

MEAI-Vol.3. N1. 004

Inclusión itinerante y mediación tecnológica situada: democratización de la realidad aumentada para la observación espacial en aulas con recursos limitados

Itinerant Inclusion and Situated Technological Mediation: Democratization of Augmented Reality for Spatial Observation in Limited-Resource Classrooms

Autores:

Aline Yareth Hernández Rebolledo
Benemérita Escuela Normal Veracruzana “Enrique C. Rébsamen”
Xalapa – México
alinehr.primc22@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0005-5270-4397>

César Antonio Acosta Fernández
Benemérita Escuela Normal Veracruzana “Enrique C. Rébsamen”
Xalapa – México
ceacosta_84@msev.gob.mx
<https://orcid.org/0009-0008-8672-2739>

Yosahandi Jiménez Olmedo
Benemérita Escuela Normal Veracruzana “Enrique C. Rébsamen”
Xalapa – México
yosjimenez@msev.gob.mx
<https://orcid.org/0009-0004-0264-6698>

Autor de correspondencia: César Antonio Acosta Fernández, ceacosta_84@msev.gob.mx

Reception: 5- Febrero -2026 **Acceptance:** 20- Marzo -2026 **Publication:** 13- Abril -2026

Cómo citar este artículo:

Hernández Rebolledo, A. Y., Acosta Fernández, C. A., & Jiménez Olmedo, Y. (2026). Itinerant inclusion and situated technological mediation: democratizing augmented reality for space observation in resource-limited classrooms. *Medición Y Evaluación Del Aprendizaje Inclusivo*, 3(1), 1-16. <https://doi.org/10.63688/p91dzf39>

© 2026; Los autores. Este es un artículo en acceso abierto, distribuido bajo los términos de una licencia Creative Commons (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>) que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea correctamente citada.

RESUMEN

La brecha digital continúa limitando la incorporación de tecnologías emergentes en instituciones públicas con recursos tecnológicos reducidos, especialmente en áreas científicas que requieren altos niveles de abstracción visual y espacial. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de una intervención didáctica basada en realidad aumentada sobre el pensamiento espacial asociado a la comprensión de contenidos astronómicos en estudiantes de quinto grado de educación primaria. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con diseño cuasi-experimental de preprueba y posprueba aplicado a un solo grupo. La muestra estuvo conformada por 28 estudiantes de una escuela primaria pública de Xalapa, Veracruz, México. Para la recolección de datos se empleó la Rúbrica Analítica de Pensamiento Espacial Astronómico, validada mediante juicio de expertos y con confiabilidad interjueces estimada por Kappa de Fleiss ($k = 0.84$). La intervención se organizó en ocho sesiones mediante estaciones rotativas, uso compartido de un dispositivo móvil, marcadores impresos y actividades analógicas complementarias. Los resultados evidenciaron un incremento de la media de 5.2 en la preprueba a 8.9 en la posprueba, con diferencia estadísticamente significativa según la prueba de Wilcoxon ($p < 0.001$). Se concluye que la realidad aumentada, integrada mediante una estrategia de inclusión itinerante, puede favorecer el pensamiento espacial y democratizar experiencias tecnológicas en aulas con infraestructura limitada.

Palabras clave: realidad aumentada, pensamiento espacial, educación primaria, brecha digital, sistema solar.

ABSTRACT

The digital divide continues to limit the incorporation of emerging technologies in public institutions with limited technological resources, especially in scientific areas that require high levels of visual and spatial abstraction. The objective of the study was to evaluate the effect of a didactic intervention based on augmented reality on spatial thinking associated with the comprehension of astronomical content in fifth-grade primary school students. The research was developed under a quantitative approach, with a quasi-experimental design of pre-test and post-test applied to a single group. The sample consisted of 28 students from a public elementary school in Xalapa, Veracruz, Mexico. For data collection, the Analytical Rubric of Astronomical Spatial Thinking was used, validated by expert judgment and with interjudge reliability estimated by Kappa de Fleiss ($k = 0.84$). The intervention was organized into eight sessions using rotary stations, sharing of a mobile device, printed scoreboards, and complementary analog activities. The results showed an increase in the mean from 5.2 in the pretest to 8.9 in the posttest, with a statistically significant difference according to the Wilcoxon test ($p < 0.001$). It is concluded that augmented reality, integrated through an itinerant inclusion strategy, can favor spatial thinking and democratize technological experiences in classrooms with limited infrastructure.

Keywords: augmented reality, spatial thinking, primary education, digital divide, solar system.

1. INTRODUCCIÓN

La incorporación de tecnologías emergentes en la educación básica ha abierto nuevas posibilidades para transformar la enseñanza de contenidos científicos que tradicionalmente han sido abordados mediante recursos impresos, esquemas bidimensionales y explicaciones expositivas. Sin embargo, este proceso no ocurre en condiciones homogéneas, ya que muchas instituciones públicas continúan enfrentando limitaciones de conectividad, disponibilidad de dispositivos y acceso efectivo a recursos digitales. La brecha digital expresa desigualdades estructurales que no se reducen únicamente a la posesión de tecnología, sino que involucran condiciones sociales, económicas y pedagógicas que afectan la apropiación significativa de los entornos digitales (Alva de la Selva, 2015; Ramírez-Castañeda & Sepúlveda-López, 2018). En este sentido, las desigualdades tecnológicas adquieren un impacto educativo directo cuando restringen las oportunidades de participación, exploración y aprendizaje de los estudiantes en contextos escolares con recursos limitados.

La evolución del concepto de brecha digital ha permitido comprender que el problema no se limita al acceso físico a internet o dispositivos, sino que también incluye las habilidades de uso, la calidad de las experiencias digitales y la capacidad institucional para integrar la tecnología con sentido pedagógico (Padilla Yaa & Barrera Rojas, 2025). Esta situación se vuelve más crítica en escuelas rurales, periféricas o socialmente vulnerables, donde las limitaciones de infraestructura pueden profundizar las diferencias de aprendizaje entre grupos estudiantiles (Olawaju et al., 2021). De forma complementaria, Wang et al. (2024) señalan que las desigualdades educativas asociadas al uso de dispositivos digitales pueden relacionarse con variaciones en el rendimiento académico, lo que evidencia la necesidad de diseñar estrategias tecnológicas ajustadas a las condiciones reales de las instituciones y no únicamente a modelos ideales de conectividad.

En este escenario, la realidad aumentada se presenta como una alternativa relevante para fortalecer el aprendizaje de contenidos abstractos, debido a su capacidad para superponer información digital sobre el entorno físico y generar experiencias de visualización interactiva. Akçayır y Akçayır (2017) identifican que la realidad aumentada puede favorecer la motivación, la comprensión conceptual y la interacción con objetos de aprendizaje, aunque también advierten desafíos relacionados con el diseño pedagógico, la disponibilidad tecnológica y la formación docente. De manera similar, Al-Ansi et al. (2023) sostienen que

las tecnologías inmersivas, como la realidad aumentada y la realidad virtual, han tenido un desarrollo creciente en educación, principalmente por su potencial para crear experiencias activas, visuales y contextualizadas. Este potencial ha sido confirmado por Singh et al. (2024), quienes muestran que la investigación educativa sobre realidad aumentada ha aumentado de forma sostenida, especialmente en áreas vinculadas con ciencias, aprendizaje visual y entornos interactivos.

En educación primaria, la realidad aumentada adquiere especial importancia porque permite acercar fenómenos complejos al lenguaje visual y experiencial de los estudiantes. Marín-Díaz y Sampedro-Requena (2020) destacan que los estudiantes de primaria perciben la realidad aumentada como un recurso atractivo y útil para aprender, lo que puede favorecer la disposición hacia las actividades escolares. En el contexto mexicano, Salgado Reveles (2023) reporta que el uso de realidad virtual y realidad aumentada puede incidir favorablemente en las actitudes hacia la ciencia en alumnos de nivel primaria, aspecto relevante para promover una relación más activa con el conocimiento científico desde edades tempranas. Estas evidencias sugieren que las tecnologías inmersivas pueden aportar valor cuando se integran a secuencias didácticas planificadas y no como recursos aislados o meramente demostrativos. La enseñanza de las ciencias naturales demanda estrategias que ayuden a representar fenómenos que no siempre pueden observarse directamente en el aula. Merino et al. (2015) sostienen que la realidad aumentada puede contribuir al diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje en ciencias al facilitar la visualización de estructuras, procesos y relaciones que requieren altos niveles de abstracción. Esta necesidad es particularmente evidente en la enseñanza del sistema solar, donde los estudiantes deben comprender movimientos de rotación y traslación, relaciones de escala, trayectorias orbitales y posiciones relativas entre cuerpos celestes. Díaz Quesada et al. (2025) plantean que la enseñanza de la astronomía requiere mediaciones didácticas capaces de aproximar el universo a la experiencia escolar, de modo que los fenómenos astronómicos puedan ser interpretados mediante recursos comprensibles y significativos.

El pensamiento espacial constituye una habilidad central para la comprensión de conceptos científicos vinculados con ubicación, orientación, escala, forma, movimiento y representación tridimensional. En educación básica, su desarrollo permite que los estudiantes interpreten relaciones geométricas y espaciales necesarias para comprender fenómenos

naturales y modelos científicos. Calle-Álvarez y Vargas-Franco (2022) señalan que los estilos de aprendizaje y las estrategias pedagógicas influyen en el desarrollo del pensamiento espacial y geométrico en estudiantes de básica primaria, por lo que resulta necesario implementar experiencias didácticas que conecten la percepción, la manipulación y la representación visual. Desde esta perspectiva, la realidad aumentada puede actuar como un recurso mediador para pasar de la observación plana de imágenes impresas a la exploración interactiva de modelos tridimensionales.

No obstante, la implementación de realidad aumentada en escuelas con recursos limitados exige superar el supuesto de que la innovación tecnológica depende de la disponibilidad individual de dispositivos para cada estudiante. En muchos contextos escolares, el acceso a laboratorios digitales, tabletas o conectividad estable es reducido, por lo que resulta necesario diseñar modelos pedagógicos viables con los recursos existentes. El aprendizaje móvil ofrece una alternativa flexible para integrar dispositivos portátiles a las prácticas educativas, siempre que su uso responda a objetivos didácticos claros y a una organización adecuada de las actividades (Crompton & Burke, 2018). Por ello, las estrategias basadas en estaciones rotativas, trabajo cooperativo y uso compartido de dispositivos pueden constituir una vía pertinente para democratizar experiencias tecnológicas sin depender de infraestructuras escolares ideales.

A partir de este marco, el presente estudio analiza una intervención didáctica mediada por realidad aumentada orientada al fortalecimiento del pensamiento espacial en estudiantes de educación primaria. La propuesta se fundamenta en una estrategia de inclusión tecnológica situada, organizada mediante estaciones rotativas de aprendizaje, uso compartido de dispositivos móviles y marcadores impresos para la visualización del sistema solar. En este sentido, el objetivo general fue evaluar el efecto de una intervención didáctica basada en realidad aumentada sobre el pensamiento espacial asociado a la comprensión de contenidos astronómicos en un aula de educación primaria con recursos tecnológicos limitados.

2. METODOLOGÍA

Diseño de la investigación

El estudio se estructuró bajo un enfoque cuantitativo, con diseño cuasi-experimental de preprueba y posprueba aplicado a un solo grupo. Esta decisión metodológica permitió comparar el nivel de pensamiento espacial de los estudiantes antes y después de la

intervención didáctica mediada por realidad aumentada, manteniendo la organización natural del aula y las condiciones reales de implementación escolar. La variable independiente fue la estrategia de inclusión itinerante mediante realidad aumentada, mientras que la variable dependiente correspondió al nivel de pensamiento espacial asociado a la comprensión de contenidos astronómicos del sistema solar.

Población y muestra

La población de referencia estuvo conformada por estudiantes de escuelas primarias públicas del municipio de Xalapa, Veracruz, ubicadas en contextos con limitaciones de infraestructura tecnológica. La muestra quedó integrada por 28 estudiantes de quinto grado de educación primaria, seleccionados por conveniencia institucional debido a la disponibilidad del grupo, la autorización de la institución educativa y la viabilidad de desarrollar la intervención durante la jornada escolar.

Como criterios de inclusión se consideró que los estudiantes estuvieran matriculados en quinto grado, contaran con consentimiento informado de sus representantes legales, asistieran regularmente a clases y participaran en las fases de preprueba, intervención y posprueba. Como criterios de exclusión se estableció la ausencia en alguna de las fases principales del estudio, el abandono del proceso de intervención o el registro de inasistencias superiores al 15% durante la fase operativa.

Instrumentación y recolección de datos

Para medir el nivel de apropiación conceptual y pensamiento espacial, se diseñó la Rúbrica Analítica de Pensamiento Espacial Astronómico (RAPEA), orientada a valorar el desempeño de los estudiantes en contenidos vinculados con el sistema solar. El instrumento se estructuró en cinco dimensiones cognitivas: identificación de escala espacial, comprensión geométrica del movimiento de rotación, análisis orbital de traslación, abstracción de fases lunares y modelado tridimensional mental. Cada dimensión fue valorada con una puntuación de 0 a 2 puntos, consolidando una escala final de 0 a 10 puntos.

La validez teórica y de constructo de la RAPEA fue determinada mediante juicio de expertos. Para ello, el instrumento fue sometido a la revisión de cuatro especialistas en ciencias de la educación, quienes evaluaron la pertinencia, claridad y coherencia de los indicadores respecto al objetivo del estudio. Además, para estimar la confiabilidad interjueces durante las observaciones directas en el aula, se aplicó el coeficiente Kappa de Fleiss en un pilotaje

previo, obteniéndose un valor de $k = 0.84$, lo que evidencia un nivel adecuado de acuerdo entre evaluadores.

Procedimiento de intervención y flujo metodológico itinerante

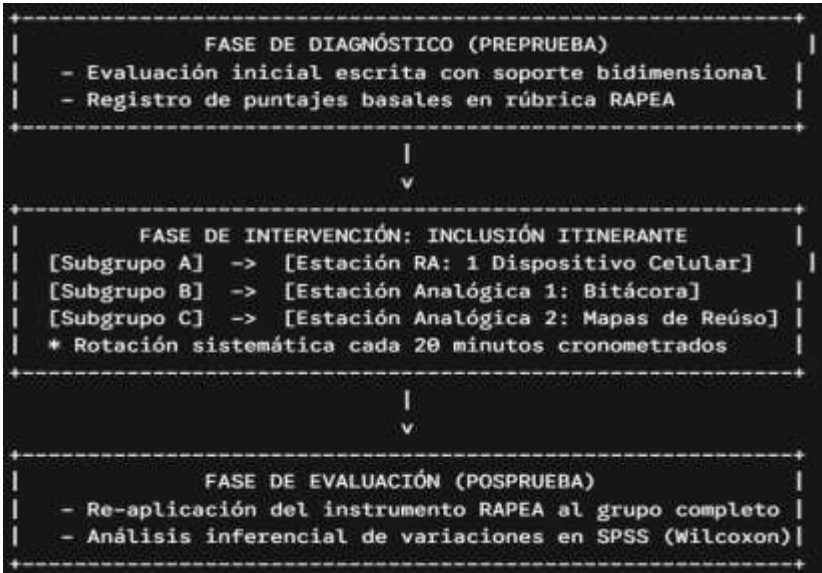
La intervención se desarrolló en tres fases consecutivas. En la fase de diagnóstico se aplicó la preprueba mediante la RAPEA, con el propósito de establecer la línea base del pensamiento espacial de los estudiantes. Esta evaluación inicial se realizó a partir de materiales impresos tradicionales y explicaciones centradas en representaciones bidimensionales del sistema solar.

En la fase operativa de inclusión itinerante se implementó una dinámica de estaciones rotativas de aprendizaje, considerando la disponibilidad limitada de recursos tecnológicos en el aula. El grupo fue dividido en cuatro subgrupos cooperativos de siete integrantes. Mientras tres subgrupos desarrollaban actividades analógicas complementarias, como bitácoras de campo, esquemas y mapas mentales con material impreso o de reúso, un subgrupo accedía a la estación tecnológica con realidad aumentada. En esta estación, la docente guiaba la observación tridimensional mediante marcadores impresos y una aplicación de realidad aumentada del sistema solar. Los estudiantes interactuaron con modelos virtuales de los planetas, explorando relaciones de escala, movimientos de rotación y traslación, así como posiciones relativas entre cuerpos celestes. Cada subgrupo rotó por la estación tecnológica durante 20 minutos por sesión.

En la fase de evaluación final, una vez concluida la secuencia didáctica de ocho sesiones, se aplicó nuevamente la RAPEA bajo condiciones similares a las de la preprueba. Esta medición permitió comparar los cambios en el desempeño de los estudiantes y valorar el efecto de la intervención sobre el desarrollo del pensamiento espacial astronómico.

Figura 1.

Descriptiva de fases.



Fuente: Creación propia.

Análisis estadístico

Los puntajes obtenidos en la preprueba y posprueba fueron sistematizados en una matriz de datos. En primer lugar, se calcularon estadísticos descriptivos, como medias y desviaciones estándar, para caracterizar el desempeño del grupo antes y después de la intervención. Posteriormente, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, con el fin de determinar el comportamiento de la distribución de los datos. Los resultados indicaron que la distribución no cumplía el supuesto de normalidad, por lo que se empleó la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas, con un nivel de significancia de $p < 0.05$. Este procedimiento permitió establecer si las diferencias entre la preprueba y la posprueba eran estadísticamente significativas.

3. RESULTADOS

La sistematización de los puntajes obtenidos mediante la Rúbrica Analítica de Pensamiento Espacial Astronómico (RAPEA) permitió identificar una variación favorable en el desempeño de los estudiantes después de la intervención con realidad aumentada. En términos generales, los resultados muestran un incremento en el nivel de pensamiento espacial asociado a la comprensión del sistema solar, particularmente en aspectos relacionados con la identificación de escalas, movimientos de rotación y traslación, y representación tridimensional de los cuerpos celestes.

En la preprueba, aplicada antes de la intervención, el grupo obtuvo una media de 5.2 puntos sobre 10, con una desviación estándar de 1.4. Este resultado evidenció dificultades iniciales para interpretar relaciones espaciales complejas mediante recursos impresos y explicaciones bidimensionales. Las principales limitaciones se observaron en la comprensión de escalas planetarias y en la explicación de los movimientos orbitales, aspectos que requieren procesos de abstracción visual y espacial.

Después de la implementación de la estrategia de inclusión itinerante mediada por realidad aumentada, la media del grupo en la posprueba ascendió a 8.9 puntos, con una desviación estándar de 0.8. Esta diferencia representa un incremento de 3.7 puntos entre la medición inicial y final, lo que indica una mejora relevante en el desempeño global de los estudiantes. La reducción de la dispersión en la posprueba también sugiere una mayor homogeneidad en los resultados alcanzados por el grupo luego de la intervención.

Tabla 1.

Resultados consolidados preprueba y posprueba de la Rúbrica RAPEA.

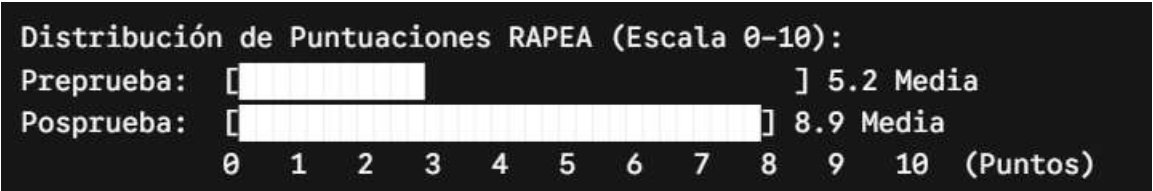
Variable de estudio (N = 28)	Media en preprueba	Media en posprueba	Diferencia de medias	Significación asintótica
Pensamiento espacial	5.2 ± 1.4	8.9 ± 0.8	+3.7 puntos	p < 0.001

Fuente: Elaboración propia.

El contraste inferencial se realizó mediante la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas. El resultado arrojó un valor $Z = -4.68$, con una significación asintótica bilateral de $p < 0.001$. Dado que este valor fue inferior al nivel de significancia establecido de $p < 0.05$, se identificó una diferencia estadísticamente significativa entre los puntajes de preprueba y posprueba. Por tanto, los resultados permiten sostener que la intervención didáctica mediada por realidad aumentada produjo una mejora significativa en el pensamiento espacial de los estudiantes participantes.

Figura 2.

Esquema de puntuaciones



Fuente: Elaboración propia.

Los hallazgos también muestran que la organización por estaciones rotativas permitió aprovechar de manera funcional el recurso tecnológico disponible, sin requerir un dispositivo individual para cada estudiante. La dinámica de trabajo cooperativo favoreció que todos los subgrupos accedieran a la experiencia de visualización tridimensional, mientras las actividades analógicas complementarias reforzaron la interpretación de los contenidos astronómicos. En conjunto, los resultados evidencian que la estrategia de inclusión itinerante puede constituir una alternativa viable para integrar realidad aumentada en aulas con recursos tecnológicos limitados, siempre que exista una planificación didáctica organizada y una mediación docente adecuada.

4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos permiten sostener que la estrategia de inclusión itinerante mediada por realidad aumentada favoreció el desarrollo del pensamiento espacial en los estudiantes participantes. El incremento de la media entre la preprueba y la posprueba evidencia que la visualización tridimensional del sistema solar permitió superar algunas limitaciones propias de los recursos impresos bidimensionales. Este hallazgo coincide con García Franco y Taber (2010), quienes señalan que el aprendizaje de conceptos científicos abstractos requiere mediaciones que ayuden al estudiante a reorganizar sus ideas previas y construir representaciones más comprensibles de los fenómenos estudiados. En este caso, la realidad aumentada funcionó como un apoyo visual para interpretar relaciones de escala, ubicación y movimiento que suelen resultar complejas cuando se explican únicamente mediante imágenes planas.

La mejora observada también puede comprenderse desde el valor de las tecnologías inmersivas como recursos para ampliar la experiencia educativa. Javaid et al. (2024) destacan que la realidad virtual y otras tecnologías inmersivas pueden contribuir al avance de la educación cuando se integran con criterios de sostenibilidad y accesibilidad. Aunque el presente estudio se centró en realidad aumentada y no en realidad virtual, los resultados

muestran una coincidencia importante: las tecnologías inmersivas no deben evaluarse solo por su sofisticación técnica, sino por su capacidad para generar experiencias de aprendizaje viables en contextos reales. En este sentido, el uso de un dispositivo compartido y marcadores impresos permitió adaptar el recurso tecnológico a las condiciones del aula sin perder su potencial pedagógico.

La intervención también aporta elementos para discutir el papel de la tecnología en la evaluación y mejora del aprendizaje escolar. Martínez-Comesaña et al. (2023) advierten que la incorporación de tecnologías emergentes en educación primaria y secundaria exige revisar los métodos de evaluación, debido a que las herramientas digitales modifican las formas en que los estudiantes interactúan con el conocimiento. En este estudio, la rúbrica RAPEA permitió valorar dimensiones específicas del pensamiento espacial antes y después de la intervención, lo que facilitó observar cambios en la comprensión de los contenidos astronómicos. Esto refuerza la necesidad de que las experiencias tecnológicas se acompañen de instrumentos de evaluación coherentes con las habilidades que se buscan fortalecer.

Desde una perspectiva de inclusión, los hallazgos son relevantes porque muestran que la brecha digital no siempre puede abordarse mediante la provisión inmediata de dispositivos individuales, sino también mediante modelos pedagógicos que optimicen los recursos disponibles. Vidal-Alaball et al. (2023) plantean que la transformación digital debe considerar estrategias orientadas a reducir brechas de acceso y uso, especialmente en poblaciones con condiciones desiguales. Aunque su análisis se desarrolla desde el ámbito de la salud, su aporte permite comprender que la reducción de brechas digitales exige soluciones contextualizadas. En el caso educativo, la estrategia de estaciones rotativas permitió que todos los estudiantes participaran en la experiencia de realidad aumentada, aun cuando la infraestructura tecnológica era limitada.

De manera complementaria, Alòs et al. (2024) señalan que las soluciones móviles enfrentan desafíos vinculados con diseño, implementación y sostenibilidad, especialmente cuando buscan promover cambios en prácticas cotidianas. Esta idea resulta pertinente para interpretar la intervención desarrollada, ya que el uso de dispositivos móviles en el aula no garantiza por sí solo una mejora educativa. La diferencia estuvo en la organización didáctica del recurso, en la rotación planificada de los equipos y en la articulación entre actividades digitales y

analógicas. Por ello, los resultados sugieren que la inclusión tecnológica situada depende tanto del recurso disponible como de la mediación docente que estructura su uso pedagógico. El empleo de teléfonos inteligentes y dispositivos móviles también plantea la necesidad de considerar sus formas de uso, medición y regulación dentro de los procesos educativos. Cendrero-Ugena et al. (2026) indican que las herramientas de medición del uso de teléfonos inteligentes permiten comprender mejor la interacción de niños y adolescentes con estos dispositivos. Aunque el presente estudio no evaluó hábitos de uso del teléfono móvil, sí evidencia que el dispositivo puede convertirse en un recurso pedagógico cuando se emplea con objetivos claros, tiempos definidos y acompañamiento docente. Esta precisión es importante, ya que el uso educativo del teléfono no debe confundirse con una exposición tecnológica sin planificación.

En cuanto al diseño metodológico, los resultados se apoyan en una lógica preprueba-posprueba que permitió comparar el desempeño del grupo antes y después de la intervención. Estudios cuasiexperimentales recientes han mostrado la utilidad de este tipo de diseño para valorar el efecto de intervenciones aplicadas en contextos reales, especialmente cuando no es posible controlar completamente todas las variables del entorno (Alvarado Escobar et al., 2026; Riera Arias et al., 2026). En este artículo, el diseño cuasiexperimental resultó pertinente porque permitió trabajar con un grupo natural de aula, respetando su dinámica escolar y evaluando el cambio producido tras la secuencia didáctica.

Asimismo, Nguyen y Resna (2026) evidencian que los estudios cuasiexperimentales pueden aportar información útil sobre el efecto de estrategias formativas cuando se comparan mediciones previas y posteriores a una intervención. En concordancia con ello, la diferencia estadísticamente significativa obtenida mediante la prueba de Wilcoxon respalda la pertinencia de la estrategia implementada. No obstante, es necesario reconocer que el diseño de un solo grupo limita la posibilidad de atribuir los cambios exclusivamente a la intervención, debido a la ausencia de un grupo control. Por tanto, los resultados deben interpretarse como evidencia favorable inicial, pero no como una generalización absoluta para todos los contextos escolares.

Finalmente, la investigación presenta algunas limitaciones que deben considerarse para futuros estudios. La muestra estuvo conformada por 28 estudiantes de un solo grupo de quinto grado, lo que restringe la generalización de los hallazgos a otras instituciones, grados

escolares o contextos rurales con condiciones distintas. Además, la intervención se desarrolló durante ocho sesiones, por lo que sería pertinente realizar estudios longitudinales que analicen la permanencia del aprendizaje y la transferencia del pensamiento espacial a otros contenidos científicos. También sería recomendable incorporar diseños con grupo control, enfoques mixtos y análisis cualitativos de la experiencia estudiantil, con el fin de comprender no solo cuánto mejora el desempeño, sino cómo los estudiantes construyen significado durante la interacción con la realidad aumentada.

5. CONCLUSIONES

Los resultados del estudio permiten concluir que la estrategia de inclusión itinerante mediada por realidad aumentada favoreció el desarrollo del pensamiento espacial en los estudiantes de quinto grado participantes. La diferencia observada entre la preprueba y la posprueba evidenció una mejora significativa en la comprensión de contenidos astronómicos vinculados con el sistema solar, especialmente en aspectos relacionados con escalas, movimientos de rotación y traslación, y representación tridimensional de los cuerpos celestes.

La intervención mostró que la realidad aumentada puede constituir un recurso didáctico pertinente para la enseñanza de conceptos científicos abstractos en educación primaria, siempre que su uso esté articulado a una planificación pedagógica clara. En este caso, la visualización tridimensional permitió complementar las explicaciones basadas en materiales impresos y facilitó que los estudiantes establecieran relaciones espaciales más comprensibles entre los elementos del sistema solar.

Asimismo, el modelo de estaciones rotativas demostró ser una alternativa viable para integrar tecnología en aulas con recursos limitados. La disponibilidad de un solo dispositivo móvil no impidió el acceso de los estudiantes a la experiencia inmersiva, debido a que la organización cooperativa permitió distribuir los tiempos de interacción y combinar actividades digitales con tareas analógicas de refuerzo. Esto evidencia que la inclusión tecnológica no depende únicamente de la cantidad de equipos disponibles, sino también de la mediación docente y del diseño didáctico de las actividades.

El estudio también permite reconocer el valor de las estrategias situadas para reducir brechas de participación tecnológica en la escuela pública. La propuesta de inclusión itinerante aportó una forma práctica de democratizar el acceso a recursos de realidad aumentada, evitando que las limitaciones de infraestructura se conviertan en una barrera absoluta para la innovación

pedagógica. En este sentido, la experiencia desarrollada puede orientar futuras intervenciones en instituciones con condiciones similares.

Se recomienda ampliar este tipo de investigación mediante estudios con muestras mayores, grupos de comparación y seguimientos longitudinales que permitan valorar la permanencia del aprendizaje en el tiempo. También resulta pertinente incorporar enfoques mixtos que analicen la experiencia de los estudiantes y docentes durante el uso de realidad aumentada, con el fin de comprender no solo los cambios en el rendimiento, sino también los procesos de interacción, motivación y construcción de significado que ocurren durante la intervención.

REFERENCIAS

- 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>
- Al-Ansi, A. M., Jaboob, M., Garad, A., & Al-Ansi, A. (2023). Analyzing augmented reality (AR) and virtual reality (VR) recent development in education. *Social Sciences & Humanities Open*, 8(1), Article 100532. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2023.100532>
- Alòs, F., Aldon Mínguez, D., Cárdenas-Ramos, M., Cancio-Trujillo, J. M., Cánovas Zaldúa, Y., & Puig-Ribera, A. (2024). La salud móvil en atención primaria. Nuevos desafíos en el desarrollo de soluciones para promover la actividad física y el bienestar. *Atención Primaria*, 56(8), Article 102900. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2024.102900>
- Alva de la Selva, A. R. (2015). Los nuevos rostros de la desigualdad en el siglo XXI: La brecha digital. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, 60(223), 265–285. [https://doi.org/10.1016/S0185-1918\(15\)72138-0](https://doi.org/10.1016/S0185-1918(15)72138-0)
- Alvarado Escobar, C., Duaso, E., Montiel, I., Colomer, N., Gamboa, A., & Amblàs, J. (2026). Impacto del Modelo de Asignación Diagnóstica y Terapéutica (MADiT) en la calidad de la atención en las personas mayores institucionalizadas: Estudio cuasiexperimental. *Atención Primaria*, 58(5), Article 103468. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2026.103468>
- Calle-Álvarez, G. Y., & Vargas-Franco, C. V. (2022). Estilos de aprendizaje en el desarrollo del pensamiento espacial y geométrico en la básica primaria. *Revista Lasallista de Investigación*, 19(2). <https://doi.org/10.22507/rli.v19n2a7>

- Cendrero-Ugena, C., de Paz-Cantos, S., González-Marrón, A., Lidón-Moyano, C., Díez-Izquierdo, A., & Martínez-Sánchez, J. M. (2026). Revisión de alcance de las herramientas de medición de uso de teléfonos inteligentes. *Anales de Pediatría*, 104(3), Article 504156. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2026.504156>
- Crompton, H., & Burke, D. (2018). The use of mobile learning in higher education: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 53–64. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.04.007>
- Díaz Quesada, F., Carvajal Alfaro, V., & Sequeira Castro, D. (2025). Explorando el universo: Enseñanza de astronomía a través de la literatura. *Comunicación*, 34(1). <https://doi.org/10.18845/rc.v34i1.8095>
- García Franco, A., & Taber, K. S. (2010). Pensamiento intuitivo y aprendizaje de la química. *Educación Química*, 21(2), 111–117. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30160-5](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30160-5)
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., & Dhall, S. (2024). Role of virtual reality in advancing education with sustainability and identification of additive manufacturing as its cost-effective enabler. *Sustainable Futures*, 8, Article 100324. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2024.100324>
- Marín-Díaz, V., & Sampedro-Requena, B. E. (2020). La realidad aumentada en educación primaria desde la visión de los estudiantes. *Alteridad. Revista de Educación*, 15(1). <https://doi.org/10.17163/alt.v15n1.2020.05>
- Martínez-Comesaña, M., Rigueira-Díaz, X., Larrañaga-Janeiro, A., Martínez-Torres, J., Ocaranza-Prado, I., & Kreibel, D. (2023). Impacto de la inteligencia artificial en los métodos de evaluación en la educación primaria y secundaria: Revisión sistemática de la literatura. *Revista de Psicodidáctica*, 28(2), 93–103. <https://doi.org/10.1016/j.psicod.2023.06.001>
- Merino, C., Pino, S., Meyer, E., Garrido, J. M., & Gallardo, F. (2015). Realidad aumentada para el diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje en química. *Educación Química*, 26(2), 94–99. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.04.004>
- Nguyen, T. T. B., & Resna, R. W. (2026). Efecto del paciente estandarizado en la elaboración de historias clínicas por parte de los estudiantes de enfermería en Vietnam: Un estudio cuasiexperimental. *Enfermería Clínica*. <https://doi.org/10.1016/j.enfcli.2026.502472>

- Olarewaju, G. S., Adebayo, S. B., Omotosho, A. Y., & Olajide, C. F. (2021). Left behind? The effects of digital gaps on e-learning in rural secondary schools and remote communities across Nigeria during the COVID19 pandemic. *International Journal of Educational Research Open*, 2, Article 100092. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2021.100092>
- Padilla Yaa, Z. I., & Barrera Rojas, M. A. (2025). Una revisión documental de la evolución del concepto de brecha digital. *Sintaxis*, 15. <https://doi.org/10.36105/stx.2025n15.10>
- Ramírez-Castañeda, L. A., & Sepúlveda-López, J. J. (2018). Brecha digital e inclusión digital: Fenómenos socio-tecnológicos. *Revista EIA*, 15(30). <https://doi.org/10.24050/reia.v15i30.1152>
- Riera Arias, G., Bao Fang Rodríguez Rubio, A., Casadevall Arnaus, M., Serra Corcoll, J., Arnau Solé, G., & Prat Gil, N. (2026). Efecto de una intervención grupal interdisciplinar en pacientes frágiles: Un estudio cuasiexperimental pre-post. *Atención Primaria*, 58(2), Article 103412. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2025.103412>
- Salgado Reveles, M. A. (2023). Los efectos de la realidad virtual y la realidad aumentada en las actitudes hacia la ciencia en alumnos mexicanos de nivel primaria. *PAAKAT: Revista de Tecnología y Sociedad*, 13(25). <https://doi.org/10.32870/pk.a13n25.804>
- Singh, S., Kaur, A., & Gulzar, Y. (2024). The impact of augmented reality on education: A bibliometric exploration. *Frontiers in Education*, 9, Article 1458695. <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1458695>
- Vidal-Alaball, J., Alarcon Belmonte, I., Panadès Zafra, R., Escalé-Besa, A., Acezat Oliva, J., & Saperas Perez, C. (2023). Abordaje de la transformación digital en salud para reducir la brecha digital. *Atención Primaria*, 55(9), Article 102626. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2023.102626>
- Wang, F., Ni, X., Zhang, M., & Zhang, J. (2024). Educational digital inequality: A meta-analysis of the relationship between digital device use and academic performance in adolescents. *Computers & Education*, 213, Article 105003. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105003>

Conflicto de Intereses: Los autores afirman que no existen conflictos de intereses en este estudio y que se han seguido éticamente los procesos establecidos por esta revista. Además, aseguran que este trabajo no ha sido publicado parcial ni totalmente en ninguna otra revista.

FINANCIAMIENTO

La autora no recibió financiamiento para el desarrollo de esta investigación.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA:

Nombres de autores e iniciales: Danny Meliton Meza Arguello

1. Conceptualización: (DMMA)
2. Curación de datos: (DMMA)
3. Análisis formal: (DMMA)
4. Adquisición de fondos: (DMMA)
5. Investigación: (DMMA)
6. Metodología: (DMMA)
7. Administración del proyecto: (DMMA)
8. Recursos: (DMMA)
9. Software: (DMMA)
10. Supervisión: (DMMA)
11. Validación: (DMMA)
12. Visualización: (DMMA)
13. Redacción – Borrador original: (DMMA)
14. Redacción – Revisión y edición: (DMMA)