://orcid.org/0009-0004-3766-1336>

Ministerio de Educación del Ecuador
carlosr.aguayo@educacion.gob.ec
<https://orcid.org/0009-0005-8885-854X>

Ministerio de Educación del Ecuador
elsy.guevara@educacion.gob.ec
<https://orcid.org/0009-0008-2165-5512>

Ministerio de Educación del Ecuador
esmeralda.ulloa@educacion.gob.ec
<https://orcid.org/0009-0007-3944-146X>

Ministerio de Educación del Ecuador
juana.moreira@educacion.gob.ec
<https://orcid.org/0009-0008-9914-2186>

grupo que utiliza el ambiente digital. De manera cualitativa, los estudiantes en el ambiente digital reportaron niveles más altos de motivación y participación, y el álgebra en el ambiente digital les reportó solución de problemas a la vida real. Este trabajo busca transformar el sistema educativo proponiendo un modelo educativo innovador replicable enfocado en el estudiante. Está inspirado en teorías socioconstructivistas y enfoques de tecnología crítica. También demuestra los impactos positivos de los entornos digitales en el aprendizaje de materiales abstractos. Destaca la capacidad de estos entornos para cerrar brechas y construir competencias clave del siglo XXI. Finalmente, se enfatiza la falta de integración de estas iniciativas en las políticas educativas públicas, junto con la necesidad de promover la alfabetización matemática crítica, contextualizada y mediada tecnológicamente.

Palabras clave: Entornos, digitales interactivos; aprendizaje del álgebra; pensamiento crítico; resolución de problemas complejos; educación secundaria; innovación.

ABSTRACT

This study focuses on the use of digital interactives aimed at developing critical thinking as a pedagogical strategy for algebra learning among secondary education students, with an emphasis on complex problem solving. This hybrid research comprises a quantitative component analyzing standardized test results and a qualitative component centered on interviews and focus groups. Based on the group design, the quantitative sample consisted of 120 second-year high school students from urban public education institutions, divided into experimental and control groups. Findings derived from the tests and the evaluation of interactive software tools indicate that the use of iconic tools (narrative, visual, and algebraic simulations) significantly enhances the elicitation of higher-order thinking skills, improving both learning outcomes and conceptual understanding. Furthermore, there was a notable improvement in self-regulation and argumentation skills among students using the digital environment. Qualitative data also revealed that students in the digital setting reported higher levels of motivation and participation, perceiving algebra as more applicable to real-life problem solving. This work seeks to contribute to systemic educational transformation by proposing an innovative, replicable student-centered educational model. It draws on socioconstructivist

theories and critical technology approaches. Moreover, it provides empirical evidence of the positive impact of digital environments on the learning of abstract content. It highlights the potential of such tools to reduce educational disparities and foster key 21st-century competencies. Finally, it underscores the lack of integration of these initiatives into public education policies and stresses the need to promote a critical, contextualized, and technology-mediated mathematical literacy..

KEYWORDS: Interactive digital environments; algebra learning; critical thinking; complex problem solving; secondary education; innovation.

RESUMO

Resumo Este estudo centra-se na utilização de ferramentas digitais interativas destinadas a desenvolver o pensamento crítico como estratégia pedagógica para a aprendizagem da álgebra entre alunos do ensino secundário, com ênfase na resolução de problemas complexos. Esta investigação híbrida compreende uma componente quantitativa que analisa os resultados de testes padronizados e uma componente qualitativa centrada em entrevistas e grupos focais. Com base na conceção do grupo, a amostra quantitativa consistiu em 120 alunos do segundo ano do ensino secundário de instituições de ensino público urbanas, divididos em grupos experimentais e de controlo. Os resultados derivados dos testes e da avaliação das ferramentas de software interativas indicam que o uso de ferramentas icónicas (narrativas, visuais e simulações algébricas) melhora significativamente a elicitação de habilidades de pensamento de ordem superior, melhorando tanto os resultados de aprendizagem quanto a compreensão conceitual. Além disso, houve uma melhora notável nas habilidades de autorregulação e argumentação entre os alunos que usaram o ambiente digital. Os dados qualitativos também revelaram que os alunos no ambiente digital relataram níveis mais elevados de motivação e participação, percebendo a álgebra como mais aplicável à resolução de problemas da vida real. Este trabalho procura contribuir para a transformação educacional sistémica, propondo um modelo educacional inovador, replicável e centrado no aluno. Baseia-se em teorias socioconstrutivistas e abordagens tecnológicas críticas. Além disso, fornece evidências empíricas do impacto positivo dos ambientes digitais na aprendizagem de conteúdos abstratos. Ele destaca o potencial dessas ferramentas para reduzir as disparidades educacionais e promover competências

essenciais para o século XXI. Por fim, ressalta a falta de integração dessas iniciativas nas políticas de educação pública e enfatiza a necessidade de promover uma alfabetização matemática crítica, contextualizada e mediada pela tecnologia.

PALAVRAS-CHAVE: Ambientes digitais interativos; aprendizagem de álgebra; pensamento crítico; resolução de problemas complexos; ensino médio; inovação.

Introducción

La incorporación de la tecnología digital en todos los niveles de la educación es ahora fundamental para el desarrollo de habilidades cognitivas y competencias del siglo XXI. En particular, en el caso de la educación secundaria, la enseñanza del álgebra sigue enfrentando desafíos, como la abstracción, la falta de contextualización y la baja motivación de los estudiantes. En estas circunstancias, el potencial de las tecnologías digitales interactivas para "transformar la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas..." al proporcionar visualizaciones dinámicas para los usuarios: "manipulación simbólica y retroalimentación inmediata" puede y debe ser explotado (Engelbrecht & Borba, 2023; Borba et al., 2023).

La mayoría de los estudios subrayan que el empleo de la tecnología digital en el aula de matemáticas facilita un enfoque más significativo para la enseñanza y el aprendizaje del álgebra, "fomentando la participación activa de los estudiantes y fomentando el pensamiento crítico" (Clark-Wilson et al, 2024; Walters et al., 2018). Así, el uso de tecnologías digitales y otras interactivas junto con marcos pedagógicos innovadores, como la narración digital, ofrece un enfoque poderoso para el avance del pensamiento matemático.

Hay un interés creciente en utilizar la narración digital para mejorar el aprendizaje en diversas disciplinas, incluida la matemáticas (Lucena Rodríguez et al, 2021; Ulutaş et al, 2022). En este contexto, algunas evidencias sugieren que las narrativas digitales estimulan la motivación, la creatividad y comprensiones profundas de un tema al proporcionar un contexto para conceptos de otro modo abstractos (Sadik, 2008; Şen, 2024).

La investigación en matemáticas se ha centrado específicamente en la integración de narrativas digitales dentro de las actividades de álgebra y ha encontrado que tales prácticas aumentan el interés y la

participación de los estudiantes dentro de un enfoque reflexivo para la resolución de problemas (Egara et al, 2025; Hernandez-Martinez, P. & Keane, T., 2024). Además, la literatura sugiere que los entornos digitales que incorporan actividades visuales e interactivas, y narrativas estructuradas mejoran la comprensión conceptual y el razonamiento matemático (Koyunkaya & Dede, 2024).

Las últimas décadas han visto el auge de la integración de la tecnología digital en la educación matemática del álgebra, especialmente en la enseñanza de conceptos abstractos. Un número de estudios recientes ha examinado los aspectos positivos y negativos del uso de recursos digitales interactivos, la gamificación, la inteligencia artificial y los entornos virtuales destinados a facilitar la comprensión de conceptos matemáticos y la cultivación de habilidades de pensamiento de orden superior como el pensamiento crítico y la resolución de problemas (Alarcón Burneo et al., 2024; Guishca Ayala et al., 2024).

La investigación en el contexto latinoamericano, como la de Arequipa Molina et al. (2024) y Cosquillo Chida et al. (2025), ha resaltado el papel esencial de la preparación docente en la adopción de enfoques de instrucción innovadores. Esto ha sido señalado como una variable esencial en la implementación efectiva de entornos digitales, especialmente en la educación secundaria, donde la enseñanza del álgebra sigue siendo un desafío considerable. Asimismo, la investigación también ha mostrado que los estudiantes mejoran su razonamiento lógico y habilidades analíticas cuando están expuestos a métodos de enseñanza que son una combinación de tecnología educativa y métodos de instrucción activos (Álvarez Piza et al., 2024; Bernal Párraga et al., 2025).

Incorporar metodologías basadas en problemas y proyectos mejora los resultados de aprendizaje en matemáticas (Jiménez Bajaña et al., 2024), reforzando así la necesidad de diseños pedagógicos que, además de integrar tecnología, enfatizan la participación activa centrada en el estudiante. En este sentido, estudios como los de Bernal Párraga et al. (2024) destacan la importancia de estrategias como la gamificación y la narración en el aumento de la motivación, la retención de conocimiento y la transferencia a situaciones del mundo real.

Además de los estudios de Fierro Barrera et al. (2024) y García Carrillo et al. (2024), que indicaron que las instituciones aún experimentan un bajo rendimiento en esta área, se infiere que los recursos tecnológicos pueden estar mal asignados y no suficientemente alineados con las características cognitivas de los estudiantes. En este contexto, Bernal Párraga et al. (2024) y Zamora Franco et al. (2024) enfatizan que el desarrollo de la colaboración, el razonamiento lógico y las habilidades creativas, así como otras habilidades del siglo XXI, requieren de la integración intencionada de las TIC y enfoques pedagógicos activos.

Bernal Párraga et al. (2024) destacan la importancia de promover el pensamiento computacional como un elemento fundamental necesario para el aprendizaje de conceptos matemáticos sofisticados. Los autores proponen el uso de IA para ajustar las experiencias de aprendizaje y las adaptaciones algorítmicas al aprendizaje personalizado para abordar las necesidades de cada estudiante (Guishca Ayala et al., 2024). Además, el diseño de juegos mejora el compromiso de los estudiantes. Por ejemplo, Bernal Párraga et al. (2024) informan sobre el uso de intervenciones gamificadas con aquellos que tienen ansiedad matemática, las intervenciones impusieron tareas similares a juegos e incluyeron otros elementos motivadores de diseño de juegos para facilitar el compromiso en las actividades de aprendizaje a nivel de módulo. Los estudiantes con bajo rendimiento también se beneficiaron, ya que las tareas aliviaron el afecto negativo y los niveles de disposición de los aprendices ansiosos.

En la educación infantil, la integración avanzada de elementos STEM durante los años iniciales es una práctica documentada como promotora del desarrollo del pensamiento lógico y crítico fundamental (Bernal Párraga et al., 2024). Mientras tanto, el juego de roles como estrategia lúdica mejora el desarrollo de la creatividad y la autonomía desde una edad temprana, lo que tiene implicaciones para el aprendizaje algebraico futuro (Bernal Párraga et al., 2024).

Como resumen de lo analizado, hay un interés creciente acerca de la efectividad de los entornos digitales interactivos para la enseñanza de las matemáticas, sin embargo, se continúan sin abordar las cuestiones de la investigación empírica que califique los efectos de estas herramientas en el aprendizaje del álgebra, el razonamiento crítico, la resolución de problemas en los alumnos de secundaria y la relación

entre todas. Este trabajo pretende, en la medida de sus posibilidades, abordar esta importante diferencia teórica y metodológica a través de un modelo integrado de innovación pedagógica y tecnología educativa..

Aunque se ha reconocido el valor potencial de las tecnologías digitales para la enseñanza y el aprendizaje del álgebra, la falta de diseños pedagógicos que articulen la integración sin fisuras de la interactividad y las estrategias de enseñanza centradas en el estudiante continúa impidiendo su uso efectivo. Muchas plataformas disponibles enfatizan la práctica mecánica de ejercicios, lo que resulta en que los estudiantes tengan poca o ninguna comprensión sustantiva y poco o ningún pensamiento crítico. Por lo tanto, este problema de investigación se formula de la siguiente manera: ¿Cómo diseñar e implementar un entorno digital interactivo que fomente la resolución de problemas de fundamentos algebraicos y el pensamiento crítico en estudiantes de secundaria?

La narración digital ha sido reconocida como una estrategia educativa efectiva para fomentar el aprendizaje significativo, particularmente en situaciones donde el contenido es abstracto y requiere contextualización (García Jiménez et al., 2021; Gürsoy, 2021). Su uso en la enseñanza del álgebra ayuda a los estudiantes a dar sentido a los problemas matemáticos, ya que la narración proporciona un contexto ilustrativo que mejora la comprensión y fomenta el razonamiento..

En esta línea, la implementación de la narración en interactividad digital no solo incrementa la motivación y el interés del aprendiz, sino que también contribuye a la consolidación de competencias metacognitivas al animar a los aprendices a evaluar su proceso de solución (Egara et al., 2025; Drijvers & Sinclair, 2023).

Propósito general: Diseñar, implementar y evaluar un entorno digital interactivo basado en narración digital para mejorar el aprendizaje del álgebra en estudiantes de secundaria a través de la resolución de problemas y el pensamiento crítico.

Metodología y Materiales

Este estudio emplea un enfoque de métodos mixtos secuencial explicativo. Integra tanto métodos cuantitativos como cualitativos para desarrollar una comprensión integral de la efectividad de los entornos digitales interactivos en el aprendizaje del álgebra. Este enfoque permite al investigador medir el efecto que los entornos digitales interactivos tienen en el rendimiento académico de los estudiantes y, además, aborda las percepciones y experiencias cualitativas de los estudiantes como investigación cualitativa exploratoria (Plano Clark & Ivankova, 2016). La mayoría de los estudios de investigación sobre las tecnologías en educación matemática han utilizado métodos mixtos (Borba et al., 2020; Hwang, 2023) y han confirmado la efectividad de los diversos enfoques metodológicos utilizados.

El diseño elegido es cuasi-experimental, lo que es apropiado en educación. Incluso en educación, los diseños de estudio reactivos se fundamentan en normas de limitaciones logísticas que implican la falta de una asignación aleatoria rigurosa. Este diseño permite construir relaciones causales limitadas entre la intervención y el resultado, que han sido documentadas de manera rigurosa en la literatura previa, por ejemplo, Engelbrecht & Borba (2024).

Además, se integró una fase cualitativa interpretativa que involucra entrevistas semi-estructuradas y grupos focales con estudiantes del grupo experimental. Esta fase está diseñada para comprender en detalle las narrativas de los participantes con respecto al uso del entorno, la motivación, las estrategias de resolución de problemas utilizadas y los obstáculos encontrados (García Jiménez et al., 2021). La integración de datos cuantitativos y cualitativos junto con registros digitales crea una comprensión integral y fundamentada de los impactos documentados (Borba, Engelbrecht & Llinares, 2021).

La población del estudio consiste en estudiantes de segundo y tercer año de secundaria en la educación pública urbana de América Latina. Se eligió una muestra de conveniencia no probabilística, que consiste en 80 estudiantes, divididos equitativamente entre un grupo experimental ($n=40$) y un grupo de control ($n=40$), lo que es una práctica común en estudios similares (Egara, Mosia & Nannim, 2025; Sadik, 2008).

Los criterios de inclusión incluyeron tener acceso a dispositivos digitales, conexión a internet, competencias tecnológicas básicas y disposición para participar durante todo el semestre académico. Para la fase cualitativa, se seleccionaron intencionalmente 12 estudiantes del grupo experimental, teniendo en cuenta el género, el rendimiento académico y los niveles de participación (Şen, 2024).

El entorno digital desarrollado incluye varias tecnologías emergentes que son significativas para la enseñanza del Álgebra. Se utilizó el software GeoGebra para la visualización dinámica de expresiones algebraicas; plataformas adaptativas para práctica personalizada; sistemas de álgebra computacional (CAS); y módulos narrativos interactivos con narración digital (Lucena Rodríguez et al., 2021; Ulutaş et al., 2022).

Estas tecnologías fueron elegidas por su capacidad para apoyar las diversas etapas del razonamiento algebraico a través de la acción de la manipulación simbólica. Además, la graficación y la contextualización narrativa fueron instrumentales en el desarrollo del razonamiento algebraico (Borba, Engelbrecht & Llinares, 2021). Furthermore, el entorno proporcionó elementos de retroalimentación inmediata, gamificación y monitoreo continuo utilizando análisis de aprendizaje (Hershkovitz, 2024).

Para mejorar la accesibilidad y usabilidad, el entorno fue diseñado en una plataforma web responsiva, que es compatible con dispositivos móviles y de escritorio. Cuenta con una interfaz intuitiva tanto para estudiantes como para docentes (Saat, Alias & Saat, 2024)..

La implementación del estudio se diseñó en ocho fases progresivas:

1. Diagnóstico inicial: Se administró una prueba de diagnóstico de álgebra para determinar el nivel base de los estudiantes en ambos grupos (Koyunkaya & Dede, 2024).
2. Diseño del entorno digital: el desarrollo de contenido, ejercicios y módulos narrativos se basa en los hallazgos de la evaluación diagnóstica y los estándares curriculares nacionales.
3. Validación del entorno: revisión de contenido por jueces especializados en la didáctica de las matemáticas y tecnologías educativas (Bray, 2017).

4. Evaluación inicial: se administró una prueba estandarizada de álgebra y una escala de pensamiento crítico para establecer la línea base.
5. Aplicación de la intervención: El grupo experimental utilizó el entorno digital durante 10 sesiones integradas, además de sus clases regulares de matemáticas.
6. Observación sistemática y registros digitales: se utilizaron registros digitales y observaciones en clase para identificar y analizar patrones de interacción.
7. Prueba Post: se administró la misma prueba estandarizada y escala de pensamiento crítico a ambos grupos.
8. Entrevistas y grupos focales: la recolección de datos cualitativos para triangular e interpretar los hallazgos (García Jiménez et al., 2021).

Este proceso asegura la replicabilidad, el control de variables pedagógicas y la adecuación contextual.

Se emplearon instrumentos cuantitativos y cualitativos que habían sido previamente validados. Las pruebas de álgebra estandarizadas fueron elaboradas y validadas por expertos en base al currículum oficial y tuvieron un índice de confiabilidad superior a 0.85 (Sadik, 2008).

Para evaluar el pensamiento crítico, se calculó la consistencia interna de los instrumentos internacionales adaptados ($\alpha = 0.88$) y se utilizó una escala Likert de cinco puntos. Los cuestionarios de Percepción del Entorno Digital examinaron Usabilidad, Motivación, Relevancia y Auto-confianza Matemática (Saat, Alias & Saat, 2024).

Los datos cualitativos fueron obtenidos en entrevistas semiestructuradas con estudiantes seleccionados, las cuales se centraron en su experiencia con el entorno, las emociones, los aprendizajes que percibieron y sus sugerencias (Şen, 2024). Los grupos focales daban la oportunidad de extender la discusión sobre el impacto del storytelling en la comprensión algebraica (Lucena Rodríguez et al., 2021).

Los registros de uso creados por el sistema fueron cruciales para el análisis interpretativo (Hershkovitz, 2024), ya que permitieron la cuantificación de interacciones, rutas de resolución de problemas, tiempo empleado y patrones y frecuencia de errores..

Los datos cuantitativos fueron procesados mediante estadística descriptiva y estadística inferencial (t de Student, ANCOVA) considerando el nivel de significancia $p < 0.05$ (Engelbrecht & Borba, 2024).

El tamaño del efecto (d de Cohen) también se calculó para medir la magnitud de las diferencias entre la prueba inicial y la prueba final. Los resultados se discutieron en el contexto de su relevancia educativa, además de su significancia estadística (Mairing, 2021).

Los datos cualitativos se analizaron a través de la codificación temática utilizando el software NVivo y se utilizaron triangulación cruzada y análisis de contenido para validar los hallazgos (Plano Clark e Ivankova, 2016). El uso de codificación axial facilitó el descubrimiento de conexiones entre estructuras narrativas recurrentes y los resultados de datos cuantitativos..

El estudio se llevó a cabo de acuerdo con los principios de la Declaración de Helsinki y las pautas nacionales sobre investigación educativa. A cada participante se le presentó el formulario de consentimiento informado, que detallaba la confidencialidad y la anonimidad (Sadik, 2008).

El acceso a los datos se limitó al equipo de investigación, y los datos se almacenaron en servidores encriptados. Los estudiantes fueron informados de sus derechos y de la naturaleza voluntaria de su participación, que incluía el derecho a retirarse en cualquier momento sin consecuencias académicas (Hershkovitz, 2024).

Se obtuvo la aprobación del comité de ética de la institución educativa y se realizó una auditoría interna sobre los instrumentos y procesos que se utilizaron.

Uno de los principales alcances del estudio es su contribución al diseño e implementación de entornos digitales interactivos integrados con storytelling como medio para mejorar el aprendizaje

algebraico y el pensamiento crítico en contextos de educación secundaria (Ulutaş et al., 2022).

No obstante, se debe reconocer que existen algunas limitaciones significativas: el muestreo no probabilístico significa que los resultados no pueden ser generalizados; la duración de la intervención (10 semanas) probablemente solo haya capturado el corto plazo, y la dependencia de la infraestructura tecnológica puede haber influido en la participación de algunos estudiantes (Bray, 2017).

Las variables individuales diferenciales, particularmente en habilidades digitales preexistentes y actitudes hacia la tecnología, son factores adicionales no mitigados que probablemente influyeron en los resultados, a pesar de los esfuerzos metodológicos por controlarlas (Egara, Mosia & Nannim, 2025). Estos problemas plantean desafíos significativos.

A pesar de estas limitaciones, el estudio ofrece hallazgos significativos y evidencia empírica que pueden orientar futuras intervenciones educativas con base en tecnologías emergentes y enfoques narrativos en la enseñanza de las matemáticas.

Resultados

Las estadísticas descriptivas para las puntuaciones de álgebra en la prueba preliminar y la prueba final en los grupos experimental y de control se encuentran en la tabla 1 (media, desviación estándar, rango).

Tabla 1. *Estadísticas descriptivas del rendimiento en álgebra (prueba preliminar / prueba final)*

Grupo	Momento	N	Media	Desv. Est.	Mín	Máx
Experimental	Prueba preliminar	40	52.4	8.15	35	68
	Prueba final	40	65.75	7.2	50	78
Control	Prueba preliminar	40	51.9	7.9	36	67
	Prueba final	40	57.3	8.5	40	70

El grupo experimental progresó significativamente más del pretest al posttest (media de 52.40 a 65.75) mientras que el grupo de control tuvo un aumento más modesto (de 51.90 a 57.30). Esto implica que el uso de un entorno de aprendizaje interactivo digitalmente mejorado con una narrativa y retroalimentación podría haber mejorado significativamente el aprendizaje de álgebra en comparación con el enfoque tradicional.

Para cada grupo, se realizó una prueba *t* para muestras relacionadas. En el grupo experimental, la diferencia observada fue significativa ($t = 12.45$, $p < 0.001$) con un tamaño del efecto grande ($d = 1.50$). En el grupo de control, la mejora también fue significativa ($t = 4.10$, $p < 0.001$), aunque el tamaño del efecto fue moderado ($d = 0.65$). Además, se llevó a cabo un ANCOVA controlando por la prueba preliminar, y el resultado mostró un efecto significativo de la intervención ($F(1,77) = 25.60$, $p < 0.001$), lo que significa que las diferencias post no pueden ser explicadas solo por las puntuaciones de la prueba preliminar.

Estos hallazgos están en línea con las intervenciones de tecnología educativa en álgebra en otros contextos. Por ejemplo, Bokhove (2012) informó efectos positivos en el desarrollo de habilidades algebraicas de estudiantes de entre 17 y 18 años en los Países Bajos como resultado del uso de un entorno digital.

Investigaciones recientes, sin embargo, han señalado la importancia de una integración tecnológica bien diseñada como un factor determinante para resultados superiores en matemáticas (Engelbrecht & Borba, 2024). Dentro de la esfera más amplia de la tecnología educativa, la literatura menciona que la efectividad de la integración tecnológica tiende a depender de su calidad (St. Omer et al., 2025).

El análisis de entrevistas semi-estructuradas y grupos focales con 12 estudiantes del grupo experimental dio lugar a la aparición de varias categorías clave (ver Tabla 2). El Gráfico 2 muestra la frecuencia de citas por categoría (el porcentaje de estudiantes que mencionaron la categoría) para ilustrar esto.

Tabla 2. *Categorías emergentes del análisis cualitativo*

Categoría	Descripción breve	Frecuencia (%)
Motivación / Entusiasmo	Los estudiantes mostraron un interés creciente en las actividades	83%
Claridad Conceptual	Los usuarios señalaron que la representación visual les ayudó	75%
Retroalimentación Oportuna	Dijeron que la retroalimentación inmediata les ayudó a rectificar errores	67%
Caminos de Solución Alternativos	Dijeron que poder usar diferentes enfoques era útil	58%
Dificultades Tecnológicas	Algunos se refirieron a problemas de conexión y lentitud	42%

La categoría que más destacó fue motivación / entusiasmo, mencionada como refiriéndose al aspecto transformador por el 83% de los encuestados. Un buen número de estudiantes afirmaron que el entorno digital era “más atractivo” que los ejercicios tradicionales y que los problemas contextualizados a través de la narración les parecían coherentes. Esto se alinea con la literatura, ya que el uso de narrativas digitales como estrategia educativa puede mejorar la atención y el compromiso de los estudiantes (Lucena Rodríguez et al., 2021).

La tasa de respuesta del 75 % en la categoría conceptual de claridad es significativa. Los estudiantes informaron que las representaciones gráficas interactivas y las manipulaciones simbólicas les ayudaron a internalizar los significados de ecuaciones y expresiones. Esta apreciación se relaciona con las investigaciones que han señalado el uso de las herramientas visuales y manipulativas digitales en el desarrollo matemático y el trabajo que estas herramientas realizadas en el medio digital pueden desempeñar en la reducción de la carga cognitiva (St. Omer et al., 2025).

La categoría el uso de la retroalimentación oportuna fue citada en 67 %. Varios de los estudiantes manifestaron que las indicaciones o las correcciones en tiempo real mientras se realizaba un ejercicio les resultaban útiles para plantear la reestrategización y para evitar errores que con frecuencia se presentaban. La importancia de la retroalimentación automática como un elemento digital de mejora en el pseudo entorno digital ha sido ampliamente declarada (Decker-Woodrow et al., 2023).

La categoría de rutas alternativas de solución (58 %) hace alusión a que los estudiantes apreciaron la posibilidad de poder elegir y explorar diferentes caminos para poder llegar a una misma solución, lo que contribuyó en el razonamiento metacognitivo y el desarrollo del pensamiento crítico. Finalmente, las dificultades tecnológicas (42 %) fue una limitación mencionada: problemas de conectividad, latencia o los dispositivos que de forma ocasional resultaban en problemas de la experiencia.

Todos estos hallazgos, al igual que los hallazgos cuantitativos, brindan una posible explicación de por qué los estudiantes obtuvieron un mayor rendimiento: el entorno favoreció la motivación, el concepto de mejora en la aclaración y se proporcionó un feedback instantáneo en el proceso de corrección de errores.

Al comparar los hallazgos cuantitativos y cualitativos, hay alineaciones notables. El aumento significativo en el rendimiento del grupo experimental está en correlación con los temas emergentes de motivación, claridad conceptual y retroalimentación como lo informaron los estudiantes. En otras palabras, los aumentos numéricos positivos probablemente no ocurrieron simplemente por azar, y están probablemente impulsados por los factores subjetivos mencionados.

Sin embargo, también hay discrepancias. La evaluación cuantitativa indica mejoras generales, pero la categoría cualitativa de "desafíos relacionados con la tecnología" sugiere que algunos estudiantes experimentaron desafíos que, en cierta medida, disminuyeron la magnitud del impacto. La falta de alineación en estos hallazgos sugiere que, con respecto a las condiciones, el rendimiento podría haber sido aún mejor si los aspectos técnicos hubieran sido más refinados.

La literatura hace notar los paralelismos: “Bokhove (2012), por ejemplo, al trabajar con álgebra, indicó que la variabilidad de los efectos de las intervenciones digitales, también, por la fiabilidad técnica del entorno”

En la misma línea, las “Drijvers y Sinclair (2024), citados en St. Omer et al. (2025), en obras de tecnología educativa, señalan que, por la integración pedagógica, más que por la inclusión de tecnología, se obtienen los efectos positivos”.

Adicionalmente, “sin soporte pedagógico, los efectos de intervenciones digitales como ASSISTments en matemáticas son, también, WestEd (2023) de largo plazo, sostenidos a”.

En nuestro estudio, la mejora del grupo de control, aunque menor, sugiere que incluso con recursos digitales más sencillos se pueden implementar prácticas tradicionales y avanzar, aunque con menor alcance, es evidente, de impacto comparativo.

Por lo tanto, la interpretación integrada señala que la intervención digital, además de la motivación, de lo metacognitivo, de lo estructural y de lo que se percibió como positivo, influyó en lo metacognitivo.

Centralmente, los hallazgos son los que siguen:

En el test de álgebra, el grupo experimental supera, en el aprendizaje, al control de manera significativa, lo que, por el entorno digital, implica que las narrativas y la retroalimentación incrementan, Bokhove, 2012, el aprendizaje.

La mejora significativa se mantiene tras el control del nivel inicial por ANCOVA, lo que reafirma la validez del efecto de la intervención.

Entrevistas y grupos focales constatan que motivación, clarificación conceptual y retroalimentación automática de los sistemas de feedback se consideran los elementos centrales del impacto del entorno.

La búsqueda de rutas alternativas fomentó el pensamiento crítico y la auto reflexión respecto a las propias estrategias.

La experiencia fue parcialmente limitada por algunos obstáculos tecnológicos, lo que indica que el efecto observado pudo haberse subestimado.

En cuanto a la hipótesis, ambos tipos de datos, cuantitativos y cualitativos, la sostienen: el entorno digital interactivo mejoró el rendimiento en álgebra y promovió el pensamiento crítico. Las aportaciones educativas sugieren que la integración de una tecnología desto se debe planificar no solamente con una aproximación digital, sino también con un andamiaje pedagógico, con una buena narrativa y con la infraestructura necesaria.

En investigaciones futuras se sugiere la replicación del estudio con un aumento en el tamaño de la muestra, una extensión del tiempo de la intervención, y la implementación de diferentes tratamientos en el diseño narrativo para poder identificar los elementos más eficaces. Asimismo, sería pertinente estudiar el impacto que el nivel de las competencias digitales previas el moderar los efectos. En su conjunto, estos resultados aportan evidencia empírica que strengthens.

Discusión

El análisis de los resultados cuantitativos indica que los alumnos del grupo experimental que accedió al entorno digital interactivo obtuvo un avance considerable en su rendimiento en álgebra. La media de los resultados del grupo experimental en álgebra fue considerablemente superior a la media del grupo de control. Esto confirma la hipótesis de que un entorno que incorpora elementos narrativos, feedback instantáneo y múltiples enfoques en la resolución de problemas, facilita el aprendizaje de álgebra y potencia el razonamiento crítico. Este efecto corresponde a la idealización de que la tecnología integra y transforma la enseñanza de las matemáticas (Engelbrecht & Borba, 2024). No se trata solo de la incorporación de herramientas digitales, sino de un enfoque pedagógico articulado que permita su uso didáctico intencional y constructivo.

También destaca que la intervención mantuvo la significancia tras el control del pretest (ANCOVA), lo cual sugiere que el efecto no se debe solamente a las diferencias en las variables de ámbito inicial.

En cuanto a la innovación pedagógica, estos resultados se enmarcan en el uso de tecnología de punta en el sistema de “clase redefinida”, el cual promueve un aprendizaje activo, más personalizado y crítico (Engelbrecht & Borba, 2024).

Sin embargo, la existencia de informes que detallan problemas técnicos (latencia, problemas de conexión, dominio digital variado) sugiere que la efectividad del entorno está mediada por las condiciones contextuales presentes en el contexto educativo. Los estudiantes expresaron motivación, claridad conceptual y pensamiento reflexivo en torno a las estrategias, atribuibles al entorno, pero también señalaron los obstáculos técnicos que podrían haber limitado su rendimiento. Esta es una matiz importante: el potencial transformador innovador de la pedagogía impulsada por las tecnologías emergentes que usted propone depende tanto del diseño del entorno como de la infraestructura disponible.

Los hallazgos son coincidentes con trabajos recientes que reportan el uso de herramientas digitales interactivas y el posterior aumento del rendimiento de los estudiantes en matemáticas. Un caso de estos Joshi (2025), donde se documentan resultados positivos en el logro matemático de los estudiantes de 15 años. Otro caso se encuentra en el ámbito de la enseñanza web-basada, donde Akin (2022) también encontró que la urgencia de la computadora sobre la enseñanza tradicional era un modo más eficaz.

Enfocándose en el uso de GeoGebra, Putri et al. (2023) exhibieron que el aprendizaje apoyado por GeoGebra mejora el rendimiento en conceptos como sistemas de coordenadas. Además, estudios recientes han investigado el uso de GeoGebra en límites y continuidad y mostraron que su integración con enfoques multi-sistémicos mejora la visualización y comprensión (Munyaruhengeri, J. P. et al., 2023).

No obstante, hay una ligera divergencia del estudio sobre el impacto de GeoGebra en la enseñanza y el aprendizaje de la geometría (Gurmu, F., & Tuge, C. 2024), que propone que las mejoras también se relacionan con la experiencia previa del profesor y el nivel de formación tecnológica. En su diseño, se tuvo en cuenta la formación del profesor, pero los resultados sugieren que la formación local podría aún necesitar algunos ajustes. El impacto de GeoGebra también muestra divergencia al examinarlo dentro de regiones

geográficas: un estudio de integración de GeoGebra en escuelas secundarias informó que su impacto depende principalmente de la competencia tecnológica del profesor y el contexto institucional (Marange, I. Y., & Tatira, B. 2025).

En cuanto a metodologías, tus métodos mixtos con un enfoque cuasi-experimental complementado con investigación cualitativa son congruentes con los estándares en la investigación de tecnología educativa; sin embargo, en muchos estudios aliados, el enfoque es únicamente cualitativo o cuantitativo. Tu selección implica una perspectiva más rica, aunque requiere más esfuerzo en términos de la integración de los diversos conjuntos de datos.

Implicaciones cambiadas a educación práctica.

Desde la pedagogía, las conclusiones apuntan en el sentido de que la tecnología en las aulas no es un fin, sino un medio. La planificación debe contemplar narrativas, retroalimentación asincrónica, y rutas de aprendizaje a la tecnología en las aulas. Esto implica que los equipos de diseño curricular deben trabajar mancomunadamente con diseñadores instruccionales y especialistas en didáctica de las TIC. En tu estudio podríamos decir que la estrategia diseñada es una estrategia que puede y debe ser incorporada al currículo de álgebra como un material curricular y no como un material extra.

Por otra parte, las universidades y las autoridades educativas podrían pensar en la elaboración de infraestructuras tecnológicas (conectividad, dispositivos, etc.) que sean de infraestructuras para que los entornos digitales funcionen de manera eficiente. Esto, sumado a que los resultados apuntan a que las apuestas pedagógicas y el uso de la tecnología deben estar en la docencia.

Como pasos recomendados para futuros estudios, propongo estudios en áreas rurales o regiones con infraestructuras menos desarrolladas, anécdotas con diferentes diseños narrativos (por ejemplo, historias localizadas versus universales), y diseños longitudinales que evalúen si los efectos persisten a lo largo del tiempo. Además, se podría investigar el efecto de moderación de entornos interactivos en los perfiles tecnológicos preexistentes de los estudiantes.

Contribuciones al campo de las matemáticas en realidad aumentada.

Aunque tu investigación no se centró en realidad aumentada y virtual (AR/VR), tus hallazgos impactan el campo interdisciplinario en que demuestran que los entornos digitales interactivos con narrativas orientadas a un propósito y bucles de retroalimentación pueden servir como plataformas fundamentales que evolucionan para ofrecer experiencias inmersivas. Por ejemplo, el enfoque que propones puede aplicarse a entornos AR en los que los estudiantes "son" representaciones algebraicas mientras resuelven problemas con representaciones variables superpuestas sobre el mundo real (Chulpongsatorn et al., 2023).

Además, tu investigación subraya la necesidad de un diseño basado en evidencia de herramientas AR para la enseñanza de las matemáticas, especialmente señalando la apreciación de los estudiantes por la claridad conceptual, la motivación y la exploración de múltiples caminos, que son atributos clave que AR debería poder ofrecer. Por ejemplo, AR tiene el potencial de mejorar el control intuitivo sobre la manipulación guiada simultánea de símbolos y representaciones visuales, aliviando así algunas de las limitaciones de los entornos tecnológicos basados en la web.

Estos tipos de estudios también contribuyen a la teoría “humanos-con-medios” propuesta por Engelbrecht et al. (2024) al demostrar cómo los medios digitales —no meramente como una herramienta pasiva sino como un actor co-agente en la narrativa— co-construyen el conocimiento matemático. En ese sentido, tu propuesta, en cierta medida, se alinea con esfuerzos recientes que redefinen el aula de matemáticas como un ecosistema híbrido de mediación tecnológica crítica en cierta medida.

En el caso de la discusión de tus resultados, es seguro decir que tu trabajo no solo confirma la hipótesis original, sino que también proporciona valiosas ideas hacia el diseño de entornos digitales innovadores para la enseñanza de las matemáticas, así como nuevas y prometedoras maneras de unirlo con la Realidad Extendida.

Conclusiones

El objetivo de este estudio de investigación fue diseñar, implementar y evaluar un entorno digital interactivo y cómo integró componentes narrativos, visuales y de respuesta inmediata para mejorar el aprendizaje de álgebra en estudiantes de secundaria. Al mismo

tiempo, este entorno tuvo la intención de promover el pensamiento crítico y las habilidades de resolución de problemas. Cada uno de los objetivos propuestos fue cumplido, y los resultados empíricos permitieron formular conclusiones significativas y contribuyen a los campos de la educación matemática y el desarrollo de estrategias pedagógicas utilizando tecnología emergente.

Los datos cuantitativos mostraron mejoras estadísticamente significativas en el rendimiento algebraico de los estudiantes del grupo experimental que utilizaron el entorno digital en comparación con los estudiantes del grupo de control que recibieron enseñanza convencional. Esta diferencia estadísticamente significativa se apoyó aún más en el alto tamaño del efecto, lo que significa que la diferencia fue prácticamente significativa, lo que habla de la efectividad educativa del entorno digital. Las evaluaciones de los otros objetivos pedagógicos, a saber, el impacto del entorno en las habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas mostraron ganancias significativas, especialmente en las áreas de formulación de hipótesis, análisis de múltiples estrategias y autorregulación cognitiva.

Bajo el enfoque cualitativo, se pudo concluir a partir de entrevistas y grupos focales, que los estudiantes valoraron positivamente el sentido de narración, la estructura y la representación visual dinámica del entorno, y la posibilidad de la exploración de rutas alternativas de solución. Estos elementos fueron percibidos no solo como aportes a la comprensión de los contenidos algebraicos, sino también como fuentes de motivación y de aprendizaje significativo, situacional y contextual. El conjunto de las estrategias que proporcionaron la retroalimentación continua y el soporte para el tránsito del autodidactismo fueron evaluadas como la posibilidad de la autoevaluación, la detección de errores y la reformulación de estrategias en la solución de problemas.

Las ventajas del entorno digital diseñado se pueden agrupar en tres dimensiones: (1) el avance en el aprendizaje a partir del uso de metodologías activas, (2) la incorporación de habilidades del orden del pensamiento crítico y (3) el aumento de la motivación y del compromiso de los estudiantes frente a la asignatura matemáticas. Estos elementos pueden ser el resultado de la tecnología, de su adecuado uso y la integración de un enfoque pedagógico que incluya al estudiante, problemas reales y narrativas.

Desde la perspectiva de las implicaciones, este estudio presenta un modelo replicable y adaptable para la integración de tecnologías digitales en la enseñanza de matemáticas, que puede ser implementado en varios niveles educativos y contextos geográficos, particularmente en los sistemas escolares de América Latina. También proporciona un punto de partida para otros estudios que pudieran considerar variables intervinientes como el perfil tecnológico de los estudiantes, el papel mediador del docente y el potencial del entorno para escalar a otras ramas del conocimiento matemático.

Como una línea futura de investigación, el estudio sugiere la integración de tecnologías de realidad aumentada y extendida que puedan mejorar el entorno existente y un estudio longitudinal sobre la influencia de las pedagogías digitales en el pensamiento lógico-matemático de los estudiantes y la competencia auto-percebida. En general, este estudio proporciona evidencia de que la innovación pedagógica en la enseñanza del álgebra en el siglo XXI no solo es posible, sino también altamente deseable.

Referencias

- Akin, A. (2022). The effect of web-based instruction on students' mathematics success. *Education and Information Technologies*, 27(1), 621–639. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10776-3>
- Alarcon Burneo, S. N., Basantes Guerra, J. P., Chaglla Lasluisa, W. F., Carvajal Coronado, D. E., Martínez Oviedo, M. Y., Vargas Saritama, M. E., & Bernal Parraga, A. P. (2024). Uso de Recursos Manipulativos para Mejorar la Comprensión de Conceptos Matemáticos Abstractos en la Educación Secundaria. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 1972-1988. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13669
- Alvarez Piza, R. A., Del Hierro Pérez, M. C., Vera Molina, R. M., Moran Piguave, G. D., Pareja Mancilla, S. S., Narváez Hoyos, J. J., & Bernal Parraga, A. P. (2024). Desarrollo del Pensamiento Lógico a través de la Resolución de Problemas en Matemáticas Estrategias Eficaces para la Educación Básica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 2212-2229. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13686

- Alvarez Piza, R. A., Del Hierro Pérez, M. C., Vera Molina, R. M., Moran Piguave, G. D., Pareja Mancilla, S. S., Narváez Hoyos, J. J., & Bernal Parraga, A. P. (2024). Desarrollo del razonamiento en educación básica mediante aprendizaje basado en problemas y lecciones aprendidas de proyectos matemáticos previos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 13998-14014. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14912
- Arequipa Molina, A. D., Cruz Roca, A. B., Nuñez Calle, J. J., Moreira Velez, K. L., Guevara Guevara, N. P., Bassantes Guerra, J. P., & Bernal Parraga, A. P. (2024). Formación Docente en Estrategias Innovadoras y su Impacto en el Aprendizaje de las Matemáticas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 9597-9619. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13111
- Bernal Párraga , A. P., Baquez Chávez, A. L., Hidalgo Jaen, N. G., Mera Alay, N. A., & Velásquez Araujo, A. L. (2024). Pensamiento Computacional: Habilidad Primordial para la Nueva Era . *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(2), 5177-5195. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.10937
- Bernal Párraga , A. P., Garcia , M. D. J., Consuelo Sanchez, B., Guaman Santillan, R. Y., Nivelá Cedeño, A. N., Cruz Roca, A. B., & Ruiz Medina, J. M. (2024). Integración de la Educación STEM en la Educación General Básica: Es-trategias, Impacto y Desafíos en el Contexto Educativo Actual. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 8927-8949. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13037
- Bernal Párraga , A. P., Haro Cedeño, E. L., Reyes Amores, C. G., Arequipa Molina, A. D., Zamora Batioja, I. J., Sandoval Lloacana, M. Y., & Campoverde Duran, V. D. R. (2024). La Gamificación como Estrategia Pedagógica en la Educación Matemática. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 6435-6465. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11834
- Bernal Párraga , A. P., Ninahualpa Quiña, G., Cruz Roca, A. B., Sarmiento Ayala, M. Y., Reyes Vallejo, M. E., Garcia Carrillo, M. D. J., & Benavides Espín, D. S. (2024). Innovation in Early Childhood: Integrating STEM from the Area of Mathematics for Significant Improvement. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 5675-5699. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12779
- Bernal Párraga , A. P., Toapanta Guanoquiza, M. J., Martínez Oviedo, M. Y., Correa Pardo, J. A., Ortiz Rosillo, A., Guerra Altamirano, I. del C., & Molina Ayala, R. E. (2024).

- Aprendizaje Basado en Role-Playing: Fomentando la Creatividad y el Pensamiento Crítico desde Temprana Edad. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 1437-1461. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12389
- Bernal Párraga, A. P., Alcívar Vélez, V. E., Pinargote Carreño, V. G., Pulgarín Feijoo, Y. A., & Medina Garate, C. L. (2025). Pensamiento lógico y resolución de problemas: El uso de estrategias de aprendizaje colaborativo para desarrollar habilidades de razonamiento matemático en contextos cotidianos. *Arandu UTIC*, 12 (1), 360–378. <https://doi.org/10.69639/arandu.v12i1.605>
- Bokhove, C. (2012). Effects of a digital intervention on the development of algebraic expertise. *Computers & Education*, 58(3), 988–999. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.11.009>
- Borba, M. C., Askar, P., Engelbrecht, J., Gadanidis, G., Llinares, S., & Sánchez Aguilar, M. (2020). Digital technology in mathematics education: Research over the last decade. Springer. <https://www.academia.edu/56984969>
- Borba, M. C., Engelbrecht, J., & Llinares, S. (2021). Using digital technology and blending to change the mathematics classroom and mathematics teacher education. En M. C. Borba (Ed.), *Online learning in mathematics education* (pp. 21–42). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80230-1_2
- Borba, M. C., et al. (2023). Advantages and challenges of using digital technologies in mathematical modelling education. *Frontiers in Education*. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1142556>
- Bray, A. (2017). Technology usage in mathematics education research: A systematic analysis. *Computers & Education*, 115, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.07.013>
- Chulpongsatorn, M., Boonsuk, W., & Ruangsuwan, C. (2023). Augmented Math: An interactive augmented reality application for enhancing algebra learning. *Education and Information Technologies*, 28, 10523–10542. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11812-4>
- Clark-Wilson, A., Robutti, O. & Thomas, M. Teaching with digital technology. *ZDM Mathematics Education* 52, 1223–1242 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01196-0>
- Cosquillo Chida, J. L., Burneo Cosios, L. A., Cevallos Cevallos, F. R., Moposita Lasso, J. F., & Bernal Parraga, A. P. (2025). Didactic Innovation with ICT in Mathematics Learning:

- Interactive Strategies to Enhance Logical Thinking and Problem Solving. *Revista Iberoamericana De educación*, 9(1), 269–286. <https://doi.org/10.31876/rie.v9i1.299>
- Decker-Woodrow, J., Asher, M. R., & Tingle, J. B. (2023). Automated feedback and its effects on mathematical thinking: A classroom-based study. *Teaching Mathematics and its Applications*, 42(1), 42–61. <https://doi.org/10.1093/teamat/hrac009>
- Drijvers, P., & Sinclair, N. (2023). The role of digital technologies in mathematics education: purposes and perspectives. (Sin DOI) Recuperado de ResearchGate https://www.researchgate.net/publication/375823347_The_role_of_digital_technologies_in_mathematics_education_purposes_and_perspectives
- Drijvers, P., & Sinclair, N. (2024). The role of digital technologies in mathematics education: Purposes and perspectives. *ZDM – Mathematics Education*. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01535-x>
- Egara, F., Mosia, M., & Nannim, F. (2025). Exploring the impact of digital storytelling on enhancing learners' interest in mathematics. (Sin DOI) Recuperado de ResearchGate https://www.researchgate.net/publication/390208436_EXPLORING_THE_IMPACT_OF_DIGITAL_STORYTELLING_ON_ENHANCING_LEARNERS%27_INTEREST_IN_MATHEMATICS
- Egara, F., Mosia, M., & Nannim, F. (2025). Exploring the impact of digital storytelling on enhancing learners' interest in mathematics. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/390208436>
- Engelbrecht, J., & Borba, M. C. (2023). Recent developments in using digital technology in mathematics education. *ZDM – Mathematics Education*, 55, 525–541. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01530-2>
- Fierro Barrera, G. T., Aldaz Aimacaña, E. del R., Chipantiza Salán, C. M., Llerena Mosquera, N. C., Morales Villegas, N. R., Morales Armijo, P. A., & Bernal Párraga, A. P. (2024). El Refuerzo Académico en Educación Básica Superior en el Área de Matemática. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 9639-9662. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13115
- García Carrillo, M. de J., Bernal Párraga, A. P., Alexis Cruz Gaibor, W., Cruz Roca, A. B., Ruiz Vasco, D. E., Montaña Ordóñez, J.

- A., & Illescas Zaruma, M. S. (2024). Desempeño Docente y la Gamificación en Matemática en Estudiantes con Bajo Rendimiento en la Educación General Básica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 7509-7531. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12919
- García Jiménez, M., Cruz-González, C., & Lucena Rodríguez, C. (2021). Guidelines for the design of educational research through digital storytelling: A methodological alternative in times of confinement. *The International Journal of Design in Society*, 15(1), 1–11. <https://doi.org/10.18848/2325-1328/CGP/v15i01/1-11>
- Guishca Ayala, L. A., Bernal Parraga, A. P., Martínez Oviedo, M. Y., Pinargote Carreño, V. G., Alcívar Vélez, V. E., Pinargote Carreño, V. L., Pisco Mantuano, J. E., Cardenas Pila, V. N., & Guevara Albarracín, E. S. (2024). Integración De La Inteligencia Artificial En La Enseñanza De Matemáticas Un Enfoque Personalizado Para Mejorar El Aprendizaje. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(6), 818-839. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14114
- Gurmu, F., & Tuge, C. (2024). Effects of GeoGebra-assisted instructional methods on students' conceptual understanding of geometry. *Cogent Education*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2379745>
- Gürsoy, G. (2021). Digital storytelling: Developing 21st century skills in science education. *European Journal of Educational Research*, 10(1), 97-113. <https://doi.org/10.12973/eurjer.10.1.97>
- Hernandez-Martinez, P., & Keane, T. (2024). Learning mathematics and its relevance through a digital storytelling assessment task at university. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 56(5), 811–827. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2023.2295895>
- HersHKovitz, A. (2024). Learning analytics in mathematics education: The case of feedback interaction. *ZDM – Mathematics Education*. <https://doi.org/10.1007/s11858-024-01551-5>
- Hwang, S. (2023). Exploring research trends of technology use in mathematics education: Scoping review (1981–2022). *Frontiers in Education*. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1142556>
- Jimenez Bajaña, S. R., Crespo Peñafiel, M. F., Villamarín Barragán, J. G., Barragán Averos, M. D. L., Barragan Averos, M. B., Escobar Vite, E. A., & Bernal Párraga, A. P. (2024).

- Metodologías Activas en la Enseñanza de Matemáticas: Comparación en-tre Aprendizaje Basado en Problemas y Aprendizaje Basado en Proyectos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 6578-6602. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11843
- Joshi, N. (2025). Digital tools and mathematics achievement: An international comparative study. *Computers & Education*, 207, 104587. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104587>
- Koyunkaya, M. Y., & Dede, A. T. (2024). Using different digital tools in designing and solving mathematical modelling problems. *Education and Information Technologies*, 29, 19035–19065. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12577-3>
- Koyunkaya, M. Y., & Dede, A. T. (2024). Using different digital tools in designing and solving mathematical modelling problems. *Education and Information Technologies*, 29, 19035–19065. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12577-3>
- Lucena Rodríguez, C., García Jiménez, M., Massó Guijarro, B., & Cruz González, C. (2021). Digital storytelling in education: A systematic review of the literature. *Review of European Studies*, 13(2), 13. <https://doi.org/10.5539/res.v13n2p13>
- Lucena Rodríguez, C., García-Jiménez, M., Massó-Guijarro, B., & Cruz-González, C. (2021). Digital storytelling in education: A systematic review of the literature. *Review of European Studies*, 13(2), 13. <https://doi.org/10.5539/res.v13n2p13>
- Mairing, N. R. (2021). Enhancing students' mathematical creative thinking skills by using ethnomathematics-based learning. *International Journal of Instruction*, 14(3), 727–742. <https://doi.org/10.29333/iji.2021.14342a>
- Marange, I. Y., & Tatira, B. (2025). In-service mathematics teachers' perceptions of GeoGebra integrative training materials: The case of geometry teaching. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(2), em2588. <https://doi.org/10.29333/ejmste/15958>
- Munyaruhengeri, J. P., Umugiraneza, O., Ndagijimana, J. B., & Hakizimana, T. (2023). Potentials and limitations of GeoGebra in teaching and learning limits and continuity of functions at selected senior four Rwandan secondary schools. *Cogent Education*, 10(2). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2238469>
- Plano Clark, V. L., & Ivankova, N. V. (2016). *Mixed methods research: A guide to the field*. SAGE Publications.

- Putri, D. K. Y., Dewi, I. M. A. A., & Ardhana, I. M. (2023). The effectiveness of GeoGebra-based learning in mathematics. *Journal of Technology and Learning in Education*, 6(2), 92–101. <https://doi.org/10.33578/jtlee.v6i2.8039>
- Saat, N. A., Alias, A. F., & Saat, M. Z. (2024). Digital technology approach in mathematics education: A systematic review. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/384914372>
- Sadik, A. (2008). Digital storytelling: A meaningful technology-integrated approach for engaged student learning. *Educational Technology Research and Development*, 56(4), 487–506. <https://doi.org/10.1007/s11423-008-9091-8>
- Şen, E. Ö. (2024). Creating Digital Storytelling as Digital Materials in Mathematics Education. *Journal of Qualitative Research in Education*, 55-81. <https://doi.org/10.14689/enad.40.1965>
- St. Omer, N., Engelbrecht, J., & Borba, M. C. (2025). Pedagogical integration of technology in mathematics: Success factors and barriers. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12, Article 125. <https://doi.org/10.1057/s41599-025-05475-7>
- Ulutaş, İ., Kılıç-Çakmak, E., Coşgun, A., & Bozkurt, E. (2022). Digital storytelling in early mathematics education. En M. W. D. Heuvel-Panhuizen & S. Elia (Eds.), *STEM, robotics, mobile apps in early childhood and primary education* (pp. 393–413). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-19-0568-1_17
- Walters, L. M., Green, M. R., Goldsby, D., & Parker, D. (2018). Digital storytelling as a problem-solving strategy in mathematics teacher education: How making a math-eo engages and excites 21st century students. *International Journal of Technology in Education and Science (IJTES)*, 2(1), 1-16. (Sin DOI) Recuperado de <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1227054.pdf>
- WestEd. (2023). Examining the Effects of ASSISTments on Middle School Mathematics Achievement. <https://www.wested.org/resource/examining-assistments-on-middle-school-math/>
- Xu, H. (2009). Design of a quasi-experimental study to evaluate educational programs. *Practical Assessment, Research, and Evaluation*, 14(1), Article 2. <https://doi.org/10.7275/qv5d-cw94>
- Zamora Franco, A. F., Bernal Párraga, A. P., García Paredes, E. B., Herrera Lemus, L. P., Camacho Torres, V. L., Simancas Malla, F. M., & Haro Cedeño, E. L. (2024). Estrategias para Fomentar la Colaboración en el Aula de Matemáticas. *Ciencia Latina*

Revista Científica Multidisciplinar, 8(4), 616-639.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12310
ZDM – Mathematics Education. (2024). Mathematics teaching, learning, and assessment in the digital age. ZDM – Mathematics Education, 56, 525–541. <https://doi.org/10.1007/s11858-024-01612-9>