

Transformando la educación con el metaverso: nuevas perspectivas para los estudiantes de radiología. Revisión narrativa

Transforming education with the metaverse: new perspectives for radiology students. Narrative revision

Diana Carolina Mucha Lopez

diana.muchal@unmsm.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0001-6844-7691>

Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú

Yolvi Javier Ocaña Fernandez

yocanaf@unmsm.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-2566-6875>

Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú

Edith Hellen Vadillo Dionicio

edith.vadillo@unmsm.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0001-7164-6923>

Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú

Noelia Guadalupe López Guevara

nlopez@continental.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-5948-894X>

Universidad Continental. Lima, Perú

Artículo recibido: 17 de noviembre de 2025/Arbitrado: 15 de diciembre de 2025/Aceptado: 12 de enero 2026/Publicado: 02 de febrero de 2026

<https://doi.org/10.62319/simonrodriguez.v.6i11.113>

RESUMEN

El metaverso emerge como una plataforma digital innovadora con el potencial de revolucionar la educación médica, particularmente en el campo de la radiología. El objetivo del estudio es analizar el impacto del metaverso como herramienta educativa en la formación de estudiantes de radiología. El enfoque es cualitativo, diseño de revisión narrativa de la literatura publicados entre 2019 y 2024. Las bases de datos consultadas fueron PubMed, Scopus, Google Académico, ERIC y SciELO, siendo seleccionados 15 estudios para la revisión. Los resultados indican que el metaverso, además de ser una herramienta eficaz para el aprendizaje, mejora la confianza de los estudiantes, reduce los errores clínicos y proporciona oportunidades únicas para la educación interprofesional. En conclusión, el metaverso se posiciona como una herramienta clave para la formación radiológica, al ofrecer simulaciones avanzadas que fortalecen el aprendizaje, el pensamiento crítico y la seguridad clínica. Su implementación enfrenta desafíos como el alto costo, las limitaciones de infraestructura tecnológica y preocupaciones sobre privacidad y ciberseguridad.

Palabras clave:

Educación médica;
Formación; Metaverso;
Radiología; Virtualidad;
Second Life,

ABSTRACT

The metaverse is emerging as an innovative digital platform with the potential to revolutionize medical education, particularly in the field of radiology. The aim of this study is to analyze the impact of the metaverse as an educational tool in the training of radiology students. A qualitative approach was adopted, using a narrative literature review design of studies published between 2019 and 2024. The databases consulted were PubMed, Scopus, Google Scholar, ERIC, and SciELO, from which 15 studies were selected for review. The results indicate that the metaverse, beyond being an effective learning tool, enhances students' confidence, reduces clinical errors, and provides unique opportunities for interprofessional education. In conclusion, the metaverse positions itself as a key tool in radiology education by offering advanced simulations that strengthen learning, critical thinking, and clinical safety. However, its implementation faces challenges such as high costs, technological infrastructure limitations, and concerns related to privacy and cybersecurity.

Keywords:

Medical education; Training; Metaverse; Radiology; Virtuality; Second Life

INTRODUCCIÓN

Durante la pandemia por COVID-19, numerosas universidades se vieron obligadas a cerrar sus instalaciones, lo cual interrumpió la enseñanza presencial y limitó de forma considerable la formación práctica de estudiantes de ciencias de la salud (Ghaempanah et al., 2024). Ante esta situación, se aceleró la adopción de tecnologías educativas ya existentes, así como el desarrollo de nuevas herramientas digitales (Silva et al., 2024). En este proceso, las plataformas virtuales adquirieron un rol central para el trabajo, la educación y las interacciones cotidianas, transformando la manera en que las personas se relacionan en entornos digitales (Gutiérrez et al., 2023).

En el ámbito educativo, la incorporación de sistemas de realidad virtual permitió que los estudiantes realizaran actividades formativas y prácticas con un alto nivel de realismo. En los últimos años, los avances tecnológicos facilitaron una integración más amplia de estas soluciones en las aulas universitarias, renovando la experiencia de aprendizaje (Menéndez et al., 2024). Esto ha sido especialmente relevante en las ciencias de la salud, donde los estudiantes presentan altos niveles de alfabetización tecnológica que favorecen su adaptación a entornos formativos basados en plataformas digitales, videojuegos y mundos virtuales. Estas aplicaciones han mostrado resultados positivos en áreas como anatomía y la interpretación de signos radiológicos (Sendra et al., 2024).

En particular, la educación en radiología ha adquirido un papel prioritario dentro de la formación de profesionales de la salud, debido a su relevancia diagnóstica y terapéutica (Sociedad Europea de Radiología, 2019). La disponibilidad de herramientas de realidad virtual ha propiciado nuevos enfoques formativos, al permitir el desarrollo de habilidades clínicas en entornos simulados, seguros y controlados (Acosta y López, 2024). Paralelamente, la expansión de los recursos electrónicos y plataformas web ha complementado el aprendizaje radiológico mediante materiales interactivos y experiencias de alto valor pedagógico. Con la evolución de las tecnologías de realidad extendida, han surgido propuestas innovadoras de gamificación y mundos virtuales que amplían las posibilidades educativas (Lorenzo et al., 2019).

En este contexto, la pandemia actuó como catalizador, acelerando la adopción de estas herramientas, y en el año 2021, el metaverso emergió como una tendencia en la educación futura, con grandes expectativas sobre su potencial (Zhang et al., 2022). Desde 2022, las universidades han integrado el metaverso en la formación de estudiantes de medicina, permitiendo interacciones virtuales entre estudiantes y profesionales de distintas partes del mundo. Este tipo de entornos ha demostrado ser

especialmente útil para preparar a estudiantes en procedimientos clínicos complejos, como cirugías y en entornos virtuales seguros (Zhang et al., 2022).

En el caso particular de la radiología, la realidad aumentada y otros componentes del metaverso, han permitido simular procedimientos, visualizar equipos y reproducir el funcionamiento de una sala de imagenología, fortaleciendo el desarrollo de competencias antes del contacto con pacientes reales (Rudolphi et al., 2024). Además, este tipo de entornos favorece la supervisión remota, la colaboración entre estudiantes y la práctica autónoma en escenarios clínicos simulados, lo cual ha sido valioso incluso en contextos quirúrgicos y de alta complejidad (Matwala et al., 2023).

El concepto de metaverso, introducido inicialmente en la novela *Snow Crash* de Neal Stephenson en 1992, ha evolucionado hasta abarcar un ecosistema de tecnologías como realidad virtual (VR), realidad aumentada (RA), realidad mixta (MR), Internet de las cosas (IoT), blockchain, 5G, gemelos digitales, computación en la nube e inteligencia artificial (Peláez et al., 2022; Tang et al., 2024; Bokyoung et al., 2021; Ghaempanah et al., 2024). Desde sus antecedentes en plataformas como *Second Life* a inicios de los años 2000, su desarrollo ha estado acompañado por innovaciones que difuminan las fronteras entre lo virtual y lo real, como *Ready Player One*, *Pokémon Go* o *Decentraland*. El crecimiento de la producción científica también evidencia este interés: de no existir registros sobre “metaverso” en PubMed en 2020, se pasó a nueve en 2021, 162 en 2022 y 86 en 2023, con una cantidad creciente relacionada con ciencias de la salud (Gutiérrez et al., 2023; Ahuja et al., 2023).

Su clasificación comprende cuatro modalidades: realidad aumentada (RA), registro de vida, mundo espejo y realidad virtual (RV), cada una con funciones específicas que conectan, replican o expanden el mundo físico en el entorno digital (Ghaempanah et al., 2024). En el campo educativo, el metaverso se concibe como un entorno virtual tridimensional, continuo y multiusuario, que integra elementos reales y virtuales para facilitar experiencias de aprendizaje inmersivas, interactivas y colaborativas (Abhimanyu et al., 2022; Mystakidis, 2022; Peukert et al., 2024).

Aplicado a la educación médica, el metaverso ofrece oportunidades para complementar la formación tradicional desde los primeros años de estudio, permitiendo a los estudiantes practicar procedimientos clínicos, interactuar con objetos digitales de carácter biomédico y participar en simulaciones seguras que replican el entorno hospitalario (Ahuja et al., 2023). Asimismo, la utilización de avatares favorece la comunicación y la colaboración entre usuarios (Rudolphi et al., 2024), mientras que la visualización tridimensional de imágenes clínicas promueve un aprendizaje activo, investigativo y personalizado (Ghaempanah et al., 2024; Radianti et al., 2020).

A nivel global, entre 2012 y 2021, los países que lideraron la producción científica sobre metaverso fueron Estados Unidos, Canadá, China, Alemania, Reino Unido, Francia, Portugal, Eslovenia, Suiza, Tailandia, Turquía, Países Bajos, Noruega España, Taiwán, Singapur, Australia y Nueva Zelanda fueron los más representantes en la investigación del metaverso. Sin embargo, los países de ingresos medios y bajos tienen aún inconvenientes en sus sistemas de educación médica, sumando a la limitación de recursos, infraestructura inadecuada, aulas superpobladas y docentes no capacitados (Lauro et al., 2019).

A pesar de estos desafíos, el metaverso se perfila como una herramienta promisoría para los estudiantes de ciencias de la salud, al ofrecer aulas virtuales, prácticas inmersivas y experiencias interactivas que enriquecen la formación médica sin restricciones geográficas. Su potencial para recrear estructuras anatómicas, simular procedimientos clínicos y favorecer la comprensión de procesos patológicos contribuye a una mayor participación, motivación y retención del conocimiento

entre las nuevas generaciones de estudiantes (Batoool et al., 2024).

Desde una perspectiva conceptual, la realidad virtual, constituye la creación de entornos digitales que visualizan escenas y objetos generados por tecnologías informáticas que ofrecen apariencia fotorrealista e inducen al usuario a una sensación de inmersión. Este tipo de entornos se caracteriza por ser espacios tridimensionales basados en internet que permiten el acceso simultáneo de múltiples usuarios a través de avatares, representaciones digitales que expresan la identidad del usuario, y que emplean equipos computacionales o materiales audiovisuales previamente capturados para reproducir ambientes semejantes a los reales (Nuñeza et al., 2024; Bokyoung et al., 2021; Gelmini et al., 2021).

En cuanto a los mundos virtuales aplicados a las ciencias de la salud, Second Life (SL) fue lanzado en 2003 por Linden Research, Inc. como uno de los primeros entornos inmersivos en tres dimensiones accesibles vía internet (Lorenzo et al., 2019). Esta plataforma ha sido utilizada como herramienta formativa y social para crear entornos en lo que las personas pueden obtener información, interactuar, comunicarse y desarrollar actividades pedagógicas (Ghaempanah et al., 2024). Es considerado uno de los mundos virtuales más utilizados por profesionales de la salud y educadores, con un amplio espacio que posibilita actividades lúdicas, culturales, sociales y educativas (Lorenzo et al., 2018).

En este sentido, la convergencia entre tecnologías emergentes y entornos virtuales abre nuevas oportunidades para las carreras de ciencias de la salud, facilitando la capacitación y mejorando la atención clínica. Además, estos entornos han demostrado utilidad tanto en actividades sincrónicas como asincrónicas en la enseñanza de radiología (Pérez y Sendra, 2023). Durante la primera década del siglo XXI, SL experimentó un crecimiento rápido en su base de usuarios, alcanzando cifras cercanas al millón de participantes, siendo utilizada por numerosas universidades y centros educativos como el primer espacio de experimentación en realidad virtual (Rospigliosi, 2022; Sendra et al., 2024).

Entre las principales ventajas de estos entornos se encuentra el acceso remoto, la sensación de presencialidad, su accesibilidad, y, en muchos casos, la gratuidad de uso para los estudiantes. Se considera que SL representa un entorno formativo atractivo e interactivo, facilitando el aprendizaje colaborativo y la interacción entre estudiantes y docentes de distintas regiones, lo cual fomenta el desarrollo de competencias interprofesionales y habilidades prácticas en escenarios virtuales similares a la realidad (Liam et al., 2018; Pérez y Sendra, 2023).

Entre las principales limitaciones se encuentran las de carácter técnico y económico, que también constituyen un desafío para la adopción de estos entornos. Ejemplo de ello, es que el mantenimiento y expansión de espacios virtuales privados en SL puede implicar costos asociados a servicios y recursos virtuales, lo que requiere financiamiento externo y planificación de eventos que garanticen su sostenibilidad institucional. Aunque existen plataformas gratuitas como Open Simulator, estas suelen estar menos desarrolladas para su uso educativo avanzado (Lorenzo et al., 2018).

Adicionalmente, el acceso al metaverso y la participación en experiencias educativas inmersivas requieren infraestructura tecnológica adecuada y conectividad estable, lo cual constituye una barrera para algunos grupos de estudiantes. A nivel mundial, aunque la mayoría de jóvenes entre 15 y 24 años utilizan Internet -alrededor de 79 % según datos de la International Telecommunication Union- persisten brechas significativas de acceso digital entre países y regiones, lo que repercute en las oportunidades formativas basadas en entornos virtuales (ITU, 2024).

En los entornos virtuales del metaverso, estudiantes de medicina, ingeniería biomédica, radiología y áreas afines interactúan mediante avatares en actividades formativas centradas en

habilidades interpretativas y no interpretativas. Plataformas como League of Rays (LOR) y The Medical Master Island reproducen espacios universitarios con aulas y auditorios virtuales. En radiología, estas experiencias inmersivas fortalecen la identificación anatómica y la diferenciación entre imágenes normales y patológicas mediante aprendizaje basado en casos, trabajo colaborativo, modelado 3D y simulación clínica, potenciando así el razonamiento diagnóstico (Rudolphi et al., 2024; Lorenzo et al., 2019).

En el ámbito de las ciencias de la salud destacan The Medical Master Island, desarrollada en Second Life, y Spatial I.O., que permite crear entornos interactivos accesibles desde dispositivos móviles o computadoras, facilitando la colaboración y la generación de contenidos educativos (Martí et al., 2023). Otras opciones son Frame VR, orientada a presentaciones multimedia, e Inmersion VR, que promueve la videoconferencia y el trabajo colaborativo.

El acceso a estos espacios requiere un avatar, por medio del cual los usuarios se comunican mediante chat de voz, texto o notas, participando en conferencias, debates y discusiones grupales. La interacción con objetos tridimensionales-imágenes, videos, páginas web o presentaciones- genera experiencias realistas y fortalece competencias comunicativas y sociales en comunidades digitales (Tobilla, 2023; Rudolphi et al., 2024).

Si bien los dispositivos de realidad aumentada o virtual intensifican la inmersión, también presentan limitaciones: alto costo, fatiga ocular o molestias físicas y riesgos de privacidad, suplantación o ciberacoso. Además, la implementación del metaverso exige competencias digitales docentes avanzadas para evitar despersonalización pedagógica, junto con sistemas sólidos de protección de datos y mantenimiento tecnológico (Bernardes et al., 2024).

A pesar de estos desafíos, el metaverso ofrece beneficios para el sector educativo ya que permite a los estudiantes de todo el mundo tener acceso a los mejores materiales educativos desde cualquier lugar. De esta manera, facilita la provisión de educación estandarizada y de alta calidad a todos los estudiantes independientemente de donde se encuentran o el momento de su acceso (Ghaempanah et al., 2024). Asimismo, facilita la adquisición de habilidades clínicas y el desarrollo de competencias interprofesionales y permite mejorar la colaboración y comunicación en trabajos grupales (Liam et al., 2018). Su potencial también se proyecta hacia el ámbito asistencial, donde podría facilitar teleatención avanzada o la participación remota de especialistas en procedimientos clínicos. Estas tecnologías, no obstante, deben ser entendidas como complementos a la formación presencial y supervisada, especialmente en escenarios de práctica clínica o quirúrgica.

Además, el metaverso integra recursos como la realidad aumentada para el aprendizaje anatómico y simulaciones hiperrealistas en contextos quirúrgicos -por ejemplo, en procedimientos como el reemplazo de cadera- que contribuyen a mejorar la curva de aprendizaje en distintos escenarios educativos, desde el aula hasta el quirófano. Estas tecnologías permiten la estimulación sensorial y la biorretroalimentación, al tiempo que posibilitan la participación de avatares ubicados en cualquier parte del mundo sin necesidad de presencia física en un campus.

No obstante, el metaverso presenta retos operativos importantes, como dificultades de navegación, problemas de comunicación por audio o chat, y confusión inicial en la identificación de avatares, especialmente entre usuarios novatos (Liam et al., 2018). A pesar de ello, su carácter interactivo actúa como un estímulo pedagógico que fortalece actividades teóricas habitualmente percibidas como monótonas, incrementando la asistencia y participación mediante dinámicas grupales. El trabajo colaborativo promueve el sentido de pertenencia, la definición compartida de metas y la consecución de objetivos formativos, además de potenciar habilidades sociales y la capacidad de

abordar problemas desde diversas perspectivas (Aguado y Sendra, 2022). Como complemento a la enseñanza teórica y práctica presencial, el metaverso favorece el rendimiento académico y mejora la comprensión y retención del contenido a largo plazo (Awan et al., 2019).

Desde una perspectiva práctica, también se han registrado limitaciones como los altos costos para su implementación, fallos de conectividad o de hardware, problemas de seguridad informática y riesgos físicos, tales como náuseas, mareos o fatiga ocular asociados al uso prolongado de dispositivos de inmersión (Bokyoung et al., 2021). A pesar de estos desafíos, el metaverso se caracteriza por ofrecer nuevos espacios de comunicación social que permiten mantener la interacción incluso durante situaciones de interrupción educativa, como cierres de escuelas.

De igual forma, proporciona un alto grado de libertad para que los estudiantes pasen de consumidores a creadores de contenido, potenciando su autonomía; sin embargo, esta misma libertad expone a los usuarios a posibles delitos informáticos y limita la capacidad de los administradores para prever todas las acciones dentro del entorno virtual. Su alto nivel de inmersión favorece la motivación y el interés de los estudiantes ya que ofrece experiencias que trascienden el tiempo y el espacio, aunque ello implica desafíos en términos de privacidad y manejo de datos personales (Bokyoung et al., 2021).

En este contexto, el presente estudio tiene como propósito analizar el impacto del metaverso como herramienta educativa en la formación de estudiantes de radiología, a través de una revisión narrativa durante el periodo 2019-2024, evaluando su efectividad en el desarrollo de habilidades prácticas, teóricas e interpersonales, así como su potencial para transformar los métodos de enseñanza tradicionales en el ámbito de las ciencias de la salud.

MÉTODO

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, dado que su propósito fue comprender, sintetizar e interpretar la evidencia disponible sobre el uso del metaverso como herramienta educativa en la formación de estudiantes de radiología. Se adoptó un diseño de revisión narrativa de literatura, adecuado para analizar temáticas emergentes y explorar sus implicaciones desde una perspectiva amplia y contextual. La elección de este diseño se fundamenta en la naturaleza exploratoria del tema y en la necesidad de reunir y reflexionar críticamente sobre el conjunto de conocimientos disponibles entre 2019 y 2024, periodo en el que la producción científica sobre metaverso y educación en salud ha mostrado un crecimiento notable.

La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo en bases de datos académicas reconocidas por su especialización en ciencias de la salud, educación médica y tecnologías innovadoras. Las bases de datos consultadas fueron PubMed, Scopus, Google Académico, ERIC y SciELO, seleccionadas por su cobertura temática y por la disponibilidad de artículos con rigor metodológico. Se diseñó una estrategia de búsqueda sistemática e inclusiva que incorporó palabras clave y descriptores en inglés y español, entre ellos: metaverse, education, health, medical education y radiology. Estas palabras se combinaron mediante operadores booleanos (AND, OR, NOT) con el fin de optimizar la sensibilidad y especificidad de la búsqueda. Además, se aplicaron filtros idiomáticos, limitando la selección a publicaciones en inglés y español, así como a documentos publicados entre 2019 y 2024. Criterios de inclusión y exclusión:

Los criterios de inclusión contemplaron estudios que abordaran explícitamente el uso del metaverso en la educación, con énfasis en ciencias de la salud y especialmente en radiología. Se

consideraron artículos originales, revisiones sistemáticas y revisiones narrativas que describieran el diseño, implementación y aplicación del metaverso en contextos educativos, siempre que presentaran información suficiente sobre el software utilizado y sus características funcionales. Por el contrario, se excluyeron artículos escritos en otros idiomas, estudios que no guardaran relación directa con la educación en radiología y documentos incompletos, tales como resúmenes o actas de congresos sin resultados desarrollados.

El proceso de selección de los artículos se realizó en dos fases. En la primera, se evaluaron los títulos y resúmenes de las publicaciones identificadas, descartando aquellos que no respondían a los criterios establecidos. En la segunda fase, se revisaron los textos completos de los estudios preliminarmente seleccionados para verificar su pertinencia y garantizar que cumplieran con los requisitos metodológicos y temáticos, se filtraron inicialmente por el título y resumen, se revisaron los textos completos, finalmente, se incluyeron 15 estudios que ofrecieron información relevante y suficiente para el análisis detallado.

Por último, para el procesamiento de la información, se recopilaban variables relacionadas con las características generales de los estudios, incluyendo año de publicación, país de realización y tipo de diseño metodológico, población estudiada, resultados y conclusiones (Ver Tabla 1). Esta información permitió organizar los hallazgos y comprender el contexto en el que las tecnologías inmersivas se están incorporando a la enseñanza en ciencias de la salud.

RESULTADOS

Tras la búsqueda bibliográfica y considerando los criterios de inclusión establecidos en la metodología, se revisaron 44 artículos científicos, incluyendo revisiones sistemáticas, narrativas y cartas al editor, publicados en español, inglés y portugués. De este total, 15 estudios fueron seleccionados para su análisis detallado debido a su pertinencia temática, claridad metodológica y relevancia para la formación en radiología. La revisión evidenció que la mayoría de los trabajos se publicaron entre 2022 y 2024, lo que confirma que el uso del metaverso en educación en ciencias de la salud constituye un campo emergente y en expansión.

En cuanto a las características generales, la publicación más antigua databa del año 2016, mientras que la más reciente correspondía a 2024. En relación al tipo de estudio y su finalidad, el 26% (cuatro estudios) correspondía a revisiones sistemáticas, mientras que el 74% (11 estudios) eran investigaciones cuasi-experimentales. Las muestras abarcaban diversas poblaciones, aunque mayoritariamente se incluyó a estudiantes de ciencias de la salud.

La distribución geográfica de los estudios mostró una mayor representación en España, con seis investigaciones (40%). En Brasil dos (12%), en Corea dos (12%), y uno (7%) en Francia, Alemania, Estados Unidos, Turquía e Inglaterra, respectivamente. Este análisis destaca a España como el país más representativo en el uso del metaverso dentro de las aulas universitarias.

Las áreas y procedimientos radiológicos evaluados, los estudios abordaron el aprendizaje de técnicas de adquisición de rayos X, tomografía computarizada, resonancia magnética, ultrasonido e intervencionismo guiado por imagen. Los resultados coincidieron en que el metaverso favorece el desarrollo de habilidades interpretativas al permitir que los estudiantes describan patologías, analicen imágenes clínicas y expliquen casos mediante recursos digitales como modelos 3D, videos, simulaciones y presentaciones multimedia. Las competencias prácticas también se fortalecieron, pues la exposición a entornos inmersivos y simulados permitió que los estudiantes practicasen

procedimientos antes de realizarlos en escenarios clínicos reales, disminuyendo errores y aumentando la autoconfianza. La Tabla 1 presenta una síntesis de los 15 estudios analizados.

Tabla 1. Estudios seleccionados sobre el uso del metaverso en educación en radiología y ciencias de la salud

Autor	Titulo	Objetivo	Muestra	Resultados	Conclusiones
Perez, A y Sendra, F. 2023	La evaluación clínica objetiva estructurada (ECOE): aspectos principales y papel de la radiología	Definir el modelo ECOE y explicar la importancia que tiene la implementación de estaciones radiológicas en esta prueba.	23 estudiantes de medicina	La inclusión del ECOE en lo estudiantes de pregrado y posgrado refuerza la formación de los futuros profesionales de la salud. La aceptación de los estudiantes sobre la plataforma ha sido valorada positivamente ya que permite mejorar las habilidades prácticas en el contexto clínico.	ECOE es un modelo de evaluación estructurado, uniforme, sistemático, objetivo y estandarizado. Su implementación en pregrado está aumentado dada la eficacia demostrada al evaluar diferentes competencias y habilidades del estudiante.
Sendra, F. y Ruiz, M. 2024	El metaverso de Second Life y su utilidad en la medicina La educación después de un cuarto de siglo	Analizar cómo es la educación médica en el metaverso a través de la plataforma Second Life	30 estudiantes de medicina que participaron en aulas virtuales y en entornos al aire libre	Los estudiantes mejoraron sus conocimientos en radiología demostrando que el metaverso es una herramienta educativa efectiva. Los estudiantes valoraron que es una forma de realizar aprendizaje colaborativo e interactuar con sus compañeros	La implementación de entornos virtuales en Second life ofrece beneficios significativos para los estudiantes de medicina, especialmente en el área de radiología. Ya que experimentaron una adquisición de habilidades interpretativas de imágenes radiológicas.
Lorenzo al. 2018	Posibilidades del entorno virtual tridimensional Second Life® para la	Reconocer los recursos técnicos y las posibilidades	809 estudiantes	Los resultados mostraron que los estudiantes valoraron positivamente el espacio de Second Life en aspectos como organización, calidad de	Los estudiantes encontraron interesante y atractiva las experiencias en Second Life. Hubo algunas limitaciones como el costo del hardware , conectividad que dificultaron el

	formación en radiología	educativas que ofrece Second Life en la formación de estudiantes de radiología		contenidos y en la formación que brinda.	uso adecuado del metaverso.
Manjón, F. 2015	Creación, desarrollo y evaluación de un entorno inmersivo desatendido para el aprendizaje de radiología basado en juegos 3D.	Desarrollar un metodo didáctico basado en juegos 3D para el aprendizaje de radiología en un entorno inmersivo	5 estudiantes de medicina	Los estudiantes experimentaron un aprendizaje autónomo y que realizaron evaluaciones automáticas efectivas. Participaron activamente y expresaron que la metodología es muy interesante.	La educación en el metaverso permite un aprendizaje autónomo y colaborativo ya que los estudiantes pueden resolver casos clínicos sin necesidad de la supervisión docente. Mejora el proceso de enseñanza aprendizaje- permitiendo un mejor alcance en la educación radiológica
Skalidis et al. 2023	Aplicación de simulación de resonancia magnética cardíaca basada en el Metaverso para superar la claustrofobia: un ensayo preliminar	Explorar el uso del metaverso en resonancia magnética en pacientes que sufren de claustrofobia	3 pacientes con problemas cardiacos y ansiedad	Los pacientes mencionaron tener una reducción de la ansiedad antes de ingresar al estudio de resonancia magnética, lo cual fue valorable durante el tiempo de escaneo.	Las simulaciones basadas en el metaverso ayudan a superar con éxito la claustrofobia. Permite simular procedimientos radiológicos, aliviar los temores de los pacientes y mejorar la calidad de atención

		de viabilidad					
Pinheiro et al. 2024	et	Metaverse oral maxillofacial radiology: Where do they meet?	and	Destacar posibles aplicaciones, como una herramienta complementaria para el aula, en la experiencia académica de radiología oral y maxilofacial	No se reportó	Mejora el diagnóstico mediante imágenes tridimensionales. Facilita la planificación colaborativa de tratamientos entre especialistas de todo el mundo Permite la visualización en tiempo real de procedimientos dentales complejos.	El metaverso y sus posibles aplicaciones relacionados a la enseñanza aprendizaje se posicionan como tema innovador. Son herramientas educativas innovadoras potenciadas por la tecnología de la realidad aumentada muy útil para estudiantes de ciencias de la salud.
Koo, huilyung. 2021		Entrenamiento en cirugía de cáncer de pulmón a través del metaverso, incluyendo realidad extendida, en el quirófano inteligente de Hospital Bundang		Presentar un curso de formación en el metaverso realizado en Corea y describir las expectativas sobre el uso futuro de esta tecnología en el	no refiere el número	Los participantes del programa de formación quirúrgica en el metaverso experimentaron una visualización más detallada y realista de las cirugías en comparación con la observación en un quirófano físico. Los participantes pueden configurar avatares e interactuar en un aula virtual, donde se llevaron a cabo conferencias y debates en tiempo real	El uso del metaverso y de quirófanos inteligentes en la educación médica muestra un gran potencial para transformar la formación de los profesionales de la salud, especialmente en la enseñanza de técnicas quirúrgicas complejas. La inmersión y el realismo ofrecidos por las herramientas XR (realidad extendida) permiten una experiencia de aprendizaje significativa.

	de la Universidad Nacional de Seúl, Corea	ámbito médico		sobre técnicas de cirugía de cáncer de pulmón	
Gelmini et al. 2021	La realidad virtual en la educación radiológica intervencionista: una revisión sistemática	Comparar la simulación en realidad virtual con otros métodos de enseñanza radiológica intervencionista	la Cirujanos de vasculares, radiólogos intervencionista, residentes de cirugía general, estudiantes residentes de cardiología y un becario de radiología	El metaverso mejora significativamente el aprendizaje de los estudiantes de radiología intervencionista. La realidad virtual resultó beneficiosa como complemento a las clases tradicionales.	La realidad virtual es eficaz para la enseñanza en los estudiantes de radiología intervencionista y acortando la curva de aprendizaje. Ofrece múltiples beneficios y puede complementar los métodos de enseñanza tradicionales.
Kreiser et al. 2018	Simulation in Angiography – Experiences from 5 Years Teaching, Training, and Research	Demostrar la eficiencia de simuladores de alta tecnología influyen en la enseñanza y práctica de estudiantes de neuroradiología	Estudiantes de medicina, y residentes que empezaron su rotación por radiología en	El simulador es útil en estudiantes que indican su rotación por radiología: Permiten familiarizar con las técnicas que van aplicar a los pacientes. Permite replicar los procedimientos reales. Reduce la dosis de radiación y tiempo de fluoroscopia.	Los simuladores de radiología intervencionista son herramientas efectivas para la enseñanza y capacitación de médicos que inician sus prácticas hospitalarias. El uso de la realidad virtual permite un aprendizaje más realista y efectivo, lo que contribuye a mejorar la seguridad del paciente y la calidad de atención médica. Es útil para disminuir tiempos de

Cates et al. 2016	Comparación prospectiva, aleatoria y ciega del entrenamiento con simulador de realidad virtual de física completa basado en la progresión de la competencia versus la experiencia vascular invasiva para el aprendizaje de la angiografía de la arteria carótida por operadores muy experimentados	Evaluar la efectividad del entrenamiento con simulación de realidad virtual en comparación con el entrenamiento tradicional en procedimientos intervencionistas de la arteria carótida	Los cardiólogos intervencionistas experimentados entrenados en el simulador de realidad virtual obtuvieron un desempeño más significativo mostrando una tasa menor de errores intraoperatorios. El grupo entrenado en el simulador de realidad virtual realizó los procedimientos en menos tiempo y uso menor tiempo de fluoroscopia en comparación con el grupo tradicional.	intervención y complicaciones. El simulador de realidad virtual es una herramienta eficaz y segura para entrenar a profesionales capacitados en nuevos procedimientos invasivos como es el caso de la arteria carótida. El uso de la realidad virtual permite la adquisición de habilidades intervencionistas avanzadas, disminuye los errores en el procedimiento y mejora el desempeño clínico.
-------------------	--	--	---	---

Kalinkara, Y. y Ozdemir, O. 2023	Anatomía en el metaverso: Explorando la aceptación de la tecnología por parte de los estudiantes a través del modelo UTAUT2	Investigar el comportamiento de los estudiantes que practican anatomía en el	47 estudiantes de la Facultad de ciencias de la salud	Los estudiantes experimentan placer y diversión al interactuar en el metaverso. La experiencia inmersiva es útil para socializar con sus demás compañeros y mejorar sus habilidades sociales.	La adaptación al uso continuo de esta tecnología requiere más práctica y contar con conexión estable.
Qayyum, A. 2023	¿Podemos revitalizar la atención médica intervencionista con los metaversos quirúrgicos AI-XR?	Ofrecer una visión de un metaverso quirúrgico futuro seguro, robusto y posibles aplicaciones y desafíos	no menciona	El metaverso quirúrgico permite: Practicar procedimientos complejos en un sitio seguro y entretenido, simular los procedimientos lo que produce una disminución de tasas de errores en un futuro.	La implementación de metaversos quirúrgicos mejora la práctica en profesionales de ciencias de la salud. La tasa de errores disminuye al practicar previamente en el metaverso. Se requiere investigar sobre la seguridad de los datos y cuidar la integridad del paciente.
Euripides, 2024	A tecnología do metaverso Second Life como uma proposta em	Comprender como el proceso de enseñanza aprendizaje	Estudiantes de tecnología médica en radiología	La gamificación permite una mejora en la motivación para el aprendizaje de los estudiantes de pregrado.	Las experiencias en I-learning contribuyen de forma positiva en el proceso de enseñanza aprendizaje.

			immersive learning learning) processo ensino e aprendizagem curso superior de tecnologia em radiologia	mejora con el (i- aprendizaje no inmersivo en el de metaverso de Second Life no				
Pino. 2023	A.	Improving Presentation Skills Radiology Residents through Clinical Session Meetings in the Virtual World Second Life	Oral Realizar una sesión clínica en el mundo virtual de Second Life para mejorar las habilidades de presentación oral de los residentes de radiología y evaluar la percepción de los asistentes.	28 residentes de radiología	El 95.7% a 100% refiere que el metaverso es un lugar atractivo y adecuado para realizar reuniones didácticas de aprendizaje.	La formación de habilidades comunicativas puede llevarse en un mundo inmersivo, innovador y lúdico como lo es Second Life. Proporciona una percepción positiva de los residentes de radiología sobre esta actividad y propone una estructura para realizar estos encuentros.		

Zhao, L., Jianguo, S. 2022	Aplicación del metaverso de la realidad extendida en la radioterapia del cáncer: nuevas oportunidades y desafíos	Analizar cómo la realidad extendida (ER) simula el proceso real de radioterapia	no menciona	El ER permitirá al médico radiólogo planificar el área del tumor y planificar con la visión 3D que es más accesible. La comprensión del paciente al saber sobre su tratamiento será más segura y confortable en el mundo virtual de radioterapia.	La aplicación de la ER tiene como finalidad aumentar la presentación del aprendiz y disminuir el tiempo en el quirófano y ser mejor que los entornos virtuales tradicionales.
----------------------------------	--	---	-------------	--	---

El metaverso y la realidad virtual, según la Tabla 1, están transformando la educación en ciencias de la salud, especialmente en radiología. Investigaciones como las de Pérez y Sendra (2023) y Sendra y Ruiz (2024) muestran que plataformas como Second Life y entornos ECOE virtuales mejoran las habilidades interpretativas, clínicas y colaborativas de los estudiantes, permitiendo prácticas seguras en escenarios dinámicos e inmersivos.

Otros estudios, como los de Skalidis et al. (2023) y Pinheiro et al. (2024), amplían el alcance del metaverso hacia contextos clínicos, demostrando beneficios en la reducción de ansiedad en pacientes, la mejora en la planificación diagnóstica y el entrenamiento en intervenciones. Además, tecnologías inmersivas descritas por Manjón (2015) y Gelmini et al. (2021) contribuyen al aprendizaje autónomo, la práctica repetitiva, la disminución de errores y la optimización de la seguridad clínica.

No obstante, persisten desafíos vinculados al elevado costo del hardware, la necesidad de conectividad constante y la curva de adaptación tecnológica por parte de docentes y estudiantes. Aun así, la proyección futura indica que estas herramientas se consolidarán como recursos esenciales en la formación médica, promoviendo experiencias educativas más efectivas, inclusivas y colaborativas.

DISCUSIÓN

Los estudios analizados convergen en la valoración positiva del metaverso y las tecnologías inmersivas como herramientas que potencian el aprendizaje en radiología. En trabajos como los de Pérez y Sendra (2023), Sendra y Ruiz (2024) y Lorenzo et al. (2018) se observa una mejora consistente de las habilidades interpretativas y una aceptación favorable por parte de los estudiantes; estos resultados coinciden con las conclusiones del propio estudio, que reporta aumentos en la confianza y en la reducción de errores al practicar en entornos simulados. La coherencia entre múltiples estudios señala que la inmersión, la repetición segura y la exposición previa en entornos virtuales son mecanismos pedagógicos loables para favorecer la transferencia de competencias al contexto clínico real (Manjón, 2015; Gelmini et al., 2021).

La distribución geográfica y contextual de las investigaciones también merece atención crítica. La concentración de estudios en países concretos (por ejemplo, España) y la escasez de evidencia procedente de entornos con menor disponibilidad tecnológica limitan la aplicabilidad universal de las conclusiones. Las barreras de acceso, conectividad y costos -reportadas en Lorenzo et al. (2018) y reiteradas en el propio corpus- introducen un sesgo de accesibilidad: las mejoras observadas podrían depender en buena medida de la infraestructura y del soporte institucional, más que de la sola incorporación tecnológica. Esto tiene implicaciones epistémicas y éticas sobre la equidad en la formación médica global.

Desde una perspectiva teórica, los hallazgos respaldan marcos de aprendizaje situacional y constructivista: la interacción con escenarios clínicos virtuales promueve aprendizaje activo, resolución de problemas y construcción social del conocimiento (Aguado y Sendra, 2022; Eurípides, 2024). Asimismo, la evidencia sobre la reducción de errores y la aceleración de la curva de aprendizaje en procedimientos intervencionistas (Gelmini et al., 2021; Cates et al., 2016) es coherente con teorías de transferencia de entrenamiento y con modelos de simulación. No obstante, los estudios raramente explicitan mecanismos cognitivos detallados ni emplean diseños que permitan distinguir entre mejora por familiaridad con la interfaz y mejora por aprendizaje clínico genuino; de allí la necesidad de investigaciones que incorporen medidas de retención y transferencia a pacientes reales.

En términos de seguridad y ética, varios autores subrayan riesgos asociados: vulnerabilidades en privacidad de datos, suplantación de identidad (confusión de avatares) y efectos físicos como mareos o fatiga visual (Bokyung et al., 2021; Liam et al., 2018). Estos riesgos fueron constatados de manera anecdótica o como hallazgos descriptivos en la mayoría de los trabajos, lo que evidencia la carencia de evaluaciones sistemáticas sobre seguridad, protección de datos y efectos adversos a medio-largo plazo. Para la implementación responsable, los programas formativos deben incorporar protocolos de gestión de datos, evaluaciones ergonómicas y criterios de identificación y verificación de usuarios.

Es importante señalar que el estudio presenta varias limitaciones que se deben mencionar. Desde la perspectiva metodológica: predominan diseños cuasi-experimentales, muestras pequeñas y ausencia de seguimientos longitudinales, lo que restringe la capacidad para establecer efectos sostenidos y generalizar los hallazgos. La heterogeneidad entre los estudios incluidos -en diseño, población, objetivos y métricas- dificulta comparaciones directas y limita la posibilidad de realizar síntesis cuantitativas más sólidas. La selección final de 15 estudios entre 44 identificados puede introducir sesgos de publicación o de selección si no se detalla con transparencia el proceso de exclusión.

Además, la revisión se limitó a artículos en inglés y español, lo que podría generar sesgo lingüístico. Tampoco se aplicaron herramientas estandarizadas para evaluar el riesgo de sesgo o la calidad metodológica, lo que afecta la consistencia de las conclusiones. Finalmente, la rápida evolución de las tecnologías inmersivas implica que parte de la literatura puede quedar obsoleta rápidamente, por lo que los resultados deben interpretarse como una aproximación al estado actual del campo.

En términos de implicaciones prácticas, la evidencia sugiere que el metaverso puede integrarse eficazmente como complemento del currículo de radiología para actividades de práctica segura, entrenamiento en habilidades interpretativas y simulaciones interprofesionales. No obstante, para su adopción curricular sostenible se recomienda priorizar la formación docente en competencias digitales, planificar inversiones costo-efectivas y diseñar experiencias que combinen metaverso y práctica clínica supervisada, garantizando así que la virtualidad complemente y no reemplace la formación presencial necesaria para competencias procedimentales.

Finalmente, la síntesis crítica de los estudios sugiere que, aunque las tecnologías inmersivas muestran un potencial claro para transformar la enseñanza en radiología, su consolidación requiere evidencia metodológicamente más rigurosa, criterios estandarizados de evaluación y políticas institucionales que mitiguen brechas de acceso y garanticen seguridad.

CONCLUSIONES

El metaverso se proyecta como una plataforma disruptiva con un impacto significativo en la educación médica y los sistemas de atención en salud. Su capacidad para integrar experiencias inmersivas permite ofrecer oportunidades de aprendizaje únicas, innovadoras y colaborativas que superan las limitaciones tradicionales de espacio y tiempo. Los hallazgos de esta revisión destacan que el uso del metaverso fortalece las competencias clínicas, mejora las habilidades interpretativas y prácticas, y fomenta la colaboración global entre estudiantes y profesionales, aumentando así la confianza y la eficiencia en el desempeño.

A medida que los conjuntos de datos crecen y la tecnología evoluciona, será necesario invertir en infraestructura tecnológica avanzada y accesible, como sistemas locales con capacidades robustas o servicios basados en la nube. Esto permitirá maximizar el potencial del metaverso en contextos educativos y clínicos, al tiempo que se abordan retos como los costos, la privacidad de los datos y la seguridad informática.

En conclusión, el metaverso se posiciona como una herramienta clave para la formación radiológica, al ofrecer simulaciones avanzadas que fortalecen el aprendizaje, el pensamiento crítico y la seguridad clínica. Su integración en entornos asistenciales también favorece la participación informada de los pacientes, disminuyendo la ansiedad y mejorando la comprensión de sus tratamientos. En suma, el metaverso trasciende lo tecnológico y se proyecta como un pilar del futuro educativo y médico. Para maximizar su impacto, las investigaciones futuras deben orientarse a ampliar su accesibilidad, reducir costos y garantizar entornos seguros para los usuarios.

REFERENCIAS

- Acosta, S., y López, D. (2024). Enhancing radiography education through immersive virtual reality. *Radiology*, 30, 42-50. [https://pdf.sciencedirectassets.com/272334/1-s2.0-S1078817424X00097/1-s2.0-S1078817424002712/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEPX%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2FwEaCXVzLWVhc3QtMSJGMEQCIFBquZizXLKwjgKYgRpaKwQonjsWRU530If%2BiDabtW9cAiAzfGS%2FUAYs](https://pdf.sciencedirectassets.com/272334/1-s2.0-S1078817424X00097/1-s2.0-S1078817424002712/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEPX%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2FwEaCXVzLWVhc3QtMSJGMEQCIFBquZizXLKwjgKYgRpaKwQonjsWRU530If%2BiDabtW9cAiAzfGS%2FUAYs)
- Aguado, P., y Sendra, F. (2022). Gamificación: conceptos básicos y aplicaciones en radiología. *Radiología*, 65(2), 122-132. <https://www.elsevier.es/es-revista-radiologia-119-articulo-gamificacion-conceptos-basicos-aplicaciones-radiologia-S0033833822002284?newsletter=true>
- Ahuja, A., Polascik, B., Doddapaneni, D., Byrnes, E., y Sridhar, J. (2023). The Digital Metaverse: Applications in Artificial Intelligence, Medical Education, and Integrative Health. *Integrative Medicine Research*, 12(1), 1-4. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9860100/>
- Awan, O., Dey, C., Salts, H., Brian, J., Fotos, J., Royston, E., Braileanu, M., Ghobadi, E., Powell, J., Chung, C., & Auffermann, W. (2019). Making Learning Fun: Gaming in Radiology Education. *Academic Radiology*, 26(8), 1127-1136. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31005406/>
- Batool, S., Adnan, U., O Lewis, K., & Sadia, S. (2024). Metaverse-powered basic sciences medical education: bridging the gaps for lower middle-income countries. *Annals of medicine*, 56(1), 1-13. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11132556/#CIT0013>
- Bokyoung, K., Nara, H., Eunji, K., Parque, Y., & Soyoung, J. (2021). Educational applications of metaverse: possibilities and limitations. *Journal of Educational Evaluation for Health Professions*, 18(32), 1-13. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34897242/>
- Cates, C., Loon, L., Gallagher, A. 2016. Comparación prospectiva, aleatoria y ciega del entrenamiento con simulador de realidad virtual de física completa basado en la progresión de la competencia versus la experiencia vascular invasiva para el aprendizaje de la angiografía de la arteria carótida por operadores muy experimentados. *BMJ Simulation & Technology Enhanced Learning*. 2; 1-5. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35516451/>
- Euripedes, A., Luiz. (2024). Second Life metaverse technology as a proposal in immersive learning (i-learning) in the teaching and learning process in radiology technology undergraduate *Revista BST*. 1-4. <https://revistabst.com.br/wp-content/uploads/2024/02/01.pdf>
- Gelmini, Y., Duarte, M., Moreira, A., Bueno, J., & Carnevale, F. (2021). La realidad virtual en la educación en radiología intervencionista: una revisión sistemática. *Radiología Brasileira*, 54(4), 254-260. <https://www.scielo.br/j/rb/a/jwyvPLw3Mj96BCktd8nBxBq/?format=pdf&lang=en>
- Ghaempanah, F., Hossein, R., Hasanabadi, P., Moasses, B., Noroozpoor, R., Darya, H., y Moodi, A.

- (2024). Metaverse and its impact on medical education and health care system: A narrative review. *Health science reports*, 7(9), 1-9. <https://doi.org/10.1002/hsr2.70100>
- International Telecommunication Union (ITU). (2024). Measuring digital development: Youth Internet use 2024. Recuperado de <https://www.itu.int/itu-d/reports/statistics/2024/11/10/ff24-youth-internet-use>
- Kalinkara, Y. y Ozdemir, O. (2023). Anatomy in the metaverse: Exploring student technology acceptance through the UTAUT2 model. *Anatomical Sciences Educations*, 17: 319-336. <https://doi.org/10.1002/ase.2353>
- Kreiser, K., Gehling, K., Zimmer, C. 2018. Simulation in Angiography – Experiences from 5 Years Teaching, Training, and Research. *Fortschr Röntgenstr*, 191: 547-552. <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/pdf/10.1055/a-0759-2248.pdf>
- Lauro, B., Aronoff, E., Guilundho, C., Shooley, R., Patel, S., Noormahomed, E., & Mocumbi, A. (2019). Closing the Gaps on Medical Education in Low-Income Countries Through Information & Communication Technologies: The Mozambique Experience. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 16(4), 12159-12165. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37448758/>
- Liam, S., Carpio, G., Lau, Y., Chee, S., Shiong, W., & Sun, P. (2018). Multiuser virtual worlds in healthcare education: A systematic review. *Nurse Education Today*, 65, 136-149. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2018.01.006>
- Lorenzo, R., Pavía, J., y Sendra, F. (2018). Posibilidades del entorno virtual tridimensional Second Life para la formación en radiología. *Radiología*, 60(4), 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.rx.2018.02.006>
- Lorenzo, R., Rudolhi, T., Ruiz, M., y Sendra, F. (2019). Anatomical Sciences Education. Game-Based Learning in Virtual Worlds: A Multiuser Online Game for Medical Undergraduate Radiology Education within Second Life, 1-16. <https://anatomypubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ase.1927>
- Manjón, F. (2015). Creación, desarrollo y evaluación de un entorno inmersivo desatendido para el aprendizaje de radiología basado en juegos 3D. <https://core.ac.uk/download/pdf/80526951.pdf>
- Martí, A., Muñoz, A., Gracia, L., y Solanes, E. (2023). Using WebXR Metaverse Platforms to Create Touristic Services and Cultural Promotion. *Applied Sciences*, 13(14). <https://doi.org/10.3390/app13148544>.
- Matwala, K., Shakir, T., Bran, C., y Chand, M. (2023). The surgical metaverse. *Cirugía Española*, 102(S1), 61-65. <https://www.elsevier.es/en-revista-cirugia-espanola-english-edition--436-pdf-S2173507723002296>
- Nuñeza, J., Krynskia, L., y Oteroa, P. (2024). The metaverse in the world of health: The present future. Challenges and opportunities. *Archivos Argentivos de Pediatría*, 122(1), 1-5. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37171469/>
- Pérez, A., y Sendra, F. (2023). La evaluación clínica objetiva estructurada (ECO-E): aspectos principales y papel de la radiología. *Radiología*, 65, 55-65. <https://www.elsevier.es/es-revista-radiologia-119-pdf-S0033833822002260>
- Pino, A., Domínguez, D., Lorenzoi, R., Pavia, j., Ruiz, M., Sendra, F. (2023). Improving Oral Presentation Skills for Radiology Residents through Clinical Session Meetings in the Virtual World Second Life. *Environmental Research and Public Health*, 20(6). 4738. <https://doi.org/10.3390/ijerph20064738>
- Qayyum, A., Bilal, M., Hadi, M., Capik, P., Caputo, M., Vohra, A., Qadir, J. 2023. Can We Revitalize Interventional Healthcare with AI-XR Surgical Metaverses?. *Computer Science*. <https://arxiv.org/pdf/2304.00007>
- Radianti, J., Majchrzak, T., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 1-29. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131519303276?via%3Dihub>
- Rospigliosi, P. (2022). Metaverse or Simulacra? Roblox, Minecraft, Meta and the turn to virtual reality for education, socialisation and work. *Interactive Learning Environments*, 30(1), 1-3.

<https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2022899>

- Rudolphi, T., Lorenzo, R., Domínguez, D., Ruiz, M., y Sendra, F. (2024). An Interuniversity Competition for Medical Students to Learn Radiology in Second Life Metaverse. *American College of Radiology*, 21(5), 812-821. <https://pdf.sciencedirectassets.com/273076/1-s2.0-S1546144024X00058/1-s2.0-S1546144023008426/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEA8aCXVzLVVhc3QtMSJGMEQCIA9BIc8QfyC%2BOCnOel8yM7mCF1yRLRRHbx6gj38cpvnbAiBdVMJC92KwdBxbBEEewwOsAcwExzoDfUXGRF5K8cb6sS>
- Sendra, F., Lorenzo, R., Rudolphi, T., y Ruiz, M. (2024). The Second Life Metaverse and Its Usefulness in Medical Education After a Quarter of a Century. *Journal of Medical Internet Research*, 6(26). <https://doi.org/10.2196/59005>
- Silva, T., Andrade, M., Freitas, D., Oliveira, C., y Takeshita, W. (2024). Metaverse and oral and maxillofacial radiology: Where do they meet? *European Journal Radiology*, 170, 1-2. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38101195/>
- Skalidis, I., Arangalage, D., Kachrimanidis, I., Antiochos, P., Tsioufis, K., Fournier, S., Skalidis, E., Olivotto, I., & Maurizi, N. (2024). Metaverse-based cardiac magnetic resonance imaging simulation application for overcoming claustrophobia: a preliminary feasibility trial. *Future Cardiology*, 20(4), 191-195. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38699964/>
- Sociedad Europea de Radiología. (2019). ESR statement on new approaches to undergraduate teaching in Radiology. *Insights Imaging*, 10(109), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s13244-019-0804-9>
- Tang, Y., Liang, H., Yang, X., Xue, X., y Zhan, J. (2024). The metaverse in nuclear medicine: transformative applications, challenges, and future directions. *Frontiers in Medicine*, 11, 1-7. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39371341/>
- Tobilla, V. (2023). Aprendizaje situado en mundos virtuales, una experiencia de participación a través de juegos de roles de juegos de rol. *Journal of Roleplaying Studies and STEAM*, 2(2); 52-78. <https://digitalcommons.njit.edu/jrpssteam/vol2/iss2/1>
- Zhang, X., Chen, Y., Hu, L., y Wang, Y. (2022). The metaverse in education: Definition, framework, features, potential applications, challenges, and future research topics. *Frontiers in Psychology*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9595278/pdf/fpsyg-13-1016300.pdf>
- Zhao, L., Sun, J. (2022). Extended reality metaverse application in cancer radiotherapy: New opportunities and challenges. *Digital Medicine*, 8, 24, https://journals.lww.com/dm/fulltext/2022/08010/extended_reality_metaverse_application_in_cancer.24.aspx