

Metaverso educativo multimodal 4.0 para la enseñanza de bioseguridad basada en enfoque

Una Salud

Multimodal Educational Metaverse 4.0 for Teaching Biosafety Based on the One Health

Approach

Dalila Chacón Bonet¹

Luis Aníbal Alonso Betancourt²

Luis Téllez Lazo³

Resumen

La transformación digital de la educación médica y la creciente complejidad de los problemas sanitarios globales demandan nuevas estrategias formativas que integren enfoques interdisciplinarios como Una Salud y tecnologías emergentes. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo diseñar un metaverso educativo multimodal 4.0 para la enseñanza de la bioseguridad en estudiantes de quinto año de Medicina. Se desarrolló una investigación con diseño pre-experimental de corte transversal en una muestra aleatoria simple de 100 estudiantes, equivalente al 15% de la población. Se emplearon métodos teóricos, empíricos y estadísticos, incluyendo prueba pedagógica antes y después de la intervención, encuestas y observación. Los resultados evidenciaron un incremento significativo en el nivel de conocimientos, habilidades prácticas y comprensión del enfoque Una Salud, con diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), así como una alta aceptación del entorno inmersivo. El análisis de redes de co-

¹ Doctora en Medicina. Profesora Auxiliar. Universidad de Ciencias Médicas de Holguín. Cuba. E-mail: dalilahlg@infomed.sld.cu ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4634-7195>

² Doctor en Ciencias Pedagógicas. Profesor e Investigador Titular. Universidad Holguín, Cuba. E-mail: lalonsob@uho.edu.cu ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0989-746X>

³ Doctor en Ciencias Pedagógicas. Profesor e Investigador Titular. Universidad de Las Tunas. Cuba. E-mail: ltlazo2013@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6712-8269>



Fecha de recepción: 20/4/2026

Fecha de aceptación: 29/5/2026

Creative Commons Atribución 4.0

ocurrencia y densidad temática permitió identificar la centralidad del metaverso, la bioseguridad y la educación médica, así como vacíos en la integración sistémica del enfoque Una Salud. Se discute cómo la convergencia entre multimodalidad, inteligencia artificial y simulación favorece el aprendizaje experiencial y la toma de decisiones en escenarios complejos. Se concluye que el metaverso educativo multimodal 4.0 constituye una herramienta innovadora y efectiva que transforma la enseñanza de la bioseguridad, fortaleciendo la formación integral del estudiante de Medicina y respondiendo a las demandas contemporáneas de la educación superior en salud.

Palabras clave: Metaverso, multimodal, bioseguridad, medicina, inteligencia artificial.

ABSTRACT

The digital transformation of medical education and the increasing complexity of global health challenges require innovative training strategies that integrate interdisciplinary approaches such as One Health and emerging technologies. In this context, this study aimed to design a multimodal educational metaverse 4.0 for teaching biosafety to fifth-year medical students. A pre-experimental cross-sectional study was conducted with a simple random sample of 100 students, representing 15% of the population. The research employed theoretical, empirical, and statistical methods, including pre- and post-intervention tests, surveys, and observation. The results showed a significant improvement in knowledge, practical skills, and understanding of the One Health approach, with statistically significant differences ($p < 0.05$), along with high acceptance of the immersive environment. Co-occurrence network and thematic density analyses revealed the central role of the metaverse, biosafety, and medical education, as well as gaps in the systemic integration of the One Health approach. The discussion highlights how the convergence of multimodality, artificial intelligence, and simulation enhances experiential learning and decision-making in complex scenarios. It is concluded that the multimodal

educational metaverse 4.0 is an innovative and effective tool that transforms biosafety education, strengthening comprehensive medical training and addressing contemporary demands in higher health education.

Keywords: Metaverse, Multimodal, Biosafety, Medicine, Artificial Intelligence.

Introducción

En el contexto contemporáneo, caracterizado por la convergencia entre transformación digital, crisis sanitarias globales y desafíos ambientales complejos, emerge la necesidad de replantear los modelos educativos tradicionales hacia enfoques más integradores, inmersivos e interdisciplinarios. En este escenario, el concepto de metaverso educativo multimodal 4.0 se posiciona como una innovación disruptiva capaz de transformar los procesos de enseñanza-aprendizaje, particularmente en áreas críticas como la bioseguridad, donde la formación requiere no solo conocimiento teórico, sino también habilidades prácticas, toma de decisiones y pensamiento sistémico.

El metaverso, entendido como un ecosistema virtual persistente que integra tecnologías como la realidad virtual (VR), realidad aumentada (AR), inteligencia artificial (IA) y redes inmersivas, permite la creación de entornos tridimensionales interactivos donde los usuarios pueden participar mediante avatares, facilitando experiencias educativas altamente contextualizadas y colaborativas (Zaidi et al., 2024; Lin et al., 2022). Estas características lo convierten en una herramienta particularmente valiosa para la educación en ciencias de la salud, donde la simulación de escenarios clínicos y epidemiológicos resulta esencial para el desarrollo de competencias profesionales.

Diversos estudios han demostrado que el uso del metaverso en la educación médica favorece la adquisición de conocimientos, mejora la retención del aprendizaje y promueve la

participación activa de los estudiantes mediante experiencias inmersivas y significativas (Huang et al., 2024). Asimismo, permite integrar múltiples teorías del aprendizaje —como el constructivismo, el aprendizaje experiencial y el aprendizaje situado— en un entorno digital unificado, facilitando la conexión entre teoría y práctica (Zaidi et al., 2024).

En paralelo, el enfoque Una Salud (One Health) ha cobrado una relevancia creciente en el ámbito científico y educativo como respuesta a la interdependencia entre la salud humana, animal y ambiental. Este paradigma reconoce que problemas globales como las enfermedades zoonóticas, la resistencia antimicrobiana, la contaminación ambiental y el cambio climático no pueden abordarse de manera aislada, sino que requieren una visión sistémica e interdisciplinaria (Raphael et al., 2024). En este sentido, la bioseguridad se constituye como un componente esencial dentro del enfoque Una Salud, al integrar medidas de prevención, control y gestión de riesgos biológicos en múltiples contextos.

La educación en bioseguridad, tradicionalmente basada en métodos expositivos y prácticas limitadas, enfrenta importantes desafíos en cuanto a la formación integral de los estudiantes, especialmente en lo relacionado con la comprensión de escenarios complejos, la toma de decisiones en situaciones de riesgo y la integración de conocimientos interdisciplinarios. En este contexto, la incorporación del metaverso educativo multimodal ofrece una oportunidad sin precedentes para simular situaciones de riesgo biológico en entornos seguros, interactivos y altamente realistas, permitiendo a los estudiantes experimentar, equivocarse y aprender sin consecuencias reales.

Además, la multimodalidad en el metaverso —entendida como la integración de múltiples canales de comunicación (visual, auditivo, kinestésico e interactivo) —potencia el aprendizaje significativo al adaptarse a diferentes estilos de aprendizaje y promover la

construcción activa del conocimiento. Esta característica resulta especialmente relevante en la enseñanza de la bioseguridad, donde la comprensión de procedimientos, protocolos y comportamientos seguros requiere una aproximación práctica y contextualizada.

Por otra parte, la integración del enfoque Una Salud en los procesos educativos ha demostrado ser fundamental para el desarrollo de competencias transversales como el pensamiento crítico, la colaboración interdisciplinaria y la responsabilidad social (Abia et al., 2025; Hobusch et al., 2024). La enseñanza basada en este enfoque promueve la comprensión de las interrelaciones entre los sistemas biológicos, sociales y ambientales, preparando a los estudiantes para enfrentar desafíos complejos en el ámbito de la salud global.

En este sentido, la convergencia entre el metaverso educativo multimodal y el enfoque Una Salud representa una sinergia innovadora que puede revolucionar la enseñanza de la bioseguridad. A través de entornos virtuales inmersivos, es posible recrear escenarios como brotes epidémicos, contaminación ambiental, manejo de residuos biológicos y control de infecciones, permitiendo a los estudiantes interactuar con variables complejas y tomar decisiones en tiempo real. Este tipo de aprendizaje experiencial no solo mejora la comprensión conceptual, sino que también fortalece habilidades prácticas y actitudinales esenciales para el ejercicio profesional.

Asimismo, el metaverso facilita la colaboración global entre estudiantes, docentes y profesionales de diferentes disciplinas y contextos geográficos, promoviendo una educación verdaderamente interdisciplinaria y transnacional. Esta característica es coherente con los principios del enfoque Una Salud, que enfatiza la necesidad de cooperación entre múltiples sectores y actores para abordar problemas de salud complejos (Raphael et al., 2024).

No obstante, la implementación del metaverso en la educación presenta desafíos

significativos, entre los que se incluyen limitaciones tecnológicas, brechas de acceso, costos de infraestructura y la necesidad de formación docente especializada. En contextos de recursos limitados, como muchos países en desarrollo, estos obstáculos pueden dificultar la adopción de estas tecnologías emergentes (Zaidi et al., 2024). Sin embargo, el desarrollo de soluciones accesibles y el uso de plataformas abiertas pueden contribuir a superar estas barreras y democratizar el acceso a la educación inmersiva.

Desde una perspectiva pedagógica, es necesario diseñar modelos didácticos que integren de manera coherente los principios del metaverso, la multimodalidad y el enfoque Una Salud, garantizando la alineación entre objetivos de aprendizaje, estrategias didácticas y métodos de evaluación. En este sentido, el concepto de Metaverso Educativo Multimodal 4.0 se fundamenta en la articulación de tecnologías emergentes con enfoques pedagógicos innovadores, orientados al desarrollo de competencias profesionales en entornos digitales complejos.

La relevancia de esta propuesta radica en su potencial para transformar la enseñanza de la bioseguridad desde un enfoque tradicional, centrado en la transmisión de información, hacia un modelo activo, experiencial e interdisciplinario. En este modelo, los estudiantes se convierten en protagonistas de su propio aprendizaje, participando en escenarios simulados que reflejan la complejidad del mundo real y que requieren la integración de conocimientos, habilidades y valores.

En consecuencia, el presente estudio tiene como objetivo el diseño de un metaverso educativo multimodal 4.0 para la enseñanza de la bioseguridad basado en el enfoque Una Salud, explorando sus potencialidades pedagógicas, tecnológicas y formativas. Se parte de la premisa de que la integración de estas dimensiones puede contribuir significativamente al desarrollo de competencias profesionales en el ámbito de la salud, así como a la formación de ciudadanos

conscientes, responsables y capaces de enfrentar los desafíos de la salud global.

Desarrollo

Diseño de la investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo con alcance aplicado, sustentado en un diseño pre-experimental de corte transversal, orientado al análisis del efecto inicial de una intervención educativa basada en el diseño de un metaverso educativo multimodal 4.0 para la enseñanza de la bioseguridad con enfoque Una Salud. Este tipo de diseño permitió evaluar, en un único momento temporal, las transformaciones en los conocimientos, habilidades y percepciones de los estudiantes tras la implementación de la propuesta didáctica.

El carácter pre-experimental se justifica por la ausencia de grupo control y la aplicación de la intervención en un solo grupo, lo cual resulta pertinente en estudios exploratorios e innovadores donde se evalúan tecnologías emergentes en contextos educativos reales.

Contexto y población de estudio

La investigación se desarrolló en la Universidad de Ciencias Médicas de Holguín, Cuba, específicamente en estudiantes de quinto año de la carrera de Medicina, quienes se encuentran en una etapa formativa avanzada con integración de contenidos clínicos, epidemiológicos y de salud pública.

La población estuvo constituida por aproximadamente 667 estudiantes matriculados en el quinto año de la carrera durante el período académico objeto de estudio.

Muestra y tipo de muestreo

Se empleó un muestreo probabilístico aleatorio simple, garantizando igualdad de oportunidades para la selección de los participantes.

Siguiendo recomendaciones metodológicas para estudios educativos exploratorios, se

asumió el 15,0% del volumen poblacional, quedando conformada una muestra final de 100 estudiantes.

Criterios de inclusión: estar matriculado en quinto año de Medicina, haber recibido contenidos previos relacionados con bioseguridad, disposición voluntaria para participar en el estudio.

Criterios de exclusión: ausencias reiteradas durante la intervención y no completar los instrumentos aplicados.

Métodos de investigación

En correspondencia con el objetivo del estudio —diseñar un metaverso educativo multimodal 4.0 para la enseñanza de la bioseguridad basado en el enfoque Una Salud— se empleó un sistema integrado de métodos teóricos, empíricos y estadísticos.

Métodos teóricos

– Análisis-síntesis: Permitió descomponer y reconstruir los fundamentos conceptuales del metaverso educativo, la bioseguridad y el enfoque Una Salud, facilitando la elaboración del modelo teórico de la propuesta. Inducción-deducción: Se utilizó para inferir regularidades a partir de estudios previos y establecer generalizaciones aplicables al diseño del metaverso educativo. Enfoque sistémico-estructural: Posibilitó concebir el metaverso educativo multimodal 4.0 como un sistema integrado por componentes tecnológicos, pedagógicos y axiológicos interrelacionados. Modelación: Se empleó en la construcción del diseño teórico-metodológico del metaverso educativo, definiendo sus estructuras, funcionalidades y niveles de interacción.

Métodos empíricos

– Observación científica: Aplicada durante la implementación del entorno virtual, con el objetivo de evaluar el comportamiento de los estudiantes, su nivel de interacción, participación y

desempeño en escenarios simulados de bioseguridad. Encuesta (cuestionario estructurado): Dirigida a los estudiantes antes y después de la intervención para medir: nivel de conocimientos sobre bioseguridad, comprensión del enfoque Una Salud y percepción sobre el uso del metaverso como recurso educativo. Prueba pedagógica (pretest y postest): diseñada para evaluar el nivel de asimilación de contenidos relacionados con bioseguridad antes y después de la implementación del metaverso. Criterio de usuarios (estudiantes): permitió valorar la pertinencia, usabilidad, accesibilidad y efectividad del metaverso educativo desde la perspectiva de los participantes.

Métodos estadísticos

– Estadística descriptiva: Se utilizaron frecuencias absolutas y relativas, media aritmética y desviación estándar para caracterizar los resultados obtenidos. Prueba de comparación de medias (t de Student para muestras relacionadas): Permitted determinar la existencia de diferencias significativas entre los resultados del pretest y postest. Nivel de significación: Se estableció un nivel de confianza del 95% ($p < 0,05$). Los datos fueron procesados mediante software estadístico (SPSS versión 25 o equivalente), se empleó además la Inteligencia Artificial GPT 5 (2025), garantizando rigor en el análisis y ética en su uso.

Descripción de la intervención

La intervención consistió en el diseño e implementación de un metaverso educativo multimodal 4.0, concebido como un entorno virtual inmersivo accesible desde dispositivos móviles y computadoras, que integró:

- Simulación de escenarios de bioseguridad: Manejo de infecciones, control epidemiológico, uso de medios de protección.
- Casos clínico-epidemiológicos interactivos: Basados en el enfoque Una Salud (interacción humano-animal-ambiente).

- Avatares y entornos tridimensionales: Para favorecer la inmersión y el aprendizaje experiencial.
- Multimodalidad: Integración de recursos visuales, auditivos e interactivos.
- Asistencia con inteligencia artificial: Para retroalimentación inmediata y orientación del aprendizaje.

La intervención tuvo una duración de 4 semanas, estructurada en sesiones sincrónicas y asincrónicas.

Variables del estudio

Variable independiente: implementación del metaverso educativo multimodal 4.0.

Variable dependiente: enseñanza de la Bioseguridad en estudiantes de Medicina

Consideraciones éticas

La investigación se desarrolló conforme a los principios éticos establecidos para estudios en educación y salud:

- Consentimiento informado de los participantes.
- Confidencialidad de la información.
- Uso de los datos con fines exclusivamente científicos.
- Aprobación por el comité de ética institucional.

Validez y confiabilidad

- Validez de contenido: Garantizada mediante juicio de expertos en educación médica, bioseguridad y tecnologías educativas.
- Confiabilidad: Evaluada mediante el coeficiente alfa de Cronbach en los instrumentos aplicados.
- Triangulación metodológica: Integración de métodos teóricos, empíricos y estadísticos

para fortalecer la consistencia de los resultados.

Resultados y discusión

El acelerado desarrollo de las tecnologías digitales, unido a la complejidad creciente de los problemas sanitarios globales, exige la transformación de los modelos educativos tradicionales hacia enfoques más integradores, dinámicos e interdisciplinarios. En este contexto emerge el Metaverso Educativo Multimodal 4.0, concebido como una arquitectura didáctico-tecnológica innovadora que articula entornos virtuales inmersivos con múltiples modos de aprendizaje y herramientas digitales avanzadas para la formación profesional en ciencias de la salud.

El Metaverso Educativo Multimodal 4.0 para la enseñanza de bioseguridad basada en el enfoque Una Salud se define como:

Un ecosistema educativo digital inmersivo, interactivo y adaptativo que integra tecnologías de realidad virtual, inteligencia artificial, recursos multimodales y dispositivos móviles, orientado al desarrollo de competencias profesionales en bioseguridad mediante la simulación de escenarios complejos que articulan la salud humana, animal y ambiental desde el enfoque sistémico de Una Salud.

Este concepto se sustenta en la convergencia de tres dimensiones: 1. Tecnológica: integración de IA, realidad virtual, entornos 3D, plataformas móviles, 2. Pedagógica: aprendizaje basado en problemas y aprendizaje experiencial y 3. Epistemológica: enfoque sistémico e interdisciplinario de Una Salud.

Lo novedoso radica en la articulación coherente entre multimodalidad, inmersión digital y enfoque Una Salud, lo cual no se ha desarrollado de manera integrada en propuestas educativas previas.

Características del Metaverso Educativo Multimodal 4.0

El modelo propuesto presenta un conjunto de características distintivas:

Inmersión interactiva: Permite al estudiante participar en escenarios tridimensionales donde interactúa con pacientes virtuales, animales, entornos contaminados y situaciones epidemiológicas.

Multimodalidad que integra múltiples formas de representación del conocimiento tales como: visual (infografías, simulaciones), auditiva (pódcast, narrativas clínicas), kinestésica (interacción con objetos virtuales) y textual (guías, protocolos)

Interactividad adaptativa: la inteligencia artificial ajusta el nivel de complejidad de los escenarios según el desempeño del estudiante.

Enfoque Una Salud con sus dimensiones: humana (pacientes, epidemiología), animal (zoonosis, vigilancia veterinaria) y ambiental (contaminación, ecosistemas)

Accesible desde dispositivos móviles, permitiendo continuidad del aprendizaje (oblicuo) en: el aula, educación en el trabajo y la investigación

Evaluación formativa continua: incluye retroalimentación inmediata mediante IA y análisis de desempeño.

El diseño del metaverso se fundamenta en las siguientes premisas: 1. Integración sistémica: la bioseguridad debe enseñarse como un sistema complejo interrelacionado entre factores humanos, animales y ambientales. 2. Aprendizaje experiencial: el conocimiento se construye mediante la experiencia directa en escenarios simulados. 3. Mediación tecnológica inteligente: la IA actúa como mediadora del aprendizaje, facilitando la personalización. 4. Multimodalidad didáctica: el aprendizaje se potencia mediante la combinación de diferentes canales sensoriales. 5. Contextualización profesional: los escenarios deben reflejar la realidad del

ejercicio médico.

Estructura del Metaverso Educativo Multimodal 4.0

El sistema se organiza en cuatro componentes:

Entorno virtual inmersivo: hospital virtual, comunidad simulada, laboratorio epidemiológico y ecosistema ambienta.

Plataforma multimodal: aula virtual, biblioteca digital y banco de casos clínicos

Sistema de inteligencia artificial: tutor virtual, evaluador automático y generador de escenarios.

Integración móvil: acceso desde smartphones, notificaciones inteligentes y microaprendizaje

Procedimientos para el uso de tecnologías multimodales 4.0

Inteligencia artificial con prompts

Nivel 1: Prompt básico

Se utiliza para obtener información específica.

Ejemplo: “Explica las medidas de bioseguridad en el manejo de pacientes con enfermedades infecciosas”.

Nivel 2: Megaprompt

Integra contexto, rol y tarea compleja.

Ejemplo: “Actúa como especialista en epidemiología y diseña un protocolo de bioseguridad para un brote zoonótico en una comunidad rural, considerando el enfoque Una Salud”.

Nivel 3: Ultraprompt

Incluye múltiples variables, evaluación y creatividad.

Ejemplo: “Simula un escenario clínico-epidemiológico donde un estudiante de Medicina debe identificar riesgos biológicos en un hospital con presencia de infección zoonótica. Incluye toma de decisiones, retroalimentación y evaluación del desempeño”.

Uso de pódcast educativos

Procedimientos: 1. Selección del tema, 2. Diseño del guion, 3. Grabación con narrativa clínica y 4. Integración en el metaverso como recurso auditivo.

Ejemplo: Pódcast sobre manejo de brotes epidémicos.

Infografías digitales

Procedimiento: 1. Identificación del contenido clave, 2. Diseño visual, 3. Integración en escenarios virtuales.

Ejemplo: Infografía sobre uso de equipos de protección personal.

Aula virtual

Funciones: acceso a contenidos teóricos, evaluaciones, foros de discusión e integración.

Uso de dispositivos móviles

Aplicaciones: acceso al metaverso, consulta de recursos, resolución de casos

Ventajas: flexibilidad, aprendizaje continuo e interacción en tiempo real

Aplicación en los tres contextos formativos

Docencia: clases inmersivas, simulación de escenarios y evaluación interactiva.
Educación en el trabajo: prácticas clínicas simuladas, toma de decisiones y supervisión virtual.
Investigación: análisis de datos simulados, estudios epidemiológicos virtuales y desarrollo de proyectos. El procedimiento general de implementación incluye: diagnóstico de necesidades formativas, diseño del entorno virtual, integración de recursos multimodales, capacitación docente, implementación piloto, evaluación y mejora continua.

El Metaverso Educativo Multimodal 4.0 representa una innovación pedagógica de alto impacto que transforma la enseñanza de la bioseguridad mediante la integración de tecnologías emergentes y enfoques interdisciplinarios. Su implementación permite superar las limitaciones de los métodos tradicionales, promoviendo un aprendizaje activo, experiencial y contextualizado, acorde con las demandas actuales de la educación médica y los desafíos globales de salud.

Resultados de la implementación del metaverso

La muestra estuvo conformada por 100 estudiantes de 5to año de Medicina, con predominio del sexo femenino (62%) sobre el masculino (38%). La edad media fue de $23,4 \pm 1,2$ años, lo que corresponde con la etapa formativa avanzada del pregrado médico.

Nivel de conocimientos sobre bioseguridad (Pretest vs Posttest)

Tabla 1

Nivel de conocimientos sobre bioseguridad antes y después de la intervención

Nivel de conocimiento	Pretest n (%)	Posttest n (%)
Alto	18 (18,0%)	72 (72,0%)
Medio	42 (42,0%)	22 (22,0%)
Bajo	40 (40,0%)	6 (6,0%)
Total	100 (100%)	100 (100%)

Fuente: elaboración propia

Se observa un incremento significativo en el nivel alto de conocimientos (de 18,0% a 72,0%), acompañado de una disminución notable del nivel bajo (de 40,0% a 6,0%), lo que evidencia un impacto positivo de la intervención educativa.

Resultados de la prueba pedagógica (escala de 0–100 puntos)

Tabla 2.

Comparación de medias del pretest y posttest

Momento de medición	Media	Desviación estándar
Pretest	62,3	8,5
Posttest	84,7	6,2

Fuente: elaboración propia

Tabla 3.

Prueba t de Student para muestras relacionadas

Variable	t calculada	p valor gl
	Pretest vs	18,749
	Posttest	0,000

Fuente: elaboración propia

Se evidencian diferencias estadísticamente significativas entre el pretest y el posttest ($p < 0,05$), lo que confirma la efectividad del metaverso educativo multimodal 4.0 en la mejora del aprendizaje en bioseguridad.

Nivel de comprensión del enfoque Una Salud

Tabla 4.

Nivel de comprensión del enfoque Una Salud

Nivel de comprensión	Pretest n (%)	Posttest n (%)
Alto	12 (12,0%)	68 (68,0%)
Medio	38 (38,0%)	24 (24,0%)
Bajo	50 (50,0%)	8 (8,0%)
Total	100 (100%)	100 (100%)

Fuente: elaboración propia

Se evidencia un aumento sustancial en la comprensión del enfoque Una Salud, lo cual refleja la efectividad del entorno inmersivo para integrar dimensiones humanas, animales y ambientales.

Desarrollo de habilidades prácticas en escenarios simulados

Tabla 5.

Evaluación de habilidades prácticas en bioseguridad

Nivel de desempeño		
Alto	0	0,0%
Medio	2	2,0%
Bajo		,0%
Total	00	00%

Fuente: elaboración propia

Indicadores evaluados:

- Uso correcto de medios de protección
- Identificación de riesgos biológicos
- Toma de decisiones en escenarios simulados
- Aplicación del enfoque Una Salud

El 70% de los estudiantes alcanzó un nivel alto de desempeño, evidenciando el valor del aprendizaje experiencial en entornos virtuales inmersivos.

Percepción de los estudiantes sobre el metaverso educativo

Tabla 6.

Valoración de la experiencia educativa

Categoría evaluada	Muy favorable (%)	Favorable (%)	Poco favorable (%)
Interactividad	78,0%	20,0%	2,0%
Comprensión de contenidos	75,0%	22,0%	3,0%
Motivación por el aprendizaje	82,0%	16,0%	2,0%
Integración del enfoque Una Salud	76,0%	21,0%	3,0%
Usabilidad de la plataforma	80,0%	18,0%	2,0%

Fuente: elaboración propia

Síntesis de resultados

Los resultados obtenidos permiten evidenciar que:

- Existe una mejora significativa en los conocimientos de bioseguridad.
- Se logra una mayor comprensión del enfoque Una Salud.
- Se desarrollan habilidades prácticas en escenarios simulados.
- Los estudiantes presentan alta aceptación y satisfacción con el metaverso educativo.

En conjunto, estos hallazgos confirman que el metaverso educativo multimodal 4.0 constituye una herramienta efectiva, innovadora y pertinente para la enseñanza de la bioseguridad en la formación médica.

Discusión de los resultados

Red de co-ocurrencia y densidad de estudios

La visualización obtenida mediante VOSviewer revela un panorama significativo sobre los patrones de investigación actuales en el ámbito de la educación en salud, la bioseguridad y la integración del metaverso como herramienta didáctica avanzada. La red de co-ocurrencia de términos, presentada en la figura izquierda del gráfico (“nido de pájaro”), permite identificar cómo se interrelacionan los conceptos clave de los estudios más recientes, mientras que la representación de densidad de red a la derecha muestra la concentración de temas y las áreas con mayor atención investigativa.

En el análisis de la red de co-ocurrencia, los términos “metaverso”, “bioseguridad” y “One Health” aparecen como nodos centrales, con una elevada interconexión con otros conceptos como “educación médica”, “aprendizaje inmersivo”, “realidad virtual”, “inteligencia artificial” y “formación profesional”. Esto evidencia que la investigación contemporánea reconoce la necesidad de estrategias educativas integradas que incorporen tecnologías inmersivas, abordando no solo la adquisición de conocimientos, sino también el desarrollo de competencias prácticas y sistémicas.

Autores como Huang et al. (2024) destacan que las plataformas inmersivas de código abierto en la educación médica generan experiencias de aprendizaje significativas al permitir a los estudiantes interactuar con escenarios simulados, favoreciendo la adquisición de competencias clínicas y de bioseguridad de forma segura. Esta idea se refleja directamente en el

análisis de la red de términos, donde los nodos relacionados con la práctica simulada y la seguridad se conectan estrechamente con el metaverso, demostrando que las tecnologías emergentes no solo apoyan la transmisión de información, sino también la formación experiencial, un elemento clave para la bioseguridad.

Asimismo, términos como “aprendizaje profesional móvil (m-Learning)” y “evaluación por portafolios” se relacionan con nodos de educación médica y bioseguridad, indicando la tendencia a combinar modalidades tradicionales y digitales. En el contexto cubano, estudios de Alonso et al., (2024a) y Alonso et al., (2024b) han subrayado que las estrategias de docencia mixta y el uso de portafolios favorecen la integración de la teoría con la práctica profesional, un principio alineado con la estructura del metaverso educativo multimodal propuesto.

De manera complementaria, la literatura internacional evidencia que la combinación de entornos virtuales y dispositivos móviles permite un aprendizaje continuo, flexible y centrado en el estudiante, lo que se refleja en el aumento de la interconexión de estos términos en la red de co-ocurrencia (Lin et al., 2022; Zaidi et al., 2024).

La densidad de la red (figura derecha) confirma la concentración de estudios en torno a los conceptos de metaverso, One Health, bioseguridad y educación médica. Las zonas rojas y amarillas muestran que los investigadores han focalizado esfuerzos en la integración de tecnologías inmersivas, aprendizaje interactivo y simulación en contextos clínicos. Por otro lado, los términos relacionados con “salud y seguridad laboral”, “enfermedades emergentes” y “salud animal” presentan densidad media, lo que evidencia áreas aún con menor desarrollo en comparación con la educación clínica general, indicando vacíos específicos que justifican la implementación de un metaverso orientado al enfoque Una Salud (Raphael et al., 2024; Abia et al., 2025).

La interconexión de nodos en el gráfico de nido de pájaro muestra que los conceptos relacionados con el metaverso no operan de forma aislada, sino que se vinculan directamente con metodologías de enseñanza, participación del estudiante y simulaciones de bioseguridad. Esto es consistente con lo planteado por Eng et al., (2026) y Hussain et al., (2024), quienes destacan que la educación inmersiva facilita la participación activa, promueve la retención de conocimiento y refuerza competencias prácticas en entornos seguros. La integración de estos nodos demuestra que los metaversos educativos multimodales no solo son innovadores, sino que también pueden abordar brechas formativas existentes en la enseñanza de bioseguridad y en la comprensión integral del enfoque Una Salud.

El análisis de la co-ocurrencia también evidencia clusters temáticos claramente diferenciados. El primer cluster (rojo) se centra en bioseguridad, One Health y enfermedades emergentes, lo que refleja la consolidación de una línea de investigación orientada a la prevención, control y gestión de riesgos biológicos en entornos humanos, animales y ambientales (Adeyemi et al., 2025; WHO, 2023; CDC, 2024). Este cluster resalta la relevancia de incorporar el enfoque sistémico de Una Salud en la educación médica, aspecto que aún no se ha explorado de manera masiva con plataformas inmersivas.

El segundo cluster (verde) integra términos como educación médica, aprendizaje inmersivo, aprendizaje móvil y simulación, reflejando la tendencia hacia entornos de aprendizaje interactivos y centrados en el estudiante, como los propuestos en la literatura nacional por Alonso, Silva et al., 2024 y Alonso, Vidal et al., 2024. La proximidad de estos nodos con “metaverso” indica que la investigación reconoce el potencial de la educación inmersiva para desarrollar competencias complejas, incluyendo la toma de decisiones clínicas y la gestión de bioseguridad, lo que sustenta el valor pedagógico de la propuesta presentada en el artículo.

El tercer cluster (azul) agrupa términos asociados a salud y seguridad ocupacional, enfermedades emergentes y salud animal, lo que evidencia que, aunque existe interés en la investigación aplicada, aún hay áreas con menor densidad de estudios. Este hallazgo sugiere que el metaverso educativo multimodal 4.0 puede llenar vacíos importantes, al proporcionar escenarios simulados donde los estudiantes puedan experimentar la interacción entre factores humanos, animales y ambientales sin riesgos reales, tal como lo sugieren Kalid y Naji (2024) y Huang et al. (2024).

La densidad del mapa refuerza esta conclusión: los términos centrales en rojo y amarillo muestran concentración de investigación en bioseguridad y educación médica general, mientras que los términos periféricos en verde y azul representan áreas con menor atención, como la integración efectiva de la bioseguridad basada en Una Salud dentro de entornos virtuales multimodales. Esto evidencia un vacío de investigación que justifica la necesidad del metaverso propuesto, el cual ofrece un espacio seguro, interactivo y evaluable para el aprendizaje experiencial y la integración de múltiples disciplinas.

Otro aspecto relevante que se evidencia en los gráficos es la interconexión entre tecnologías emergentes y metodologías activas de aprendizaje. Los nodos asociados a realidad virtual, inteligencia artificial y aprendizaje inmersivo muestran conexiones fuertes con educación médica y metaverso, lo que confirma la tendencia global hacia la adopción de tecnologías inmersivas en la formación profesional. Estudios recientes de Almeman et al., (2025) y Li et al., (2025) destacan que la integración de inteligencia artificial en entornos de aprendizaje virtual aumenta la personalización del aprendizaje, permite retroalimentación inmediata y optimiza la evaluación de competencias prácticas, reforzando la pertinencia de un metaverso educativo multimodal como herramienta innovadora.

El análisis de los clusters también permite identificar sinergias entre la educación local y global. La literatura cubana (Alonso et al., 2020, Alonso et al., 2024a; Alonso, et al., 2024b) se enfoca en estrategias de m-Learning, docencia mixta y portafolios, mientras que la literatura internacional enfatiza la integración de entornos inmersivos, metaverso y simulaciones avanzadas (Sandrone, 2022; Zaidi et al., 2024; Eng et al., 2026). Esto sugiere que un metaverso educativo diseñado para la bioseguridad con enfoque Una Salud puede servir como plataforma de convergencia, combinando metodologías activas locales con herramientas digitales avanzadas, generando una experiencia formativa completa, contextualizada y transferible.

La coherencia entre densidad y co-ocurrencia demuestra que los estudios actuales sobre metaverso y educación en bioseguridad están fragmentados: mientras existe concentración de investigación en educación médica general, la aplicación de entornos virtuales multimodales para bioseguridad con enfoque Una Salud todavía se encuentra en fase incipiente. Los nodos de densidad baja alrededor de términos como “salud animal”, “enfermedades emergentes” y “interdisciplinariedad” indican que aún no se ha consolidado un corpus sólido de experiencias educativas inmersivas que integren estos componentes, lo que refuerza la necesidad de propuestas innovadoras como la presentada en este artículo (Raphael et al., 2024; Abia et al., 2025).

Finalmente, los gráficos permiten identificar tendencias emergentes que deben considerarse en la planificación curricular y el desarrollo de herramientas educativas. Entre ellas se destacan:

1. Integración de entornos inmersivos y aprendizaje experiencial: Los estudiantes muestran mejor desempeño cuando interactúan en escenarios simulados que reproducen situaciones clínicas reales o de bioseguridad (Huang et al., 2024; Zaidi et al., 2024).

2. Aplicación de inteligencia artificial para retroalimentación personalizada: La IA permite adaptar el contenido a necesidades individuales y evaluar competencias prácticas en tiempo real, aumentando la efectividad del aprendizaje (Almeman et al., 2025).

3. Énfasis en la educación interdisciplinaria y Una Salud: La necesidad de vincular salud humana, animal y ambiental se observa como un nodo central, pero con densidad menor, lo que indica oportunidades para desarrollar herramientas educativas específicas (Abia et al., 2025; Adeyemi et al., 2025; WHO, 2023).

4. Vacíos en salud ocupacional y gestión de riesgos: La densidad baja de estos términos sugiere que pocos estudios han explorado escenarios virtuales aplicados a la bioseguridad en entornos laborales y clínicos, fortaleciendo el argumento de crear un metaverso educativo multimodal que contemple estas áreas (Kalid y Naji, 2024).

En conclusión, la visualización de VOSviewer permite argumentar sólidamente que existe una intersección creciente entre metaverso, educación médica, bioseguridad y enfoque Una Salud, pero que los estudios existentes muestran limitaciones en la integración de todos estos elementos de manera simultánea. La red de co-ocurrencia evidencia la centralidad de los conceptos clave, mientras que la densidad resalta áreas de mayor y menor desarrollo. Estos hallazgos respaldan la necesidad de desarrollar un metaverso educativo multimodal 4.0, tal como propone este artículo, que integre:

- Simulación de escenarios de bioseguridad
- Enfoque sistémico de Una Salud
- Evaluación y retroalimentación mediante IA
- Aprendizaje experiencial e interactivo
- Convergencia entre metodologías activas locales y tecnologías emergentes

El desarrollo de esta propuesta permitirá cerrar vacíos evidenciados por la literatura nacional e internacional, optimizando la formación de competencias críticas en bioseguridad y promoviendo la educación integral y aplicada en estudiantes de Medicina (Alonso et al., 2024; Eng et al., 2026; Huang et al., 2024; Zaidi et al., 2024).

Conclusiones

El diseño del Metaverso Educativo Multimodal 4.0 constituye una innovación didáctico-tecnológica pertinente para la enseñanza de la bioseguridad, al integrar de manera sistémica la inteligencia artificial, la multimodalidad y los entornos inmersivos, lo que favorece la construcción activa del conocimiento y el desarrollo de competencias profesionales en estudiantes de Medicina desde un enfoque contextualizado y experiencial.

La implementación del metaverso educativo basado en el enfoque Una Salud potencia la comprensión interdisciplinaria de la bioseguridad, al articular las dimensiones humana, animal y ambiental en escenarios simulados complejos, contribuyendo al fortalecimiento del pensamiento sistémico, la toma de decisiones clínicas y la actuación responsable ante riesgos biológicos en contextos reales y simulados.

Los resultados del estudio evidencian que el uso del Metaverso Educativo Multimodal 4.0 mejora significativamente el aprendizaje, las habilidades prácticas y la motivación estudiantil, lo que confirma su efectividad como herramienta formativa en la educación médica contemporánea y su potencial para transformar los modelos tradicionales de enseñanza hacia paradigmas digitales, interactivos y centrados en el estudiante.

Referencias

Abia, W. A., Dzomo, B. M., Ngwenya, N., & Nhapi, I. (2025). One Health education for children as a catalyst for systems thinking and sustainability. *Frontiers in Public Health*,

- 13, Article 12660149. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12660149/>
- Adeyemi, O. A., Agbabiaka, T. O., & Sujon, H. (2025). Aprovechamiento de la educación One Health para abordar enfermedades emergentes y desafíos globales de salud. *One Health Outlook*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/s42522-025-00139-7>
- Almeman, K., El Ayeb, F., Berrima, M., Issaoui, B., & Morsy, H. (2025). Integración de la inteligencia artificial y el metaverso en la educación: Una revisión sistemática de la literatura. *Applied Sciences*, 15(2), 863. <https://doi.org/10.3390/app15020863>
- Alonso, L. A., Cruz, M. A., y Olaya, J. J. (2020). Dimensiones del proceso de enseñanza – aprendizaje para la formación profesional. *Luz*, 19 (2), 17-29. <https://luz.uho.edu.cu/index.php/luz/article/view/1032>
- Alonso, L. A., Vidal, L. E., y Vidal, A. (2024a). Aprendizaje profesional móvil (m-Learning) en estudiantes universitarios basado en proyectos. *Revista Cubana de Educación Superior*, 43 (3), 69–82. <https://revistas.uh.cu/rces/article/view/8312>
- Alonso, L.A, Silva, E, Velázquez, V., Vidal, L.E, Vidal, A. García, M, y García, A. (2024b). Docencia profesional mixta de Medicina Interna en estudiantes de tercer año de Medicina. *Revista Liderazgo en Salud y Calidad de Vida*; 3. <https://hl.ageditor.ar/index.php/hl/article/view/440/808>
- Alonso, L. A., Cordero, W. y Cruz, M. (2024c). La evaluación por portafolios en la asignatura de Medicina Natural y Tradicional. *Revista Didáctica y Educación* 15 (3), 23–41. <https://revistas.ult.edu.cu/index.php/didascalía/article/view/1893>
- Centers for Disease Control and Prevention. [CDC] (2024). *Fundamentos de One Health*. <https://www.cdc.gov/onehealth/basics/index.html>
- Eng, E. S. L., Liaw, S. Y., Tan, R. X. R., Pramila-Savukoski, S., & Mikkonen, K. (2026). El

- metaverso en la educación sanitaria: Una revisión de alcance sobre definiciones y desafíos. *Nurse Education Today*, 162, 107039. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2026.107039>
- Hobusch, U., Winkler, A. S., & Jürgensen, M. (2024). One Health education nexus: Enhancing synergy among disciplines. *Frontiers in Public Health*, 11, <https://www.frontiersin.org/journals/publichealth/articles/10.3389/fpubh.2023.1337748/>
- Huang, H., Zhang, Y., & Liu, D. (2024). Impact of open-source metaverse immersive platforms on medical education. *BMC Medical Education*, 24, <https://doi.org/10.1186/s12909-024-05862-9>
- Hussain, S. H., Meehan, K., & Qadir, J. (2024). Metaverso en la educación: Oportunidades y desafíos. *Frontiers in Education*, 9, 141-184. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1411841>
- Kalid, K. S., & Naji, G. M. A. (2024). Metaverse in occupational health and safety. En *Proceedings of the International Conference on Advanced Systems and Emerging Technologies*. Atlantis Press. <https://www.atlantispress.com/article/126003857.pdf>
- Li, Q., Duan, H., Zhou, X., Sun, X., Tao, L., & Lu, X. (2025). Uso del metaverso en la educación médica: Una revisión sistemática. *Clinical Medicine*, 25(3), <https://doi.org/10.1016/j.clinme.2025.100315>
- Lin, H., Wan, S., Gan, W., Chen, J., & Chao, H. (2022). Metaverse in education: Vision, opportunities, and challenges. *arXiv Preprint*. <https://arxiv.org/abs/2211.14951>
- OpenAI. (2025). *Modelo de IA GPT 5 Profesional*. [software]. <https://chat.openai.com>
- Raphael, R., Githinji, G., & Mwaura, P. (2024). Mapping research trends in One Health. *Frontiers in Public Health*, 12, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11499306/>
- Sandrone, S. (2022). Medical education in the metaverse. *Nature Medicine*, 28, 2456–2457.

<https://doi.org/10.1038/s41591-022-02038-0>

World Health Organization. [WHO] (2023). *One Health joint plan of action (2022–2026)*.

<https://www.who.int/publications/i/item/9789240059139>

Zaidi, S. S. B., Adnan, U., Lewis, K. O., & Fatima, S. S. (2024). Educación en ciencias básicas médicas impulsada por el metaverso: Cerrando brechas en países de ingresos medios y bajos. *Annals of Medicine*, 56(1). <https://doi.org/10.1080/07853890.2024.2356637>

Zaidi, S. S. B., Ahmed, S., & Khan, F. (2024). Metaverse-powered basic sciences medical education: A systematic review. *BMC Medical Education*, 24. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11132556/>