

El Metaverso 3.0 y su potencial transformador en la educación superior

The metaverse 3.0 and its transformative potential in higher education

Maritza Cruz Atayde¹, Mario Jiménez Hernández², Froylan Flores Aragón³, Brenda García Jarquín⁴, Iván Antonio García Montalvo⁵ y Enrique López Ramírez⁶

¹Instituto Tecnológico de Oaxaca, mcatayde@itoaxaca.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0002-4162-7657>, México

²Instituto Tecnológico de Oaxaca, mario.jh@oaxaca.tecnm.mx, <https://orcid.org/0009-0006-4759-9884>, México

³Instituto Tecnológico de Oaxaca, froylan.fa@itoaxaca.edu.mx, <https://orcid.org/0009-0007-1407-4341>, México

⁴Instituto Tecnológico de Oaxaca, jarquin_garcia@yahoo.com.mx, <https://orcid.org/0000-0001-7192-2342>, México

⁵Instituto Tecnológico de Oaxaca, ivan.garcia@itoaxaca.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0003-4993-9249>, México

⁶Instituto Tecnológico de Oaxaca, enrique.lr@itoaxaca.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0002-7526-5199>, México

Información del Artículo

Trazabilidad:

Recibido 29-09-2025

Revisado 30-09-2025

Aceptado 02-11-2025

RESUMEN

La educación necesita una transformación profunda. Las aulas tradicionales se han convertido en un espacio en el que el aprendizaje se ha vuelto rutinario y con poco interés genuino por aprender. El metaverso permite a los estudiantes tener experiencias inmersivas y con mucho significado. Se realizó una revisión de la literatura en la que específicamente se abordó temas relacionados con la educación, tecnologías utilizadas, las ventajas y desventajas de los avatares o gemelos digitales que los estudiantes crean para generar su identidad cuando interactúan en el metaverso. Se concluye que es necesario que los sistemas educativos transiten hacia las tecnologías educativas emergentes para transformar la educación.

Palabras Clave:

Metaverso

Avatares

Inclusión educativa

Tecnologías del metaverso

Estrategias de aprendizaje

ABSTRACT

Education requires a profound transformation. Traditional classrooms have become spaces where learning has turned into a routine activity, often lacking genuine interest in acquiring knowledge. The metaverse offers students immersive and highly meaningful learning experiences. A literature review was conducted focusing specifically on topics related to education, the technologies employed, and the advantages and disadvantages of avatars or digital twins that students create to construct their identities when interacting in the metaverse. The review concludes that educational systems must transition toward emerging educational technologies in order to transform education.

INTRODUCCIÓN

La educación requiere ir a la misma velocidad con la que avanza la tecnología. Hemos transitado por la Web 1.0 que nació a finales de los 90, una web estática que acercó a los estudiantes hacia la información de una forma distinta. La web 2.0 considerada también como una web social mejoró la interacción con las redes sociales (Melliani et al., 2024). El Metaverso es un nuevo desarrollo tecnológico de la Web 3.0 y se encuentra revolucionando la forma en la que se aprende, se enseña y se interactúa incluso desde cualquier lugar en un entorno multusuário virtual en 3D (Magetos et al., 2024). Abarca entornos virtuales interconectados utilizando tecnología inmersiva como la realidad virtual o la realidad aumentada en la que los individuos participan en intercambios en tiempo real, juegos multijugador, juegos abiertos y experiencias colaborativas (Chamola et al., 2025).

El término Metaverso fue introducido por Neal Stephenson en su novela de ciencia ficción Snow Crash. Significa más allá y verso como abreviatura de universo (Özkal et al., 2024). El concepto se volvió más popular con la novela REady Player One de Ernest Cline y la trilogía Matrix (Gurkan, 2025). A partir de la pandemia por el COVID, el aprendizaje en línea formó parte importante en la agenda de la investigación educativa. Actualmente se explora el metaverso como una nueva dimensión educativa que combina lo

virtual y lo físico apoyados por plataformas digitales y herramientas de inteligencia artificial como el blockchain (Razzaq et al., 2024).

El metaverso ha sido definido desde varias perspectivas y por diversos autores. Para Hsiao et al. (2025), se trata de un mundo virtual que permite a los usuarios interactuar con personas y objetos a través de avatares virtuales, estableciendo una conexión entre el mundo real y el virtual, y permite a las personas realizar diversas actividades del mundo real, como entretenimiento, socialización y educación a través del mundo virtual. Din y Amogren, (2023) lo conceptualizan como un espacio virtual colectivo y compartido donde converge la realidad virtual y la física. Por su parte, Ali et al. (2025) lo describen como una zona mágica donde la vida real y la realidad virtual se mezclan para producir una experiencia inmersiva y colaborativa (Ali et al., 2025).

Es un mundo virtual que permite a los usuarios interactuar con personas y objetos a través de avatares virtuales, a través de una conexión entre el mundo real y el virtual que permite a las personas realizar actividades del mundo real, entretenerte, socializar y aprender (Hsiao et al., 2025). Definido también como un mundo en línea corporizado donde las personas pueden presentarse, trabajar, jugar y socializar con avatares, a menudo en forma de auriculares o gafas (Gurkan, 2025). Para Cui et al. (2023) es un aprendizaje sin fronteras, un aprendizaje profundo, un aprendizaje por refuerzo profundo cuya investigación todavía se encuentra en sus inicios, sobre todo en cuanto a los debates sobre los beneficios y aplicaciones potenciales (Cui et al., 2023).

Cuando se refieren a metaverso con M, están haciendo alusión a un lugar o plataforma como Roblox, Fornite, Decentraland, etc.), en la que los estudiantes pueden activar sus procesos creativos con un alto nivel de experiencias y sensaciones de inmersión, por otra parte, el metaverso con m, son las tecnologías que crean la infraestructura del metaverso (AR, VR, lifelogging, Mirror world, Blockchain, Red 5G, etc.) que hacen que los estudiantes participen en una interacción sociocultural en el Metaverso (Hwang et al., 2023).

Por su parte, Onu et al. (2024) lo define como un ecosistema educativo completamente nuevo, con experiencias de aprendizaje personalizadas que permite a los docentes personalizar las rutas de aprendizaje de acuerdo a las necesidades de los estudiantes y sus estilos de aprendizaje en el que puedan explorar e interactuar con conceptos abstractos que muy difícilmente pueden aprender en el aula tradicional (Onu et al., 2024). Por ejemplo, en el juego Fornite para aprender el concepto de fuerza en una asignatura de física (O da Silva et al., 2025). Concepto que en un aula tradicional y sin estrategias de aprendizaje en 3D ha sido complicado de asimilar.

El metaverso tiene seis características principales: persistencia, tiempo real, compatibilidad, atributos económicos, conectividad y creatividad. Asimismo, tiene cuatro atributos centrales: sincronización y simulación, código abierto e innovación, persistencia y sistema económico cerrado (Lyu, 2024). Por su parte Sadeghi-Niaraki et al. (2025) señalan seis atributos fundamentales del metaverso: inmersividad, heterogeneidad, escalabilidad, interoperabilidad, sostenibilidad e hiperespaciotemporalidad. Yang et al. (2025) señala ocho características prominentes identidad, compañerismo, inmersión, acceso optimizado, diversidad de contenido, omnipresencia, una economía dinámica y seguridad robusta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión no sistemática de literatura en las bases de datos IEEE, Springer, Taylor and Francis, y búsquedas en Google Scholar para tener acceso a otros artículos en otras revistas de divulgación científica como papers.ssrn.com, openreview, igi-global.com, entre otros.

Criterios de inclusión: artículos en inglés y en español, principalmente con revisión doble ciego, y tomando en cuenta también, pero con menor énfasis, los artículos de revisión científica. El rango de tiempo para la revisión fue del 2022 al 2025 por ser un tema muy incipiente, fueron escasos los estudios anteriores. Los criterios de búsqueda fueron: Metaverse 3.0, Metaverse, Immersive learning, Metaverse learning, Virtual learning. Utilizamos operadores booleanos para combinar los términos mencionados con la finalidad de mejorar los resultados. Se priorizaron los artículos de revisión de literatura, puesto que existe muy poca evidencia empírica sobre este tema.

Criterios de exclusión: se excluyeron tesis de grado, documentos generales que no pertenecieran a revistas académicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aplicaciones educativas y estrategias de aprendizaje utilizadas en el metaverso

El metaverso anuncia un campo de paradigma transformador en este viaje del ser humano hacia la era digital, aplicado en el aprendizaje de muchas disciplinas de estudio, por ejemplo, en la medicina, los

modelos predictivos basados en IA están ganando popularidad (Rahman et al., 2023). Se ha probado su efectividad y utilidad en cuanto a que permiten mejorar la visualización del contenido, aumentar la eficiencia del aprendizaje, liberar recursos educativos previamente limitados y reducir costos y riesgos educativos (Ali et al., 2025). Facilita experiencias de aprendizaje personalizadas, flexibles, efectivas y significativas (Buragohain et al., 2025).

Actualmente existen diversos juegos considerados juegos serios que se convierten en experiencias solitarias o aisladas que limita el impacto de aprendizaje, por lo que consideramos que es necesario transitar hacia entornos de aprendizaje activos basados en la experiencia y la gamificación (Choi et al., 2025). Una de las estrategias que se está utilizando con mayor frecuencia en el Metaverso es el aprendizaje basado en problemas, en el que utilizando el metaverso los profesores pueden ayudar a que los estudiantes puedan tener una experiencia inmersiva mejorada, generando oportunidades de aprendizaje, aumentando la motivación, fomentar la innovación sobre cómo abordar situaciones de la vida real (Damaševičius & Sidekerskienė, 2024).

Es una realidad que los alumnos se aburren en el aula, por ello disfrutan tanto de su receso. Es imperativo rescatar su interés por el aprendizaje, superar las barreras del aula tradicional, en el que, si fuera posible, todo su horario se dedique a jugar y a aprender, esto ya es posible a través del metaverso (Chun, 2024). Son nativos digitales con mentalidades distintas por haber nacido en un mundo impulsado por la tecnología, lo que definitivamente influye en su interés por la participación en las experiencias personalizadas e inmersivas (Kim et al., 2025). Existen asignaturas que generan actitudes negativas hacia su aprendizaje. Por ejemplo, para las asignaturas de historia, no se ha logrado mejorar la perspectiva o utilidad que representa para su formación. En este sentido, las herramientas del metaverso permiten experimentar diversas experiencias que pueden transformar la forma en que aprende y ve la historia, como la era de los dinosaurios, un viaje al Polo Sur o al Polo Norte, conocer a científicos importantes y aprender sus teorías de forma interactiva (Chun, 2024).

Existen diversos estudios que han reportado evidencia científica respecto a la implementación de actividades de aprendizaje en el metaverso, analizando principalmente el compromiso, el interés, la intención de uso, comodidad, confianza, percepción, interés, atención, implicación, motivación, satisfacción, colaboración, creatividad e innovación (Singh et al., 2024). (Ha, 2024) utilizaron dos plataformas de estudio, 2D Metaverso: Gather Town y 3D Metaverso: Spatial con estudiantes universitarios matriculados en un curso de Aprendizaje Basado en Juegos. Midieron la presencia social, la presencia emocional y el nivel de compromiso en el aprendizaje. Los autores encontraron que los estudiantes sintieron una mayor conexión, mayor presencia emocional con sus compañeros al utilizar la plataforma Spatial. Sin embargo, para el compromiso activo, no hubo diferencias significativas.

La Terapia de Exposición a la Realidad Virtual es una intervención terapéutica que se apoya de la realidad virtual para que los pacientes puedan enfrentar de manera segura y controlada situaciones que por lo regular evitan en la vida real (Ud Din & Almogren, 2023).

Yew y Ismail (2025) probaron la efectividad del programa educativo MATOSH (Metaverse-Assisted Teaching in Occupational Safety and Health como complemento a la impartición de los temas de salud ocupacional. El programa simula un hospital con avatares utilizando el metaverso. Los autores encontraron que, en el examen de conocimientos, los estudiantes del grupo de intervención mejoraron significativamente, sin embargo, en la variable compromiso, solo se reflejó una diferencia a favor de las mujeres y en cuanto al interés, no existió diferencias significativas. Como conclusión importante, señalan que es importante mejorar los ambientes de gamificación (Yew & Ismail, 2025).

La Overseas Chinese University desarrollo el Sistema de Capacitación de RV del Metaverso 5G. Se ha planteado como un sistema innovador que aprovecha las características de la tecnología 5G. Simula escenarios del mundo real en un entorno virtual controlado, seguro y libre de riesgos, por ejemplo, simula un arco de soldadura en el que los estudiantes practican y desarrollan sus habilidades motoras finas sin desperdicio de materiales ni riesgo de lesiones. La plataforma les ofrece análisis detalles y retroalimentación sobre la calidad, la velocidad, la distancia (Huang et al., 2024).

Zepeto es una plataforma que tiene más de 200 millones de usuarios principalmente de las generaciones más jóvenes, interactúan a través de avaras tipo 3D, toman fotografías, celebran eventos, reuniones de fans, entre otros (Chun, 2024). Fue creada por Naver en Corea utilizada principalmente por jóvenes. Permite fusionar los mundos virtual y real ofreciendo una experiencia interactiva con contenido generado por el usuario con una interfaz de usuario de alta calidad que influye incluso en sus experiencias emocionales impactando en la comprensión de la información a través de la interacción y comunicación visual estimulando sus habilidades de exploración para el aprendizaje teórico y práctico (Sadeghi-Niaraki et al., 2025).

Hennig-Thurau et al. (2023) llevaron a cabo un estudio con estudiantes de negocios en los que, a través de cinco experimentos con dos grupos, los que usaban visores de realidad aumentada, y los que utilizaban ratón y mouse como en tecnologías tradicionales. Analizaron de qué forma las interacciones sociales

multisensoriales en tiempo real en el metaverso pueden generar mayor valor que una interacción en alguna plataforma como Zoom por ejemplo. A diferencia de lo que se pudiera esperar, los resultados mostraron que es parcialmente plausible que, al realizar actividades en el metaverso, existiera una mayor interacción y de manera favorable, no obstante, los autores concluyeron que todavía no es posible pensar en que el metaverso supere sistemáticamente al Internet 2D.

Yeganeh et al. (2025) desarrollaron Meta-MILE, un marco integral que amplía los modelos educativos existentes integrando tecnologías del Metaverso para generar experiencias de aprendizaje inmersivas y adaptativas. Con una fundamentación teórica sobre la base del aprendizaje experiencial digital, cognición distribuida y cognición corporizada. Este marco sugiere múltiples capas: infraestructura, contenido e interacción, personalización y accesibilidad, colaboración y compromiso social, y evaluación y retroalimentación. Los investigadores desarrollaron una prueba piloto con 28 participantes de último año de carrera e inscritos en un curso de diseño por computadora. Los resultados mostraron que los estudiantes mejoraron significativamente en comodidad, confianza y percepción sobre la relevancia educativa e industrial del Metaverso. Lo que demuestra el potencial transformador para mejorar la participación de los estudiantes, mejorando la integración en la educación. Y sobre todo, familiaridad con el metaverso.

Bruni y Galvagno (2025) realizaron un estudio en el que aplicaron la Teoría de usos y gratificaciones para conocer cuáles son las motivaciones que impulsan a las personas a interactuar con el Metaverso, quiénes usan los servicios del metaverso, los propósitos y los resultados específicamente utilizando cascos de realidad virtual y aumentada. Experimentando entornos totalmente inmersivos. Los resultados mostraron que el escapismo, la autoexpresión, la socialización e interacción, el entretenimiento y diversión, la experiencia inmersiva, la experiencia gráfica e interacción y la reproducción de entornos reales.

Chen et al. (2024) realizaron un estudio con 278 estudiantes de nivel secundaria en que utilizaron cascos de realidad virtual, ordenadores con realidad virtual, software como Labster para realidad virtual y gamificación, en la que los profesores montaron lecciones interactivas de historia, historia, química, idioma chino y literatura. El estudio lo llevaron a cabo con dos grupos. Ambos siguieron el plan de estudios oficial, la diferencia estuvo en que el grupo de intervención estudió las actividades del metaverso. En cuanto al rendimiento académico, los estudiantes que utilizaron la plataforma del metaverso tuvieron puntuaciones más altas, mostraron niveles de compromiso más altos y en todas las escalas del nivel de motivación.

La inclusión del metaverso en educación todavía es muy incipiente y todavía no queda claro qué competencias específicas necesitan los estudiantes para interactuar con las tecnologías del metaverso (Hsiao et al., 2025). En esta era de la alfabetización informacional, las competencias cambian, las estrategias de enseñanza tienen que actualizarse, los planes y programas deben dirigirse hacia las nuevas tecnologías como la realidad virtual, realidad aumentada, realidad mixta, entre otros. Una competencia en el metaverso es considerada como la capacidad para percibirse a sí mismos con la habilidad de usar las destrezas subyacentes del metaverso y de utilizarlas en el uso de realidades virtuales (Ewuoso, 2024).

Los avatares como identidad digital de los usuarios

Para una participación efectiva en el metaverso, es crucial crear avatares digitales que son una representación del yo y que las emociones que se experimentan como avatar permiten que el estudiante pueda sentir alegría, autoconfianza y plenitud en el mundo real (Ewuoso, 2024). Los avatares digitales son representaciones del yo real en mundos virtuales a través de los cuales se puede interactuar con objetos digitales brindando oportunidades de entretenimiento y socialización, y así, mientras mayor sea su capacidad para manipular y construir sus propios avatares, mayor será su motivación e interés para participar en el metaverso (Hsiao et al., 2025).

Cuando un estudiante o usuario utiliza y diseña su avatar, sus movimientos se van almacenando en un registro, los algoritmos almacenan la información y realizan predicciones y suposiciones sobre el carácter, las necesidades y deseos de los usuarios, tal como sucede con los videojuegos o las redes sociales (Henz, 2022). Si los algoritmos son capaces de detectar las competencias que les pueda hacer falta en cuanto al aprendizaje que se desee lograr, los juegos podrían presentarle diversos retos hasta que puedan alcanzar la competencia deseada.

Los gemelos digitales ofrecen a los aprendices la posibilidad de experimentar con una versión de maquinaria real, aprender su manejo y estudiar su impacto (Henz, 2022).

Tecnologías utilizadas

Para lograr un panorama educativo más dinámico y equitativo, es necesario superar algunas barreras, como la accesibilidad, la inclusividad, la privacidad y la ética (O da Silva et al., 2025). La adopción del Metaverso en las escuelas mexicanas parecería casi imposible. Aun con las políticas actuales, no se ha logrado siquiera que todas las escuelas del país cuenten con el acceso a Internet o mínimo el acceso a una computadora en la escuela, mucho menos en el hogar. Los requisitos para implementar tecnología apropiada incluyen la

interoperabilidad, la escalabilidad, el realismo, la creación de usuarios, la interacción social, el soporte multiplataforma, la seguridad y privacidad, accesibilidad, el sistema económico y la gobernanza (Rahman et al., 2023).

En este mismo sentido, Islam y Wang (2025) señalan que son ocho las tecnologías clave para operar el metaverso: interacción mano-máquina y terminales inteligentes, IA, juegos digitales y entrenamiento, red y computación en la nube, computación de borde, blockchain y NFT, simbiosis y gobernanza descentralizada (Islam & Wang, 2025). En esta misma línea Xu y Impagliazzo (2024), destacan que el metaverso busca consolidarse en una vida digital y un espacio de trabajo en un nuevo ecosistema social, englobando tecnologías como la inteligencia artificial, blockchain, computación de borde, 5G y 6G, Big Data, computación en la nube, realidad aumentada, realidad virtual, realidad mixta, realidad extendida, tokens no fungibles, internet de las cosas y gemelos digitales inteligencia artística, unidades de procesamiento de gráficos, motores 3D de fotografía (Xu & Impagliazzo, 2024). A la fecha, una de las tecnologías que son consideradas como puertas de entrada al metaverso son los dispositivos wearables inteligentes y las interfaces cerebro-computadora las cuales permiten que la experiencia sea mucho mejor por el grado de inmersión (Zhang y Juvrud, 2024). Un ejemplo de ello es la tecnología de Seguimiento de Cuerpo Completo (FBT) permite una conexión robusta entre el usuario y su avatar a través de la sincronización de movimientos del usuario, esto permite una sensación de exploración de la identidad propia o incluso, desafiar las normas sociales sin tener como limitante las barreras sociales a los que por lo regular se enfrenta (Zhang & Juvrud, 2024).

Para la creación de avatares y experiencias inmersivas, las plataformas más destacadas son Unity, Unreal Engine y Blender. Permiten personalizar avatares, tienen gráficos de alta calidad, lo que hace que el metaverso se convierta en una experiencia virtual rica, interactiva y visualmente atractiva para los estudiantes (Alcántara et al., 2024). En este sentido, la comunicación 5G ofrece servicios como uRLLC (Comunicaciones de Latencia Ultra-Baja y Alta Fiabilidad) y eMBB (Banda Ancha Móvil Mejorada) para garantizar un alto ancho de banda, conectividad constante y latencia mínima para crear una experiencia fluida denominada Educación 5.0 (Bhattacharya et al., 2024). Para garantizar una menor latencia y lograr una experiencia inmersiva, se requiere 5G, computación en la nube, semiconductores, lo que respalda y garantiza un gran número de usuarios en línea simultáneamente (Lyu, 2024).

CONCLUSIÓN

Las instituciones de educación siguen enfrentando retos educativos importantes. Han transcurrido décadas y se podría decir que casi nada ha cambiado. Las aulas tradicionales siguen funcionando de la misma forma. Han existido intentos de modernizarlas a través de equipos multimedia pero se ha quedado en el discurso político y en programas que no han impactado en el desarrollo educativo nacional. Los estudiantes continúan aprendiendo a través del cuaderno y la pizarra. Las actividades de aprendizaje siguen siendo los mapas conceptuales, los ensayos, los cuadros sinópticos, las exposiciones orales de contenidos que deberían exponer los profesores.

Es un reto para México incorporar a sus planes y programas algunos contenidos que integren la realidad aumentada y la realidad virtual. Proponer proyectos para que en las escuelas existan laboratorios en los que se aprenda a través del metaverso. Las necesidades reales de los estudiantes actualmente exigen actividades de aprendizaje interactivo que represente un verdadero reto y una experiencia de aprendizaje que le permita interesarse por los nuevos conceptos y teorías. Sobre todo en los países en vías de desarrollo como México, donde los retos se tornan múltiples, por ejemplo, la infraestructura técnica en las comunidades rurales donde incluso no hay suministros estables de energía eléctrica es una primera área de oportunidad que es tangible y vigente en los tiempos actuales. Otro reto es el equipamiento de las aulas, alumnos y profesores en materia de artefactos tecnológicos sobre todo en las comunidades marginadas e indígenas las cuales aún carecen de esta tecnología. Finalmente otro factor que aumenta la brecha en esta integración tecnológica es la diseminación del conocimiento entorno al uso, ética y el máximo aprovechamiento de estas herramientas en aras del conocimiento, la investigación y la aportación en beneficio de la sociedad. Por lo anterior, se sugiere que en trabajos futuros se realice un inventario tecnológico de cómo están distribuidas estas herramientas e infraestructura en las aulas del país, especialmente en estas zonas marginadas, así como también un diagnóstico acerca de las capacidades tecnológicas que poseen los principales actores del sistema: profesores, directivos y alumnos. Esta información servirá de insumo para el análisis de las bases en materia de política pública, estrategias y objetivos de las instituciones de educación en el país.

REFERENCIAS

- Alcántara, J. C., Tasic, I., & Cano, M.-D. (2024). Enhancing digital identity: Evaluating avatar creation tools and privacy challenges for the metaverse. *Information*, 15(10), 624. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/info15100624>
- Ali, R. A., Soliman, M., Weahama, M. R., Assalihee, M., & Mahmud, I. (2025). Investigating continuous intention to use metaverse in higher education institutions: a dual-staged structural equation modeling-artificial neural network approach. *Smart Learning Environments*, 12(1), 3.
- Bhattacharya, P., Kumari, A., Budhiraja, I., & Tanwar, S. (2024). MetaEd: Metaverse-Assisted Virtual Classroom and Content Generation Framework Underlying 5G. 2024 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops),
- Bruni, R., & Galvagno, M. (2025). Virtual reality, authentic motivations: a classification of metaverse users based on VR/XR headset experience. *Electronic Commerce Research*. <https://doi.org/10.1007/s10660-025-09970-6>
- Buragohain, D., Buragohain, D., Meng, Y., Deng, C., & Chaudhary, S. (2025). A metaverse based digital preservation of temple architecture and heritage. *Scientific Reports*, 15(1), 15484. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41598-025-00039-w>
- Chamola, V., Peelam, M. S., Mittal, U., Hassija, V., Singh, A., Pareek, R., Mangal, P., Sangwan, D., de Albuquerque, V. H. C., & Mahmud, M. (2025). Metaverse for education: Developments, challenges, and future direction. *Computer Applications in Engineering Education*, 33(3), e70018.
- Chen, G., Xin, Y., & Chen, P. (2024). Development of a platform for state online education services: Design concept based on meta-universe. *Education and Information Technologies*, 29, 23605–23629 <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12792-y>
- Choi, H. S., Sunny, Wong, P. Y., Paulina, Shen, J. D., Francisco, M. L. L., & Nurgissayeva, A. (2025). Uncovering the drivers of intent to use the metaverse: diverse experiences in sustainability education. *Discover Sustainability*, 6(1), 152. <https://doi.org/doi.org/10.1007/s43621-025-00903-9>
- Chun, H. (2024). A study on the design education method using metaverse by wireless communication with computing for UAV-enabled B5G/6G network. *Wireless Networks*, 30(8), 6731-6738. <https://doi.org/doi.org/10.1007/s11276-023-03523-1>
- Cui, L., Zhu, C., Hare, R., & Tang, Y. (2023). MetaEdu: a new framework for future education. *Discover Artificial Intelligence*, 3(1), 10. <https://doi.org/doi.org/10.1007/s44163-023-00052-wvoy>
- Damaševičius, R., & Sidekerskiene, T. (2024). Virtual worlds for learning in metaverse: A narrative review. *Sustainability*, 16(5), 2032.
- Din, I. U., & Almogren, A. (2023). Exploring the psychological effects of Metaverse on mental health and well-being. *Information Technology & Tourism*, 25(3), 367–389. <https://doi.org/10.1007/s40558-023-00259-8>
- Ewuoso, C. (2024). What does the Thinking about Relationalism and Humanness in African Philosophy imply for Different Modes of Being Present in the Metaverse? *Science and Engineering Ethics*, 30(4), 31. <https://doi.org/doi.org/10.1007/s11948-024-00496-y>
- Gurkan, A. M. (2025). Enhancing Education Through the Metaverse: Perspectives from Türkiye. *Digital Society*, 4(1), 1-24. <https://doi.org/doi.org/10.1007/s44206-025-00183-w>
- Hennig-Thurau, T., Aliman, D. N., Herting, A. M., & Hofmeister, J. (2023). Social interactions in the metaverse: Framework, initial evidence, and research roadmap. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 51(4), 889–913. <https://doi.org/10.1007/s11747-022-00908-0>
- Ha, M.-J. (2024). Exploring metaverse-blended learning in an English presentation class: Student perceptions. *Computer-Assisted Language Learning Electronic Journal*, 25(2), 130-151.
- Henz, P. (2022). The societal impact of the metaverse. *Discover Artificial Intelligence*, 2(1), 19. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s44163-022-00032-6>
- Hsiao, K.-L., Chen, M.-Y., & Liao, Y.-R. (2025). Development and evaluation of a metaverse competency scale for university students. *Education and Information Technologies*, 1-26. <https://doi.org/doi.org/10.1007/s10639-025-13320-w>
- Huang, J.-E., Chang, L.-W., & Chin, H.-H. (2024). 5G metaverse in education. *Mobile Networks and Applications*, 29(3), 947-960. <https://doi.org/doi.org/10.1007/s11036-024-02354-4>
- Hwang, Y., Shin, D., & Lee, H. (2023). Students' perception on immersive learning through 2D and 3D metaverse platforms. *Educational technology research and development*, 71(4), 1687-1708. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11423-023-10238-9>
- Islam, M. Z., & Wang, G. (2025). Avatars in the educational metaverse. *Visual Computing for Industry, Biomedicine, and Art*, 8(1), 15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s42492-025-00196-9>
- Kim, M., Oh, H. J., Choi, J. H., & Jung, Y. (2025). Decoding millennials and generation Z consumers' brand behaviors in the Metaverse: The relationships among avatar identification, self-presence, and psychological dynamics. *Journal of Consumer Behaviour*, 24(1), 44-57. <https://doi.org/doi.org/10.1002/cb.2405>

- Lyu, Z. (2024). State-of-the-art human-computer-interaction in metaverse. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 40(21), 6690-6708.
- Magetos, D., Mitropoulos, S., & Douligeris, C. (2024). The Evolution of the Web and its impact on Education: From Web 1.0 to the Metaverse. 2024 9th South-East Europe Design Automation, Computer Engineering, Computer Networks and Social Media Conference (SEEDA-CECNSM).
- Melliani, H., Mouhtat, I., Kerfal, W., & Razouk, A. (2024). Artificial intelligence in recruitment: Navigating the era of Web 4.0. *Qubahan Academic Journal*, 4(2), 558-568. <https://doi.org/https://doi.org/10.48161/qaj.v4n2a283>
- O da Silva, M. M., XN Teixeira, J. M., FF Peres, F., & RM Maurício, C. (2025). Learning in the Metaverse: Reflections on Potential Benefits, Possibilities and Challenges. *Digital Society*, 4(2), 1-14. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s44206-025-00217-3>
- Onu, P., Pradhan, A., & Mbohwa, C. (2024). Potential to use metaverse for future teaching and learning. *Education and Information Technologies*, 29(7), 8893-8924. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10639-023-12167-9>
- Özkal, İ., Özkan, İ. A., & Başçiftçi, F. (2024). Metaverse token price forecasting using artificial neural networks (ANNs) and Adaptive neural fuzzy inference system (ANFIS). *Neural Computing and Applications*, 36(7), 3267-3290. <https://doi.org/doi.org/10.1007/s00521-023-09228-y>
- Rahman, E., Rao, P., Sayed, K., Webb, W. R., Philipp-Dormston, W. G., Carruthers, J. D., & Carruthers, A. (2023). Sculpting digital identities: the interplay of aesthetic medicine, plastic surgery, and the metaverse. *European Journal of Plastic Surgery*, 46(6), 845-854.
- Razzaq, A., Zhang, T., Numair, M., Alreshidi, A., Jing, C., Aljaloud, A., Ghayyur, S. A., Ahmed, S., & Qurat Ul Ain, M. (2024). Transforming academic assessment: The metaverse-backed Web 3 secure exam system. *Computer Applications in Engineering Education*, 32(6), e22797. <https://doi.org/doi.org/10.1002/cae.22797>
- Sadeghi-Niaraki, A., Rahimi, F., Azlan, N. A. E. B., Song, H., Ali, F., & Choi, S.-M. (2025). Groundbreaking taxonomy of metaverse characteristics. *Artificial Intelligence Review*, 58(8), 244. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10462-025-11243-5>
- Singh, M., Sun, D., & Zheng, Z. (2024). Enhancing university students' learning performance in a metaverse-enabled immersive learning environment for STEM education: A community of inquiry approach. *Future in Educational Research*, 2(3), 288-309. <https://doi.org/10.1002/fer3.56>
- Ud Din, I., & Almogren, A. (2023). Exploring the psychological effects of Metaverse on mental health and well-being. *Information Technology & Tourism*, 25(3), 367-389. <https://doi.org/doi.org/10.1007/s40558-023-00259-8>
- Xu, X., & Impagliazzo, J. (2024). Metaverse Services in Computing and Engineering Education. *Frontiers of Digital Education*, 1(2), 132-141.
- Yang, L. (2023). Recommendations for metaverse governance based on technical standards. *Humanities & Social Sciences Communications*, 10(253). <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01750-7>.
- Yeganeh, L. N., Fenty, N. S., Chen, Y., Simpson, A., & Hatami, M. (2025). The future of education: A multi-layered metaverse classroom model for immersive and inclusive learning. *Future Internet*, 17(2), 63. <https://doi.org/10.3390/fi17020063>.
- Yew, S. Q., & Ismail, M. F. (2025). Metaverse-assisted teaching in occupational safety and health (MATOSH) programme and its effectiveness in improving interest, understanding, and engagement in the occupational health subject among generation Z medical Students-a design and development research. *BMC Medical Education*, 25(1), 1009. <https://doi.org/doi.org/10.1186/s12909-025-07618>.
- Zhang, J., & Juvrud, J. (2024). Gender expression and gender identity in virtual reality: avatars, role-adoption, and social interaction in VRChat. *Frontiers in Virtual Reality*, 5, 1305758. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/frvir.2024.1305758>