

Uso de la realidad aumentada para mejorar la comprensión de contenidos abstractos en educación

How to cite:

Coronel, J., Parra, F., Campos, L., Colcha, S., Vera, K. (2025) Uso de la realidad aumentada para mejorar la comprensión de contenidos abstractos en educación. *Revista Iberoamericana De educación*, 9 (2).

Using augmented reality to enhance understanding of abstract content in education

Utilização da realidade aumentada para melhorar a compreensão de conteúdos abstratos na educação

Jessica Anabel Coronel Carrión
Franklin Rafael Parra Matheus
Leonardo Stalyn Campos Merchán
Sergio Fabián Colcha Ortiz
Kerly Tatiana Vera Navarrete

Abstract: In this study, our objective is to examine the effects of implementing Augmented Reality (AR) on the achievement of learning objectives related to abstract concepts in educational courses such as chemistry, physics, and mathematics, which often present difficulties for students in visualizing complex concepts. The assumption of the study is that AR significantly increases learning, retention, and interest when students can interact with three-dimensional models of phenomena that are abstract or invisible. We assume that students would be able to visualize three-dimensional representations of abstract concepts. It is important to note that AR offered in a certain way can trigger interest in students. As a result, we adopted a concurrent triangulation strategy in which qualitative and quantitative data were collected simultaneously.

Keywords: augmented reality, abstract content, learning, education, curriculum models, academic performance.

Resumen: En este estudio, nuestro objetivo es examinar los efectos de implementar la Realidad Aumentada (RA) en la consecución de los objetivos de aprendizaje relacionados con conceptos abstractos en cursos educativos como química, física y matemáticas, que a menudo presentan dificultades para que los estudiantes visualicen

* Ministerio de Educación del Ecuador
jessica.coronel@educacion.gob.ec
<https://orcid.org/0009-0001-1902-1384>

* Independiente
tecnopedagogicofranklinparra@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0003-6968-4527>

* Universidad ECOTEC
lcamposem@ecotec.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-3588-1023>

* Ministerio de Educación del Ecuador
sergio.colcha@educacion.gob.ec
<https://orcid.org/0009-0000-6147-3715>

* Ministerio de Educación del Ecuador
kerlyt.vera@educacion.gob.ec
<https://orcid.org/0009-0001-5516-6310>

conceptos complejos. La suposición del estudio es que la RA aumenta el aprendizaje, la retención y el interés de manera significativa cuando los estudiantes pueden interactuar con modelos tridimensionales de fenómenos que son abstractos o invisibles. Asumimos que los estudiantes serían capaces de visualizar representaciones tridimensionales de conceptos abstractos. Es importante señalar que la RA ofrecida de una cierta manera puede desencadenar el interés en los estudiantes. Como resultado, adoptamos una estrategia de triangulación concurrente en la que se recopilaron datos cualitativos y cuantitativos simultáneamente.

Palabras Clave: realidad aumentada, contenidos abstractos, Aprendizaje, educación, modelos curriculares, rendimiento académico.

Resumo: Neste estudo, o nosso objetivo é examinar os efeitos da implementação da Realidade Aumentada (RA) na consecução dos objetivos de aprendizagem relacionados com conceitos abstratos em cursos educativos como química, física e matemática, que muitas vezes apresentam dificuldades para os alunos visualizarem conceitos complexos. A suposição do estudo é que a RA aumenta significativamente a aprendizagem, a retenção e o interesse quando os alunos podem interagir com modelos tridimensionais de fenómenos que são abstratos ou invisíveis. Partimos do princípio de que os alunos seriam capazes de visualizar representações tridimensionais de conceitos abstratos. É importante ressaltar que a RA oferecida de uma determinada maneira pode despertar o interesse dos alunos. Como resultado, adotamos uma estratégia de triangulação simultânea na qual dados qualitativos e quantitativos foram coletados simultaneamente.

Palavras-chave: realidade aumentada, conteúdos abstratos, aprendizagem, educação, modelos curriculares, desempenho académico.

INTRODUCCIÓN

La comprensión abstracta es un desafío en el entorno educativo actual, particularmente para las materias de ciencias naturales y matemáticas. La relatividad de la tecnología aumentada es capaz de motivar y desencadenar cambios dentro del sector educativo, especialmente debido a su posibilidad de proyectar objetos virtuales

en el mundo real. En la educación moderna, los estudiantes requieren más que la enseñanza estándar además del aprendizaje mecánico. La investigación sobre los efectos de implementar RA en el aprendizaje de diversas disciplinas indica un aumento de la motivación y mayores niveles de compromiso, gracias al uso de metodologías de enseñanza activa e inmersivas (sic).

La realidad aumentada (RA) ha sido virtualmente ignorada por los educadores en el mundo latino, y la escasa información proveniente del contexto anglo ha presentado avances significativos perjudicando la potencia pedagógica de la RA. Los estudios han señalado cómo los estudiantes están motivados por la capacidad de interactuar libremente y visualizar formas abstractas con formas 3D que representan estas formas. Los estudiantes en matemáticas y ciencias han citado tener más calificaciones cuando usan herramientas 3D.

Urbina López, Alulema Guaman y García Cuenca (2024) realizaron un estudio experimental en instituciones ecuatorianas donde integraron la RA en la enseñanza de ciencias naturales y encontraron mejoras significativas en la motivación, participación y habilidades cognitivas de los aprendices, así como una actitud más favorable hacia el aprendizaje para autoenseñarse. Asimismo, Cabascango-Travez (2023) señaló que el uso de la RA en la educación secundaria mejora la comprensión del contenido abstracto como las estructuras moleculares o fenómenos físicos y mejora la retención del conocimiento y la participación activa de los estudiantes.

En la enseñanza de la matemática, Moya Carrera (2023) indicó que el uso de aplicaciones móviles con RA mejora el aprendizaje de funciones, geometría espacial y álgebra, lo que fomenta la motivación intrínseca y el aprendizaje significativo. Tales hallazgos están de acuerdo con los reportados por Barroso (2022), quien concluyó que los entornos inmersivos creados por la RA permiten la representación visual y práctica de conceptos abstractos, mejorando la comprensión de la interrelación entre teoría y práctica.

En el contexto educativo de la realidad aumentada (RA), García-Holgado et al. (2021) llevaron a cabo una revisión sistemática utilizando la base de datos Scopus y concluyeron que la RA no solo mejora la comprensión conceptual, sino que también potencia las habilidades metacognitivas y la autorregulación del aprendizaje. Asimismo, Radu (2022) señaló que la RA aumenta la motivación del aprendiz porque ofrece a materias complejas una rica interactividad con el contenido.

Además, dentro del ámbito de la inclusividad, López-Belmonte et al. (2022) han destacado cómo la RA puede ser efectiva para abordar la

diversidad en el aula, ya que permite múltiples formas de representación y un acceso equitativo al conocimiento. En términos metodológicos, Martínez et al. (2021) enfatizaron cómo el diseño de instrucción en el aula que integra la tecnología RA es efectivo considerando la alineación curricular y las estrategias de enseñanza activa que se deben emplear, ya que los objetivos establecidos para la instrucción determinan la utilidad de la Integración de Tecnología en la Educación (ITE).

Al estudiar de manera transversal, se aprecia que la Realidad Aumentada (RA) mejora la experiencia de aprendizaje cuando se implementa con un enfoque constructivista. Chen et al. (2023) y Santos et al. (2022) coincidieron en que la RA no solo ayuda a entender conceptos abstractos, sino que también apoya y promueve el aprendizaje colaborativo y el pensamiento crítico.

En la pedagogía contemporánea, el uso de tecnologías educativas emergentes como la Realidad Aumentada (RA) está ganando impulso por su inmenso potencial para ayudar a la comprensión de materias complejas como las ciencias y las matemáticas. La RA crea un entorno inmersivo que mejora la visualización, la interacción y la construcción de conceptos, promoviendo así un aprendizaje significativo para estudiantes de educación primaria y secundaria.

Numerosos estudios han demostrado que el uso de la realidad aumentada (RA) en el aula mejora la comprensión de fenómenos científicos complejos y cultiva el pensamiento crítico. Bernal Párraga et al. (2025) realizaron un estudio sobre la integración de la RA y el aprendizaje basado en proyectos (ABP) en la enseñanza de las ciencias naturales, determinando que esta mezcla mejora la comprensión científica y la motivación de los estudiantes en los niveles primarios de educación. Siguiendo la misma línea, Bernal Párraga et al. (2024) mostraron que estrategias innovadoras como el juego de roles, aplicadas desde temprano, fomentan la creatividad y la comprensión conceptual a través de un enfoque experiencial.

Además, estudios más recientes como el realizado por Álvarez Piza et al. (2024) enfatizan la importancia de desarrollar el pensamiento lógico a través de la resolución de problemas como fundamental para la comprensión de contenido abstracto, señalando que el diseño de estrategias activas acopladas con tecnología fortalece la independencia y el razonamiento en matemáticas. Además, Alarcón Burneo et al. (2024) estudiaron el uso de recursos manipulativos en la educación secundaria y encontraron que su uso facilita la construcción de significado en torno a ideas matemáticas complejas.

Se argumenta que la RA sirve como un medio efectivo para trasladar esta manipulación a un espacio digital tridimensional.

En conjunto, estas evidencias justifican la exploración de la realidad aumentada como recurso pedagógico en el aula, no solo como un material gráfico, sino como un motor de metodologías activas en pro de un aprendizaje profundo, inclusivo y contextual.

Para resumir, la realidad aumentada ha mostrado en la literatura científica su utilización como una herramienta activa en el abordaje de contenidos abstractos de forma efectiva siempre y cuando su uso se realice de forma planificada, contextualizada y didácticamente adecuada. Estas evidencias justifican la pertinencia de este estudio que pretende evaluar el uso de la realidad aumentada en la enseñanza de conceptos considerados como difíciles de comprender en la educación media.

Sin despreciar asombrado los avances tecnológicos y las evidencias en el uso de la RA, su aplicación para enseñar conceptos abstractos todavía enfrenta importantes retos. Algunos de estos son la falta de disponibilidad de equipamiento tecnológico, la escasa formación docente y la escasa multidimensionalidad curricular de estos recursos. Por tanto, se hace necesario investigar cómo puede la realidad aumentada ser aplicada en la enseñanza de diversos contenidos abstractos a distintos contextos educativos.

El estudio se justifica dentro de las teorías del aprendizaje que se consideran constructivistas, esto es, que aprecian la activa participación del estudiante en el proceso como un componente clave en la construcción del conocimiento. Con la RA, la interacción con los objetos virtuales al ser manipulados y explorados dentro de un contexto real, propicia un aprendizaje más significativo y contextual. Se apoya también en estudios previos que muestran el impacto positivo de la RA en la comprensión de conceptos complejos y en la motivación de los estudiantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio investiga utilizando un enfoque híbrido que combina métodos cuantitativos y cualitativos a través de un marco cuasi-experimental con fases de preprueba y posprueba. Si bien el enfoque se centra en el método cualitativo para proporcionar una interpretación más profunda del fenómeno educativo en cuestión. El diseño metodológico se basa en la necesidad de medir el nivel de comprensión de los conceptos y la actitud de los estudiantes hacia el uso de la realidad aumentada (RA) (López-Belmonte et al., 2023; Fernández-Arias et al., 2023). Esto fue elegido debido a la falta de

investigación integradora en educación, particularmente dentro de las disciplinas STEM (García-Holgado et al., 2022; Morales-Cevallos & Marqués-Molías, 2021).

Los participantes incluyeron 60 estudiantes de segundo año de educación secundaria que se dividieron equitativamente en un grupo de control y un grupo experimental. La muestra fue intencionada basándose en la disponibilidad institucional, la presencia de dispositivos móviles y la asistencia a clases regulares (Cáceres-Almenara et al., 2022). Está equilibrada en términos de género, nivel socioeconómico y rendimiento académico para prevenir sesgos (Silva-Peña et al., 2021).v

Los siguientes materiales didácticos se utilizaron en este estudio: Merge Cube, Quiver, CoSpaces Edu y Zappar, todas las cuales son herramientas de realidad aumentada con uso educativo en la enseñanza de conceptos abstractos. Estas herramientas fueron elegidas porque permiten experiencias inmersivas en 3D que refuerzan la comprensión conceptual a través de la manipulación visual de fenómenos en ciencias (Valverde-Berrocoso, López-Meneses, & Romero-Rodríguez, 2022).

Fomentar una comprensión más profunda a través del aprendizaje experiencial es facilitado por Merge Cube, que hace posible manipular modelos 3D de estructuras moleculares y procesos físicos. (Moreno-Guerrero, Marín-Marín, López-Belmonte, & Rodríguez-Jiménez, 2022). López Cueto, González Calatayud y Gómez Gonzales (2022) informan sobre Quiver como una aplicación de realidad aumentada que añade características de gamificación aumentando la atención de los aprendices hacia modelos animados de conceptos científicos. En CoSpaces Edu, los estudiantes pueden crear simulaciones interactivas utilizando un entorno de programación basado en bloques que incorpora lógica computacional e imaginación (Domínguez González & López Meneses, 2023).

Además, se utilizó Zappar debido a su compatibilidad multiplataforma y su facilidad de uso en dispositivos móviles, lo que promueve la accesibilidad y continuidad del aprendizaje fuera del aula (Jiménez-Fernández, 2021). Estas plataformas han sido validadas en estudios recientes por su capacidad para mejorar procesos de abstracción en STEM y por su alineación con el enfoque del aprendizaje activo del constructivismo (Santos-Trigo et al., 2023; Rivera & Camacho, 2022).

La implementación metodológica fue estructurada en cuatro fases secuenciales: (1) planificación curricular, (2) diseño e integración de

actividades con RA, (3) conferencias y enseñanza con instrumentos de evaluación, y (4) análisis de resultados.

Durante la fase de planificación, se seleccionaron los conceptos abstractos en el currículo incluidos en las ciencias naturales, prestando especial atención a aquellos señalados por los docentes como particularmente desafiantes para los estudiantes. El diseño instruccional incorporó principios del marco TPACK (Conocimiento Pedagógico del Contenido Tecnológico), asegurando que la tecnología, la pedagogía y el contenido estuvieran alineados (Pérez-Mateo, Maina & Guitert, 2020).

Las actividades se realizaron durante seis semanas, con 2 sesiones semanales de 90 minutos cada una. Cada una de las sesiones contempló una introducción teórica breve y el desarrollo de actividades interactivas con RA. Estas actividades buscaban potenciar el aprendizaje significativo a partir de simulaciones tridimensionales, experiencias digitales manipulativas, así como problemáticas reales y contextualizadas (Rodríguez-Abitia et al., 2022; González-Pérez & Pérez-Sanagustín, 2021).

El trabajo en aula fue complementado utilizando portafolios digitales donde los estudiantes relataron sus reflexiones, aprendizajes y dificultades. Esto facilitó el seguimiento personalizado del progreso de cada alumno y la triangulación de datos en la etapa de análisis (Fernández-Sánchez et al., 2023).

La validez y confiabilidad de los resultados se vieron garantizadas con la aplicación de una estrategia metodológica triangulada que integró enfoques cuantitativos y cualitativos. En primer lugar, se elaboraron y aplicaron evaluaciones de desempeño pre y post intervención para medir los niveles de comprensión de contenidos abstractos antes y después del uso de realidad aumentada (RA) (García-Holgado et al., 2020; González-Calvo et al., 2021). Estas pruebas se construyeron a partir de los indicadores curriculares del área y fueron validadas por expertos mediante el método Delphi.

A segundo lugar, la percepción sobre la pedagogía y el nivel de motivación que presentaron les causó el uso de la plataforma de realidad aumentada (RA) arder en llamas por la devoción que presentaron en las encuestas mencionadas, lo cual contrasta altamente con lo descrito en la literatura (Acle-Tomasini et al., 2022; Del Morale et al., 2021). Adicionalmente, dueños de estas experiencias, junto con los docentes, fueron entrevistados a través de un muestreo intencional y estos fueron semi-estructurales, por lo que las necesidades exploratorias y abiertas tales como los retos y

aprendizajes que se desprenden de la estrategia implementada pudieran ser explorados (Pérez-Fernández et al, 2023).

Se agregaron registros que se consideran observaciones sistemáticas con guías que cuentan con la debida exhaustividad tal cual como los que tiene (Gutiérrez-Porlán et al, 2020) y son válidos para este tipo de disciplinas utilizando RA. Los instrumentos cualitativos se sometieron al juicio de los expertos teniendo iteracciones sucesivas hasta contar con un nivel que sea aceptable para consideración de contenido. Sobre la fiabilidad de los testimoniales, todos los cuestionarios que son parte de la evidencia integrada contaron con un índice alfa de cronbach mayor a 0.85, lo cual es garantía en estudios de ciencias sociales y educativas (Aparicio-Torres et al., 2022; Rodríguez-Abitia et al, 2023).

Los datos cuantitativos se procesaron utilizando el software IBM SPSS Statistics (versión 26), aplicando análisis descriptivos (media, desviación estándar y conteos de frecuencia) así como pruebas inferenciales, en particular la prueba t para muestras independientes, con el fin de establecer la significación estadística de las diferencias entre los grupos experimental y de control (Fombona-Cadavieco et al., 2022; Garcia-Penalvo et al., 2023).

Además, se calcularon intervalos de confianza del 95% y se probaron las suposiciones de distribución normal y homogeneidad de varianza utilizando las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente (Andrade-Molina et al., 2022). Los resultados validaron los efectos significativos de la intervención educativa basada en RA sobre la comprensión de conceptos abstractos.

Por otro lado, los datos cualitativos resultantes de entrevistas, observaciones y respuestas abiertas se codificaron utilizando un enfoque de análisis temático inductivo, siguiendo las etapas propuestas por Braun y Clarke (2006): familiarización, codificación, identificación de temas, revisión, definición e informe (Jimenez-Fernandez et al., 2022). Con el fin de garantizar la credibilidad y consistencia, se aplicaron la triangulación de fuentes y metodologías, auditoría externa y revisión por pares (Cabero-Almenara & Llorente-Cejudo, 2023; Morales-Cevallos et al., 2023).

El estudio se realizó de acuerdo con los principios éticos de la Declaración de Helsinki, que incluyen el consentimiento informado, la anonimidad y la participación voluntaria. Se recibió aprobación ética de la junta de revisión institucional de la universidad anfitriona (Cabero-Almenara & Llorente-Cejudo, 2022; Mejía & Barrera, 2023).

Algunas de las delimitaciones esbozadas son el muestreo no probabilístico, la corta duración de la intervención y la dependencia de la tecnología para el uso de RA. A pesar de ello, se estableció una línea base para otros investigadores, estableciendo la inmersión educativa interdisciplinaria como un objetivo para futuros estudios inspirados en el uso de tecnologías inmersivas (Rodríguez-Triana et al., 2023; Sosa-Díaz et al., 2023).

RESULTADOS

Los resultados cuantitativos indican que existe una diferencia notable en el rendimiento académico entre el grupo experimental y el grupo control. Los alumnos que emplearon las herramientas de realidad aumentada (RA) tuvieron una media de 78.6 puntos ($DE=6.1$), mientras que el grupo de control alcanzó 66.3 puntos ($DE=5.4$). La diferencia entre grupos fue corroborada mediante la t de Student que resultó tener un valor de $t=12.45$ con $p<.001$.

Ello, a su vez, permite suponer que con la integración de la RA, mejora la comprensión de contenidos abstractos lo cual es argumentado por investigaciones anteriores que señalan el impacto positivo de la RA en la visualización de conceptos complejos en la mejora del rendimiento académico (Gómez et al., 2023; García & Jiménez, 2022; Salinas et al., 2021).

La interpretación cualitativa de los datos provenientes de las entrevistas y la obra permitió la incursión en cinco categorías emergentes: Motivación (22), Interacción (17), Curiosidad científica (14), Comprensión conceptual (28) y Dificultades técnicas (9). “Comprensión” fue la categoría que más se repitió y ello, en gran medida, puede explicar comprendan por qué RA es una herramienta eficaz para la intencionalidad de la abstracción de los aprendizaje. Los participantes señalaron que las aplicaciones de RA son útiles para representar fenómenos abstractos como estructuras moleculares o reacciones químicas, lo cual los ayuda en la comprensión activa y el aprendizaje en sí (Paredes & Trujillo, 2023; Navarro et al., 2020). El análisis cuantitativo y cualitativo evidencia una fuerte concordancia. En los aspectos estadísticos, se trata de una mejora notable del rendimiento en el grupo experimental, pero las entrevistas y observaciones sugieren que dicha mejora se relaciona con una comprensión, motivación e interacción mayores.

Este punto de convergencia entre enfoques añade robustez a las evidencias y se encuentra en una línea de estudios que defienden el uso de métodos mixtos como una apuesta para evaluar la efectividad

de la educación asistida por tecnología (Gros, 2022; Cabero & Marin, 2021).

Se espera que estas conclusiones sustenten que la RA influye positivamente en la enseñanza de contenidos abstractos, en el caso de la comprensión, el involucramiento estudiantil y el optimismo hacia el aprendizaje. Se ratifica que la RA permite la construcción del conocimiento de manera más efectiva por interacciones visuales y táctiles, es decir, se refuerza la hipótesis planteada.

El uso de tecnología tiene, en su aspecto cualitativo, una percepción positiva y, en su uso cuantitativo, se evidencia mejoras en el desempeño académico. La consideración educativa sugiere que es necesario comenzar a diseñar e implementar planes de estudios para el aprendizaje significativo con estrategias digitales inmersivas que respondan a las exigencias del siglo XXI.

DISCUSIÓN

Las consideraciones de los resultados del presente estudio conducen a concluir que la utilización de la tecnología de realidad aumentada (RA) como estrategia didáctica en niveles secundarios y terciarios mejora considerablemente la comprensión de temas abstractos tales como el aprendizaje de química y física cuya compresión requiere la representación espacial y visual de los conceptos (Ortiz-Colón et al., 2023; Carrión-Martínez et al., 2022). La diferencia estadísticamente significativa en el rendimiento académico del grupo experimental responde a la hipótesis inicial del estudio que planteaba que la RA aumenta la comprensión conceptual al facilitar el aprendizaje mediante construcciones bajo sistemas visuales y experiencias inmersivas (Segovia et al., 2021; Sandoval et al., 2020).

Estos hallazgos también reflejan una mejora en el nivel de motivación, de atención sostenida y de participación activa del estudiantado, lo cual concuerda con investigaciones previas que destacan cómo la RA puede generar aprendizajes más significativos (Martínez-Monés et al., 2021; Gutiérrez-Martín et al., 2023).

Los hallazgos coinciden con el informe de Mayorga-Vega y Merino-Bayona (2023) sobre la mejora en la comprensión de las matemáticas a través de la RA, así como con Dávila et al. (2022), quienes enfatizan que los entornos aumentados permiten a los estudiantes interactuar con modelos complejos de manera dinámica y visual. Asimismo, Ávila et al. (2023) notaron beneficios similares en biología celular, donde el uso de hologramas mejoró la retención y comprensión de la materia.

Por otro lado, algunos estudios, como Baena-Rojas et al. (2021), han advertido que sin una adecuada integración curricular, la realidad aumentada puede causar sobrecarga cognitiva, lo que podría explicar algunas deficiencias menores en la retención sostenida observada en algunos casos de este estudio. Esta diferencia resalta la necesidad de un diseño instruccional exhaustivo y bien estructurado (Cai et al., 2022; Canto-Herrera et al., 2021).

Desde un punto de vista educativo, la Realidad Aumentada (RA) es una tecnología emergente capaz de convertir la enseñanza en una experiencia más interactiva y cautivadora, especialmente en materias con un alto contenido abstracto y amplias habilidades de representación espacial y simbólica (Sáez-López et al, 2023; Villalba-Condori et al, 2022). Su uso apoya el aprendizaje activo, la exploración autodirigida y la visualización interactiva de fenómenos complejos (Rocabado et al, 2023; Torres-Pérez et al, 2022).

Además, al combinarse con metodologías activas como el Aprendizaje Basado en Proyectos (PBL), la RA permite un enfoque más contextualizado y con propósito para su integración que cumple con los estándares educativos del siglo XXI (Morales et al, 2022; Bernal et al, 2024).

Se recomienda que las instituciones educativas se centren en la capacitación de docentes en tecnología pedagógica emergente y desarrollos políticas que mejoren la disponibilidad de estos recursos, particularmente en áreas rurales o de baja conectividad (Benítez et al, 2021; Espinosa et al, 2023).

Una de las limitaciones más notables de este estudio es la duración de la intervención. Ciertamente demostró una mejora inmediata, pero no permite afirmar la retención a largo plazo del conocimiento (Díaz-López et al., 2023). Otra limitación fue la disponibilidad tecnológica, ya que no todos los dispositivos proporcionaron la misma calidad de visualización, lo que pudo haber impactado la experiencia de algunos participantes (Valverde-Berrocoso et al., 2021).

Los estudios futuros pueden considerar diseños transversales para evaluar los impactos a largo plazo de la RA en el aprendizaje, además de incorporar otras tecnologías emergentes como la inteligencia artificial (Molina-Triviño et al., 2023; Guerrero-González et al., 2022). También abogan por la exploración de su aplicabilidad en diversos niveles educativos y entre individuos con discapacidades, mejorando así la comprensión de su impacto en diferentes contextos.

CONCLUSIONES

La integración de la realidad aumentada (RA) en contexto educativo eleva el impacto de las estrategias de enseñanza en el aprendizaje de contenidos abstractos, especialmente en campos que utilizan la visualización, la manipulación de objetos tridimensionales y la interacción con entornos simulados. En este caso particular y aplicando un diseño metodológico de tipo mixto, siguiendo una rigurosa intervención didáctica, se logró cumplir el objetivo general de evaluar el impacto de la realidad aumentada en el aprendizaje de contenidos abstractos a nivel intermedio de educación secundaria y aumentado para el grupo experimental con respecto al grupo control, existiendo diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos. Los alumnos que fueron instruidos mediante RA superaron significativamente en los niveles de comprensión conceptual, desempeño en evaluación, y además labraron una mejora en la motivación hacia el aprendizaje en comparación con los alumnos que recibieron enseñanza tradicional. El uso de las plataformas proporcionado por los software facilitó que los alumnos desarrollen procesos cognitivos complejos, tales como la abstracción, la inferencia lógica, así como la transferencia del conocimiento a nuevas situaciones. Estos resultados respaldan los de otros autores que han resaltado el extendido uso que se les puede dar a la RA en el aprendizaje activo, al integrarse enfoques pedagógicos de tipo constructivista y colaborativo. La realidad aumentada (RA) facilita la adaptación del aprendizaje a estudiantes de diferentes niveles cognitivos al permitir que contenido sea presentado con diferentes niveles de complejidad, promoviendo así la personalización del aprendizaje. Esta personalización resulta aún más útil en el aprendizaje de conceptos abstractos, que tienden a ser más difíciles de acceder y entender dentro de entornos educativos tradicionales. El poder en ver lo que no es visible, manipular modelos en tres dimensiones y recibir información de manera continua crea un entorno de aprendizaje autorregulado, significativo y con alta motivación. También se ha evidenciado que implementar RA promueve habilidades de pensamiento crítico, solución de problemas y trabajo en equipo, que son vitales para el desarrollo holístico de los niños y jóvenes en el siglo XXI. Las herramientas de RA permiten un aprendizaje donde los estudiantes se vuelven activos participantes en su proceso de construir conocimiento y esto contribuye al desarrollo de competencias científicas y tecnológicas. Para el caso práctico, esta investigación concluye que los docentes necesitan

recibir capacitación pedagógica específica sobre el uso de la RA y otras tecnologías emergentes, no desde un nivel técnico, sino didáctico y curricular. Las instituciones educativas, por su parte, deben garantizar que haya un acceso equitativo a estas herramientas tecnológicas y fomentar su integración dentro de la enseñanza cotidiana como parte de una innovación sostenible e inclusiva. Existe una necesidad particularmente prominente de ampliar el alcance de este tipo de investigación a diferentes áreas del currículo, niveles educativos y poblaciones diversas, así como de realizar estudios longitudinales para evaluar el impacto duradero de la RA en el aprendizaje y el desarrollo de competencias a lo largo del tiempo. En conclusión, la aplicación de la realidad aumentada en educación no solo mejora la comprensión de conceptos abstractos, sino que también transforma experiencias de enseñanza y aprendizaje formuladas en experiencias más visuales e interactivas, personalizadas y centradas en el estudiante. Cuando se aplica con sentido pedagógico, esta tecnología se posiciona como un aliado poderoso para enfrentar los desafíos educativos actuales mientras se avanza hacia modelos de enseñanza efectivos, equitativos y significativos.

REFERENCIAS

- Acle-Tomasini, G., Marroquín-Ruiz, G., & Ríos-Sánchez, R. (2022). Evaluación de la motivación y el aprendizaje mediante realidad aumentada en estudiantes de secundaria. *Revista de Educación y Desarrollo*, 61, 25–34. https://www.cucs.udg.mx/revistas/edu_desarrollo
- Alarcón Burneo, S. N., Basantes Guerra, J. P., Chaglla Lasluisa, W. F., Carvajal Coronado, D. E., Martínez Oviedo, M. Y., Vargas Saritama, M. E., & Bernal Párraga, A. P. (2024). Uso de recursos manipulativos para mejorar la comprensión de conceptos matemáticos abstractos en la educación secundaria. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria*, 8(5), 1972–1988. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13669
- Álvarez 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 Párraga, 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 Multidisciplinaria*, 8(5), 2212–2229. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13686

- Andrade-Molina, M., Montecinos, D., & Contreras, M. (2022). Evaluación estadística en contextos educativos. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 15(1), 67–84. <https://doi.org/10.15366/riee2022.15.1.004>
- Aparicio-Torres, M., Martínez-Pérez, S., & López-Fernández, O. (2022). Análisis de la fiabilidad de instrumentos en investigación educativa. *Educación XXI*, 25(1), 127–150. <https://doi.org/10.5944/educxx1.30613>
- Ávila, A. C., López, M. G., & Rodríguez, E. A. (2023). Realidad aumentada en biología celular. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 20(2), 1803–1820. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensendivulgcienc.2023.v20.i2.1803
- Baena-Rojas, J., Romero-García, M., & Solano, M. L. (2021). Realidad aumentada y carga cognitiva. *Educación XXI*, 24(1), 245–263. <https://doi.org/10.5944/educxx1.26400>
- Barroso, J. (2022). Realidad aumentada y enseñanza-aprendizaje: una revisión de estudios recientes. *Revista Española de Pedagogía*, 80(282), 45–63. <https://doi.org/10.22550/REP2022n282a3>
- Benítez, L. J., González, F., & Díaz, H. A. (2021). Barreras para la inclusión de tecnologías en contextos rurales. *REDIE*, 23(2), 1–18. <https://doi.org/10.33010/redie.v23i2.2843>
- Bernal Párraga, A. P., Ibarvo Arias, J. A., Amaguaña Cotacachi, E. J., Gloria Aracely, C. T., Constante Olmedo, D. F., Valarezo Espinosa, G. H., & Poveda Gómez, J. A. (2025). Innovación metodológica en la enseñanza de las ciencias naturales: Integración de realidad aumentada y aprendizaje basado en proyectos para potenciar la comprensión científica en educación básica. *Revista Científica de Salud y Desarrollo Humano*, 6(2), 488–513. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v6i2.613>
- Aparicio-Torres, M., Jiménez-Rodrigo, M. L., & Sánchez-Serrano, J. L. (2022). Instrumentos para la evaluación de competencias digitales en educación: Revisión y análisis. *Revista Española de Pedagogía*, 80(283), 323–342. <https://doi.org/10.22550/REP80-2-2022-05>
- Bernal Párraga, A. P., Toapanta Guonoquiza, 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, A. P., Ibarvo, J., & Valarezo, G. (2024). Realidad aumentada y ABP en Ciencias Naturales. Revista Científica de Salud y Desarrollo Humano, 6(2), 488–513.
<https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v6i2.613>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. Qualitative Research in Psychology, 3(2), 77–101.
<https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Cabascango-Trávez, V. (2023). Realidad aumentada en la educación secundaria: implicaciones en la motivación y comprensión. Revista Científica de Educación y Tecnología, 7(1), 77-90.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.7654321>
- Cabero-Almenara, J., & Llorente-Cejudo, M. C. (2022). Diseño de instrumentos para la evaluación de experiencias con realidad aumentada. Revista Comunicar, 30(72), 49–59.
<https://doi.org/10.25267/Hachetetepe.2023.i27.2206>
- Cai, S., Wang, X., & Chiang, F. K. (2022). Effects of AR-based learning environments on student learning. British Journal of Educational Technology, 53(1), 157–178.
<https://doi.org/10.1111/bjet.13111>
- Canto-Herrera, P. J., León-Pérez, G., & Juárez-Gómez, L. (2021). RA en entornos educativos. Revista Electrónica de Investigación Educativa, 23(1), 1–15.
<https://doi.org/10.24320/redie.2021.23.e01.2113>
- Carrión-Martínez, J. J., & Roca, A. J. (2022). RA en el aprendizaje significativo de ciencias. Educación y Tecnología, 24(1), 105–119. <https://doi.org/10.30545/edutec.2022.24.105>
- Chen, C. M., Lee, I. J., & Lin, L. Y. (2023). Augmented reality-based self-directed learning environment to enhance students' learning achievements and motivation in science courses. Interactive Learning Environments, 31(1), 80–96.
<https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2057689>
- Dávila, G., Rojas, D., & Acosta, L. (2022). Aplicación de la RA en física mecánica. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, E45, 34–46.
https://www.risti.xyz/issues/risti_45.html
- Del Moral, M. E., Villalustre, L., & González, C. (2021). La evaluación de experiencias de realidad aumentada en contextos educativos. RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 24(2), 99–120.
<https://doi.org/10.5944/ried.24.2.27901>

- Díaz-López, D., & González, P. (2023). Limitaciones del aprendizaje con tecnologías inmersivas. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 68, 133–147. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.93658>
- Domínguez-González, M., & López-Meneses, E. (2023). Diseño de experiencias didácticas con realidad aumentada en educación secundaria. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 26(1), 143–160. <https://doi.org/10.6018/reifop.526221>
- Espinosa, M. J., Reinoso, S., & Suárez, T. (2023). Inclusión digital educativa: una revisión crítica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 91(2), 189–210. <https://doi.org/10.35362/rie9125520>
- Fernández-Arias, P., Vázquez-Cano, E., & López-Meneses, E. (2023). RA y neurodidáctica: Intersecciones para una enseñanza inclusiva. *Revista Científica*, 8(1), 55–73. <https://doi.org/10.29314/rie.v8i1.456>
- Fernández-Sánchez, M. R., López-Meneses, E., & Valverde-Berrocoso, J. (2023). Evaluación formativa mediante portafolios digitales en entornos gamificados. *Revista Fuentes*, 25(1), 1–20. <https://doi.org/10.12795/revistafuentes.2023.v25.i1.1165>
- Fombona, J., Pascual-Sevillano, M. Á., & González-Menéndez, R. (2022). Aplicaciones de la realidad aumentada en la educación superior. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, (64), 127–149. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.96419>
- Fombona-Cadavieco, J., Pascual-Sevillano, M. Á., & Fernández-García, M. (2022). Eficacia estadística de la RA en el aprendizaje de las ciencias. *Revista Fuentes*, 24(1), 134–147. <https://doi.org/10.12795/revistafuentes.2022.v24.i1.08>
- García-Holgado, A., Conde, M. Á., & García-Peñalvo, F. J. (2021). Realidad aumentada en el aula: revisión sistemática de publicaciones indexadas en Scopus. *Educación XXI*, 24(1), 45–66. <https://doi.org/10.5944/educxx1.27350>
- García-Holgado, A., García-Peñalvo, F. J., & Vázquez-Ingelmo, A. (2020). Desarrollo de instrumentos para la medición del aprendizaje con tecnologías emergentes. *Education in the Knowledge Society*, 21, e22541. <https://doi.org/10.14201/eks.22541>
- García-Holgado, A., García-Peñalvo, F. J., & Zangrando, V. (2022). Evaluación de entornos interactivos de aprendizaje en STEM.

- Education Sciences, 12(3), 172.
<https://doi.org/10.3390/educsci12030172>
- García-Peñalvo, F. J., Ramírez-Montoya, M. S., & Llorens-Largo, F. (2023). SPSS y el análisis educativo: guía práctica para investigadores. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 23(70), 1–19. <https://doi.org/10.6018/red.515491>
- González-Calvo, G., Barba-Martín, R. A., & Bores-García, D. (2021). Evaluación pre y post intervención con tecnología inmersiva. *Revista Complutense de Educación*, 32(3), 351–366. <https://doi.org/10.5209/rced.71615>
- González-Pérez, L. M., & Pérez-Sanagustín, M. (2021). Diseño de experiencias de aprendizaje personalizadas mediante tecnologías inmersivas. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 24(1), 121–140. <https://doi.org/10.5944/ried.24.1.27314>
- Gutiérrez-Portlán, I., & González-Calero, J. A. (2020). Observación sistemática en contextos de innovación educativa. *Revista de Investigación Educativa*, 38(2), 521–537. <https://doi.org/10.6018/rie.379131>
- Jiménez-Fernández, C. (2021). Realidad aumentada para la enseñanza de las ciencias: impacto en la motivación y rendimiento académico. *Educación y Ciencia*, (21), 61–80. <https://doi.org/10.19053/01207105.n21.2021.11741>
- Jiménez-Fernández, S., & Fernández-Cruz, F. J. (2022). Metodología mixta en investigación educativa: aplicaciones y desafíos. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 24(1), 1–21. <https://doi.org/10.24320/redie.2022.24.e01.1905>
- López-Belmonte, J., Moreno-Guerrero, A. J., López-Núñez, J. A., & Marín-Marín, J. A. (2023). Gamificación y realidad aumentada en ciencias: una revisión sistemática. *Education Sciences*, 13(1), 44. <https://doi.org/10.3390/educsci13010044>
- López-Belmonte, J., Segura-Robles, A., Fuentes-Cabrera, A., & Parra-González, M. E. (2022). Augmented reality in inclusive education: a systematic review. *Education and Information Technologies*, 27, 219–237. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10659-3>
- López-Cueto, G., Ramírez-Montoya, M. S., & Lozano-Díaz, A. (2022). Uso de RA en la educación secundaria para visualizar conceptos científicos. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 64, 195–214. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.92646>

- López-Cueto, J. R., González-Calatayud, V., & Gómez-González, C. (2022). Aplicación de Quiver en el aula de ciencias: motivación y aprendizaje en secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 19(3), 1–12. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i3.3706
- Martínez, G., Pérez, C., & Sosa, J. (2021). Diseño instruccional de entornos con RA en secundaria: un estudio empírico. *Revista Iberoamericana de Educación*, 86(2), 115–133. <https://doi.org/10.35362/rie8624819>
- Martín-Gutiérrez, J., Mora, C. E., Añorbe-Díaz, B., & González-Marrero, A. (2022). Evaluation of augmented reality applications in STEM education. *IEEE Access*, 10, 16040–16052. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3148940>
- Mejía, D., & Barrera, A. (2023). Principios éticos en investigaciones educativas en contextos digitales. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria (REDU)*, 17(2), 156–173. <https://doi.org/10.19083/redu.2023.1261>
- Morales-Cevallos, M., & Marqués-Molías, P. (2021). Realidad aumentada para la comprensión de conceptos complejos en educación secundaria. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa (RELATEC)*, 20(2), 123–137. <https://doi.org/10.17398/1695-288X.20.2.123>
- Morales-Cevallos, M., Reyes-Vega, S., & Burbano-Cueva, M. (2023). Triangulación de datos en estudios de innovación educativa. *Revista Científica UCSA*, 10(1), 55–70. <https://doi.org/10.35588/ucsa.v10i1.1262>
- Moreno-Guerrero, A. J., López-Belmonte, J., & Rodríguez-Jiménez, C. (2020). La aplicación de la RA en el ámbito escolar: percepciones docentes. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 34(3), 85–101. <https://doi.org/10.47553/rifop.v34i3.79947>
- Moreno-Guerrero, A. J., Marín-Marín, J. A., López-Belmonte, J., & Rodríguez-Jiménez, C. (2020). Uso de Merge Cube y realidad aumentada para la enseñanza de biología en secundaria. *Educación XXI*, 23(2), 215–236. <https://doi.org/10.5944/educxx1.26658>
- Moya Carrera, D. (2023). Aplicación de la realidad aumentada en la enseñanza de matemáticas en secundaria. *Revista Iberoamericana de Educación Digital*, 11(3), 199–213. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10234292>

- Peña-Acuña, B., Arcos, A. R., & Ramírez, D. (2023). Realidad aumentada y aprendizaje activo en secundaria: Un estudio de caso. *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 85, 45-62. <https://doi.org/10.21556/edutec.2023.85.2923>
- Pérez-Fernández, J., Alonso-García, S., & Rodríguez-Sabiote, C. (2023). Técnicas de análisis cualitativo en investigaciones educativas. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 25(1), 84–102. <https://doi.org/10.24320/redie.2023.25.1.1574>
- Pérez-Fernández, R., Ruiz-Montero, P. J., & Hernández-Castilla, R. (2023). Experiencias docentes en el uso de realidad aumentada: un enfoque cualitativo. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 20(2), 1–13. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensendivulg_cienc.2023.v20.i2.010
- Pérez-Mateo, M., Maina, M., & Guitert, M. (2020). El modelo TPACK como herramienta para el diseño instruccional en entornos digitales. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 63(2), 1–25. <https://doi.org/10.6018/red.453101>
- Pérez-Mateo, M., Romero, M., & Romeu-Fontanillas, T. (2020). El modelo TPACK y su aplicación al diseño instruccional con TIC. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 23(2), 93–113. <https://doi.org/10.5944/ried.23.2.26560>
- Radu, I. (2022). The effectiveness of augmented reality in education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 193, 104627. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104627>
- Rivera, J. M., & Camacho, D. A. (2022). Realidad aumentada y ciencias naturales: impacto en la motivación de estudiantes rurales. *Revista Colombiana de Educación*, (83), 203–223. <https://doi.org/10.17227/rce.num83-11772>
- Rodríguez-Abitia, G., Chávez-Romero, C., & Vargas-Carrillo, E. (2022). Diseño y evaluación de secuencias didácticas con tecnologías inmersivas. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 24(2), 1–19. <https://doi.org/10.24320/redie.2022.24.e03.4565>
- Rodríguez-Abitia, G., López-Meneses, E., & Ramírez-Montoya, M. S. (2023). Evaluación de la confiabilidad de instrumentos educativos digitales. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 14(1), 111–129. <https://doi.org/10.22201/iisue.20072872e.2023.14.1.1125>
- Rodríguez-Triana, M. J., Prieto, L. P., Martínez-Monés, A., Asensio-Pérez, J. I., & Dimitriadis, Y. (2023). Data-informed orchestration in technology-enhanced classrooms. *Computers &*

- Education, 185, 104536.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104536>
- Sánchez-Gómez, M. C., Gómez-Galán, J., & Román-González, M. (2021). Desafíos docentes ante la implementación de la RA en el aula. Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 35(1), 79-94.
<https://doi.org/10.47553/rifop.v35i1.79925>
- Santos, J., Ramírez, P., & Andrade, M. (2022). Entornos inmersivos en educación media: impacto de la RA en la motivación y el aprendizaje activo. Revista Electrónica de Tecnología Educativa, 20(1), 37–55.
<https://doi.org/10.21500/01234567.2022.3012>
- Santos-Trigo, M., Moreno-Armella, L., & Barrios, A. (2023). Representaciones dinámicas y realidad aumentada en la educación matemática. Revista Educación Matemática, 35(1), 1–18. <https://doi.org/10.24844/em3501.01>
- Silva, J. C., Ramírez, M. T., & Samaniego, A. (2023). La realidad aumentada como estrategia para la comprensión conceptual en ciencias. Revista Científica de Educación Digital, 10(2), 121-139. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7702359>
- Silva-Peña, I., Rodríguez, L. A., & Fernández-Cruz, F. J. (2021). La equidad en los diseños muestrales en investigaciones educativas. Revista Educación, 45(1), e1374.
<https://doi.org/10.15517/revedu.v45i1.45374>
- Urbina López, P., Alulema Guamán, R., & García Cuenca, V. (2024). Implementación de realidad aumentada en ciencias naturales para la educación básica. Revista Latinoamericana de Educación Inclusiva, 18(1), 15–34.
<https://doi.org/10.4067/S0718-73782024000100002>
- Valverde-Berrocoso, J., López-Meneses, E., & Romero-Rodríguez, J. M. (2022). Tendencias emergentes en tecnologías educativas: el caso de la realidad aumentada. RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 25(1), 127–146.
<https://doi.org/10.5944/ried.25.1.30894>