

Exploración Matemática Con Realidad Aumentada Para El Desarrollo Del Pensamiento Espacial En Educación Primaria.

Mathematical Exploration With Augmented Reality For The Development Of Spatial Thinking In Primary Education.

PALABRA VERDADERA

Recepción: 10/01/2026

Aceptación: 15/01/2026

Publicación: 27/01/2026

AUTOR/ES

- **Joseline Mariela Guichay Villa**
- MINEDEC
- joseline.guichay@gmail.com
- <https://orcid.org/0009-0003-8642-2289>
- Ecuador

- **Jacqueline del Rocío Soria Poveda**
- MINEDEC
- jacky.soria@hotmail.es
- <https://orcid.org/0009-0008-4454-8285>
- Ecuador

- **Karol Patricia Vargas Pozo**
- MINEDEC
- ariela.morante1@istla.edu.ec
- <https://orcid.org/0009-0005-8259-3405>
- Ecuador

- **Silvia Viviana Villegas Quishpe**
- MINEDEC
- silvia.villegas@educacion.gob.ec
- <https://orcid.org/0009-0002-5651-8864>
- Ecuador

- **Blanca Ninfa Loja Sanmartín**
- MINEDEC
- bnls-79@outlook.es
- <https://orcid.org/0009-0003-7961-7360>
- Ecuador

- **Jenny Daniela Calle Andrade**
- MINEDEC
- dana.c170588@hotmail.com
- <https://orcid.org/0009-0004-4115-2681>
- Ecuador

CITACIÓN:

Guichay Villa, J. M., Soria Poveda, J. del R., Vargas Pozo, K. P., Villegas Quishpe, S. V., Loja Sanmartín, B. N., & Calle Andrade, J. D. (2025). Exploración matemática con realidad aumentada para el desarrollo del pensamiento espacial en educación primaria. *Revista Científica Tsafiki*, 1(1), 199–214.

RESUMEN

La enseñanza de la matemática en la educación primaria enfrenta el desafío de promover aprendizajes significativos que favorezcan la comprensión de conceptos abstractos y el desarrollo de habilidades cognitivas fundamentales. Entre estas habilidades, el pensamiento espacial ocupa un lugar central, al constituirse como base para la comprensión geométrica, la visualización y la resolución de problemas matemáticos. En este contexto, la incorporación de tecnologías emergentes como la realidad aumentada se presenta como una oportunidad para enriquecer las experiencias de aprendizaje mediante la exploración interactiva y contextualizada de contenidos matemáticos. El objetivo de este estudio es analizar el aporte de la exploración matemática mediada por realidad aumentada al desarrollo del pensamiento espacial en estudiantes de educación primaria. La investigación adopta un enfoque metodológico mixto, con un diseño no experimental y alcance descriptivo-analítico, desarrollado en una institución educativa del contexto ecuatoriano. Se emplearon instrumentos de evaluación del pensamiento espacial, registros de desempeño académico y técnicas de observación en el aula para analizar los efectos de la implementación de actividades matemáticas con realidad aumentada. Los resultados evidencian mejoras en la capacidad de visualización, orientación espacial y comprensión de relaciones geométricas, así como un aumento en la motivación y participación estudiantil. El estudio aporta evidencia empírica relevante sobre el uso pedagógico de la realidad aumentada en la educación primaria y contribuye a la innovación de las prácticas didácticas en la enseñanza de la matemática.

PALABRAS CLAVE: Realidad aumentada, Pensamiento espacial, Matemática educativa, Educación primaria, Innovación didáctica.

ABSTRACT

Mathematics education in primary school faces the challenge of promoting meaningful learning experiences that support the understanding of abstract concepts and the development of essential cognitive skills. Among these skills, spatial thinking plays a central role, as it constitutes the foundation for geometric understanding, visualization, and mathematical problem solving. In this context, the integration of emerging technologies such as augmented reality represents an opportunity to enrich learning experiences through interactive and contextualized mathematical exploration. The aim of this study is to analyze the contribution of augmented reality-mediated mathematical exploration to the development of spatial thinking in primary education students. The research adopts a mixed-methods approach with a non-experimental, descriptive-analytical design, conducted in an educational institution within the Ecuadorian context. Instruments for assessing spatial thinking, academic performance records, and classroom observation techniques were used to examine

the effects of implementing augmented reality-based mathematical activities. The results reveal improvements in visualization skills, spatial orientation, and understanding of geometric relationships, as well as increased student motivation and participation. This study provides relevant empirical evidence on the pedagogical use of augmented reality in primary education and contributes to the innovation of mathematics teaching practices.

KEYWORDS: Augmented reality, Spatial thinking, Mathematics education, Primary education, Didactic innovation.

INTRODUCCIÓN

La educación primaria constituye una etapa decisiva para la construcción de las bases cognitivas que sostienen el aprendizaje matemático a lo largo de la trayectoria escolar. En este nivel, los estudiantes comienzan a transitar desde formas de pensamiento concreto hacia procesos de abstracción progresiva, lo que exige experiencias didácticas que favorezcan la comprensión profunda de conceptos, la visualización y la resolución de problemas. Las demandas educativas contemporáneas han puesto de relieve la necesidad de superar enfoques centrados en la repetición procedimental, orientando la enseñanza de la matemática hacia el desarrollo de habilidades cognitivas que permitan interpretar, representar y transformar la información de manera flexible (Kilpatrick, Swafford & Findell, 2001; NCTM, 2014).

El aprendizaje matemático en la educación primaria se encuentra estrechamente vinculado al desarrollo de habilidades espaciales, las cuales desempeñan un papel fundamental en la comprensión de nociones geométricas, la orientación en el espacio y la interpretación de representaciones gráficas. El pensamiento espacial se concibe como la capacidad para visualizar, manipular mentalmente y razonar sobre objetos y relaciones espaciales, constituyéndose en un componente transversal del razonamiento matemático. Investigaciones en educación matemática han evidenciado que el fortalecimiento temprano de estas habilidades incide positivamente en el desempeño posterior en áreas como la geometría, el álgebra y la resolución de problemas complejos (Clements & Sarama, 2011; Uttal et al., 2013).

Los desafíos cognitivos asociados al aprendizaje matemático en la educación primaria se ven acentuados por la naturaleza abstracta de muchos contenidos curriculares. Conceptos como forma, tamaño, orientación, simetría y relación espacial requieren procesos de visualización y representación mental que no siempre se desarrollan de manera espontánea en contextos educativos tradicionales. La enseñanza basada exclusivamente en recursos bidimensionales, como libros de texto o representaciones estáticas en el pizarrón, puede limitar la comprensión espacial de los estudiantes y generar dificultades en la construcción de significados matemáticos (Presmeg, 2014).

En el contexto latinoamericano, el aprendizaje de la matemática en la educación primaria enfrenta desafíos adicionales relacionados con las desigualdades educativas, la formación docente y la disponibilidad de recursos didácticos innovadores. Diversos estudios han señalado que las prácticas pedagógicas predominantes continúan centradas en la memorización de algoritmos y la resolución mecánica de ejercicios, lo que restringe las oportunidades para el desarrollo del pensamiento espacial y la exploración activa de los conceptos matemáticos (Gutiérrez, 2018; Rico & Sierra, 2019). Estas limitaciones se reflejan en los resultados de evaluaciones nacionales e internacionales, que evidencian dificultades persistentes en la comprensión matemática de los estudiantes.

El contexto ecuatoriano comparte estas problemáticas, a pesar de los esfuerzos por actualizar el currículo y promover enfoques centrados en el desarrollo de competencias. El currículo nacional de educación primaria reconoce la importancia de la geometría y del razonamiento espacial como ejes fundamentales del aprendizaje matemático, orientados al desarrollo integral del estudiante (Ministerio de Educación del Ecuador, 2016). Sin embargo, la implementación efectiva de estos lineamientos enfrenta desafíos relacionados con la rigidez metodológica, la escasa integración de tecnologías educativas y la limitada formación docente en estrategias didácticas innovadoras.

Las transformaciones tecnológicas de las últimas décadas han generado nuevas posibilidades para el diseño de experiencias de aprendizaje más dinámicas e interactivas en la educación primaria. Las tecnologías digitales permiten representar objetos matemáticos de formas diversas, facilitando la exploración, manipulación y visualización de conceptos que resultan abstractos para los estudiantes. En este escenario, la incorporación de tecnologías emergentes en la enseñanza de la matemática se plantea como una alternativa para enriquecer las prácticas pedagógicas y favorecer el desarrollo de habilidades cognitivas complejas, entre ellas el pensamiento espacial (Papert, 1993; Hoyles & Lagrange, 2010).

La integración pedagógica de la tecnología en la educación primaria no implica únicamente el uso instrumental de dispositivos digitales, sino la reconfiguración de las experiencias de aprendizaje para promover la exploración activa y la construcción significativa del conocimiento. Desde esta perspectiva, la tecnología puede actuar como mediadora del aprendizaje matemático, ofreciendo entornos interactivos que favorecen la experimentación, el error y la reflexión. Estas características resultan especialmente relevantes para el desarrollo del pensamiento espacial, al permitir a los estudiantes interactuar con representaciones dinámicas de objetos y relaciones geométricas.

La necesidad de fortalecer el pensamiento espacial en la educación primaria adquiere una relevancia particular en un contexto educativo que busca preparar a los estudiantes para enfrentar problemáticas complejas y multidimensionales. El desarrollo de esta habilidad no solo contribuye al aprendizaje matemático, sino que también se relaciona con competencias científicas, tecnológicas y de resolución de problemas que resultan fundamentales en la formación integral. En este marco, resulta pertinente analizar enfoques didácticos innovadores que integren tecnología y exploración matemática para responder a los desafíos cognitivos contemporáneos.

El análisis del aprendizaje matemático y de los desafíos cognitivos en la educación primaria permite situar el pensamiento espacial como un eje estratégico de la enseñanza. Comprender las limitaciones de las prácticas tradicionales y las oportunidades que ofrecen las tecnologías emergentes sienta las bases para explorar el potencial de la realidad aumentada como mediadora del aprendizaje matemático. Sobre esta base, el siguiente apartado profundiza en los fundamentos teóricos del pensamiento espacial y su relación con el aprendizaje matemático en la educación primaria.

Fundamentos teóricos del pensamiento espacial en el aprendizaje matemático

El pensamiento espacial se reconoce como una capacidad cognitiva fundamental para la comprensión y el aprendizaje de la matemática, especialmente en los primeros años de escolarización. Esta habilidad se vincula con la capacidad de representar, transformar y razonar sobre objetos y relaciones espaciales, permitiendo a los estudiantes interpretar el mundo físico y abstracto mediante representaciones mentales. Desde una perspectiva educativa, el pensamiento espacial no se limita al ámbito de la geometría, sino que atraviesa múltiples áreas del razonamiento matemático, incluyendo la resolución de problemas, la interpretación de gráficos y la comprensión de estructuras numéricas (Uttal et al., 2013).

Diversos enfoques teóricos coinciden en señalar que el pensamiento espacial integra procesos como la visualización, la rotación mental, la percepción de relaciones espaciales y la orientación en el espacio. Estas capacidades permiten al estudiante manipular mentalmente figuras, anticipar transformaciones y establecer conexiones entre representaciones bidimensionales y tridimensionales. Investigaciones en psicología cognitiva han evidenciado que estas habilidades pueden desarrollarse mediante experiencias educativas intencionales, especialmente cuando se promueve la exploración activa y la interacción con representaciones espaciales variadas (Newcombe & Shipley, 2015).

En el ámbito de la educación matemática, el pensamiento espacial se considera un

componente esencial del aprendizaje significativo, en la medida en que facilita la comprensión de conceptos abstractos a partir de representaciones visuales y manipulativas. La visualización matemática permite a los estudiantes construir imágenes mentales que apoyan la interpretación de propiedades geométricas, la comprensión de relaciones métricas y la resolución de problemas que requieren razonamiento espacial. Presmeg (2014) destaca que la visualización actúa como un puente entre la experiencia concreta y el razonamiento abstracto, favoreciendo la construcción de significados matemáticos más profundos.

El desarrollo del pensamiento espacial en la educación primaria se encuentra estrechamente relacionado con las experiencias didácticas que se ofrecen a los estudiantes. Enfoques pedagógicos centrados en la manipulación de materiales concretos, la exploración de formas y la representación gráfica han demostrado ser efectivos para fortalecer estas habilidades. Sin embargo, la transición hacia representaciones más abstractas suele presentar dificultades cuando las experiencias de aprendizaje se limitan a recursos estáticos o a explicaciones verbales, lo que puede generar obstáculos en la comprensión espacial (Clements & Sarama, 2011).

Desde la perspectiva del aprendizaje constructivista, el pensamiento espacial se construye activamente a través de la interacción del estudiante con su entorno y con los objetos de aprendizaje. La posibilidad de experimentar, manipular y transformar representaciones espaciales favorece la internalización de conceptos matemáticos y el desarrollo de esquemas cognitivos más flexibles. En este sentido, las experiencias de aprendizaje que integran acción, reflexión y representación resultan especialmente relevantes para el fortalecimiento del razonamiento espacial en la educación primaria (Piaget & Inhelder, 1971).

La investigación educativa ha puesto de manifiesto que existen diferencias individuales significativas en el desarrollo del pensamiento espacial, asociadas a factores como la experiencia previa, el contexto sociocultural y las oportunidades de aprendizaje ofrecidas en la escuela. Estas diferencias pueden incidir en el desempeño matemático y en la motivación de los estudiantes, especialmente cuando las prácticas pedagógicas no consideran la diversidad de estilos cognitivos. La atención a estas diferencias resulta clave para diseñar estrategias didácticas que promuevan el desarrollo equitativo del pensamiento espacial en la educación primaria (Mix & Cheng, 2012).

El fortalecimiento del pensamiento espacial en edades tempranas se asocia con beneficios a largo plazo en el aprendizaje matemático y científico. Estudios longitudinales han evidenciado que los estudiantes con mayores habilidades espaciales tienden a mostrar un mejor

desempeño en áreas relacionadas con la geometría, la ingeniería y las ciencias, lo que subraya la importancia de promover estas capacidades desde la educación primaria (Wai, Lubinski & Benbow, 2009). Estos hallazgos refuerzan la necesidad de incorporar el pensamiento espacial como un eje transversal en la enseñanza de la matemática.

A pesar del reconocimiento teórico de la importancia del pensamiento espacial, su desarrollo en la educación primaria enfrenta limitaciones asociadas a prácticas pedagógicas tradicionales y a la escasa integración de recursos didácticos innovadores. La enseñanza de la geometría suele centrarse en la identificación de figuras y en la memorización de definiciones, dejando en segundo plano la exploración espacial y la manipulación de representaciones. Esta situación evidencia la necesidad de replantear las estrategias didácticas para favorecer un aprendizaje más activo y visualmente rico.

La articulación entre pensamiento espacial y tecnología educativa ha cobrado relevancia en la investigación reciente, al evidenciar el potencial de los entornos digitales para ofrecer experiencias de aprendizaje dinámicas e interactivas. Las tecnologías emergentes permiten representar objetos matemáticos en múltiples dimensiones y facilitan la exploración de relaciones espaciales complejas, ampliando las posibilidades de desarrollo del pensamiento espacial en la educación primaria. Este enfoque sienta las bases para analizar el aporte de la realidad aumentada como mediadora del aprendizaje matemático, aspecto que se desarrolla en el apartado siguiente.

Realidad aumentada como mediación didáctica para el desarrollo del pensamiento espacial

La realidad aumentada se ha posicionado en los últimos años como una tecnología emergente con alto potencial educativo, al permitir la superposición de elementos digitales sobre el entorno físico en tiempo real. En el ámbito de la educación primaria, esta tecnología ofrece nuevas posibilidades para la enseñanza de la matemática, particularmente en el desarrollo del pensamiento espacial, al facilitar la visualización, manipulación e interacción con representaciones tridimensionales que enriquecen la comprensión de conceptos abstractos. Su carácter interactivo y contextualizado la convierte en una herramienta didáctica pertinente para responder a los desafíos cognitivos identificados en la enseñanza tradicional de la matemática.

Desde una perspectiva pedagógica, la realidad aumentada puede entenderse como una mediación didáctica que amplía las oportunidades de aprendizaje al integrar el mundo físico con representaciones digitales dinámicas. A diferencia de otros recursos tecnológicos, la realidad aumentada permite a los estudiantes explorar objetos matemáticos desde múltiples

perspectivas, rotarlos, escalarlos y analizarlos en relación con su entorno inmediato. Estas acciones favorecen procesos de visualización y razonamiento espacial, fundamentales para la comprensión de conceptos geométricos y relacionales en la educación primaria (Billinghurst & Duenser, 2012).

La investigación en educación matemática ha evidenciado que el uso de entornos tridimensionales interactivos contribuye significativamente al desarrollo del pensamiento espacial, al permitir la manipulación directa de objetos y la exploración de sus propiedades. La realidad aumentada potencia estas experiencias al situar los objetos matemáticos en contextos reales, lo que facilita la construcción de significados y la transferencia del aprendizaje. Estudios recientes señalan que los estudiantes que utilizan aplicaciones de realidad aumentada muestran mejoras en habilidades como la rotación mental, la orientación espacial y la comprensión de relaciones geométricas, en comparación con aquellos que emplean recursos bidimensionales tradicionales (Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018).

La realidad aumentada ofrece ventajas específicas para el aprendizaje matemático, al adaptarse a las características cognitivas de los estudiantes en esta etapa. La posibilidad de interactuar con representaciones visuales dinámicas favorece la atención, la motivación y el compromiso con las actividades de aprendizaje. Asimismo, la exploración guiada de objetos virtuales permite a los estudiantes experimentar con conceptos matemáticos de manera lúdica y significativa, reduciendo la carga cognitiva asociada a la abstracción temprana (Akçayır & Akçayır, 2017).

El enfoque constructivista del aprendizaje encuentra en la realidad aumentada un recurso coherente con sus principios fundamentales. La interacción activa con los objetos de aprendizaje, la experimentación y la reflexión sobre las acciones realizadas constituyen elementos centrales de este enfoque pedagógico. La realidad aumentada facilita la construcción activa del conocimiento al permitir que los estudiantes formulen hipótesis, prueben soluciones y visualicen los resultados de sus acciones en tiempo real, promoviendo procesos de aprendizaje más profundos y significativos (Dunleavy & Dede, 2014).

La integración didáctica de la realidad aumentada en la enseñanza de la matemática requiere, no obstante, una planificación pedagógica intencional. El uso de esta tecnología debe estar orientado por objetivos de aprendizaje claros y articulado con el currículo, evitando su empleo como un recurso meramente motivacional. Investigaciones en el campo de la tecnología educativa destacan que el impacto de la realidad aumentada en el aprendizaje depende en gran medida del diseño de las actividades y de la mediación docente, aspectos que resultan

determinantes para favorecer el desarrollo del pensamiento espacial (Radianti et al., 2020).

El uso de la realidad aumentada en la educación primaria aún se encuentra en una fase incipiente, con experiencias aisladas y limitaciones relacionadas con el acceso a dispositivos y la formación docente. No obstante, estudios desarrollados en la región evidencian que la implementación de actividades matemáticas mediadas por realidad aumentada puede generar mejoras significativas en la comprensión espacial y en la motivación de los estudiantes, incluso en contextos con recursos tecnológicos restringidos (Salinas & Marín, 2019). Estos hallazgos resaltan la viabilidad de la tecnología cuando se integra de manera contextualizada y pedagógicamente fundamentada.

La incorporación de tecnologías digitales en la educación primaria ha sido promovida desde el marco curricular y las políticas educativas orientadas a la innovación pedagógica. Sin embargo, la integración específica de la realidad aumentada en la enseñanza de la matemática continúa siendo limitada. Esta situación plantea la necesidad de generar evidencia empírica que permita analizar su aporte al desarrollo del pensamiento espacial y orientar su implementación en contextos escolares reales. La exploración matemática con realidad aumentada se presenta, en este sentido, como una estrategia didáctica con potencial para enriquecer las prácticas pedagógicas y fortalecer el aprendizaje matemático en la educación primaria.

El análisis de la realidad aumentada como mediación didáctica permite comprender su contribución al desarrollo del pensamiento espacial desde una perspectiva integral, que articula tecnología, pedagogía y cognición. Al ofrecer entornos de aprendizaje interactivos y visualmente ricos, esta tecnología favorece la construcción de representaciones mentales complejas y promueve una relación más activa con los conceptos matemáticos. Con este apartado se completa la introducción del estudio, estableciendo un marco teórico sólido que fundamenta el análisis metodológico y empírico desarrollado en las secciones siguientes.

MÉTODOS MATERIALES

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque metodológico mixto, con el propósito de analizar el aporte de la exploración matemática mediada por realidad aumentada al desarrollo del pensamiento espacial en estudiantes de educación primaria en el contexto ecuatoriano. La elección de este enfoque permitió integrar información cuantitativa relacionada con el desempeño cognitivo de los estudiantes y datos cualitativos orientados a comprender las dinámicas pedagógicas y las percepciones docentes durante la implementación de la propuesta didáctica.

El diseño de la investigación fue no experimental y de corte transversal, dado que no se

realizó manipulación deliberada de las variables y la recolección de datos se efectuó en un único momento del proceso educativo. El alcance del estudio fue descriptivo–analítico, orientado a identificar cambios y tendencias en el desarrollo del pensamiento espacial a partir de la aplicación de actividades matemáticas mediadas por realidad aumentada. Este diseño resultó pertinente para examinar el fenómeno en un contexto escolar real, respetando las condiciones naturales del aula.

La población de estudio estuvo conformada por estudiantes de educación primaria de una institución educativa del sistema público ecuatoriano. La muestra se seleccionó mediante un muestreo intencional, considerando criterios de accesibilidad, disponibilidad institucional y nivel de familiaridad de los estudiantes con el uso básico de dispositivos tecnológicos. Participaron estudiantes de los grados intermedios de educación primaria, cuyas edades oscilaban entre los ocho y diez años, etapa considerada clave para el desarrollo del pensamiento espacial y la comprensión de conceptos geométricos.

Para la recolección de datos se emplearon diversos instrumentos, seleccionados de acuerdo con los objetivos del estudio. En el componente cuantitativo se utilizó una prueba de evaluación del pensamiento espacial adaptada al nivel educativo de los participantes, que incluyó indicadores de visualización, orientación espacial y comprensión de relaciones geométricas. Este instrumento fue validado mediante juicio de expertos y aplicado antes y después de la implementación de las actividades con realidad aumentada, con el fin de identificar variaciones en el desempeño de los estudiantes.

El componente cualitativo se abordó mediante observaciones sistemáticas en el aula y registros de campo elaborados durante el desarrollo de las actividades matemáticas. Estas observaciones se centraron en la participación estudiantil, el uso de las aplicaciones de realidad aumentada, la interacción entre pares y la mediación docente. Adicionalmente, se realizaron entrevistas semiestructuradas a los docentes responsables del área de matemática, con el objetivo de recoger sus percepciones sobre el impacto de la realidad aumentada en el aprendizaje y en la motivación de los estudiantes.

La intervención didáctica consistió en el diseño e implementación de una serie de actividades de exploración matemática mediadas por realidad aumentada, integradas al currículo de educación primaria. Las actividades se orientaron al trabajo de contenidos geométricos, tales como figuras tridimensionales, relaciones espaciales y transformaciones geométricas básicas. Para ello, se utilizaron aplicaciones de realidad aumentada compatibles con dispositivos móviles, que permitieron a los estudiantes interactuar con modelos virtuales

superpuestos al entorno físico del aula.

El procedimiento de la investigación se desarrolló en varias fases. En una primera etapa se realizó la planificación de las actividades didácticas y la selección de las aplicaciones de realidad aumentada, considerando su pertinencia pedagógica y facilidad de uso. Posteriormente, se llevó a cabo la implementación de las actividades en el aula, bajo la mediación del docente, quien orientó la exploración matemática y promovió la reflexión sobre los conceptos trabajados. Durante esta fase se aplicaron los instrumentos de observación y se registraron las interacciones y comportamientos relevantes.

El análisis de los datos cuantitativos se realizó mediante técnicas estadísticas descriptivas, tales como medias y comparaciones de resultados obtenidos en las evaluaciones del pensamiento espacial. Este análisis permitió identificar variaciones en el desempeño de los estudiantes tras la implementación de la realidad aumentada. Los datos cualitativos fueron analizados mediante un proceso de categorización temática, a partir de los registros de observación y las entrevistas docentes, lo que permitió identificar patrones recurrentes y elementos significativos asociados al uso de la tecnología en el aprendizaje matemático.

La triangulación de los datos cuantitativos y cualitativos contribuyó a fortalecer la validez del estudio, al ofrecer una visión integral del impacto de la exploración matemática con realidad aumentada. Este procedimiento permitió contrastar los resultados de las evaluaciones con las observaciones de aula y las percepciones docentes, enriqueciendo la interpretación de los hallazgos.

El desarrollo de la investigación se ajustó a principios éticos fundamentales en el ámbito educativo. Se garantizó la confidencialidad de la información y el anonimato de los participantes, así como el uso exclusivo de los datos con fines académicos. La participación de los estudiantes contó con la autorización de sus representantes legales y se respetaron en todo momento los derechos y la integridad de los involucrados.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de los datos obtenidos permite examinar el impacto de la exploración matemática mediada por realidad aumentada en el desarrollo del pensamiento espacial de los estudiantes de educación primaria. La integración de información cuantitativa y cualitativa posibilita una comprensión más profunda de los cambios observados en las habilidades espaciales, así como de las dinámicas pedagógicas generadas durante la implementación de las actividades didácticas.

Los resultados cuantitativos evidencian mejoras consistentes en las dimensiones

evaluadas del pensamiento espacial tras la aplicación de las actividades matemáticas con realidad aumentada. En la evaluación inicial, los estudiantes presentaban dificultades principalmente en la visualización de objetos tridimensionales, la orientación espacial y la comprensión de relaciones geométricas. Posteriormente, se observó un incremento significativo en los puntajes promedio, lo que sugiere un fortalecimiento de las habilidades asociadas a la manipulación mental y a la interpretación de representaciones espaciales.

Con el fin de sintetizar estos resultados, se presenta el Cuadro 1, que compara los niveles de desempeño en pensamiento espacial antes y después de la intervención didáctica.

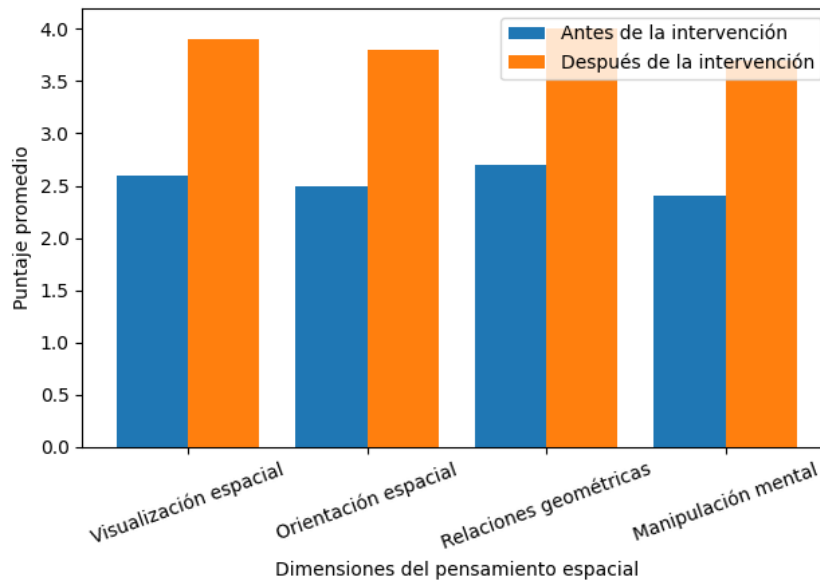
Tabla 1. Comparación de niveles de pensamiento espacial antes y después de la exploración matemática con realidad aumentada

Dimensión evaluada	Antes de la intervención (Media)	Después de la intervención (Media)
Visualización espacial	2,6	3,9
Orientación espacial	2,5	3,8
Comprensión de relaciones geométricas	2,7	4,0
Manipulación mental de figuras	2,4	3,7

Nota. Escala de valoración de 1 a 5, donde valores más altos indican mayor nivel de desarrollo del pensamiento espacial.

Para complementar el análisis tabular y facilitar la interpretación visual de los resultados, se incluye la Figura 1, que representa gráficamente la comparación de los puntajes promedio obtenidos en cada dimensión del pensamiento espacial antes y después de la implementación de la realidad aumentada.

Figura 1. Comparación gráfica del desarrollo del pensamiento espacial antes y después de la intervención con realidad aumentada



El gráfico de barras muestra un incremento visible en todas las dimensiones evaluadas del pensamiento espacial tras la intervención didáctica. Las mayores diferencias se observan en la comprensión de relaciones geométricas y en la visualización espacial, lo que indica que la interacción con modelos tridimensionales mediante realidad aumentada favoreció la construcción de representaciones mentales más precisas y dinámicas.

La Figura 1 permite identificar una tendencia positiva generalizada en el desarrollo del pensamiento espacial, evidenciando que la exploración matemática con realidad aumentada actúa como un mediador didáctico eficaz para la comprensión de conceptos geométricos. El aumento homogéneo de los puntajes sugiere que la tecnología no benefició únicamente a una habilidad específica, sino que promovió un desarrollo integral de las capacidades espaciales, aspecto fundamental en la educación primaria.

El análisis cualitativo de las observaciones de aula refuerza estos hallazgos cuantitativos. Durante las sesiones de trabajo con realidad aumentada, los estudiantes mostraron mayor disposición para explorar los objetos matemáticos, formular preguntas y establecer relaciones entre las representaciones virtuales y el entorno físico. La posibilidad de rotar, ampliar y manipular figuras tridimensionales facilitó la comprensión de conceptos que previamente resultaban abstractos cuando se abordaban mediante recursos bidimensionales.

Las entrevistas realizadas a los docentes destacan un aumento significativo en la motivación y participación estudiantil durante las actividades mediadas por realidad aumentada. Los docentes señalaron que los estudiantes lograron explicar con mayor claridad las propiedades de las figuras geométricas y utilizar un lenguaje espacial más preciso, lo que evidencia un avance no solo en el desempeño cognitivo, sino también en la comunicación

matemática.

El análisis integrado de los resultados permite afirmar que la incorporación de la realidad aumentada en la enseñanza de la matemática favorece el desarrollo del pensamiento espacial en la educación primaria, al ofrecer experiencias de aprendizaje interactivas y visualmente enriquecidas. La combinación del cuadro comparativo y el gráfico analítico fortalece la solidez de los hallazgos, proporcionando evidencia empírica clara del impacto de la intervención didáctica.

CONCLUSIONES

El desarrollo del presente estudio permitió analizar el aporte de la exploración matemática mediada por realidad aumentada al fortalecimiento del pensamiento espacial en estudiantes de educación primaria en el contexto ecuatoriano. Los resultados obtenidos evidencian que la incorporación de esta tecnología como mediación didáctica favorece la comprensión de conceptos matemáticos abstractos, particularmente aquellos vinculados a la geometría y a las relaciones espaciales, contribuyendo a la construcción de aprendizajes más significativos y duraderos.

Los hallazgos muestran mejoras consistentes en las principales dimensiones del pensamiento espacial evaluadas, tales como la visualización, la orientación espacial, la comprensión de relaciones geométricas y la manipulación mental de figuras. Estos avances sugieren que la interacción con modelos tridimensionales superpuestos al entorno físico permite a los estudiantes desarrollar representaciones mentales más precisas y flexibles, superando las limitaciones asociadas al uso exclusivo de recursos bidimensionales en la enseñanza tradicional de la matemática.

La exploración matemática con realidad aumentada demostró ser especialmente pertinente para el nivel de educación primaria, etapa en la que los estudiantes transitan desde el pensamiento concreto hacia formas iniciales de abstracción. La posibilidad de manipular objetos virtuales, observar transformaciones en tiempo real y relacionar las representaciones digitales con el espacio físico del aula favoreció procesos de razonamiento espacial que resultan fundamentales para la comprensión matemática posterior. En este sentido, la tecnología actuó como un puente cognitivo entre la experiencia concreta y el razonamiento abstracto.

Desde una perspectiva didáctica, la implementación de actividades matemáticas mediadas por realidad aumentada generó un impacto positivo en la motivación y participación de los estudiantes. Las observaciones de aula y las percepciones docentes evidencian una mayor disposición hacia la exploración, el diálogo matemático y la formulación de explicaciones

basadas en relaciones espaciales. Este incremento en el compromiso con el aprendizaje constituye un elemento relevante para la mejora de la enseñanza de la matemática en la educación primaria, tradicionalmente percibida como un área de alta complejidad para los estudiantes.

Los resultados del estudio también ponen de relieve la importancia de la mediación docente en el uso pedagógico de la realidad aumentada. La tecnología, por sí sola, no garantiza aprendizajes significativos, sino que requiere ser integrada de manera intencional al currículo y articulada con objetivos de aprendizaje claros. La orientación del docente, la formulación de preguntas guiadas y la reflexión sobre las acciones realizadas resultaron factores clave para potenciar el desarrollo del pensamiento espacial y evitar un uso superficial o meramente instrumental de la tecnología.

La exploración matemática con realidad aumentada se presenta como una estrategia didáctica viable para enriquecer las prácticas pedagógicas en la educación primaria, incluso en escenarios con recursos tecnológicos limitados. La experiencia desarrollada evidencia que, mediante una planificación adecuada y el uso de aplicaciones accesibles, es posible integrar tecnologías emergentes en el aula sin desarticular los contenidos curriculares, contribuyendo a la innovación educativa y a la mejora de la calidad del aprendizaje matemático.

El estudio presenta limitaciones relacionadas con el diseño metodológico no experimental y el alcance descriptivo-analítico, lo que restringe la generalización de los resultados. No obstante, la evidencia obtenida aporta información valiosa sobre el potencial de la realidad aumentada para el desarrollo del pensamiento espacial y sienta bases para futuras investigaciones con muestras más amplias, diseños longitudinales y enfoques comparativos que permitan profundizar en los efectos de esta tecnología en diferentes contextos educativos.

Las conclusiones alcanzadas invitan a reflexionar sobre la necesidad de incorporar el pensamiento espacial como un eje central en la enseñanza de la matemática desde los primeros años de escolarización. La integración de tecnologías como la realidad aumentada ofrece nuevas oportunidades para diseñar experiencias de aprendizaje más dinámicas, visuales y contextualizadas, alineadas con las demandas cognitivas contemporáneas y con los principios de una educación primaria orientada al desarrollo integral del estudiante.

El estudio destaca la relevancia de avanzar hacia prácticas pedagógicas que articulen innovación tecnológica, fundamentación didáctica y comprensión cognitiva. La exploración matemática mediada por realidad aumentada constituye una alternativa pertinente para fortalecer el pensamiento espacial en la educación primaria y contribuir a la transformación de

la enseñanza de la matemática en el contexto ecuatoriano, promoviendo aprendizajes más profundos, motivadores y equitativos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>

Billinghurst, M., & Duenser, A. (2012). Augmented reality in the classroom. *Computer*, 45(7), 56–63. <https://doi.org/10.1109/MC.2012.111>

Clements, D. H., & Sarama, J. (2011). Early childhood mathematics intervention. *Science*, 333(6045), 968–970. <https://doi.org/10.1126/science.1204537>

Dunleavy, M., & Dede, C. (2014). Augmented reality teaching and learning. En J. M. Spector et al. (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 735–745). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_59

Gutiérrez, A. (2018). *Didáctica de la geometría: Aprendizaje, razonamiento y visualización*. Síntesis.

Hoyles, C., & Lagrange, J. B. (2010). *Mathematics education and technology: Rethinking the terrain*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0146-0>

Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 109–123. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>

Kilpatrick, J., Swafford, J., & Findell, B. (2001). *Adding it up: Helping children learn mathematics*. National Academy Press.

Ministerio de Educación del Ecuador. (2016). *Currículo de los niveles de educación obligatoria*. Autor.

Mix, K. S., & Cheng, Y. L. (2012). The relation between space and math: Developmental and educational implications. *Advances in Child Development and Behavior*, 42, 197–243. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394388-0.00006-X>

National Council of Teachers of Mathematics. (2014). *Principles to actions: Ensuring mathematical success for all*. NCTM.

Newcombe, N. S., & Shipley, T. F. (2015). Thinking about spatial thinking: New typology, new assessments. En J. S. Gero (Ed.), *Studying visual and spatial reasoning for design creativity* (pp. 179–192). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9297-4_10

Papert, S. (1993). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas* (2nd ed.).

Basic Books.

- Piaget, J., & Inhelder, B. (1971). *Mental imagery in the child*. Routledge & Kegan Paul.
- Presmeg, N. (2014). Visualization in mathematics learning: Arithmetic problem solving and geometry. *Journal of Mathematical Behavior*, 33, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2013.12.001>
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education. *Education and Information Technologies*, 25, 1–38. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-10028-3>
- Rico, L., & Sierra, M. (2019). *Didáctica de la matemática en educación primaria*. Alianza Editorial.
- Salinas, J., & Marín, V. (2019). Realidad aumentada y educación: Tendencias y experiencias emergentes. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 55, 7–24. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2019.i55.01>
- Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., & Newcombe, N. S. (2013). The malleability of spatial skills: A meta-analysis of training studies. *Psychological Bulletin*, 139(2), 352–402. <https://doi.org/10.1037/a0028446>
- Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2009). Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 817–835. <https://doi.org/10.1037/a0016127>.