

Using metaverses for teaching mathematics

Uso de los metaversos para la enseñanza de las matemáticas

^{1*} Rubén González-Vallejo, ² Verenice Sánchez-Castillo, ³ Emanuel Maldonado

^{1*} PhD. Educación, r.gonzalez@uma.es, <https://orcid.org/0000-0002-9697-6942>, Universidad de Málaga, Málaga, España.

² PhD. Antropología, ve.sanchez@udla.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-3669-3123>, Universidad de la Amazonia, Florencia, Colombia.

³ Administrador de empresas, emaldonado@ageditor.org, <https://orcid.org/0009-0004-3595-4979>, Universidad Abierta Interamericana, Buenos Aires, Argentina.

Cómo citar: González-Vallejo, R., Sánchez-Castillo, V. & Maldonado, E. J. (2024). Uso de los metaversos para la enseñanza de las matemáticas. *Eco Matemático*, 15(2), 83-94. <https://doi.org/10.22463/17948231.5228>.

Recibido en Febrero 16, 2025 – Aprobado en Junio 24, 2024.

Keywords:

Didactics, Education,
Teaching-learning,
Mathematics, Metaverse

ABSTRACT: Metaverses are currently innovative environments for education. They offer possibilities for teaching mathematics through immersive interaction. This article explores their application through a documentary review approach and identifies specific cases in which these technologies have been implemented. The aim is to analyze how metaverses can facilitate mathematics learning while identifying their advantages, challenges, and effective teaching strategies. A theoretical study was conducted in which educational experiences from different levels were selected, determining teachers' perspectives on the subject and interactions on the most commonly used platforms. Metaverses enable greater student learning and understanding of abstract concepts such as geometry. At the same time, persistent technical and curricular barriers were identified. Successful strategies include gamification and collaborative learning, among others. Metaverses are tools that enable the development of mathematics teaching, but they also require ongoing teacher training and curricular adaptation. Their relevance and usefulness depend on intentional pedagogical designs.

*Corresponding author: r.gonzalez@uma.es (Rubén González-Vallejo)

<https://doi.org/10.22463/17948231.5228>

Palabras clave:

Didáctica, Educación,
Enseñanza-aprendizaje,
Matemática, Metaverso

RESUMEN: Los metaversos constituyen en la actualidad entornos innovadores para la educación. Estos ofrecen posibilidades para la enseñanza de las matemáticas a partir de la interacción inmersiva. En el presente artículo se explora su aplicación desde un enfoque de revisión documental y se identificaron casos concretos en los que se han implementado estas tecnologías. Se pretende analizar cómo los metaversos pueden facilitar el aprendizaje de las matemáticas a la vez que se identifican sus ventajas, desafíos y estrategias didácticas efectivas. Se realizó un estudio teórico en el que se seleccionaron experiencias educativas de distintos niveles, se determinó la visión docente sobre el tema y las interacciones en las plataformas más utilizadas. Los metaversos permiten un mayor aprendizaje estudiantil y comprensión de los conceptos abstractos como la geometría. A su vez, se identificaron las barreras desde el punto de vista técnico y curricular que persisten. Las estrategias exitosas incluyen gamificación, aprendizaje colaborativo, entre otros. Los metaversos son herramientas que permiten el desarrollo de la didáctica de las matemáticas, pero a su vez se hace necesaria una continua formación docente y adaptación curricular. Su pertinencia y utilidad dependen de diseños pedagógicos intencionales.

Introducción

Enseñar y aprender matemáticas constituye un desafío continuo, es por ello que lograr que los estudiantes superen las dificultades que se asocian a esta disciplina se hace cada vez más necesario (Kryvenko & Chalyy, 2023). En la actualidad los entornos digitales inmersivos como los metaversos, emergen como alternativas pedagógicas que tienen potencial para transformar los procesos de aprendizaje (Yang et al., 2023). Estos son espacios virtuales que favorecen simulaciones de escenarios interactivos, además de manipular objetos en tres dimensiones y colaborar en tiempo real.

Estos aspectos favorecen el conocimiento y aprendizaje de la materia, la enseñanza de esta disciplina se ha perfeccionado desde el génesis de la humanidad y al paso de los años, se ha demostrado cómo las nuevas estrategias y herramientas favorecen su aprendizaje (Wang, 2022). En el mundo contemporáneo, los metaversos son una experiencia educativa holística en la que los estudiantes, además de recibir información, pueden modificar de forma activa el entorno de aprendizaje (Pursnani et al., 2023). Esta es una de las características más valiosas y se puede simplificar en el caso de la geometría espacial o el cálculo vectorial, en el que visualizar las dinámicas correspondientes a estos temas permite

una mayor comprensión de los conceptos, los cuales desde las aulas suelen reducirse a presentaciones planas y estáticas (Letters, 2022).

También la naturaleza de este tipo de espacio permite el aprendizaje colaborativo a la vez que los estudiantes resuelven problemas matemáticos en equipos, incluso a la distancia, mediante herramientas compartidas, avatares y otros (Nachouki et al., 2023). Adoptar este tipo de tecnologías en el ámbito educativo requiere que se atiendan factores asociados a la brecha digital, la resistencia al cambio en las prácticas docentes, la falta de marcos específicos para este tipo de entornos, los cuales pueden limitar su implementación (Ou et al., 2022). También algunos docentes tienen dificultades técnicas para implementar este tipo de actividades y otros requieren de alineación entre los nuevos formatos y los currículos tradicionales (Daza et al., 2023).

Es por ello que estos desafíos dan lugar a un análisis crítico que pueda trascender el entusiasmo inicial por la tecnología y determine cómo, cuándo y en qué condiciones los metaversos pueden enriquecer la enseñanza de las matemáticas (Hu, 2023). En el presente estudio se analizan algunas experiencias en las que se han utilizado los metaversos para la enseñanza de las matemáticas. También se han

identificado estrategias efectivas, ventajas desde el punto de vista pedagógico y obstáculos que tienen lugar en la práctica. El objetivo de la investigación es analizar el uso de los metaversos en la enseñanza de las matemáticas, a la vez que se describen sus aportes didácticos, limitaciones y las condiciones necesarias para implementarlos de forma exitosa.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó desde un enfoque de revisión documental, teniendo en cuenta fuentes sobre el tema publicadas entre 2022 y 2023 fundamentalmente. Se analizaron en profundidad experiencias reales asociadas a la implementación de metaversos para la enseñanza de las matemáticas que se hicieron evidentes en la literatura. La selección de este método permitió comprender los fenómenos educativos en su contexto desde la visión de docentes, las prácticas de los estudiantes y su interrelación con las plataformas; a la vez que se exploran las experiencias pedagógicas y las perspectivas de los actores involucrados.

Diseño y selección de las fuentes

Se seleccionaron casos mediante la revisión a la literatura publicada en bases de datos de alto impacto como Scopus y Web of Science, se contrastaron otras experiencias latinoamericanas publicadas en Google Académico, para ello se consideraron los siguientes criterios:

- En primer lugar, la diversidad educativa. Para ello se seleccionó un caso por nivel básico, medio y superior en instituciones públicas y privadas de México y Colombia.
- Como segundo criterio está la implementación consolidada. Estas experiencias deberían tener al menos un semestre de uso continuo de metaversos.
- Y como último criterio está el enfoque en las matemáticas. Debían ser casos en los que los metaversos se aplicarían de forma específica a la

enseñanza de contenidos matemáticos, ya fueran álgebra, geometría o estadística.

Criterios para las fuentes:

- En primer lugar, debían ser publicadas en el periodo establecido, arrojadas en las bases de datos ya presentadas y poseer diversidad regional
- Publicadas en idioma inglés o español
- Ofrecer experiencias diversas sobre metaversos en la enseñanza de las matemáticas o su asociación

Durante la revisión de las fuentes, se tuvieron presente que se determinarían experiencias docentes, se apreciara el diseño pedagógico, las percepciones y los desafíos referentes al objeto de investigación. Además, se incluyó las percepciones de estudiantes y sus experiencias en la gestión y comprensión sobre los contenidos. Se analizaron experiencias que permitieron examinar las interacciones, el uso de las herramientas 3D y las dinámicas colaborativas. A su vez, la revisión a la literatura permitió una revisión fuentes que ofrecían información sobre guías didácticas y experiencias en el trabajo con los estudiantes en los entornos virtuales.

Para el procesamiento de la información, los autores utilizaron el gestor bibliográfico Zotero y se auxiliaron de softwares y aplicaciones informáticas para organizar y graficar los datos.

Resultados

Los hallazgos del estudio sugieren que los metaversos en la contemporaneidad poseen un impacto significativo en la enseñanza de las ciencias naturales y exactas, de forma específica en la de las matemáticas. Su efectividad depende de factores pedagógicos, tecnológicos y contextuales (Abichandani et al., 2023). En el presente estudio se analizaron casos desde el punto de vista teórico, los cuales demostraron cómo los entornos inmersivos

permiten la comprensión de conceptos abstractos asociados a la geometría del espacio y al álgebra vectorial (Nguyen, 2022).

Durante la revisión documental se pudo determinar que los estudiantes que interactuaron con objetos matemáticos en 3D, mostraron mayores capacidades para visualizar las relaciones espaciales y resolver problemas en comparación con los métodos más tradicionales según (Chiu et al., 2023). Esto favoreció determinar que las percepciones de los docentes que la manipulación directa de figuras geométricas en el metaverso da lugar a una mayor explicación de propiedades y teoremas. También durante el estudio se identificaron los desafíos críticos que limitan la adopción generalizada de esta tecnología (Murray et al., 2022).

En los tres casos se pudo determinar que la falta de infraestructura tecnológica genera desigualdades en el acceso, puesto que algunos estudiantes no contaban con dispositivos compatibles o conexiones estables a internet (Cheung et al., 2022). A su vez, las experiencias de los docentes demuestran en la literatura que el tiempo requerido para diseñar actividades en el metaverso supera de forma amplia al de las clases convencionales (Ng et al., 2023). Es por ello que se plantea como un obstáculo práctico para su implementación de forma masiva. También se identificó cómo los estudiantes con menor afinidad digital mostraban resistencia de forma inicial a la plataforma, aunque esta disminuía a partir de las primeras actividades de adaptación (Figura 1).

Factores que influyen en la efectividad del metaverso en la educación matemática

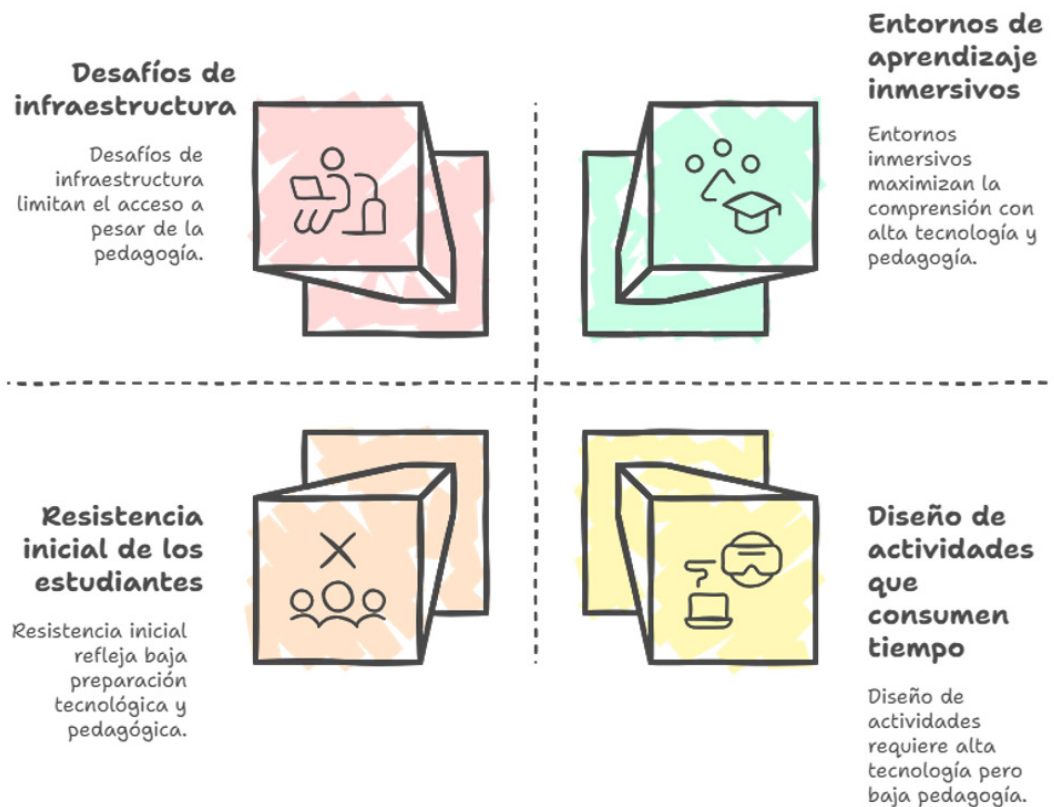


Figura 1. Metaverso en la Educación Científica: factores de influencia.

Se constató, además, que las estrategias pedagógicas logran ser más efectivas si se combinan con el uso del metaverso (Chen et al., 2022). En el caso de la educación superior, la gamificación favoreció el aumento de la participación y el rendimiento académico asociado a la solución de problemas de cálculo mediante retos colaborativos. A su vez, en los casos que se replicaron modelos expositivos tradicionales en entornos virtuales no tuvieron resultados tan alentadores (Xiao et al., 2023).

Mediante el análisis a las fuentes consultadas se afirma que el metaverso no sustituye las prácticas docentes efectivas, pero las potencia cuando se integra a diseños didácticos que se centran en la exploración y el trabajo en equipo (Wei, 2022). Resulta interesante conocer la función del metaverso en la evaluación formativa, puesto que los docentes desarrollan sistemas cada vez más innovadores que permiten monitorear el progreso estudiantil asociado a la grabación de sesiones en la que estos explicaban los procedimientos matemáticos auxiliados de avatares (Ravi, 2023).

Esta práctica favorece la identificación de errores conceptuales, los cuales en formatos tradicionales pasan desapercibidos (Márquez et al., 2023). Se debe tener en cuenta que los participantes coinciden en la necesidad de desarrollar instrumentos que permitan la evaluación específica para este tipo de entornos, puesto que los ya diseñados desde el punto de vista convencional no permiten identificar competencias como la navegación espacial y la colaboración virtual.

Discusión

El análisis de los resultados de este estudio dio la posibilidad de identificar cómo los metaversos en la transformación de la educación matemática tienen una función esencial (Deveci et al., 2022). Los diferentes hallazgos permitieron afirmar que estos entornos inmersivos proporcionan abordar

problemas pedagógicos e históricos asociados a la enseñanza de contenidos abstractos y de forma específica la geometría del espacio. Además, en correspondencia a lo afirmado por Bingley et al. (2023), ofrecen gran capacidad para visualizar y manipular objetos matemáticos en tres dimensiones, y responde de forma directa a una limitación en las aulas tradicionales, donde los estudiantes necesitan comprender realidades espaciales a partir de representaciones en dos dimensiones.

Esto es importante para el aprendizaje de la geometría, puesto que los participantes demuestran mejoras significativas en su comprensión y de forma específica en el análisis de volumen, las rotaciones y proyecciones (Chauncey & McKenna, 2023). Queda demostrado que estos avances no son automáticos ni universales, pues dependen de diseños realizados de forma cuidadosa y planificados en los que se aprovechan las características del metaverso. Durante el análisis se permitió determinar que existe una paradoja entre tecnología y pedagogía y esto se asocia a los tres casos estudiados.

Se coincide con Laplagne & Urcia (2023) al declarar que los metaversos, además de democratizar el acceso, permiten acceder a experiencias educativas cada vez más innovadoras y esto conlleva la profundización de brechas ya existentes. La desigualdad que se genera en el acceso a los dispositivos y a la conexión de alta velocidad excluye en la mayoría de los casos a estudiantes que viven en contextos de vulnerabilidad socioeconómica (Sandeepa, 2022). Es por ello que esta contradicción ofrece dilemas éticos para las instituciones de educación superior y se hace necesario analizar cómo implementar tecnologías avanzadas sin que se amplíen las desigualdades (Tabuenca et al., 2023).

En la literatura, se sugiere que las estrategias de adopción requieren que se incluyan componentes de equidad, como laboratorios virtuales accesibles en las instituciones o modalidades híbridas en

las que no se dependa únicamente de recursos individuales (Benvenuti et al., 2023). Por su parte, esta investigación evidencia que existen tensiones entre innovación y tradición en las prácticas docentes (Shi et al., 2022). Entre los casos positivos destacan aquellos en los que los educadores pueden reinterpretar sus estrategias didácticas a nuevos medios y en los que no se trasladan los métodos convencionales al entorno virtual. Se necesitan según Cardeño et al. (2023), en primer lugar, competencias digitales, las cuales no siempre están accesibles en los docentes. También es importante una reconceptualización de la función del docente como diseñador de experiencias inmersivas y facilitador del aprendizaje.

Se aprecia en la mayoría de las fuentes sobre el tema resistencias en cuanto a que algunos profesores coinciden con autores que demuestran cómo la adopción de las tecnologías educativas, en medio de un contexto donde no abunda el tiempo para la experimentación y el desarrollo profesional, constituye una barrera recurrente (Bingley et al., 2023). Teniendo en cuenta el análisis a las fuentes, se pudo identificar, además, cómo en el diseño curricular se muestra la adopción de métodos convencionales a los marcos evaluativos inmersivos, puesto que las rúbricas se centran en productos más que en procesos, lo cual es insuficiente para capturar aprendizajes asociados a la navegación espacial o la resolución colaborativa de problemas en tiempo real (Ahaidous et al., 2023).

Este estudio permitió identificar experiencias prometedoras asociadas a la evaluación alternativa, como la grabación de sesiones y el análisis de interacciones entre avatares (Shiller, 2022). Se analizaron algunos aspectos desde el enfoque de revisión documental que enfatizan la necesidad de desarrollar nuevos marcos para evaluar a los estudiantes de forma que se reconozcan las competencias digitales específicas y se desarrollen habilidades en los estudiantes para utilizar estos entornos (López, 2023).

Al realizar una comparación entre los tres casos, se pudo determinar como principio fundamental que el éxito del metaverso en los contextos educativos no radica en la tecnología, sino en su utilización de forma sistemática para el aprendizaje de las matemáticas (Pamucar et al., 2022). En cuanto a los mejores resultados, se puede afirmar que estos se determinan una vez que se cumplan al menos cuatro condiciones. Entre ellas, el equipamiento técnico, el seguimiento permanente de los procesos de los estudiantes, la formación docente y el rediseño de los currículos de forma intencionada. Esto determina cómo algunas implementaciones de forma aislada no lograron impacto significativo (Giorgio et al., 2023).

Los metaversos requieren inversiones desde el punto de vista de infraestructura cognitiva y aplicativo que trascienden a la compra de licencias y que se incluyan componentes pedagógicos, sociales y otros (Díaz Guerra et al., 2023). Este estudio permitió plantear algunas preguntas sobre la sostenibilidad a largo plazo de estas iniciativas. Muchas empresas ofrecen productos y visiones sobre la educación inmersiva (Chandra, 2022). A su vez, la realidad documentada es testigo de logros frágiles, de los cuales dependen en gran medida del financiamiento y apoyo institucional (Caccavale et al., 2023). En el caso universitario, los cambios de administración ponen en riesgo la continuidad de los proyectos.

De forma específica, se pudo ilustrar cómo las innovaciones pedagógicas desaparecen una vez que influyen otros factores ajenos al ámbito educativo (Alvarez et al., 2022). Esto muestra la fragilidad del proceso y se sugiere construir redes interinstitucionales entre las cuales se puedan compartir recursos, formar comunidades y generar evidencias y experiencias colectivas sobre lo que funciona, cómo funciona y su seguimiento (Naser, 2023).

Para la práctica educativa, esto tiene algunas implicaciones, puesto que los metaversos se integran como herramientas complementarias y de ninguna manera sustituyen los métodos pedagógicos establecidos (Figura 2). También las instituciones requieren el desarrollo de planes

de implementación donde se tengan en cuenta la formación docente, la evaluación del impacto y la infraestructura tecnológica (Wainwright et al., 2023). Diseñar este proceso requiere la garantía de una de un acceso equitativo y que se consideren las diversas capacidades de los estudiantes.

Integración de Metaversos en la Educación

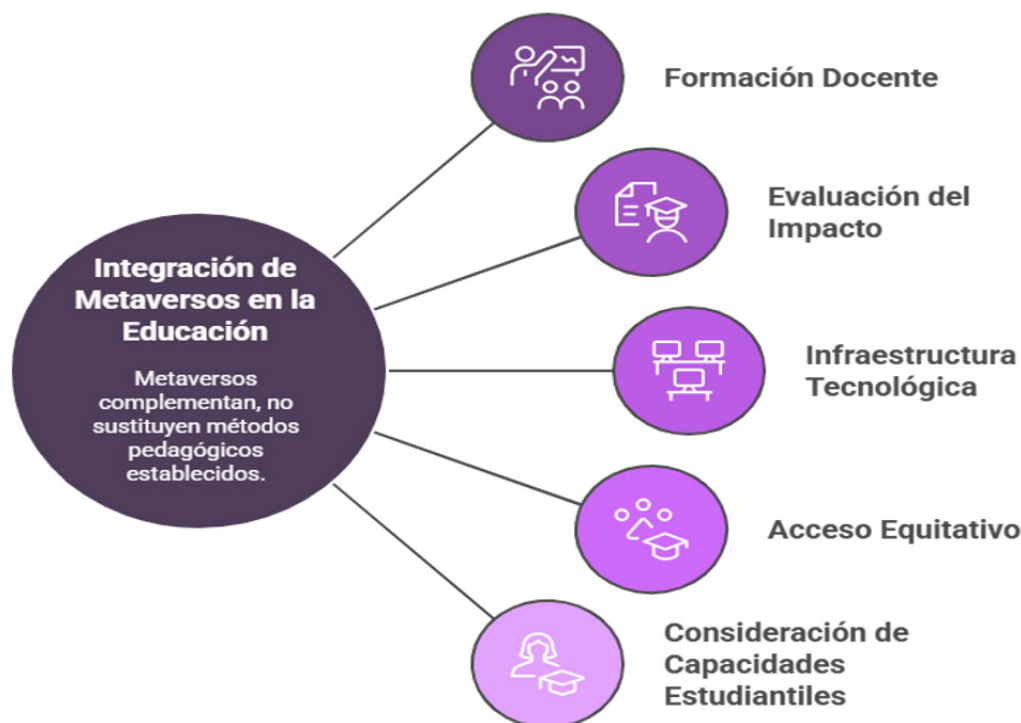


Figura 2. Implicaciones para la práctica educativa.

También, se deben explorar modelos de evaluación alternativa en los que puedan capturarse aprendizajes específicos de los entornos inmersivos (Khan et al., 2023). Este análisis no es concluyente, sino que establece puntos de partida para el desarrollo de nuevas investigaciones más amplias y específicas sobre cómo equilibrar el potencial educativo de los metaversos, teniendo en cuenta los desafíos prácticos en su implementación (Lee et al., 2022). Los resultados de esta investigación advierten cómo soluciones simplistas subvaloran la garantía y el éxito de los metaversos en la enseñanza de las matemáticas (Scholes, 2023). Se enfatiza en

la necesidad de utilizar enfoques holísticos donde se tengan en cuenta las oportunidades y los riesgos de las innovaciones (Zhan, 2022).

Esta investigación permitió identificar algunas condiciones clave para la implementación exitosa de estas en el metaverso en la enseñanza de las matemáticas. Uno, está asociado al diseño curricular en el que se integren actividades inmersivas con los objetivos de aprendizaje (Memarian, B., & Doleck, 2023). También al desarrollo de nuevos modelos de evaluación que se puedan adaptar a estos entornos. En tercer lugar, está la creación de comunidades en

las que se puedan compartir recursos y experiencias y el establecimiento de alianzas que puedan garantizar la sostenibilidad técnica de los proyectos (Akour et al., 2022). Este estudio permitió definir cómo los metaversos constituyen una solución que contribuye a disminuir los desafíos existentes en la enseñanza de las matemáticas; a su vez, son una herramienta poderosa una vez que se utiliza de forma crítica y contextualizada (Balsano et al., 2023).

Su valor está en la capacidad para complementar las prácticas pedagógicas ya existentes y en el ofrecimiento de nuevas formas para interactuar con el conocimiento asociado a las matemáticas, las cuales eran limitadas en entornos tradicionales. Se hace necesario tener en cuenta la innovación tecnológica para evaluar de forma rigurosa el impacto real en el aprendizaje, centrado en las necesidades pedagógicas más allá de las posibilidades técnicas (Bernabei et al., 2023).

Esta investigación abre algunas líneas de estudio asociados a análisis longitudinales que permitan determinar la retención del aprendizaje de las matemáticas en los entornos inmersivos (Trkman, & Černe, 2022). También el desarrollo de marcos evaluativos específicos para el aprendizaje en entornos 3D, estudios sobre modelos de formación docente y el análisis de costos y beneficios asociados a las plataformas según los contextos educativos (Pérez Gamboa et al., 2022). Además de ello, se pretende orientar a educadores, gestores y responsables referente a la toma de decisiones sobre la implementación del metaverso en la enseñanza de las matemáticas, a la vez que se equilibra su potencial transformador por encima de las limitaciones y los requisitos para su implementación.

Conclusiones

El presente estudio se realizó desde un enfoque de revisión documental en relación al uso del metaverso en la enseñanza de las matemáticas. Esto reflejó cómo las plataformas inmersivas constituyen

un avance desde el punto de vista pedagógico, pero a su vez su implementación requiere desafíos estructurales, didácticos y tecnológicos. Los resultados permitieron demostrar que el diseño de los entornos virtuales en tres dimensiones puede transformar la enseñanza de conceptos abstractos del aula, como la geometría y el álgebra. También favorece una interacción más directa con objetos y espacios en los cuales, de forma tradicional, representan una limitación.

Se puede afirmar además que el valor educativo del metaverso no está de forma exclusiva en el uso de la tecnología, sino en su integración dentro de un marco pedagógico bien estructurado y fundamentado. Los casos exitosos son aquellos en los que los docentes se replantean de forma constante sus estrategias didácticas y aprovechan las posibilidades de la inmersión y la colaboración. A su vez, tienen en cuenta el no transpolar ni trasladar métodos tradicionales al entorno virtual. Esto destaca la necesidad de intervenir en la formación docente especializada en estos temas y que vaya más allá del manejo de las plataformas.

Se hace necesario desarrollar competencias asociadas al diseño de experiencias de aprendizaje en los docentes. Los metaversos favorecen que el aprendizaje y su acceso sean cada vez más democráticos a partir del uso de experiencias educativas innovadoras. De forma contradictoria, esto da lugar a que se amplíen las brechas digitales si no se tienen en cuenta las políticas de equidad tecnológica. También la falta de una infraestructura y de competencias digitales básicas en los estudiantes y docentes constituye una barrera significativa que entorpece el impacto de estas herramientas, de forma especial en contextos educativos vulnerables.

Referencias

Abichandani, P., Iaboni, C., Lobo, D., & Kelly, T. (2023). *Artificial intelligence and computer*

- vision education: Codifying student learning gains and attitudes. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 5, 100159. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100159>
- Ahaidous, K., Tabaa, M., & Hachimi, H. (2023). *Towards IoT-Big Data architecture for future education. Procedia Computer Science*, 220, 348-355. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.03.045>
- Akour, I. A., Al-Marouf, R. S., Alfaisal, R., & Salloum, S. A. (2022). *A conceptual framework for determining metaverse adoption in higher institutions of gulf area: An empirical study using hybrid SEM-ANN approach. Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100052. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100052>
- Alvarez Risco, A., Del Aguila Arcentales, S., Rosen, M. A., & Yáñez, J. A. (2022). *Social Cognitive Theory to Assess the Intention to Participate in the Facebook Metaverse by Citizens in Peru during the COVID-19 Pandemic. Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(3), 142. <https://doi.org/10.3390/joitmc8030142>
- Balsano, C., Burra, P., Duvoux, C., Alisi, A., Piscaglia, F., Gerussi, A., Brunetto, M. R., Bonino, F., Montalti, R., Campanile, S., Persico, M., Alvaro, D., Santini, S., Invernizzi, P., Carbone, M., Masarone, M., Eccher, A., Siciliano, B., Vento, M., Ficuciello, F., Cabitza, F., Penasa, S., & Donatelli, P. (2023). *Artificial Intelligence and liver: Opportunities and barriers. Digestive and Liver Disease*, 55(11), 1455-1461. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dld.2023.08.048>
- Benvenuti, M., Cangelosi, A., Weinberger, A., Mazzoni, E., Benassi, M., Barbaresi, M., & Orsoni, M. (2023). *Artificial intelligence and human behavioral development: A perspective on new skills and competences acquisition for the educational context. Computers in Human Behavior*, 148, 107903. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chb.2023.107903>
- Bernabei, M., Colabianchi, S., Falegnami, A., & Costantino, F. (2023). *Students' use of large language models in engineering education: A case study on technology acceptance, perceptions, efficacy, and detection chances. Computers and Education: Artificial Intelligence*, 5, 100172. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100172>
- Bingley, W. J., Curtis, C., Lockey, S., Bialkowski, A., Gillespie, N., Haslam, S. A., Ko, R. K., Steffens, N., Wiles, J., & Worthy, P. (2023). *Where is the human in human-centered AI? Insights from developer priorities and user experiences. Computers in Human Behavior*, 141, 107617. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107617>
- Bingley, W. J., Haslam, S. A., Steffens, N. K., Gillespie, N., Worthy, P., Curtis, C., Lockey, S., Bialkowski, A., Ko, R. K., & Wiles, J. (2023). *Enlarging the model of the human at the heart of human-centered AI: A social self-determination model of AI system impact. New Ideas in Psychology*, 70, 101025. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.newideapsych.2023.101025>
- Caccavale, F., Gargalo, C. L., Gernaey, K. V., & Krühne, U. (2023). *SPyCE: A structured and tailored series of Python courses for (bio)chemical engineers. Education for Chemical Engineers*, 45, 90-103. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ece.2023.08.003>
- Cardeño, N., Cardeño, E. J. & Bonilla, E. (2023). *TIC y transformación académica en las universidades. Región Científica*, 2(2). <https://doi.org/10.58763/rc202370>
- Chandra, Y. (2022). *Non-fungible token-enabled entrepreneurship: A conceptual framework. Journal of Business Venturing Insights*, 18, e00323. <https://doi.org/10.1016/j.jbvi.2022.e00323>

- Chauncey, S. A., & McKenna, H. P. (2023). *A framework and exemplars for ethical and responsible use of AI Chatbot technology to support teaching and learning. Computers and Education: Artificial Intelligence, 5, 100182.* <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100182>
- Chen, X., Xie, H., & Li, Q. (2022). *Vision, status, and topics of X Reality in Education. Computers & Education: X Reality, 1, 100001.* <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2022.100001>
- Cheung, J. C., Ni, M., Tam, A. Y., Chan, T. T., Cheung, A. K., Tsang, O. Y., Yip, C., Lam, W., & Wong, D. W. (2022). *Virtual reality based multiple life skill training for intellectual disability: A multicenter randomized controlled trial. Engineered Regeneration, 3(2), 121-130.* <https://doi.org/10.1016/j.engreg.2022.03.003>
- Chiu, T. K., Xia, Q., Zhou, X., Chai, C. S., & Cheng, M. (2023). *Systematic literature review on opportunities, challenges, and future research recommendations of artificial intelligence in education. Computers and Education: Artificial Intelligence, 4, 100118.* <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100118>
- Daza, A., Miranda, J. C., Cornelio, J. B., López Carranza, A. R., & Ponce Sánchez, C. F. (2023). *Predicting the depression in university students using stacking ensemble techniques over oversampling method. Informatics in Medicine Unlocked, 41, 101295.* <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.imu.2023.101295>
- Deveci, M., Gokasar, I., Castillo, O., & Daim, T. (2022). *Evaluation of Metaverse integration of freight fluidity measurement alternatives using fuzzy Dombi EDAS model. Computers & Industrial Engineering, 174, 108773.* <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108773>
- Díaz Guerra, D. D., Pérez Gamboa, A. J. & Gómez Cano, C. A. (2023). *Social network analysis in virtual educational environments: Implications for collaborative learning and academic community development. AWARI, 4, 1-12.* <https://awari.prometrics.org/index.php/a/article/view/59>
- Giorgio, A. de, Monetti, F. M., Maffei, A., Romero, M., & Wang, L. (2023). *Adopting extended reality? A systematic review of manufacturing training and teaching applications. Journal of Manufacturing Systems, 71, 645-663.* <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2023.10.016>
- Hu, T. (2023). *Software Engineering Classification Model and Algorithm Based on Big Data Technology. Procedia Computer Science, 228, 119-128.* <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.11.015>
- Khan, M. S., Salele, N., Hasan, M., & Abdou, B. O. (2023). *Factors affecting student readiness towards OBE implementation in engineering education: Evidence from a developing country. Heliyon, 9(10), e20905.* <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20905>
- Kryvenko, I., & Chalyy, K. (2023). *Phenomenological toolkit of the metaverse for medical informatics' adaptive learning. Educación Médica, 24(5), 100854.* <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2023.100854>
- Laplagne, C. & Urcicia, J. J. (2023). *Protocolos de B-learning para la alfabetización informacional en la Educación Superior. Región Científica, 2(2).* <https://doi.org/10.58763/rc202373>
- Lee, Y., Masood, A., Noh, W., & Cho, S. (2022). *DQN based user association control in hierarchical mobile edge computing systems for mobile IoT services. Future Generation Computer Systems, 137, 53-69.* <https://doi.org/10.1016/j.future.2022.07.004>

- Letters. (2022). *New Scientist*, 253(3367), 30. [https://doi.org/10.1016/S0262-4079\(21\)02302-2](https://doi.org/10.1016/S0262-4079(21)02302-2)
- López, Y. Y. (2023). *Aptitud digital del profesorado frente a las competencias TIC en el siglo XXI: una evaluación de su desarrollo. Región Científica*, 2(2). <https://doi.org/10.58763/rc2023119>
- Márquez, M. A., Martínez Quezada, M., Calderón Suárez, R., Rodríguez, A., & Ortega Mendoza, R. M. (2023). *Microcontrollers programming for control and automation in undergraduate biotechnology engineering education. Digital Chemical Engineering*, 9, 100122. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dche.2023.100122>
- Memarian, B., & Doleck, T. (2023). *ChatGPT in education: Methods, potentials, and limitations. Computers in Human Behavior: Artificial Humans*, 1(2), 100022. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chbah.2023.100022>
- Murray, S. A., Shuler, H., Spencer, E. C., & Hinton, A. (2022). *Mentoring future science leaders to thrive. Trends in Pharmacological Sciences*, 43(6), 457-460. <https://doi.org/10.1016/j.tips.2022.03.012>
- Nachouki, M., Mohamed, E. A., Mehdi, R., & Abou Naaj, M. (2023). *Student course grade prediction using the random forest algorithm: Analysis of predictors' importance. Trends in Neuroscience and Education*, 33, 100214. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tine.2023.100214>
- Naser, M. Z. (2023). *Machine learning for all! Benchmarking automated, explainable, and coding-free platforms on civil and environmental engineering problems. Journal of Infrastructure Intelligence and Resilience*, 2(1), 100028. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.iintel.2023.100028>
- Ng, F. Y., Thirunavukarasu, A. J., Cheng, H., Tan, T. F., Gutierrez, L., Lan, Y., Ong, J. C., Chong, Y. S., Ngiam, K. Y., Ho, D., Wong, T. Y., Kwek, K., Doshi Velez, F., Lucey, C., Coffman, T., & Ting, D. S. (2023). *Artificial intelligence education: An evidence-based medicine approach for consumers, translators, and developers. Cell Reports Medicine*, 4(10), 101230. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.xcrm.2023.101230>
- Nguyen, T. N. (2022). *Toward Human Digital Twins for Cybersecurity Simulations on the Metaverse: Ontological and Network Science Approach. JMIRx Med*, 3(2). <https://doi.org/10.2196/33502>
- Ou, W., Huang, S., Zheng, J., Zhang, Q., Zeng, G., & Han, W. (2022). *An overview on cross-chain: Mechanism, platforms, challenges and advances. Computer Networks*, 218, 109378. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2022.109378>
- Pamucar, D., Deveci, M., Gokasar, I., Tavana, M., & Köppen, M. (2022). *A metaverse assessment model for sustainable transportation using ordinal priority approach and Aczel-Alsina norms. Technological Forecasting and Social Change*, 182, 121778. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121778>
- Pérez Gamboa, A. J., Rega, L. M. & García, Y. (2022). *La plataforma MOODLE como espacio para la acción orientadora. Revista Varela*, 22(63):181-90. <https://revistavarela.uclv.edu.cu/index.php/rv/article/view/1428>
- Pursnani, V., Sermet, Y., Kurt, M., & Demir, I. (2023). *Performance of ChatGPT on the US fundamentals of engineering exam: Comprehensive assessment of proficiency and potential implications for professional environmental engineering practice. Computers and Education: Artificial Intelligence*, 5, 100183. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100183>

- Ravi, M. (2023). *Evolving trends in student assessment in chemical engineering education. Education for Chemical Engineers, 45, 151-160.* <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ece.2023.09.003>
- Sandeepa, C., Siniarski, B., Kourtellis, N., Wang, S., & Liyanage, M. (2022). *A survey on privacy for 5G/6G: New privacy challenges, and research directions. Journal of Industrial Information Integration, 30, 100405.* <https://doi.org/10.1016/j.jii.2022.100405>
- Scholes, C. A. (2023). *Utilising forensic tools to assist in chemical engineering capstone assessment grading. Education for Chemical Engineers, 45, 61-67.* <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ece.2023.08.001>
- Shi, C., Liang, J., Liu, Y., & Yang, H. (2022). *Fast non-uniform searching strategy for ambient phase estimation in stereo recordings with sparse primary components. Applied Acoustics, 198, 108975.* <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2022.108975>
- Shiller, R. J. (2022). *The evolving risks of the 21st century and their effective management. Journal of Policy Modeling, 44(4), 741-747.* <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2022.02.001>
- Tabuenca, B., Moreno Sancho, J. L., Arquero Gallego, J., Greller, W., & Hernández Leo, D. (2023). *Generating an environmental awareness system for learning using IoT technology. Internet of Things, 22, 100756.* <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.100756>
- Trkman, P., & Černe, M. (2022). *Humanising digital life: Reducing emissions while enhancing value-adding human processes. International Journal of Information Management, 63, 102443.* <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2021.102443>
- Wainwright, H. M., Powell, B. A., Hoover, M. E., Ayoub, A., Atz, M., Benson, C., Borrelli, R. A., Djokic, D., Eddy Dilek, C. A., Ermakova, D., Hayes, R., Higley, K., Krahn, S., Lagos, L., Landsberger, S., Leggett, C., Regalbuto, M., Roy, W., Shuller Nickles, L., & Ewing, R. C. (2023). *Nuclear waste Educator's workshop: What and how do we teach about nuclear waste? Journal of Environmental Radioactivity, 270, 107288.* <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2023.107288>
- Wang, Y. (2022). *Volatility spillovers across NFTs news attention and financial markets. International Review of Financial Analysis, 83, 102313.* <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2022.102313>
- Wei, D. (2022). *Gemiverse: The blockchain-based professional certification and tourism platform with its own ecosystem in the metaverse. International Journal of Geoheritage and Parks, 10(2), 322-336.* <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2022.05.004>
- Xiao, R., Wang, Y., Wang, X., Liu, A., & Zhang, J. (2023). *Deep reinforcement learning-driven smart and dynamic mass personalization. Procedia CIRP, 119, 97-102.* <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.04.004>
- Yang, Y., Deb, S., He, M., & Kobir, M. H. (2023). *The use of virtual reality in manufacturing education: State-of-the-art and future directions. Manufacturing Letters, 35, 1214-1221.* <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2023.07.023>
- Zhan, J. (2022). *A BenchCouncil view on benchmarking emerging and future computing. BenchCouncil Transactions on Benchmarks, Standards and Evaluations, 2(2), 100064.* <https://doi.org/10.1016/j.tbench.2022.100064>