



La realidad aumentada y la realidad virtual en la enseñanza matemática: rendimiento académico y educación inclusiva

Augmented Reality and virtual reality in mathematics education: academic achievement and inclusive education

 Jose Ortí Martínez; jorti@ucam.edu

Universidad Católica de Murcia (España)

Resumen

Esta investigación examina el impacto de la realidad aumentada y la realidad virtual en el rendimiento académico y la inclusión educativa universitaria. Se combinó un análisis comparativo del rendimiento del alumnado, con la recogida de información a través de las respuestas a un cuestionario *ad hoc* con una escala tipo Likert y cuestiones abiertas para conocer las opiniones de los alumnos. Con 400 estudiantes de educación en España, se concluyó que el uso de la realidad aumentada y la realidad virtual en la enseñanza de matemáticas mejoró significativamente el rendimiento académico, evidenciado por un mejor desempeño en la resolución práctica y teórica de problemas matemáticos. Según el alumnado participante, estas tecnologías fomentaron experiencias de aprendizaje personalizadas, atractivas e inclusivas, sugiriendo que abordan diversas necesidades en el aprendizaje matemático en la universidad. En la discusión, se respalda la efectividad de estas herramientas tecnológicas como recursos pedagógicos inclusivos en matemáticas, pero se destaca la necesidad de atender desafíos técnicos y logísticos, así como de capacitar a los educadores para aprovechar plenamente estas tecnologías en el aula.

Palabras clave: realidad aumentada (RA); realidad virtual (RV); Enseñanza de matemáticas; rendimiento académico; educación inclusiva; percepción del estudiante.

Abstract

This research examines the impact of augmented reality and virtual reality on academic achievement and inclusive university education. A comparative analysis of student performance was combined with the collection of information through responses to an ad hoc questionnaire with a Likert scale and open questions to gather student opinions. With 400 education students in Spain, it was concluded that the use of augmented reality and virtual reality in mathematics teaching significantly improved academic performance, evidenced by better performance in the practical and theoretical resolution of mathematical problems. According to the students, these technologies promoted personalized, engaging, and inclusive learning experiences, suggesting that they address diverse needs in university mathematics learning. In the discussion, the effectiveness of these technological tools as inclusive pedagogical resources in mathematics is supported, but the need to address technical and logistical challenges, as well as to train educators to fully exploit these technologies in the classroom, is highlighted.

Keywords: augmented reality (AR); Virtual reality (VR); mathematics teaching; academic performance; inclusive education; student perception.



1. INTRODUCCIÓN

En el ámbito matemático, la formación universitaria proporciona una base sólida de conocimientos teóricos y prácticos en este campo determinado. Los futuros maestros y maestras aprenden sobre teorías pedagógicas, metodologías de enseñanza, desarrollo del alumno, currículo, evaluación, entre otros temas clave que les permiten comprender los principios fundamentales de la enseñanza matemática (Godino, 2022, p. 8). Sin embargo, los resultados PISA sobre matemáticas en España han estado por debajo del promedio de la OCDE en la mayoría de las ediciones del informe (Cuñat y Cuñat, 2022, p. 16).

Si bien ha habido algunas mejoras a lo largo del tiempo, España aún enfrenta desafíos en el ámbito educativo para mejorar los niveles de competencia matemática entre los estudiantes de todas las etapas educativas. Por esta razón, es fundamental asegurar que la formación del futuro profesorado en el ámbito de la enseñanza de esta disciplina sea lo más completa posible, procurando dotar de numerosas oportunidades de aprendizaje al alumnado de los grados de educación (Castillo y Burgos, 2023, p.172).

Investigadores como Mendoza et al., (2022) inciden en indicar que “la plasticidad cerebral permite modificar las conexiones neuronales y realizar cambios estructurales en el cerebro a través de la práctica” (p.41), Sin embargo, actualmente prevalecen diversas críticas que a nivel histórico han reivindicado un papel diferente de la enseñanza matemática universitaria. Tal y como expone Valero (2022, p.13) persiste un enfoque abstracto y descontextualizado, poco inclusivo, falta de conexión con la vida real, enfoque centrado en la memorización y el cálculo mecánico, uso limitado de tecnologías educativas y evaluaciones y exámenes estandarizados. Además, autores como Ansina (2021, p.15) proponen dos actuaciones para promover el progreso en la enseñanza matemática: modificación del currículo y transformación de la didáctica, con la intención de mejorar las competencias matemáticas y la percepción por parte del alumnado.

En respuesta a la situación descrita con anterioridad, la realidad aumentada y la realidad virtual (en adelante RA y RV) son tecnologías que han ganado popularidad en los últimos años en el ámbito educativo. La RA es una tecnología que permite al alumnado superponer objetos virtuales en el mundo real, mientras que la RV permite a los discentes sumergirse en un entorno virtual generado por ordenador. Ambas tecnologías tienen el potencial de mejorar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes y hacer que las matemáticas sean más interesantes, accesibles e inclusivas (Elbert et al., 2023; Gómez et al., 2023; Sánchez, 2017; Sánchez et al., 2023).

El uso de la realidad aumentada en la enseñanza de las matemáticas ofrece diversos beneficios que pueden mejorar significativamente la experiencia de aprendizaje de los estudiantes. Angulo et al., (2023, p. 46) analizan el estado del arte sobre el uso de la RA y RV en la educación superior, incidiendo en algunos beneficios concretos:

Eficacia en la transferencia de nuevos conocimientos y en el aprendizaje de nuevas habilidades. Posibilidad de mejorar la comprensión de conceptos abstractos. Creación de un espacio de colaboración, práctica y promoción de la enseñanza interactiva. Estímulo a la función cognitiva y a las habilidades sociales. Posibilidad de proporcionar una enseñanza personalizada e inclusiva, permitiendo a los aprendices practicar a su propio ritmo. Aumento de la motivación, la concentración, la confianza y el interés de los aprendices.

La producción científica en inclusión es un campo relativamente reciente, pero se ha consolidado como un área de estudio y trabajo prolífica. Existe pluralidad de definiciones sobre educación inclusiva, que no necesariamente son excluyentes entre sí, pero que ayudan a entender la investigación en inclusión como un campo disciplinar heterogéneo (Valdés et al., 2023).

La educación inclusiva es un modelo educativo que busca individualizar, teniendo en cuenta los talentos, intereses y formas de aprender del alumnado, y a la misma vez igualar, es decir, proporcionar igualdad de oportunidades para la totalidad de discentes sin importar su origen o procedencia. Este modelo se basa en el principio de que todos los estudiantes tienen derecho a una educación de calidad, independientemente de sus diferencias. La UNESCO (2022) en su publicación "Reimaginar juntos nuestros futuros: un nuevo contrato social para la educación", así como Lamas, Huerta y Sandoval (2023, p. 230) profundizan en una definición de la educación inclusiva en forma de "proceso de continuo perfeccionamiento de la respuesta educativa para que todos los niños y jóvenes puedan aprender y participar plenamente, independientemente de sus condiciones personales, sociales o culturales".

La educación inclusiva tiene numerosos beneficios para el aprendizaje de todos los estudiantes, ayudando a reducir el abandono escolar y favoreciendo el desarrollo social y emocional del alumnado, permitiéndoles vivir y trabajar en una sociedad diversa (Castro et al., 2021; Quintero, 2020).

La puesta en marcha de metodologías o recursos que favorezcan la educación inclusiva enfrenta una serie de desafíos, como son la falta de preparación de los docentes: los docentes a menudo no están preparados para enseñar a estudiantes con una amplia gama de necesidades (Paz et al., 2022). O, por otro lado, la resistencia al cambio: los futuros docentes afirman que la educación inclusiva requiere un cambio en la cultura y las prácticas educativas, por lo que es difícil de lograr (Vega et al., 2021).

La revisión bibliográfica previa antes de la realización de esta investigación predispone a pensar que el uso de la RV y RA va a suponer una ayuda para cumplir con las fases que propone el National Council of Teachers of Mathematics (2024), para el fomento de un aprendizaje matemático significativo e inclusivo, facilitando cumplir con las siguientes fases en el proceso de enseñanza:

1. Resolución de problemas: manual, verbal, oral y simbólicamente.
2. Razonamiento y demostración de lo que se aprende.
3. Comunicación de ideas y nomenclatura matemática, de diferentes maneras y formas.
4. Conexión con otros contextos o materias.
5. Representación de lo aprendido.

Experiencias previas al respecto, como las realizadas por Bieda y Staples (2020) o Ferreira, Xavier, Ancieto (2021), han servido como antecedentes que aportan datos sobre aspectos metodológicos y didácticos que justifican una investigación como la que se presenta. Por tanto, a través de un análisis riguroso y detallado, esta investigación pretende aportar información valiosa para orientar futuras prácticas pedagógicas en la integración efectiva de la RA y RV en la enseñanza de matemáticas, con el objetivo de mejorar el rendimiento académico y la experiencia de aprendizaje inclusivo de los estudiantes en estos niveles educativos clave.

2. OBJETIVOS

La educación necesita de un cambio profundo que aproveche las nuevas tecnologías de aprendizaje y la comunicación. Sin embargo, es importante tener en cuenta que las tecnologías no son el cambio en sí mismas, sino que son una herramienta que puede ayudar a promoverlo (Porlán, 2020).

Esta investigación tiene como objetivo general:

Analizar el efecto de la realidad aumentada y la realidad virtual para mejorar el rendimiento académico y favorecer la inclusión educativa en la enseñanza matemática, con la intención de proporcionar información relevante que guíe la implementación efectiva de estas tecnologías y contribuya a mejorar los resultados educativos en el contexto universitario.

Objetivo específico 1: Comparar el impacto de la metodología de enseñanza que hace uso de RA/RV con una metodología convencional, sin el uso de estas herramientas tecnológicas, en el rendimiento académico en la asignatura de pensamiento lógico matemático del futuro profesorado de Educación Infantil y Primaria.

Objetivo específico 2: Conocer la percepción de los estudiantes de Educación Infantil y Primaria sobre el uso de la RA y la RV y su potencial como recurso digital para favorecer la inclusión educativa, recopilando la información a través de un cuestionario de preguntas abiertas y escalas de Likert, con el objetivo de medir las experiencias, actitudes y preferencias de los estudiantes hacia el uso de RA/RV.

3. METODOLOGÍA

El estudio incluyó a 400 estudiantes universitarios que cursan los grados de Educación Infantil y Primaria en la Universidad Católica de Murcia, España. En esta investigación se ha combinado un análisis comparativo del rendimiento del alumnado, con la recogida de información a través de las respuestas a un cuestionario *ad hoc* con una escala tipo Likert y cuestiones abiertas para conocer las opiniones de los discentes.

En la construcción del instrumento para la recogida de datos (cuestionario *ad hoc*), se tuvieron en cuenta las variables cuantitativas relacionadas con las respuestas a las cuestiones con escala Likert y las cuestiones cualitativas relacionadas con la valoración que hacen los futuros maestros sobre la experiencia de aprendizaje vivida.

A través de la estadística inferencial se ha podido destacar, que no inferir, aquellos valores que más se repiten alrededor de cada una de las variables (frecuencia), así como los valores percentiles y la relación existente entre los resultados conseguidos por el alumnado en la prueba de la asignatura y la idoneidad de este nuevo contexto de aprendizaje matemático mediado por tecnología.

En cuanto al análisis comparativo de los resultados, el rendimiento académico de los participantes se evaluó mediante una prueba de matemáticas llevada a cabo en el aula ordinaria de cada grupo y de manera presencial. Esta prueba fue calificada con una puntuación de 0 a 10. La prueba se dividió en una sección teórica y otra práctica, y se registraron las

puntuaciones diferenciando el grupo, es decir, aquellos que trabajaron con realidad aumentada y realidad virtual, frente a los que no habían hecho uso de estas herramientas.

La prueba realizada al futuro profesorado consistió en (ejemplo de la prueba para el grado de Educación Primaria):

- Sección teórica con un valor del 40% de la evaluación. Se realizaron 2 preguntas de desarrollo corto, se les solicitaba a los futuros maestros responder con no más de 400 palabras para cada una. Las cuestiones fueron las siguientes:
 - Detalla y explica qué recursos, materiales y actividades podrías utilizar para trabajar en un aula de 2º de Educación Primaria las operaciones aritméticas, teniendo en cuenta la teoría de Bruner al respecto.
 - Tras conocer las propuestas realizadas por el National Council of Teacher of Mathematics para la enseñanza de esta disciplina indica ¿Qué relación existe entre estas propuestas y los criterios metodológicos establecidos en el Decreto 209/2022, de 17 de noviembre, por el que se establece el currículo de la Educación Primaria en la CARM (BORM núm. 267, Viernes 18 noviembre 2022)
- Sección práctica con un valor del 60% de la evaluación.
 - Resolución de cuatro problemas matemáticos: dos de aritmética, uno de geometría y otro de probabilidad.

Por otro lado, y tal como se comenta con anterioridad, el cuestionario respondido por los alumnos universitarios contenía una serie de afirmaciones sobre el uso de la RV y RA para la enseñanza matemática y su afición para el desarrollo de metodologías inclusivas, pudiendo calificar del 1 al 5 (escala de Likert), empezando por:

- 1: totalmente en desacuerdo.
- 2: en desacuerdo.
- 3: ni de acuerdo ni en desacuerdo.
- 4: de acuerdo.
- 5: totalmente de acuerdo.

Las cuestiones respondidas fueron las siguientes:

1. Los recursos de RV y RA han favorecido tu aprendizaje en la asignatura de pensamiento lógico matemático.
2. Los recursos de RV y RA son una buena manera de desarrollar la educación inclusiva en el aula.
3. Los recursos de RV y RA son una manera idónea de promover una enseñanza matemática más inclusiva.

Para explorar la percepción de los estudiantes sobre el uso de RA y RV en la enseñanza de matemáticas y su potencial como recurso digital para favorecer la inclusión educativa, se creó también una parte más abierta y cualitativa en el diseño del cuestionario. El cuestionario fue respondido por el grupo que sí utilizó la RA y RV y contenía las siguientes cuestiones de respuesta abierta:

- ¿Crees que el uso de la realidad aumentada y la realidad virtual te ha ayudado a mejorar tus competencias como docente de matemáticas? ¿Cómo, de qué manera?
- ¿Crees que el uso de la realidad aumentada y la realidad virtual ayuda a promover un proceso de enseñanza más flexible e inclusivo? ¿Puedes poner ejemplos concretos al respecto?
- ¿Qué beneficios aporta, según tu opinión, el uso de estas tecnologías para un aprendizaje matemático más inclusivo?

Los datos cualitativos obtenidos del cuestionario se analizaron temáticamente, identificando temas y patrones comunes en las respuestas de los estudiantes. Antes de la recolección de datos, se obtuvo el consentimiento informado de todos los participantes, quienes fueron asegurados sobre la confidencialidad y anonimato de sus respuestas.

3.1. Muestra

La selección de los estudiantes para cada grupo se realizó mediante un muestreo estratificado, la totalidad del alumnado participante se encuentra matriculado en la misma Universidad: Universidad Católica de Murcia, mismo curso académico y no tienen experiencia previa con tecnologías de RA/RV. El alumnado se encuentra matriculado en los grados de Educación Infantil y Primaria. Los grupos quedaron organizados de la siguiente manera:

- Grupo 1 de Educación Infantil (Hace uso de la RA/RV)
- Grupo 2 de Educación Infantil
- Grupo 1 de Educación Primaria (Hace uso de la RA/RV)
- Grupo 2 de Educación Primaria

Se ha intentado controlar las variables extrañas que pudieran afectar, equiparando a los grupos antes de comenzar el estudio frente a las características demográficas y experiencia previa con tecnologías de RA/RV. Académicamente, el alumnado presenta características similares, mismo curso del grado de educación, 2º curso, y la totalidad de grupos tuvieron al mismo docente como profesor de la asignatura Pensamiento Lógico Matemático.

Las diferencias entre grupos no varían en cuanto al contenido de las tareas realizadas, sino sobre el uso o no de las herramientas de RA y RV. Siendo el índice de tareas o temas el siguiente:

- El sentido numérico.
- Modelos teóricos de la representación de cantidad.
- Las propiedades de los objetos.
- Las relaciones entre los objetos.
- Formas elementales de clasificación.
- La resolución de problemas: aritméticos, de geometría y probabilidad.
- Magnitudes matemáticas.

Los alumnos que no han utilizado estas tecnologías han recibido clases expositivas por parte del profesor responsable, haciendo uso de una presentación PowerPoint y utilizando materiales manipulativos recomendamos en el currículo escolar: regletas de Cuisenaire, policubos, balanzas, tangram y materiales cuantificables de uso cotidiano.

Tabla 1

Muestra empleada en la investigación

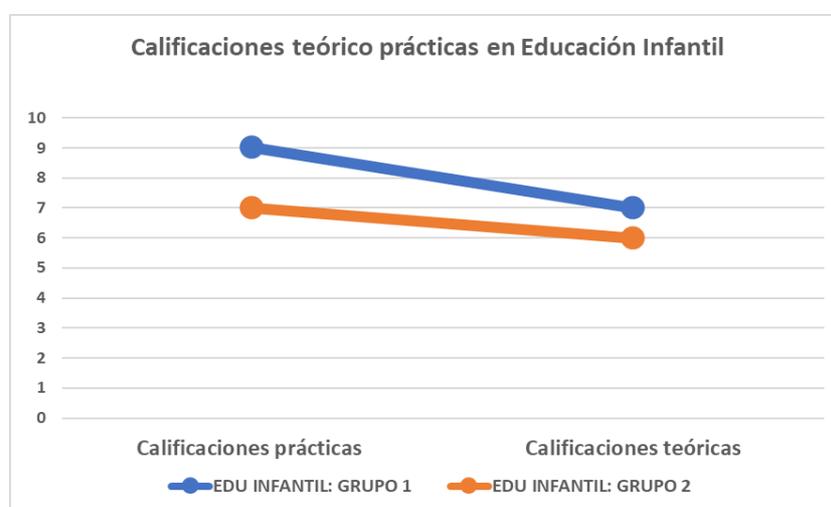
Muestra	Universidad Católica de Murcia	Hombres	Mujeres
Educación Infantil 1	100	3	97
Educación Infantil 2	100	2	98
Educación Primaria 1	100	55	45
Educación Primaria 2	100	57	43
TOTAL	400	117	283

4. RESULTADOS

Los resultados de la investigación muestran que el grupo que utilizó realidad aumentada y realidad virtual, en Educación Infantil, obtuvo un rendimiento superior en la parte práctica, con una calificación de 9, y en la parte teórica con una calificación de 7. En contraste, el grupo que no utilizó RA/RV obtuvo una calificación de 7 en la parte teórica y un 6 en la parte práctica (Ver Figura 1).

Figura 1

Calificaciones teórico-prácticas en Educación Infantil, comparativa entre grupos

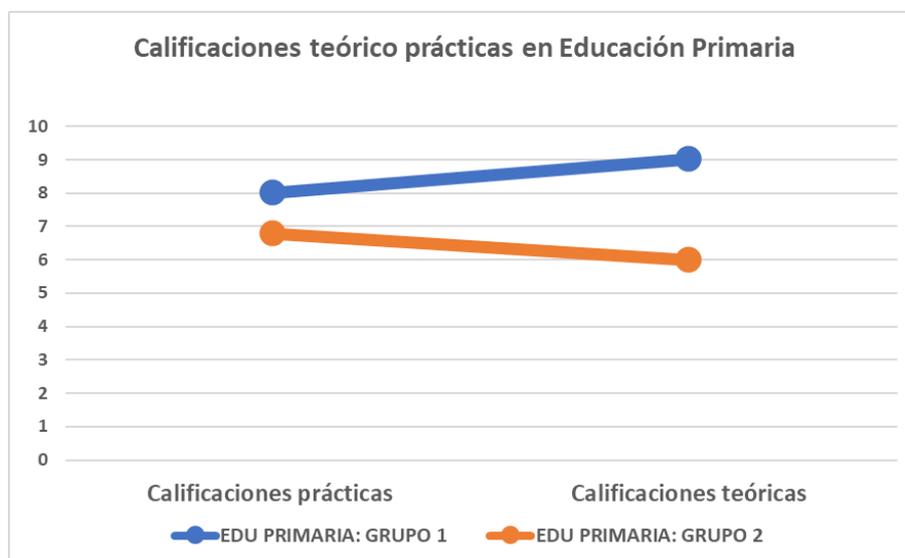


A nivel general, un 75% de los alumnos/as que utilizaron RA y RV obtuvieron, de media, mejores calificaciones teóricas y prácticas que sus pares que no hicieron uso de estos recursos. Además, en la prueba de matemáticas en el espacio dedicado a problemas prácticos, hasta un 88% del alumnado que trabajó con los recursos digitales planteados obtuvieron puntuaciones más altas tanto en la fase de conceptualización como en la de aplicación. La diferencia en las calificaciones entre los dos grupos da a entender que el uso de RA/RV en la enseñanza tiene un impacto positivo y significativo en el aprendizaje de los estudiantes. Los resultados muestran que las herramientas interactivas y visualmente estimulantes de RA/RV ayudaron a mejorar la

comprensión y la puesta en práctica de los conceptos, ofreciendo alternativas que atienden a la diversidad de los discentes.

Figura 2

Calificaciones teórico-prácticas en Educación Primaria, comparativa entre grupos



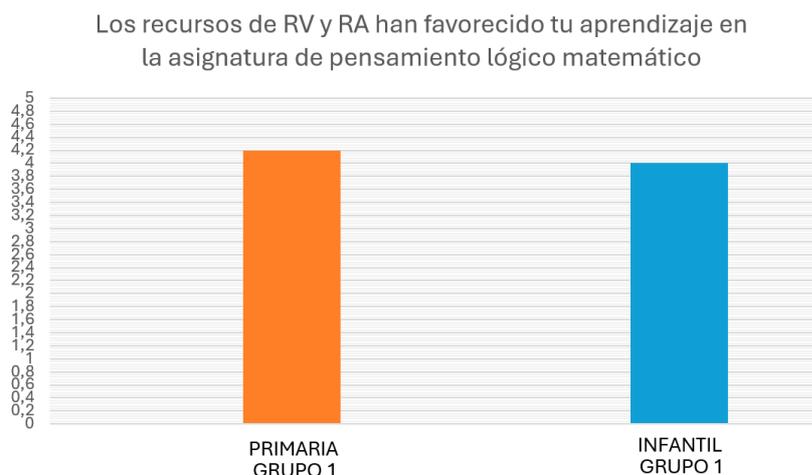
Los resultados de la investigación muestran que el grupo de educación primaria que utilizó realidad virtual y realidad aumentada obtuvo calificaciones superiores en ambas partes de la evaluación. En la parte práctica, este grupo obtuvo una calificación de 8, mientras que en la parte teórica alcanzó una puntuación de 9. En contraste, el grupo que no utilizó RV/RA obtuvo una calificación de 6 en la parte práctica y una puntuación de 6.8 en la parte teórica.

Teniendo en cuenta el compendio de calificaciones de este grupo de Educación Primaria, un 82% de los alumnos/as que utilizaron RA y RV obtuvieron mayores puntuaciones tanto en la parte teórica como en la práctica en comparación con el grupo que no hizo uso de recursos digitales. En la prueba de matemáticas en el espacio dedicado a problemas prácticos, hasta un 86% del alumnado que trabajó con los recursos digitales planteados obtuvieron puntuaciones más altas tanto en la fase de reflexión, en las que los discentes reflexionan sobre sus experiencias para extraer significado de ellas, así como en la de conceptualización, en donde los estudiantes utilizan sus reflexiones para generar conceptos y principios abstractos.

Aportando datos generales tanto en Educación Infantil y Educación Primaria, se observan diferencias en el rendimiento académico de los grupos que utilizaron realidad virtual y realidad aumentada en comparación con los grupos que no las utilizaron (Ver figura 1 y 2). En ambos niveles educativos, el uso de RV/RA parece tener un impacto positivo en el rendimiento académico, con mejoras en el desempeño tanto en la parte teórica como en la práctica. Sin embargo, los resultados también sugieren que el impacto puede ser mayor en Educación Primaria, donde el grupo con RV/RA obtuvo calificaciones más altas en ambas partes del examen en comparación con el grupo sin estas tecnologías.

Figura 3

Percepción sobre la adquisición de conocimientos por parte de los alumnos y alumnas.



Los resultados muestran que tanto las alumnas y alumnos de Educación Primaria como los de Educación Infantil han valorado positivamente el uso de la RV/RA para adquirir mayores conocimientos sobre la enseñanza matemática. El Alumnado de Educación Primaria dio una puntuación promedio de 4,2 sobre 5, mientras que en Educación Infantil dieron una puntuación promedio de 4 sobre 5. En ambos casos, más del 80% de los alumnos que han trabajado con los recursos digitales de la RV y RA valoran que son herramientas idóneas para reflexionar sobre la matemática, así como para conceptualizar y aplicar las mismas.

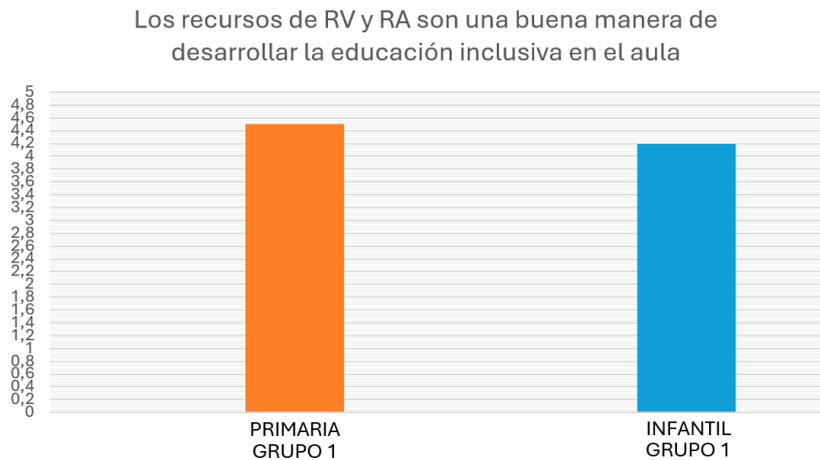
Algunas de las opiniones expresadas por el alumnado en las preguntas abiertas al respecto, son:

- Alumna de educación primaria 1: el proyecto me ha permitido reflexionar sobre el contenido del curso y desarrollar habilidades metacognitivas, lo que me ha ayudado a profundizar en la comprensión y la retención de la materia. Además, me ha permitido mejorar mis competencias digitales.
- Alumno de educación infantil 1: aprecio mucho el uso de estas herramientas, ya que me ayudan a relacionar la teoría con la práctica en matemáticas. Creo que he profundizado más en los contenidos de esta asignatura que en otras asignaturas del grado que se basan en una metodología más expositiva por parte del profesor.

Los resultados anteriormente descritos parecen mostrar que los y las estudiantes perciben que el uso de la RV/RA en la enseñanza de matemáticas les ha sido beneficioso y ha contribuido a su aprendizaje. La valoración cercana a 5 sugiere que la mayoría de los estudiantes están satisfechos con la incorporación de estas tecnologías en el aula y consideran que ha mejorado su comprensión y adquisición de conocimientos matemáticos. Además, estos resultados también destacan la importancia de seguir explorando e integrando adecuadamente estas tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje, teniendo en cuenta la percepción positiva de los/as alumnos/as y su impacto en el rendimiento académico. Sin embargo, es importante seguir investigando para abordar posibles desafíos y maximizar los beneficios de la RV/RA en el ámbito educativo.

Figura 4

Valoración de los alumnos y alumnas sobre la experiencia de uso de la RV/RA y su idoneidad para la educación inclusiva.



Los resultados científicos presentados muestran que las tecnologías de realidad virtual y realidad aumentada (RV/RA) tienen el potencial de favorecer la educación inclusiva. Tanto los futuros maestros y maestras de Primaria como los de Infantil valoran positivamente el uso de estas tecnologías, lo que sugiere que pueden ser una herramienta eficaz para atender a la diversidad del alumnado.

Las puntuaciones promedio de 4,5 y 4,2 sobre 5 indican que la mayoría de los estudiantes están satisfechos con el uso de la RV/RA. Esto se debe a que estas tecnologías ofrecen una serie de ventajas para la educación inclusiva, entre las que se encuentran:

- Adaptabilidad: la RV/RA permite adaptar los contenidos educativos a las necesidades individuales de cada alumno.
- Motivación: la RV/RA proporciona un entorno de aprendizaje más atractivo y estimulante.
- Participación: la RV/RA facilita la participación de todos los alumnos, independientemente de sus capacidades.

El 87% por ciento de los estudiantes de Primaria y el 83% de alumnos de Infantil están de acuerdo o totalmente de acuerdo con la hipótesis de que el uso de la RV y RA favorece la educación inclusiva. Estos resultados respaldan la idea de que estas tecnologías tienen el potencial de mejorar el aprendizaje de todos los alumnos, independientemente de sus diferencias.

Algunas de las opiniones expresadas por los estudiantes son:

- Alumna de educación infantil 2: valoro el aprendizaje mediado por la tecnología puesto que ha permitido la personalización del aprendizaje, es decir, este tipo de iniciativas posibilitan adaptar al nivel y el ritmo de aprendizaje individual de cada uno de nosotros/as.
- Alumno de educación primaria 2: una metodología inclusiva, según mi opinión, tiene que ayudar a todos los alumnos a entender lo que aprenden y saber llevarlo a la práctica. Las herramientas de RV y RA nos han ayudado a casar la teoría con la práctica,

ofreciendo diferentes escenarios según nuestros intereses, así como, nuestro nivel de matemáticas actual.

- Alumno de educación infantil 3: Estoy totalmente de acuerdo con que estos recursos ayudan a la educación inclusiva. Nunca he tenido un nivel alto en la asignatura de matemáticas, siempre me ha costado mucho entender los problemas y cómo resolverlos y ningún profesor cambiaba su modo de enseñarme. Considero esta forma de trabajar más inclusiva, puesto que nos ha permitido llegar a las matemáticas desde nuestros intereses, vinculando la matemática con el mundo.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en esta investigación proporcionan ciertas evidencias del impacto positivo de la RV/RA en la enseñanza de matemáticas en estudiantes universitarios de Educación Infantil y Primaria. Los grupos que utilizaron estas tecnologías demostraron un rendimiento académico superior tanto en la parte práctica como en la teórica en comparación con los grupos que no las utilizaron.

La calificación significativamente más alta en la parte práctica del examen para ambos niveles educativos sugiere que el uso de RV/RA en la enseñanza matemática ha facilitado una mayor comprensión y aplicación de conceptos en situaciones prácticas, coincidiendo con otras investigaciones como la de Agurto y Guevara (2023) o Muñoz, Canabal y Galarcio (2020). Los recursos interactivos y visualmente estimulantes de estas tecnologías parecen haber mejorado la habilidad de los estudiantes para resolver problemas y aplicar sus conocimientos en contextos del mundo real.

La RV/RA demostraron ser especialmente útiles en el aprendizaje de conceptos matemáticos abstractos, ya que las representaciones visuales y tridimensionales facilitaron la comprensión y visualización de los contenidos trabajados, según las opiniones de los discentes y coincidiendo con lo publicado por Buitrago (2015) al respecto.

Asimismo, la calificación más alta en la parte teórica del examen indica que el uso de RV/RA también ha contribuido a una mejor retención y dominio de los conceptos teóricos de las matemáticas. Estos resultados sugieren que las herramientas interactivas de RV/RA han facilitado un aprendizaje más profundo y significativo de los contenidos académicos.

Los datos reflejan una percepción positiva del alumnado respecto a la utilidad de RV/RA en su aprendizaje. Esto sugiere que los estudiantes valoran la incorporación de tecnologías innovadoras en el aula y reconocen sus beneficios en el desarrollo de sus habilidades y conocimientos, coincidiendo con los resultados de Paz et al. (2022), Balladares y Valverde (2017), así como Vega et al., (2021).

Es importante mencionar que el impacto positivo de RV/RA en el rendimiento académico fue más evidente en el grupo de Educación Primaria, donde se obtuvieron calificaciones más altas en ambas partes del examen en comparación con el grupo sin estas tecnologías. Esto podría deberse a la mayor flexibilidad cognitiva y adaptabilidad de los estudiantes de primaria para adaptarse a nuevas metodologías de enseñanza, aunque la muestra no permite generalizar en esta dirección.

Los resultados en esta investigación parecen corroborar que la RV/RA puede utilizarse para crear entornos de aprendizaje personalizados para cada alumno, lo que podría ayudar a atender a la diversidad de los discentes teniendo en cuenta sus destrezas, competencias e incluso sus intereses. Esto es posible gracias a la capacidad de estas tecnologías para generar entornos virtuales simulados que pueden adaptarse según el contexto, tal y como concluyeron también: Martínez et al. (2021).

Por ejemplo, un alumno con dificultad visual puede utilizar la RV para explorar mejor el problema matemático que se le plantea, puesto que se le pueden ofrecer diferentes escenarios para contextualizar, facilitando las experiencias concretas y la reflexión del estudiantado. Por otro lado, los discentes que encuentran dificultades para conceptualizar sus pensamientos, generando reflexiones para crear conceptos y principios abstractos. Pueden recibir contraejemplos que les sirva de andamiaje para terminar resolviendo lo que se les propone, posibilitando una comprensión más completa del contenido que se presenta.

Los datos reflejan una valoración positiva de la RV/RA como recursos para favorecer metodologías inclusivas. La RV/RA ha ayudado a crear experiencias de aprendizaje más atractivas y motivadoras, permitiendo sumergir al alumno y alumna en un entorno virtual realista e inmersivo, lo que ha aumentado su implicación y su atención en el proceso de enseñanza/aprendizaje. Por ejemplo, en la asignatura de matemáticas la RV ha posibilitado ver modelos 3D de objetos geométricos, gráficos y ecuaciones. Por lo que ha ayudado a comprender mejor los conceptos y a realizar operaciones matemáticas de una forma mucho más contextualizada. Por otro lado, las simulaciones de experimentos han permitido comprender mejor los conceptos científicos puestos que podían ser resueltos de maneras diversas.

La RV/RA ha favorecido la motivación de los alumnos frente a las tareas matemáticas, independientemente de sus capacidades, lo que coincide con los resultados obtenidos en trabajos previos publicados por González y Morillo (2023), así como Olivo y Corrales (2020). Todo ello parece indicar que este tipo de iniciativas pueden ofrecer a los estudiantes oportunidades estimulantes, sean cuales sean sus necesidades o nivel académico.

En cuanto a las limitaciones de la investigación, es necesario mencionar que se abordaron desafíos técnicos y logísticos durante la implementación de las tecnologías, lo que puede haber afectado parcialmente los resultados. Además, se debe considerar que la muestra de estudiantes fue específica de una Universidad en particular, lo que puede limitar la generalización de los hallazgos a otras poblaciones.

En conclusión, los resultados de esta investigación respaldan la efectividad de la realidad virtual y realidad aumentada como herramientas pedagógicas inclusivas en la enseñanza de matemáticas en los Grados de Educación infantil y Primaria. La incorporación de estas tecnologías ha demostrado mejorar el rendimiento académico y la comprensión de los conceptos matemáticos, pudiendo adecuarse a las necesidades y talentos diversos de los futuros maestros y maestras. Estos hallazgos pueden ser de gran relevancia para guiar futuras prácticas pedagógicas y políticas educativas, fomentando una mayor integración de RV/RA en el aula para mejorar el aprendizaje y el desempeño de los estudiantes. Sin embargo, se requiere una planificación cuidadosa y una adecuada formación de los educadores para garantizar una

implementación efectiva y aprovechar al máximo el potencial de estas tecnologías en la educación.

6. REFERENCIAS

- Ansina, Á. (2021). Comprender y usar las matemáticas: cambios curriculares, desafíos docentes y oportunidades sociales. *Realidad y Reflexión*, 53(53), 14–39. <https://doi.org/10.5377/ryr.v53i53.10881>
- Angulo, G. A., Lewis, F., Plante, P. y Brassard, C. (2023). Estado del arte sobre el uso de la realidad virtual, la realidad aumentada y el video 360° en educación superior. *Eduotec. Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, 2(84), 35-51. <https://doi.org/10.21556/edutec.2023.84.2769>
- Agurto, J. C. y Guevara, C. F. (2023). Realidad virtual para la mejora del rendimiento académico en estudiantes de educación superior. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 6(2), 233-243. <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/756/759>
- Bieda, K. N. y Staples, M. (2020). Justification as an equity practice. *Mathematics Teacher: Learning and Teaching PK-12*, 113(2), 102-108. <https://doi.org/10.5951/MTLT.2019.0148>
- Buitrago, R. D. (2015). Incidencia de la realidad aumentada sobre el estilo cognitivo: caso para el estudio de las matemáticas. *Educación y educadores*, 18(1), 27-41. <https://educacionyeducadores.unisabana.edu.co/index.php/eye/article/view/4372>
- Castillo, M. J. y Burgos, M. (2023). Idoneidad didáctica de lecciones de proporcionalidad de libros de texto: una experiencia de análisis con maestros en formación. *PNA*, 17(2), 171-199. <https://doi.org/10.30827/pna.v17i2.24089>
- Castro, M. D., Arellano, M., Sernaqué, M. y Castro, G. (2021). Inclusión digital mejora rendimiento académico del adulto como estudiante de una segunda carrera profesional. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (E43), 435-449. <https://bit.ly/49sip0i>
- Cuñat, M. y Cuñat, R. J. (2022). Las leyes de educación en España vs resultados de evaluación del Informe Pisa. *Educatio Siglo XXI*, 40(1), 9–30. <https://doi.org/10.6018/educatio.431691>
- Elbert, M. J., Mendoza, B., Aguirre, K. y Cárdenas, M. V. (2023). Realidad virtual, realidad aumentada y realidad extendida en la educación. *RECIMUNDO: Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento*, 7(2), 74-88. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9006263>
- Ferreira, R. S., Xavier, R. A. C. y Ancioto, A. S. R. (2021). La realidad virtual como herramienta para la educación básica y profesional. *Revista Científica General José María Córdova*, 19(33), 223-241. <http://dx.doi.org/10.21830/19006586.728>

- Godino, J.D. (2022). Emergencia, estado actual y perspectivas del enfoque ontosemiótico en educación matemática. *Revista Venezolana de Investigación en Educación Matemática*, 2(2), 1-24. <https://doi.org/10.54541/reviem.v2i2.25>
- Gómez, J., Herrera, D., Salas, D. y Oviedo, B. (2023). Aplicación Basada en Realidad Aumentada para Apoyar el Aprendizaje en Matemáticas. *Computer and Electronic Sciences: Theory and Applications*, 4(1). <https://doi.org/10.17981/cesta.04.01.2023.01>
- González, A. y Morillo, D. (2023). Implicaciones emergentes de la didáctica de la matemática en entornos virtuales de aprendizaje. *Visión Educativa*, 5(1), 48-66. <https://revistasuba.com/index.php/VISIONEDUCATIVA/article/view/360/243>
- Lamas, P. A. y Sandoval, B. R. (2023). Re imaginando juntos el futuro del CETI: un nuevo contrato para la educación en México. *Revista Educación Superior y Sociedad*, 35(1), 229-253. <https://doi.org/10.54674/ess.v35i1.709>
- Martínez, O. M., Mejía, E., Ramírez, W. R. y Rodríguez, T. D. (2021). Incidencia de la realidad aumentada en los procesos de aprendizaje de las funciones matemáticas. *Información tecnológica*, 32(3), 3-14. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642021000300003>
- Mendoza, R., Delgado, M., Ruiz, J. y Álvarez, F. (2022). Neurociencias y Enseñanza de la Matemática en las universidades: antología de la situación didáctica. *Mount Scopus Journal*. 2(4), 33-51. <https://doi.org/10.31219/osf.io/wp4e7>
- Muñoz, H., Canabal, J. D. y Galarcio, D. E. (2020). Realidad aumentada para la educación de matemática financiera. Una app para el mejoramiento del rendimiento académico universitario. *Revista Científica Profundidad Construyendo Futuro*, 12(12), 37-44. <https://doi.org/10.22463/24221783.2634>
- National Council of Teachers of Mathematics. Principles to Actions. Recuperado el 24 de abril de 2024 de <https://pubs.nctm.org/>
- Olivo-Franco, J. L. y Corrales-Jaar, J. (2020). De los entornos virtuales de aprendizaje: hacia una nueva praxis en la enseñanza de la matemática. *Revista Andina De Educación*, 3(1), 8–19. <https://doi.org/10.32719/26312816.2020.3.1.2>
- Paz, L. E., Gisbert, M. y Usart, M. (2022). Competencia digital docente, actitud y uso de tecnologías digitales por parte de profesores universitarios: [Teaching digital competence, attitude and use of digital technologies by university professors]. *Pixel-Bit. Revista De Medios Y Educación*, 63, 93–130. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.91652>
- Porlán, R. (2020) El cambio de la enseñanza y el aprendizaje en tiempos de pandemia. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, 2(1), 15-25. <https://revistas.uca.es/index.php/REAYs/article/view/6168>
- Quintero, L E. (2020). Educación inclusiva: tendencias y perspectivas. *Educación y Ciencia*, (24), 11-24. <https://doi.org/10.19053/0120-7105.eyc.2020.24.e11423>

- Reyes, A., Molina, L., Cuevas, M. y González, D. (2020). Interacción 3D y Realidad Virtual en la Universidad de Málaga. Presentación del grupo 3DI-DIANA. *Revista de la Asociación Interacción Persona Ordenador (AIPO)*, 1(1), 85-88. <https://revista.aipo.es/index.php/INTERACCION/article/view/12/32>
- Sánchez, E., Ramos, M. F., Linde, T. y Sánchez, J. (2023). Percepción del alumnado universitario respecto al aprendizaje basado en proyectos con tecnología. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 26(1), 71–84. <https://doi.org/10.6018/reifop.543281>
- Sánchez, B.I. (2017). Aprender y enseñar matemáticas: desafío de la educación. *Revista de investigación educativa de la REDIECH*, 8(15), 7-10. Recuperado en 26 de julio de 2023, de <https://www.scielo.org.mx/pdf/ierediech/v8n15/2448-8550-ierediech-8-15-7.pdf>
- Valero, V. N. (2022). Enseñar a enseñar matemáticas: concepciones, creencias y verdades. *Revista Latinoamericana Ogmios*, 2(3), 7–16. <https://doi.org/10.53595/rlo.v2.i3.020>
- Valdés, R., Jiménez, L. y Jiménez, F. (2023). Radiografía de la investigación sobre educación inclusiva. *Cadernos de Pesquisa*, 3(52), 1-23. <https://doi.org/10.1590/198053149524>
- Valverde, J. y Balladares, J. (2017). Enfoque sociológico del uso del b-learning en la educación digital del docente universitario. *Sophia: colección de filosofía de la educación*, 23(2), 123-140. <https://doi.org/10.17163/soph.n23.2017.04>
- Vega, E., Calmaestra, J. y Ortega, R. (2021). Percepción docente del uso de TIC en la Educación Inclusiva: [Teacher perception on the use of ICT in inclusive Education]. *Pixel-Bit. Revista De Medios Y Educación*, 62, 235–268. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.90323>

Para citar este artículo:

Ortí Martínez, J. (2024). La realidad aumentada y realidad virtual en la enseñanza matemática: educación inclusiva y rendimiento académico. *Eduotec, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (88), 62-76. Recuperado a partir de <https://doi.org/10.21556/edutec.2024.88.3133>