

ORIGINAL

Immersive learning in the metaverse: a review of evidence on pedagogical effectiveness and implementation gaps in Higher Education

Aprendizaje inmersivo en el metaverso: una revisión de evidencias sobre efectividad pedagógica y brechas de implementación en la educación superior

Víctor Hugo González Torres¹  , Pedro Luis Bracho-Fuenmayor²  , Elisabeth Viviana Lucero Baldevenites³  , Marco Vinicio Carrillo Guerrero⁴  , Roberto David Santander Erazo⁵  

¹Universidad de Guanajuato; Celaya; Gto; México.

²Universidad Tecnológica Metropolitana; Santiago de Chile; Chile.

³Universidad de Las Palmas de Gran Canaria; Las Palmas de Gran Canaria; España.

⁴Universidad Internacional del Ecuador (UIDE); Quito; Ecuador.

⁵Universidad de Castilla La Mancha; Quito Ecuador.

Citar como: González Torres VH, Bracho-Fuenmayor PL, Baldevenites EVL, Carrillo Guerrero MV, Santander Erazo RD. Immersive learning in the metaverse: a review of evidence on pedagogical effectiveness and implementation gaps in Higher Education. Metaverse Basic and Applied Research. 2024;3:97. <https://doi.org/10.56294/mr2024.97>

Enviado: 06-01-2024

Revisado: 11-05-2024

Aceptado: 16-10-2024

Publicado: 17-10-2024

Editor: PhD. Yailen Martínez Jiménez 

Autor para correspondencia: Víctor Hugo González Torres 

ABSTRACT

This study aims to conduct a critical analysis of the impact of the metaverse on higher education. To achieve this, it addresses both the pedagogical effectiveness and implementation gaps of this technology. The authors performed a systematic review of recent literature (2020-2025), identifying that immersive environments like virtual and augmented reality enhance knowledge retention in practical disciplines (medicine, engineering), particularly through surgical simulations or 3D prototyping. However, it must be noted that these benefits depend on intentional pedagogical designs and well-structured curricula, moving beyond reductionist approaches focused solely on technological novelty. While tools like AI enable personalized learning pathways, their integration raises ethical dilemmas, with the literature highlighting key concerns such as biometric data privacy and algorithmic biases. Implementation gaps reveal profound inequalities: universities in developed economies adopt advanced metaverse solutions, while institutions in peripheral regions face technical and training limitations. Furthermore, the STEM-focused approach marginalizes humanities and social sciences, where in-person interaction remains crucial. Sustainability also emerges as a challenge, with little discussion on the environmental or economic costs of infrastructure like 5G or blockchain. From this, we conclude that the metaverse is not a universal solution but rather a resource whose value depends on inclusive policies, faculty training, and robust ethical frameworks. We urge prioritizing hybrid models that balance innovation with equity.

Keywords: Metaverse; Immersive Learning; Higher Education; Digital Divides; Pedagogical Effectiveness.

RESUMEN

Esta investigación se propone llevar a cabo un análisis crítico del impacto del metaverso en la educación superior. Para ello, se plantea la necesidad de abordar su efectividad pedagógica y las brechas de implementación de esta tecnología. Los autores realizaron una revisión sistemática de literatura reciente (2020-2025) en la que se identificó que entornos inmersivos como la realidad virtual y aumentada mejoran la retención de conocimientos en disciplinas prácticas (medicina, ingeniería), especialmente mediante simulaciones quirúrgicas o prototipados 3D. Aun así, no se puede dejar de mencionar que estos beneficios

dependen de diseños pedagógicos intencionales y currículos bien estructurados, por lo que se debe obviar el reduccionismo centrado solo en la novedad tecnológica. Aunque herramientas como IA personalizan rutas de aprendizaje, su integración plantea dilemas éticos, donde los principales señalados en la literatura son la privacidad de datos biométricos o sesgos algorítmicos. Las brechas de implementación revelan desigualdades profundas: universidades en economías desarrolladas adoptan metaversos avanzados, en contraste con instituciones en regiones periféricas que enfrentan limitaciones técnicas y formativas. Además, el enfoque en STEM margina a humanidades y ciencias sociales, donde la interacción presencial sigue siendo crucial. La sostenibilidad también se invoca como un desafío, con poca discusión sobre costos ambientales o económicos de infraestructuras como 5G o blockchain. A partir de esto, concluimos que el metaverso trasciende una solución universal, por lo que debe verse como un recurso cuyo valor depende de políticas inclusivas, formación docente y marcos éticos robustos. Se urge a priorizar modelos híbridos que equilibren innovación con equidad.

Palabras clave: Metaverso; Aprendizaje Inmersivo; Educación Superior; Brechas Digitales; Efectividad Pedagógica.

INTRODUCCIÓN

El impacto del Metaverso en la Educación Superior es evidente, señalan Shi & Park,⁽¹⁾ al tener una influencia sustancial en la educación al impactar en los métodos de aprendizaje, los resultados y las disposiciones positivas de los estudiantes.⁽²⁾ En este sentido, de acuerdo a Neveda & Duchevea,⁽³⁾ las tecnologías de metaverso influyen y mejoran significativamente los enfoques pedagógicos en la educación, mejorando las experiencias de usuario interactivas y atractivas.

El metaverso presenta oportunidades para un proceso de enseñanza más relevante y efectivo, requiriendo tanto la implementación como el monitoreo de estudios de investigación en el seguimiento de la educación en el entorno del metaverso, señalan Sá & Serpa.⁽⁴⁾ En relación a esto, Kaddoura & Hussein⁽⁵⁾ advierten que el uso del metaverso en la educación presenta puntos de atención necesarios, en orden de evitar fisuras relacionadas con sus usos educativos y tecnologías facilitadoras como la realidad extendida y el internet.

Investigaciones previas señalan que la tecnología 3D, que según Alhonkoski y colaboradores,⁽⁶⁾ incluye entornos, imágenes, hologramas e impresiones, ha demostrado impactar positivamente en el aprendizaje de los estudiantes. En relación a esto, Mcnaughtan y colaboradores⁽⁷⁾ demostraron que los modelos 3D creados con tecnología de impresión personalizada pueden aumentar la retención de conceptos abstractos por parte de los estudiantes. Sin embargo, el uso del metaverso en la educación se ha asociado con conexiones sociales más débiles y una posible vulneración de la privacidad, así como una posible mala adaptación al mundo real para los estudiantes cuya identidad no ha sido establecida.⁽⁸⁾

El debate actual oscila entre dos narrativas sobre los desafíos y oportunidades para integrarlo en las prácticas educativas.^(9,10) Por un lado, defensores como Schott & Marshall⁽¹¹⁾ argumentan que los entornos virtuales inmersivos pueden brindar a los participantes una experiencia holística de entornos del mundo real que de otro modo serían demasiados costosos, poco prácticos o poco éticos. Por otro, críticos como Camilleri⁽¹²⁾ señalan que aun cuando el metaverso en la educación puede mejorar el conocimiento, las competencias y las habilidades de los estudiantes, también puede provocar violaciones de la privacidad, riesgos de seguridad y posibles adicciones.

La relevancia que destaca en esta investigación es el enfoque dual que propone, en tanto la literatura existente aborda el estudio del metaverso desde perspectivas aisladas (entiéndase tecnológicas, pedagógicas o éticas)^(8,13) sin profundizar en la combinación de la efectividad educativa y las condiciones reales en las que se implementa. Por tanto, este artículo nace de la urgencia por trazar un mapa crítico. Los autores no buscan condenar o idealizar el metaverso, sino de identificar bajo qué circunstancias potencia el aprendizaje, qué obstáculos frenan su adopción equitativa y cómo las universidades pueden navegar este territorio incierto sin perder de vista su misión central: formar profesionales capaces de transformar, no solo de habitar, el mundo que heredan.

MÉTODO

Enfoque de investigación

Se asumió un enfoque mixto secuencial, estructurado en dos fases complementarias. Estas fases fueron diseñadas por los autores en orden de garantizar rigurosidad y profundidad en el análisis, como señala la experiencia metodológica.⁽¹⁴⁾

Fase 1. Análisis bibliométrico exploratorio

En la primera fase se asumió un alcance exploratorio mediante una estrategia de búsqueda en Scopus y Web of Science utilizando la cadena *TITLE-ABS-KEY (metaverse) AND TITLE-ABS-KEY (higher AND education) AND PUBYEAR > 2020 AND PUBYEAR < 2025*. Fueron incluidos artículos revisados por pares en inglés y español, mientras se excluyeron duplicados, capítulos de libros y estudios sin evidencia empírica. Los resultados preliminares se analizaron mediante la herramienta bibliométrica VOSviewer,^(15,16) enfocándose en la coocurrencia de palabras clave y la distribución geográfica de las publicaciones.

Fase 2. Revisión sistemática cualitativa

La segunda fase que planificó correspondió a una revisión sistemática,⁽¹⁷⁾ con propósito de ampliar el alcance de la etapa previa con una estrategia refinada: *TITLE-ABS-KEY (metaverse) AND PUBYEAR > 2020 AND PUBYEAR < 2025*, combinada con filtros por términos específicos (*E-learning, Artificial Intelligence, Immersive*, entre otros). Esta etapa priorizó estudios cuantitativos, cualitativos y mixtos que evaluaran la efectividad pedagógica o las brechas de implementación.

El análisis de los estudios seleccionados se realizó mediante la técnica de síntesis temática a través de Atlas.ti⁽¹⁸⁾ para codificar patrones recurrentes en tres categorías: (1) impacto en el aprendizaje (motivación, retención, habilidades técnicas), (2) desafíos técnicos y éticos (accesibilidad, privacidad de datos), y (3) sostenibilidad institucional (costos, formación docente). Como medida de validación, los resultados de ambas fases se cruzaron para identificar convergencias o contradicciones. Además, se realizó un análisis crítico de las limitaciones recurrentes en la literatura.

Limitaciones del estudio

Entre las limitaciones del estudio, se reconoce que la exclusión de literatura gris y estudios en otros idiomas pudo omitir experiencias relevantes en contextos no angloparlantes. Asimismo, la heterogeneidad en los indicadores de efectividad entre los artículos revisados complicó la comparación directa de resultados, lo que exigió una interpretación contextualizada y cautelosa. No obstante, la combinación de técnicas bibliométricas, sistemáticas y críticas fue una fortaleza de esta investigación para discutir los avances y contradicciones en el campo.⁽¹⁹⁾

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis conducido, enfocado en el contexto de la educación superior, mostró elementos particulares en cuanto a la adopción del metaverso como recurso educativo (ver Figura 1). Primeramente, se encontró en un estudio conducido por Wu y colaboradores,⁽²⁰⁾ que la simulación virtual es una estrategia educativa eficaz en la formación médica de pregrado, con potencial para una integración más amplia y una mejor motivación y compromiso de los estudiantes. Además, De acuerdo con Campos y colaboradores,⁽²¹⁾ la educación basada en simulación mejora los procesos de enseñanza y aprendizaje en ingeniería, ciencia y gestión, promoviendo la cooperación y la colaboración internacional entre universidades. No obstante, estudios comparativos advierten que a pesar de que las simulaciones de realidad virtual inmersiva pueden aumentar el interés y la autoeficacia de los estudiantes en la ciencia, no parece aumentar sus aspiraciones profesionales,⁽²²⁾ satisfacción, autoeficacia o compromiso con la educación.⁽²³⁾

Un segundo hallazgo fue el creciente empleo de entornos multidisciplinares de colaboración, en este sentido, Li y colaboradores⁽²⁴⁾ enfatizan en que las plataformas Edu-Metaverse, como AltSpace y Gather, aumentan la participación y el sentido de co-presencia en las actividades de aprendizaje colaborativo para estudiantes universitarios. Siguiendo esta línea de pensamiento, Chen y colaboradores⁽²⁵⁾ refieren que la investigación de Edu-Metaverse revela que las principales aplicaciones de esta tecnología en la educación han oscilado entre los campos de la educación física, educación médica, salud, apreciación del arte, educación STEM, desarrollo del lenguaje y comunicación en el autismo.

En tercer lugar, se observó que la inteligencia artificial está adquiriendo un papel crucial en el desarrollo del metaverso al mejorar la experiencia inmersiva. En función de esto, Yang y colaboradores⁽²⁶⁾ señalan que el blockchain y la IA pueden fusionarse para crear un metaverso emocionante, que integre mundos reales y virtuales y fomente la colaboración entre el mundo académico y las industrias para un futuro justo y racional. Además, los métodos basados en IA pueden mejorar las experiencias inmersivas y la inteligencia similar a la humana en mundos virtuales, mejorando las aplicaciones en la atención médica, la fabricación, educación, ciudades inteligentes y los juegos.^(27,28,29,30)

Como cuarta tendencia, se confirmaron desigualdades en el acceso a los recursos del metaverso por parte de los estudiantes y sus universidades. Tal es el caso de la investigación de De Matías Batalla & Pedrero,⁽³¹⁾ quienes concluyeron que el metaverso en la educación superior promueve el aprendizaje y la inmersión, pero los docentes carecen de conocimientos para utilizarlo eficazmente como recurso pedagógico. Además, los estudiantes con acceso desigual a recursos de aprendizaje, como Wi-Fi, internet móvil 4G de alta velocidad e

internet móvil más lento que 4G, mostraron experimentar diferentes resultados cognitivos después de usar un metaverso integrado en un sistema de gestión del aprendizaje.⁽³²⁾ Concluyen Wang y colaboradores,⁽³³⁾ que un nuevo marco para diseñar entornos de aprendizaje de metaverso, centrado en la infraestructura, comunicación, acceso a la tecnología, equidad y derechos de los usuarios, puede guiar la investigación y el desarrollo futuro en la educación.

Finalmente, persisten interrogantes sobre cómo medir el impacto real del metaverso en la empleabilidad y la investigación académica, de acuerdo a Al-Kfairy y colaboradores,⁽³⁴⁾ el éxito del metaverso dependerá de la usabilidad, la influencia social y la interoperabilidad, siendo esta última un desafío clave. Además, la aplicación del metaverso en la educación ofrece oportunidades y desafíos únicos, por lo que las futuras investigaciones deben abordar las cuestiones éticas y amenazas potenciales para mejorar las experiencias de aprendizaje y enseñanza.^(5,35,36)

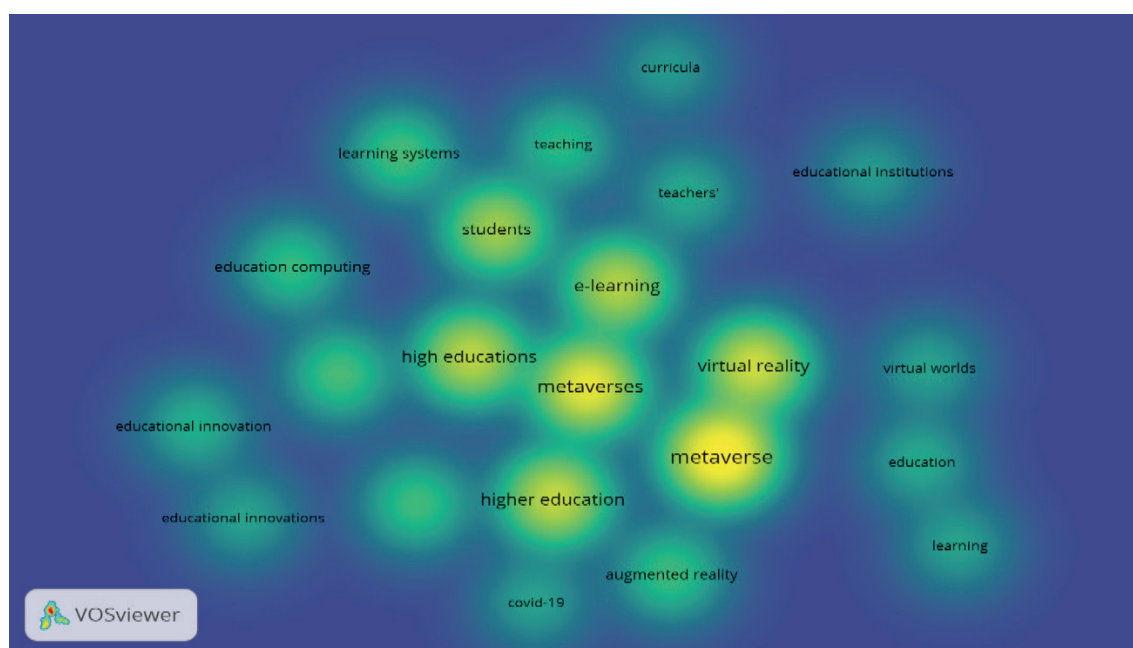


Figura 1. Análisis exploratorio de las palabras clave

Análisis de efectividad pedagógica

Los datos del análisis de coocurrencia de palabras claves (ver Figura 2) revelan que el metaverso (60 ocurrencias, 212 enlaces) y la realidad virtual (37 ocurrencias, 170 enlaces) están a la delantera en temas sobre innovación educativa en áreas prácticas como *engineering education* (12, 74) y *e-learning* (31, 181). Esto sugiere, a interpretación de los autores y en consonancia con Simon y colaboradores,^(37, 38) que la combinación de modalidades hápticas y visuales es la más adecuada para mejorar el desempeño de los estudiantes y mejorar la experiencia del usuario en entornos de aprendizaje inmersivos (*learning systems*: 13, 76). Sin embargo, términos como *educational innovation* (8, 53) y *educational innovations* (6, 49) tienen una presencia moderada, lo que sugiere que aún falta evidencia sólida sobre su impacto transversal en disciplinas no STEM.⁽³⁹⁾

La alta frecuencia de *students* (27, 155) y *teaching* (10, 58) indican a simple vista la importancia de la experiencia del usuario, aunque no se puede dejar de destacar la falta de mención de *curricula* (5, 30), lo que inevitablemente evidencia que la integración pedagógica en planes de estudio sigue siendo incipiente. Esto, a su vez, llama la atención al fungir como paradoja en función de lo que se interpreta en los textos de Pellas y colaboradores:^(40, 41) mientras las herramientas son prometedoras, su adopción no siempre se alinea con diseños instruccionales robustos.

Análisis de Brechas de Implementación

Las disparidades son evidentes al contrastar términos como *high educations* (33, 190) y *higher education* (35, 156), que destacan la relevancia del tema a nivel institucional, frente a la escasa atención a *educational institutions* (5, 23). Esto refleja una desconexión, a opinión de Galdos & Haaneef,⁽⁴²⁾ entre la retórica innovadora y las capacidades reales de universidades, especialmente en contextos con recursos limitados. Además, se ve que la brecha tecnológica se profundiza al comparar *metaverse* (60) con *augmented reality* (12, 52), lo que indica una preferencia por soluciones complejas frente a tecnologías más accesibles. Esto podría excluir a instituciones sin infraestructura de punta. Además, términos como *computer aided instruction* (13, 83) y *education computing* (11, 71) muestran que la accesibilidad digital en la educación superior es desigual,

lo que genera una brecha digital y mayores costos para algunos estudiantes.⁽⁴³⁾ Finalmente, la casi ausencia de *virtual worlds* (6, 29) y la limitada discusión sobre *teachers'* (7, 47) revelan que la formación del profesorado en accesibilidad digital es fundamental para la educación inclusiva, pero se necesitan datos objetivos y herramientas de evaluación para una evaluación objetiva.⁽⁴⁴⁾

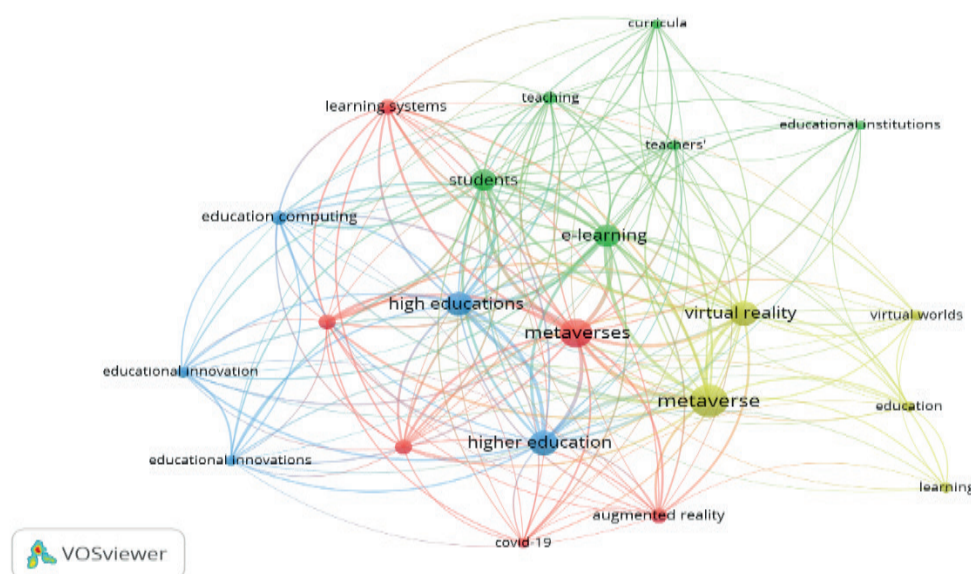


Figura 2. Análisis de coocurrencia de palabras claves

Revisión sistemática

Análisis de palabras clave

El análisis de las palabras clave revela un ecosistema de investigación polarizado (ver Figura 3), donde la fascinación por lo técnico eclipsa debates pedagógicos y sociales urgentes. Tecnologías inmersivas (*metaverse*: 666, *virtual reality*: 526, *augmented reality*: 247) dominan el discurso, con aplicaciones concentradas en ingeniería (*engineering education*: 85) y medicina (*medical education*: 38). Estas áreas priorizan simulaciones prácticas (ej. *3d modeling*: 7, *surgical training*: 6), respaldadas por infraestructuras avanzadas (*5g mobile communication systems*: 34, *edge computing*: 22). Sin embargo, la escasa mención de *curricula* (29) o *educational innovation* (9) se alinea con lo que sugiere Zhang y colaboradores,⁽⁴⁵⁾ sobre que la innovación tecnológica no siempre se traduce en diseños pedagógicos transformadores, sino en herramientas adheridas a modelos tradicionales.

La personalización del aprendizaje emerge como un subtema clave, vinculado a *artificial intelligence* (298) y *machine learning* (69). Sistemas adaptativos (*learning systems*: 95, *reinforcement learning*: 24) prometen optimizar rutas educativas, pero términos como *ethics* (11) o *data privacy* (21) aparecen de forma marginal. Esto indica una brecha ética a consideración de Magee y colaboradores:⁽⁴⁶⁾ mientras se recopilan datos biométricos (*avatars*: 39, *user interaction*: 6) para ajustar algoritmos, pocos estudios cuestionan quién controla estos datos o cómo afectan la autonomía estudiantil.

En contraste, las brechas estructurales se manifiestan en ausencias significativas. Conceptos como *accessibility* (7), *cost*, o *equity* brillan por su rareza, a pesar de que *high educations* (33) y *higher education* (25) son frecuentes. La infraestructura requerida (*blockchain*: 108, *internet of things*: 68) no se discute en relación con regiones de bajos recursos, lo que refuerza una narrativa de élite. Incluso en disciplinas privilegiadas, hay sesgos: *medical student* (6) tiene baja visibilidad frente a *surgical training* (6), como si la tecnología se valorara más que la experiencia humana en formación clínica.⁽⁴⁷⁾

La dimensión social del metaverso también muestra contradicciones. Aunque *social interactions* (17) y *collaborative learning* (9) sugieren interés en dinámicas grupales, términos como *cultural heritages* (5) o *arts computing* (6) son casi anecdóticos. Esto refleja una jerarquía disciplinar: las humanidades y ciencias sociales quedan relegadas frente a STEM, perpetuando la idea de que lo “inmersivo” solo es relevante en contextos técnicos. Además, la mención esporádica de *teachers'* (32) frente a *students* (108) revela una visión centrada en el discente, ignorando la necesidad de formar docentes en estas tecnologías (*personnel training*: 15).

Finalmente, la sostenibilidad brilla por su ambigüedad. Mientras *digital transformation* (43) y *emerging technologies* (19) se celebran, *sustainability* (13) y *sustainable development* (23) carecen de profundidad. No hay diálogo entre la innovación y sus impactos ambientales (ej. energía requerida para *real-time rendering*: 5) o

económicos (costos de *mixed reality*: 92). La literatura parece navegar, como señalan Bina y colaboradores,⁽⁴⁸⁾ en un presente tecnoutópico, sin proyectar cómo estas herramientas escalarán o quién asumirá sus externalidades.

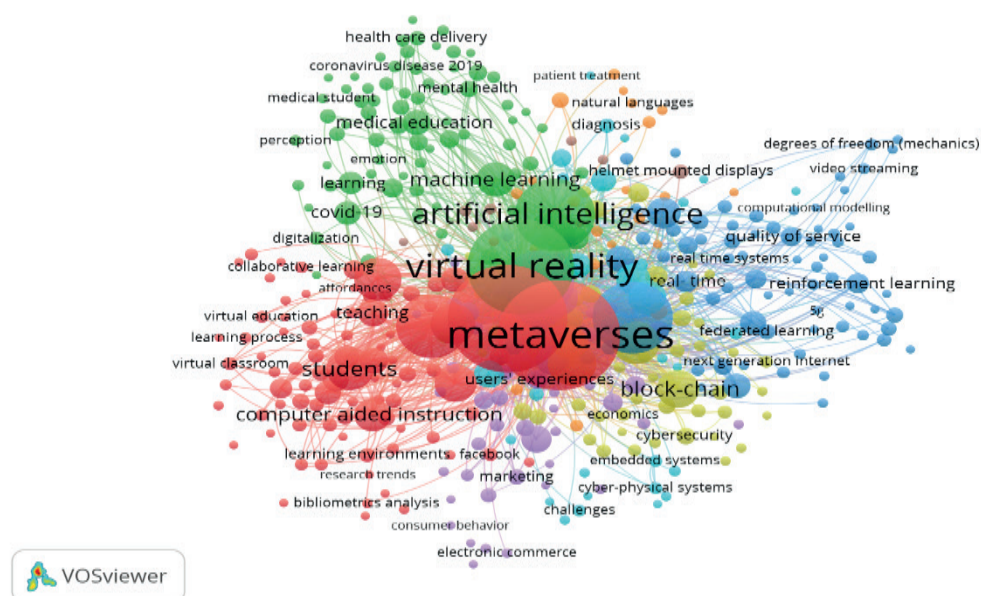


Figura 3. Análisis de palabras claves

Análisis de Efectividad Pedagógica

Los datos evidencian un dominio abrumador de tecnologías inmersivas en la literatura, con *metaverse* (666 ocurrencias) y *virtual reality* (526) como pilares. Estas herramientas se vinculan estrechamente con *engineering education* (85) y *medical education* (38), lo que sugiere una efectividad percibida en disciplinas prácticas donde la simulación es crítica, como cirugías virtuales o prototipado 3D. Sin embargo, términos como *immersive learning* (21) y *learning systems* (95) revelan un enfoque en sistemas estructurados, mientras que *educational innovation* (9) y *curricula* (29) tienen baja presencia, indicando que la integración pedagógica en diseños instruccionales sigue siendo superficial.

La alta frecuencia de *students* (108) contrasta con la moderada mención de *teachers'* (32), lo que apunta a una asimetría señalada por Hab y colaboradores:⁽⁴⁹⁾ se prioriza la experiencia del estudiante, pero se subestima el rol docente en la adaptación de estas tecnologías. Además, *artificial intelligence* (298) y *machine learning* (69) destacan la personalización del aprendizaje, aunque la escasez de términos como *ethics* (11) o *data privacy* (21) plantea dudas sobre cómo se gestionan los sesgos algorítmicos o la privacidad en estos entornos.

Análisis de Brechas de Implementación

Las disparidades tecnológicas se hacen evidente en el análisis de densidad que se muestra en la Figura 4. Mientras *augmented reality* (247) y *extended reality* (135) tienen alta visibilidad, conceptos como *accessibility* (7) o *educational institutions* (10) son marginales, esto a opinión de los autores refleja una brecha entre la retórica innovadora y las capacidades institucionales reales que se hace especialmente relevante en regiones con infraestructura limitada. La mención de *5g mobile communication systems* (34) y *edge computing* (22) subraya la dependencia de redes avanzadas, excluyendo a instituciones sin acceso a estas tecnologías.

Otro contraste surge entre disciplinas de desempeño profesional, tal es el caso de *medical education* (38) y *engineering education* (85) concentran atención, mientras *arts computing* (6) o *social sciences computing* (6) son casi anecdóticos. Esto sugiere que el metaverso se adopta de manera desigual, privilegiando áreas con financiamiento y aplicaciones técnicas claras. Además, términos como *digital transformation* (43) y *blockchain* (108) revelan una fascinación por soluciones complejas, pero *cost* o *budget* están ausentes, omitiendo discusiones críticas sobre sostenibilidad económica.

Finalmente, la escasa presencia de *sustainability* (13) expone un vacío en la evaluación de impactos a largo plazo. Aunque *systematic review* (10) y *literature reviews* (6) aparecen, predominan estudios técnicos sobre herramientas específicas, con poca exploración de cómo estas tecnologías afectan la inclusión o replican jerarquías existentes. La brecha no es solo tecnológica, sino epistémica: se innova en cómo enseñar, pero no siempre en para quiénes o con qué consecuencias sociales.⁽⁵⁰⁾

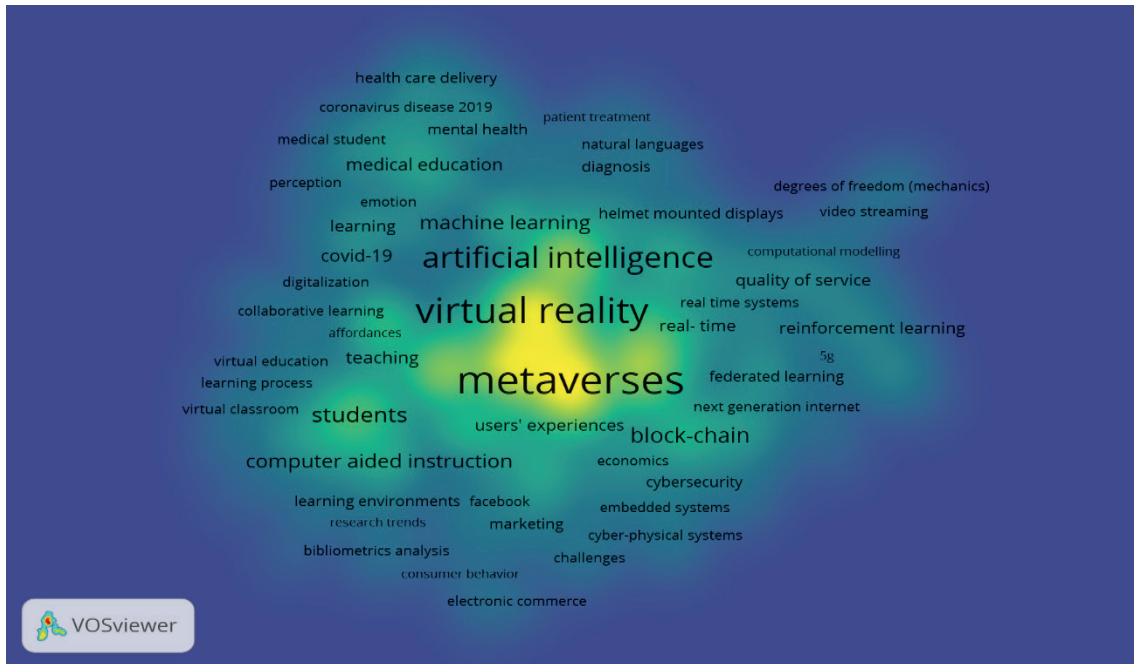


Figura 4. Análisis de densidad en palabras claves

Análisis cualitativo asistido por Atlas.ti

El análisis de las investigaciones seleccionadas para este estudio de revisión permitió identificar a los autores puntos de análisis relevantes a través de las tres categorías definidas. El procesamiento de la información se realizó en Atlas.ti, donde se contextualizaron las brechas reportadas hasta el momento en la literatura consultada.

1. Impacto en el aprendizaje

Los estudios coinciden en que entornos como *realidad virtual* (526 ocurrencias) y *metaverso* (666) incrementan la motivación estudiantil, especialmente en simulaciones prácticas (*surgical training*: 6, *3d modeling*: 7), de acuerdo a un estudio publicado por Jiang & Fryer.⁽⁵¹⁾ En el ámbito de *medical education* (38), se ha demostrado que los entornos de realidad virtual aumentan la motivación, competencia percibida, utilidad y experiencia del usuario en comparación con entornos de aprendizaje basados en vídeo y texto.⁽⁵²⁾ La adquisición de habilidades técnicas se asoció con *engineering education* (85) y *learning systems* (95), en este sentido señalan Amirbekova y colaboradores,⁽⁵³⁾ que las tecnologías inmersivas tienen una ventaja sobre los programas tradicionales en términos de motivación y desarrollo de competencias.

2. Desafíos técnicos y éticos

La accesibilidad emergió como un problema recurrente (*accessibility*: 7) ya que de acuerdo a Tang y colaboradores,⁽⁵⁴⁾ el metaverso requiere conectividad ubicua, latencia ultrabaja, capacidad ultrabaja y seguridad estricta en sistemas inalámbricos e infraestructuras avanzadas (*5g mobile communication systems*: 34, *edge computing*: 22) para lograr una conectividad perfecta y experiencias inmersivas. En este sentido, el metaverso presenta avances significativos en accesibilidad digital, pero necesita incorporar tecnologías de asistencia y garantizar la interoperabilidad entre diferentes entornos virtuales.⁽⁵⁵⁾

3. Sostenibilidad institucional

La formación docente (*teachers'*: 32) también mostró deficiencias, ya que de acuerdo a Mogier y colaboradores,⁽⁵⁶⁾ el entorno del metaverso tiene un gran potencial para el entrenamiento de los docentes, pero su uso efectivo requiere de una consideración cuidadosa de los factores técnicos, pedagógicos y organizacionales. Además, la sostenibilidad ambiental fue marginal (*sustainability*: 13), a pesar de que la interoperabilidad del *blockchain* (108) y los estándares abiertos, de acuerdo a Neulinger y colaboradores,⁽⁵⁷⁾ pueden promover un ecosistema de metaverso sostenible, promoviendo los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU.

CONCLUSIONES

Las conclusiones de este estudio trazan un mapa dual sobre el potencial y los límites del metaverso en la educación superior. Por un lado, se confirma que los entornos inmersivos —como realidad virtual, aumentada o plataformas colaborativas— han demostrado eficacia en contextos prácticos y disciplinas STEM. Estos avances,

sin embargo, dependen de diseños pedagógicos intencionales: cuando las herramientas se integran como complementos de un currículo bien estructurado, potencian la motivación y la retención de conocimientos. Además, la investigación presentada en este texto expone de forma rotunda dilemas éticos y operativos poco explorados. Un aspecto preocupante en este sentido es que la recolección masiva de datos biométricos para ajustar algoritmos educativos no deja de plantear riesgos de vigilancia y sesgo. Por otro lado, aunque no menos importante, la dependencia de infraestructuras costosas (5G, blockchain) cuestiona inequívocamente la sostenibilidad ambiental y económica de estos modelos. Amén de esto, varias experiencias piloto muestran a corto plazo beneficios, aun así, persisten las dudas sobre la escalabilidad y su impacto en la empleabilidad o desarrollo cognitivo desde un análisis a largo plazo. Un aspecto esencial al que los autores hacen especial señalamiento en este acápite es que el metaverso no es una solución universal, sino un conjunto de herramientas cuyo valor depende de cómo, dónde y para quiénes se implementen. En este sentido, futuras investigaciones deberían profundizar en modelos híbridos que equilibren innovación con equidad, además es imperativo el inicio de la creación de marcos éticos que regulen el uso de datos y algoritmos en entornos educativos. Las instituciones, por su parte, requieren políticas claras: desde inversiones en infraestructura inclusiva hasta programas de formación docente que eviten la brecha digital. Solo así podrá cumplirse la promesa de una educación superior no solo inmersiva, sino también justa y transformadora.

REFERENCIAS

1. Shi C, Park J. A systematic review of the Metaverse in formal education. *Journal of Applied Research in Higher Education*. 2024. <https://doi.org/10.1108/jarhe-04-2024-0162>
2. Waquar A S, Kareem S, Yasmeen N, Hussain S. From traditional to virtual classrooms: unravelling themes and shaping the future of metaverse education. *Interactive Technology and Smart Education*. 2024. <https://doi.org/10.1108/itse-02-2024-0032>
3. Nedeva V, Ducheveva Z. Pedagogical approaches for Metaverse-based engineering education. *Proceedings of the International Conference on Virtual Learning - VIRTUAL LEARNING - VIRTUAL REALITY (19th edition)*. 2024. <https://doi.org/10.58503/icvl-v19y202412>
4. Sá M, Serpa S. Metaverse as a Learning Environment: Some Considerations. *Sustainability*. 2023;15(3):2186. <https://doi.org/10.3390/su15032186>
5. Kaddoura S, Husseiny F. The rising trend of Metaverse in education: challenges, opportunities, and ethical considerations. *PeerJ Computer Science*. 2023;9. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1252>
6. Alhonkoski M, Salminen L, Pakarinen A, Veermans M. 3D technology to support teaching and learning in health care education - A scoping review. *International Journal of Educational Research*. 2021;105:101699. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101699>
7. Mcnaughtan J, Litsey R, Morelock N. Fabricating concepts: using custom 3D models to teach abstract concepts. *Journal of Applied Research in Higher Education*. 2020. <https://doi.org/10.1108/jarhe-06-2020-0172>
8. Kye B, Han N, Kim E, Park Y, Jo S. Educational applications of metaverse: possibilities and limitations. *Journal of Educational Evaluation for Health Professions*. 2021;18. <https://doi.org/10.3352/jeehp.2021.18.32>
9. Fan S, Yecies B, Zhou Z, Shen J. Challenges and Opportunities for the Web 3.0 Metaverse Turn in Education. *IEEE Transactions on Learning Technologies*. 2024;17:1989-2004. <https://doi.org/10.1109/TLT.2024.3385505>
10. Bracho-Fuenmayor PL. Ética y moral en la Educación Superior. Una revisión bibliométrica. *Revista De Ciencias Sociales*. 2024;30(3):553-568. <https://doi.org/10.31876/rcs.v30i3.42695>
11. Schott C, Marshall S. Virtual Reality and Situated Experiential Education A conceptualization and exploratory trial. *Journal Contribution*. 2020. <https://doi.org/10.26686/wgtn.12744659.v1>
12. Camilleri M. Metaverse applications in education: a systematic review and a cost-benefit analysis. *Interactive Technology and Smart Education*. 2023;21:245-269. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4490787>
13. Salloum S, Marzouqi A, Alderbashi K, Shwedeh F, Aburayya A, Saidat M, et al. Sustainability Model for the Continuous Intention to Use Metaverse Technology in Higher Education: A Case Study from Oman. *Sustainability*. <https://doi.org/10.56294/mr2024.97>

2023;15(6):5257. <https://doi.org/10.3390/su15065257>

14. Stern C, Lizarondo L, Carrier J, Godfrey C, Rieger K, Salmond S, et al. Methodological guidance for the conduct of mixed methods systematic reviews. *JBI Evidence Synthesis*. 2020;18:2108-2118. <https://doi.org/10.11124/JBISRI-D-19-00169>

15. Arruda H, Silva É, Lessa M, Proença D, Bartholo R. VOSviewer and Bibliometrix. *Journal of the Medical Library Association: JMLA*. 2022;110:392-395. <https://doi.org/10.5195/jmla.2022.1434>

16. Orduña-Malea E, Costas R. Link-based approach to study scientific software usage: the case of VOSviewer. *Scientometrics*. 2021;126:8153-8186. <https://doi.org/10.1007/s11192-021-04082-y>

17. Shaffril H, Samsuddin S, Samah A. The ABC of systematic literature review: the basic methodological guidance for beginners. *Quality & Quantity*. 2020;55:1319-1346. <https://doi.org/10.1007/s11135-020-01059-6>

18. Zhang H, Hejblum B, Weber G, Palmer N, Churchill S, Szolovits P, et al. ATLAS: An automated association test using probabilistically linked health records with application to genetic studies. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA*. 2021. <https://doi.org/10.1101/2021.05.02.21256490>

19. Bracho-Fuenmayor PL. Estado fallido. Un análisis desde la perspectiva de Rotberg. *Encuentros. Revista De Ciencias Humanas, Teoría Social Y Pensamiento Crítico*. 2025;(23):228-244. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14268859>

20. Wu Q, Wang Y, Lu L, Chen Y, Long H, Wang J. Virtual Simulation in Undergraduate Medical Education: A Scoping Review of Recent Practice. *Frontiers in Medicine*. 2022;9. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.855403>

21. Campos N, Nogal M, Cáliz C, Juan A. Simulation-based education involving online and on-campus models in different European universities. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. 2020;17. <https://doi.org/10.1186/s41239-020-0181-y>

22. Makransky G, Petersen G, Klingenberg S. Can an immersive virtual reality simulation increase students' interest and career aspirations in science? *British Journal of Educational Technology*. 2020;51:2079-2097. <https://doi.org/10.31234/osf.io/2qrs3>

23. Ryan G, Callaghan S, Rafferty A, Higgins M, Mangina E, McAuliffe F. Learning Outcomes of Immersive Technologies in Health Care Student Education: Systematic Review of the Literature. *Journal of Medical Internet Research*. 2021;24. <https://doi.org/10.2196/30082>

24. Li C, Jiang Y, Ng P, Dai Y, Cheung F, Chan H, et al. Collaborative Learning in the Edu-Metaverse Era: An Empirical Study on the Enabling Technologies. *IEEE Transactions on Learning Technologies*. 2024;17:1107-1119. <https://doi.org/10.1109/TLT.2024.3352743>

25. Chen X, Zou D, Xie H, Wang F. Metaverse in Education: Contributors, Cooperations, and Research Themes. *IEEE Transactions on Learning Technologies*. 2023;16:1111-1129. <https://doi.org/10.1109/TLT.2023.3277952>

26. Yang Q, Zhao Y, Huang H, Xiong Z, Kang J, Zheng Z. Fusing Blockchain and AI With Metaverse: A Survey. *IEEE Open Journal of the Computer Society*. 2022;3:122-136. <https://doi.org/10.1109/ojcs.2022.3188249>

27. Huynh-The T, Pham V, Pham X, Nguyen T, Han Z, Kim D. Artificial Intelligence for the Metaverse: A Survey. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 2022;117:105581. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.105581>

28. Lv Z. Generative Artificial Intelligence in the Metaverse Era. *Cognitive Robotics*. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.cogr.2023.06.001>

29. Jauhiainen J. The Metaverse: innovations and generative AI. *International Journal of Innovation Studies*. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.ijis.2024.04.004>

30. Marabelli M, Lirio P. AI and the metaverse in the workplace: DEI opportunities and challenges. *Personnel*

Review. 2024. <https://doi.org/10.1108/pr-04-2023-0300>

31. De Matías Batalla D, Pedrero A. Metaverse to foster learning in higher education. *Metaverse*. 2023;4(1). <https://doi.org/10.54517/m.v4i1.2184>

32. Pigultong M. Cognitive Impacts of Using a Metaverse embedded on Learning Management System for Students with Unequal Access to Learning Resources. 2022 10th International Conference on Information and Education Technology (ICIET). 2022:27-31. <https://doi.org/10.1109/ICIET55102.2022.9779045>

33. Wang M, Yu H, Bell Z, Chu X. Constructing an Edu-Metaverse Ecosystem: A New and Innovative Framework. *IEEE Transactions on Learning Technologies*. 2022;15:685-696. <https://doi.org/10.1109/TLT.2022.3210828>

34. Al-Kfairy M, Alomari A, Al-Bashayreh M, Alfandi O, Tubishat M. Unveiling the Metaverse: A survey of user perceptions and the impact of usability, social influence and interoperability. *Heliyon*. 2024;10. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31413>

35. Barrera K, Shah D. Marketing in the Metaverse: Conceptual understanding, framework, and research agenda. *Journal of Business Research*. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.113420>

36. Dwivedi Y, Hughes L, Baabdullah A, Ribeiro-Navarrete S, Giannakis M, Al-Debei M, et al. Metaverse beyond the hype: Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*. 2022;66:102542. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102542>

37. Simon C, Hacene M, Lebrun F, Otmane S, Chellali A. Impact of Multimodal Instructions for Tool Manipulation Skills on Performance and User Experience in an Immersive Environment. 2024 IEEE Conference Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR). 2024:670-680. <https://doi.org/10.1109/VR58804.2024.00087>

38. Simon C, Hacene M, Otmane S, Chellali A. Study of communication modalities to support teaching tool manipulation skills in a shared immersive environment. *Computers & Graphics*. 2023;117:31-41. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2023.09.011>

39. Uddin M, Imam T, Mozumdar M. Research interdisciplinarity: STEM versus non-STEM. *Scientometrics*. 2021. <https://doi.org/10.1007/s11192-020-03750-9>

40. Pellas N, Mystakidis S, Kazanidis I. Immersive Virtual Reality in K-12 and Higher Education: A systematic review of the last decade scientific literature. *Virtual Reality*. 2021;25:835-861. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00489-9>

41. Pellas N, Dengel A, Christopoulos A. A Scoping Review of Immersive Virtual Reality in STEM Education. *IEEE Transactions on Learning Technologies*. 2020;13:748-761. <https://doi.org/10.1109/TLT.2020.3019405>

42. Galdos M, Haneef S. The voluntary underdevelopment paradox: revisiting Freeman's ideas on indigenous capabilities for innovation in the global south. *Innovation and Development*. 2021;12:33-41. <https://doi.org/10.1080/2157930X.2021.1930889>

43. Najab A, Amrani O. Digital Accessibility and Distance Higher Education in the Context of COVID-19. Policies and Procedures for the Implementation of Safe and Healthy Educational Environments. 2022. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-9297-7.ch006>

44. Bong W, Chen W. Increasing faculty's competence in digital accessibility for inclusive education: a systematic literature review. *International Journal of Inclusive Education*. 2021;28:197-213. <https://doi.org/10.1080/13603116.2021.1937344>

45. Zhang A, Olelewe C, Orji C, Ibezim N, Sunday N, Obichukwu P, et al. Effects of Innovative and Traditional Teaching Methods on Technical College Students' Achievement in Computer Craft Practices. *SAGE Open*. 2020;10. <https://doi.org/10.1177/2158244020982986>

46. Magee P, Ienca M, Farahany N. Beyond neural data: Cognitive biometrics and mental privacy. *Neuron*.

2024;112:3017-3028. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2024.09.004>

47. Gonzalez-Moreno M, Monfort-Vinuesa C, Piñas-Mesa A, Rincon E. Digital Technologies to Provide Humanization in the Education of the Healthcare Workforce: A Systematic Review. *Technologies*. 2023. <https://doi.org/10.3390/technologies11040088>

48. Bina O, Inch A, Pereira L. Beyond techno-utopia and its discontents: On the role of utopianism and speculative fiction in shaping alternatives to the smart city imaginary. *Futures*. 2020;115:102475. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2019.102475>

49. Hab N, Kruty K, Tolchieva H, Pushkarova T. Modernization of future teachers' professional training: on the role of immersive technologies. *Futurity Education*. 2022. <https://doi.org/10.57125/fed/2022.10.11.22>

50. Dogomeo A. Digital Technology to Promote Inclusion and Diversity in Higher Education: A Qualitative Insight. *Asia-Pacific Journal of Convergent Research Interchange*. 2024. <https://doi.org/10.47116/apjcri.2024.10.34>

51. Jiang J, Fryer L. The effect of virtual reality learning on students' motivation: A scoping review. *Journal of Computer Assisted Learning*. 2023;40:360-373. <https://doi.org/10.1111/jcal.12885>

52. Sattar M, Palaniappan S, Lokman A, Shah N, Khalid U, Hasan R. Motivating Medical Students Using Virtual Reality Based Education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*. 2020;15:160-174. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i02.11394>

53. Amirbekova E, Shertayeva N, Mironova E. Teaching chemistry in the metaverse: the effectiveness of using virtual and augmented reality for visualization. *Frontiers in Education*. 2024. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1184768>

54. Tang F, Chen X, Zhao M, Kato N. The Roadmap of Communication and Networking in 6G for the Metaverse. *IEEE Wireless Communications*. 2023;30:72-81. <https://doi.org/10.1109/MWC.019.2100721>

55. Othman A, Chemnad K, Hassanien A, Tlili A, Zhang C, Al-Thani D, et al. Accessible Metaverse: A Theoretical Framework for Accessibility and Inclusion in the Metaverse. *Multimodal Technologies and Interaction*. 2024;8:21. <https://doi.org/10.3390/mti8030021>

56. Mogier G, Khayat G, Elkordy M, Hanafy Y. A Proposed Metaverse Framework Implementing Gamification for Training Teaching Staff. 2023 IEEE Afro-Mediterranean Conference on Artificial Intelligence (AMCAI). 2023:1-7. <https://doi.org/10.1109/AMCAI59331.2023.10431501>

57. Neulinger A, Sparer L, Dorner V. The Role of Blockchain Interoperability for a Sustainable Metaverse: A Research Agenda. 2024 6th International Conference on Blockchain Computing and Applications (BCCA). 2024:48-56. <https://doi.org/10.1109/BCCA62388.2024.10844416>

FINANCIACIÓN

No hay financiación.

CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno.

CONTRIBUCIÓN DE LA AUTORÍA

Conceptualización: Víctor Hugo González Torres, Pedro Luis Bracho-Fuenmayor, Elisabeth Viviana Lucero Baldevenites, Marco Vinicio Carrillo Guerrero, Roberto David Santander Erazo.

Curación de datos: Víctor Hugo González Torres, Elisabeth Viviana Lucero Baldevenites, Marco Vinicio Carrillo Guerrero.

Análisis formal: Víctor Hugo González Torres, Elisabeth Viviana Lucero Baldevenites, Marco Vinicio Carrillo Guerrero.

Investigación: Víctor Hugo González Torres, Pedro Luis Bracho-Fuenmayor, Elisabeth Viviana Lucero Baldevenites.

Metodología: Víctor Hugo González Torres, Pedro Luis Bracho-Fuenmayor, Elisabeth Viviana Lucero Baldevenites.

Dirección del proyecto: Víctor Hugo González Torres, Pedro Luis Bracho-Fuenmayor.

Recursos: Víctor Hugo González Torres, Pedro Luis Bracho-Fuenmayor, Elisabeth Viviana Lucero Baldevenites, Marco Vinicio Carrillo Guerrero, Roberto David Santander Erazo.

Software: Víctor Hugo González Torres, Pedro Luis Bracho-Fuenmayor, Elisabeth Viviana Lucero Baldevenites.

Supervisión: Víctor Hugo González Torres.

Validación: Elisabeth Viviana Lucero Baldevenites, Marco Vinicio Carrillo Guerrero, Roberto David Santander Erazo.

Visualización: Elisabeth Viviana Lucero Baldevenites, Marco Vinicio Carrillo Guerrero, Roberto David Santander Erazo.

Redacción - borrador original: Elisabeth Viviana Lucero Baldevenites, Marco Vinicio Carrillo Guerrero, Roberto David Santander Erazo.

Redacción - revisión y edición: Víctor Hugo González Torres, Pedro Luis Bracho-Fuenmayor, Elisabeth Viviana Lucero Baldevenites, Marco Vinicio Carrillo Guerrero, Roberto David Santander Erazo.