Revista Española
de Educación Médica

# La simulación de alta fidelidad clínica con actuación y la simulación virtual en metaverso como estrategias para la formación de futuros médicos.

# High-fidelity clinical simulation with performance and virtual simulation in a metaverse as strategies for the training of future doctors.

**Yulieth Vanessa Fierro Manrique[1], Mara Stefania Arteaga Losada[2], Catalina Anduquia Manzano[3], Ana Maria Escalante Ochoa[4], Ricardo Andrés Novoa Álvarez[5], Jose Daniel Charry Cuellar[6]**

[1-4] Programa de Medicina, Facultad de Ciencias de la Salud y Ciencias Básicas, Fundación Universitaria Navarra - UNINAVARRA, Neiva, Huila, Colombia, yulieth.fierro87@uninavarra.edu.co, https://orcid.org/0009-0002-4706-0185
[2] https://orcid.org/0009-0004-2528-6794; [3] catalina.anduquia@uninavarra.edu.co, https://orcid.org/0009-0008-8210-1097; [4] https://orcid.org/0009-0006-2787-2791; [5-6] Centro de Investigación e Innovación UNINAVARRA, Neiva, Huila, Colombia. ra.novoa@uninavarra.edu.co, https://orcid.org/0000-0001-9892-3468; jd.charry@uninavarra.edu.co, https://orcid.org/0000-0001-9892-3468

* Correspondencia: jd.charry@uninavarra.edu.co

Recibido: 13/6/26; Aceptado: 3/7/26; Publicado: 6/7/26

**Resumen**

**Introducción:** La simulación clínica de alta fidelidad con pacientes estandarizados y la simulación virtual en entornos inmersivos como el metaverso han emergido como estrategias educativas complementarias. **Metodología:** Se realizó una revisión sistemática cualitativa de la literatura según PRISMA 2020. La búsqueda se efectuó en Medline (PubMed), Scopus y Google Scholar (2020-2025). Se utilizó la pregunta PICO para estructurar la búsqueda, con términos MeSH como "high-fidelity simulation", "standardized patients", "metaverse" y "medical education". La calidad metodológica se evaluó mediante la escala de riesgo de sesgo de Cochrane y los niveles de evidencia SIGN. **Resultados:** Se identificaron 4301 registros, de los que 7 cumplieron los criterios de inclusión. Ambos enfoques demostraron eficacia en el desarrollo de habilidades técnicas y no técnicas, aunque con fortalezas diferenciadas. La simulación con actuación destacó por su capacidad para entrenar destrezas clínicas prácticas, toma de decisiones bajo presión y habilidades comunicativas, mientras que la simulación en metaverso mostró ventajas en accesibilidad, escalabilidad, repetición del aprendizaje y visualización inmersiva de procesos fisiológicos complejos. La evidencia presentó un riesgo de sesgo bajo a moderado, con un nivel de evidencia 1+ a 2+ según SIGN. **Conclusiones:** La simulación con actuación constituye una herramienta altamente efectiva para recrear escenarios clínicos complejos con realismo emocional y espontaneidad, aspectos difíciles de replicar mediante tecnologías digitales actuales. En contraste, la simulación en el metaverso ofrece beneficios en términos de accesibilidad, escalabilidad y repetibilidad del aprendizaje. La integración de ambas metodologías representa la estrategia más adecuada para la educación médica contemporánea, permitiendo una formación integral que combine el desarrollo de competencias clínicas con la sensibilidad humana y el aprovechamiento de la innovación tecnológica. Se proponen implicaciones educativas concretas para el diseño curricular híbrido.

**Palabras clave:** Simulación clínica, Simulación de alta fidelidad, Pacientes estandarizados, Metaverso, Educación médica, Aprendizaje inmersivo, medicina con actuación

**Abstract**

**Introduction:** High-fidelity clinical simulation with standardized patients and virtual simulation in immersive environments such as the metaverse have emerged as complementary educational strategies. **Methodology:** A qualitative systematic literature review was conducted according to PRISMA 2020 guidelines. The search was performed in Medline (PubMed), Scopus, and Google Scholar (2020–2025). The PICO question was used to structure the search, with MeSH terms such as "high-fidelity simulation," "standardized patients," "metaverse," and "medical education." Methodological quality was assessed using the Cochrane risk of bias scale and the SIGN levels of evidence. **Results:** 4,301 records were identified, of which 7 met the inclusion criteria. Both approaches demonstrated effectiveness in developing technical and non-technical skills, although with different strengths. Role-playing simulation stood out for its ability to train practical clinical skills, decision-making under pressure, and communication skills, while metaverse simulation showed advantages in accessibility, scalability, repeatability of learning, and immersive visualization of complex physiological processes. The evidence presented a low to moderate risk of bias, with a level of evidence 1+ to 2+ according to SIGN. **Conclusions:** Role-playing simulation is a highly effective tool for recreating complex clinical scenarios with emotional realism and spontaneity, aspects difficult to replicate using current digital technologies. In contrast, metaverse simulation offers benefits in terms of accessibility, scalability, and repeatability of learning. Integrating both methodologies represents the most appropriate strategy for contemporary medical education, allowing for comprehensive training that combines the development of clinical competencies with human sensitivity and the use of technological innovation. Specific educational implications for hybrid curriculum design are proposed.

**Keywords:** Clinical simulation, High-fidelity simulation, Standardized patients, Metaverse, Medical education, Immersive learning, Role-playing medicine.

## 1. Introducción

La educación en ciencias clínicas de la salud ha experimentado una transformación significativa en las últimas décadas, impulsada por la necesidad de formar médicos altamente competentes en entornos seguros y controlados (1). En este contexto, la simulación clínica de alta fidelidad ha emergido como una estrategia pedagógica clave, permitiendo recrear escenarios realistas mediante el uso de tecnología avanzada y la participación de actores entrenados (2). Diversos estudios respaldan esta metodología (3-5) evidenciando que la simulación de alta fidelidad mejora significativamente el aprendizaje en estudiantes de medicina, fortaleciendo habilidades clínicas, comunicativas y de toma de decisiones. Este tipo de simulación optimiza el desempeño en entornos clínicos complejos, especialmente en situaciones que requieren trabajo en equipo y respuestas rápidas. Finalmente, el uso de pacientes estandarizados aporta un mayor realismo y favorece el desarrollo de habilidades comunicativas esenciales en la práctica médica.

Por otro lado, el avance de las tecnologías digitales ha dado lugar a nuevas herramientas educativas, entre ellas los entornos virtuales inmersivos y el metaverso. Estas plataformas permiten la interacción en espacios tridimensionales simulados, facilitando experiencias de aprendizaje innovadoras, accesibles y repetibles. En una revisión sistemática (6), se concluye que el uso del metaverso en la educación médica mejora la adquisición de competencias mediante experiencias inmersivas. De forma complementaria, Espinoza et al. (7) resaltan que los entornos de realidad virtual favorecen la participación activa, la colaboración y el aprendizaje interactivo entre los estudiantes. En los últimos años, la investigación ha evidenciado un crecimiento progresivo en el uso de la realidad virtual y el metaverso en la formación médica, destacando su impacto en la adquisición de competencias prácticas. Estas tecnologías permiten la visualización tridimensional de procesos fisiológicos complejos, mejorando la comprensión tanto estructural como funcional en

los estudiantes. Este tipo de herramientas representa un avance significativo frente a los métodos tradicionales, ya que facilita la exploración de fenómenos que no son fácilmente observables en la práctica clínica real (8).

En el proceso evolutivo, la formación médica ha transitado desde modelos tradicionales centrados en la teoría hacia enfoques activos basados en la experiencia. Este cambio se encuentra respaldado por el desarrollo de nuevas tecnologías educativas; por ejemplo, Gligorea I et al. (9) describen cómo el aprendizaje digital y adaptativo ha transformado la educación, promoviendo metodologías centradas en el estudiante y apoyadas en herramientas tecnológicas. Desde un inicio, la simulación se limitaba a modelos básicos; sin embargo, con el desarrollo tecnológico, ha alcanzado niveles de alta fidelidad. Más recientemente, el metaverso ha ampliado las posibilidades educativas, permitiendo la creación de entornos virtuales complejos e interactivos (10–14). El marco teórico que sustenta ambas estrategias se fundamenta en la teoría del aprendizaje experiencial de Kolb (15), que postula que el aprendizaje ocurre a través de la experiencia concreta, la observación reflexiva, la conceptualización abstracta y la experimentación activa. La simulación clínica, tanto con actuación como en entornos virtuales, proporciona experiencias concretas en escenarios controlados que facilitan este ciclo. Asimismo, la teoría de la cognición situada (16) sostiene que el conocimiento se construye en contextos auténticos; la simulación de alta fidelidad con pacientes estandarizados ofrece un contexto social y emocional rico, mientras que el metaverso proporciona un contexto visual y espacial inmersivo. Ambas perspectivas se complementan para abordar diferentes dimensiones del aprendizaje clínico. En este sentido, surge la necesidad de analizar cómo la integración de la simulación clínica con actuación y los entornos virtuales en metaverso puede potenciar el proceso de aprendizaje en estudiantes de medicina. La evidencia actual sugiere que ambas estrategias no son excluyentes, sino complementarias, ya que la simulación de alta fidelidad aporta realismo clínico y desarrollo de habilidades humanas, mientras que el metaverso ofrece accesibilidad, repetición y visualización avanzada de contenidos (17–21).

El objetivo de este artículo es analizar la influencia de la simulación clínica con actuación y la simulación virtual en metaverso como estrategias complementarias en la formación de futuros médicos, proporcionando un marco integrador y recomendaciones educativas concretas.

## 2. Métodos

### *2.1 Diseño del estudio*

Se realizó una revisión sistemática cualitativa de la literatura siguiendo los lineamientos metodológicos basados en el modelo PRISMA 2020. Dado el carácter heterogéneo de los diseños de estudio y la naturaleza narrativa de los resultados esperados, se optó por un enfoque cualitativo de síntesis, sin realizar un metaanálisis formal. El protocolo de la revisión fue registrado en la plataforma Open Science Framework (OSF).

### *2.2 Estrategia de búsqueda*

Para llevar a cabo el proceso de búsqueda de la información, se consultaron las bases de datos Medline (a través de PubMed), Scopus y Google Scholar, incluyendo estudios publicados entre enero de 2020 y marzo de 2025. La búsqueda se estructuró utilizando la pregunta PICO (tabla 1) y se emplearon los siguientes términos MeSH y palabras clave combinadas con operadores booleanos:

- Términos MeSH: "High-Fidelity Simulation Training", "Patient Simulation", "Standardized Patients", "Virtual Reality", "Metaverse", "Education, Medical", "Clinical Competence".
- Palabras clave: "clinical simulation", "high-fidelity simulation", "standardized patients", "role-playing", "metaverse", "immersive learning", "medical education", "virtual reality", "3D simulation".

- Estrategia de búsqueda en PubMed (ejemplo): ("High-Fidelity Simulation Training"[MeSH] OR "simulation"[tiab] OR "standardized patients"[tiab] OR "role-playing"[tiab]) AND ("Virtual Reality"[MeSH] OR "metaverse"[tiab] OR "immersive"[tiab]) AND ("Education, Medical"[MeSH] OR "medical education"[tiab] OR "students, medical"[MeSH]).

**Tabla 1.** Estructura de la pregunta de investigación según el modelo PICO.

| Componente | Elemento | Descripción |
|---|---|---|
| (P) Población | Estudiantes de medicina en su formación profesional. | Pregrado y posgrado. |
| (I) Intervención | Simulación clínica con actuación mediante pacientes estandarizados. | Escenarios con actores entrenados. |
| (C) Comparación | Simulación clínica de alta fidelidad con simuladores avanzados y simulación virtual en metaverso. | Tecnologías inmersivas. |
| (R) Resultados | Mejora del aprendizaje habilidades técnicas y no técnicas , toma de decisiones clínicas, comunicaciones y aspectos éticos. | Variables educativas. |

*2.3 Criterios de elegibilidad*

Se incluyeron artículos originales (estudios experimentales, cuasiexperimentales, descriptivos) y revisiones sistemáticas con evaluación por pares, publicados en inglés o español, que evaluaran resultados educativos en estudiantes de medicina (pregrado o posgrado) relacionados con simulación clínica de alta fidelidad con pacientes estandarizados o simulación virtual en entornos inmersivos (metaverso, realidad virtual, 3D). Se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión detallados en la tabla 2.

**Tabla 2.** Criterios de inclusión y exclusión aplicados en la revisión.

| Criterios de inclusión | Criterios de exclusión |
|---|---|
| ● Artículos publicados entre 2020 y 2025.<br>● Estudios relacionados con simulación clínica, metaverso y educación médica.<br>● Investigaciones en inglés y español.<br>● Publicaciones en revistas indexadas.<br>● Estudios con estudiantes de medicina.<br>● Estudios que reporten resultados cuantitativos o cualitativos sobre competencias clínicas. | ● Artículos publicados antes del año 2020.<br>● Estudios que no estuvieran relacionados con la simulación clínica de alta fidelidad o el uso del metaverso en educación médica.<br>● Investigaciones enfocadas en otras áreas distintas a la formación de profesionales de la salud (educación básica, formación empresarial, etc.).<br>● Publicaciones duplicadas en diferentes bases de datos.<br>● Artículos de opinión, editoriales, cartas al editor o ensayos.<br>● Estudios realizados exclusivamente con estudiantes de enfermería o auxiliares de enfermería.<br>● Estudios centrados en simulación inmersiva 3D sin componente educativo o sin estudiantes de medicina. |

*2.4 Proceso de selección y extracción de datos*

La selección de los estudios se realizó en dos fases: (1) cribado de títulos y resúmenes por dos revisores de forma independiente (YVF y MSAL), y (2) evaluación del texto completo de los artículos potencialmente elegibles. Los desacuerdos se resolvieron por consenso o con la participación de un tercer revisor (JDC). Los datos se extrajeron utilizando un formulario estandarizado que incluía: autor, año, país, tipo de estudio, población, intervención, comparación, resultados principales, y conclusiones.

*2.5 Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo*

El riesgo de sesgo de cada estudio individual se analizó a través de la escala de riesgo de sesgo de Cochrane (RoB 2 para ensayos controlados aleatorizados y ROBINS-I para estudios no aleatorizados), que valora dominios como generación de la secuencia aleatoria, asignación oculta, cegamiento, datos incompletos y notificación selectiva. Cada artículo fue calificado con un riesgo bajo, medio o alto. Los niveles de evidencia se asignaron según la escala del Centro de Medicina Basada en Evidencia de Oxford (CEBM) y se complementó con la clasificación SIGN (Scottish Intercollegiate Guidelines Network), que establece ocho niveles (4, 3, 2-, 2+, 2++, 1-, 1+, 1++). El grado de recomendación se basó en la escala SIGN (A, B, C, D, √). Esta clasificación se presenta en la tabla 3, con una descripción detallada para garantizar la transparencia.

*2.6 Síntesis y análisis de los datos*

Los documentos seleccionados fueron sometidos a un análisis cualitativo mediante categorización temática. Inicialmente, se realizó una lectura exhaustiva de los textos completos y se extrajeron los datos relevantes. Posteriormente, se establecieron categorías de análisis: tipo de simulación, nivel de fidelidad, uso de tecnologías inmersivas, y resultados de aprendizaje (habilidades técnicas, no técnicas, toma de decisiones, comunicación, aspectos éticos). La información se organizó en matrices comparativas que permitieron identificar patrones y diferencias entre los estudios. Para facilitar la comparación directa entre ambas estrategias, se construyó una tabla de resultados estructurada por outcomes (tabla 4), que contrasta los hallazgos de los estudios incluidos según las competencias evaluadas. Además, se realizó un análisis narrativo por dominios de aprendizaje.

## 3. Resultados

*3.1 Selección de estudios*

A través de la búsqueda sistemática en bases de datos electrónicas, se identificaron un total de 4301 registros, sin hallazgos adicionales de otras fuentes. No se eliminaron duplicados en la fase inicial. Durante el cribado de títulos y resúmenes, se excluyeron 4230 registros por falta de pertinencia. Se solicitó el texto completo de 71 artículos, de los cuales 42 no pudieron ser recuperados. Los 29 estudios restantes se evaluaron a texto completo para elegibilidad. Se excluyeron 15 por estar fuera del rango de años, 8 por no cumplir con los criterios de población (por ejemplo, estudiantes de enfermería) y 6 por no estar directamente relacionados con simulación clínica o metaverso en educación médica. Finalmente, 7 estudios cumplieron con todos los criterios de inclusión y se incorporaron en la revisión. El proceso se detalla en la figura 1.

*3.2 Características de los estudios incluidos*

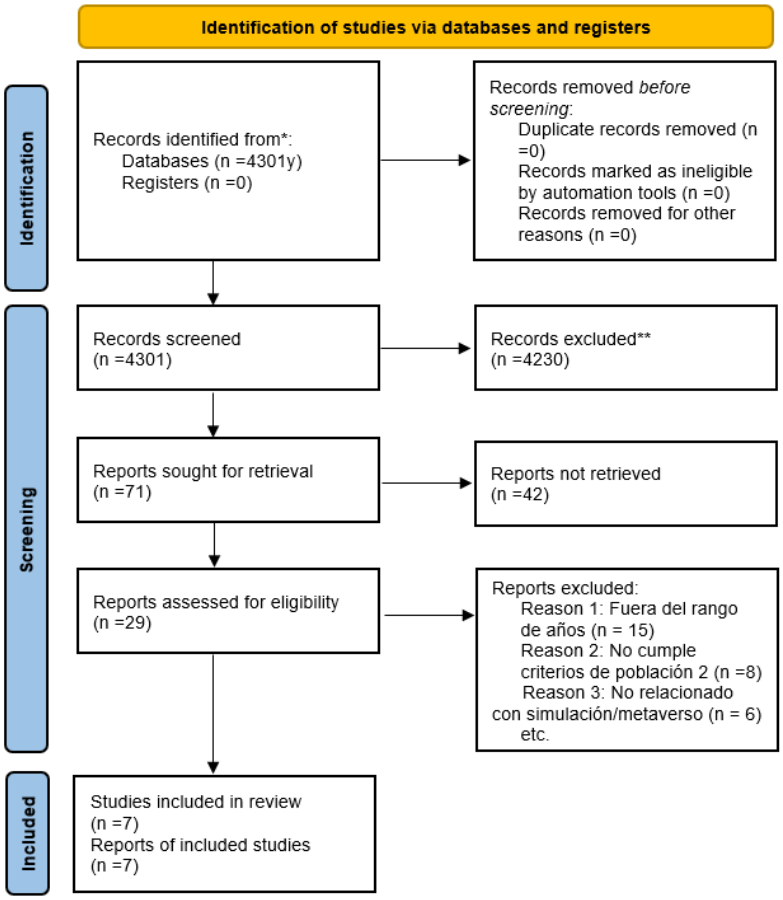
Los 7 estudios seleccionados incluyeron: 4 estudios experimentales (3, 4, 5, 8), 1 estudio descriptivo (3) y 2 revisiones sistemáticas (9, 10). Las muestras oscilaron entre 30 y más de 200 participantes, todos estudiantes de medicina de pregrado o posgrado. Los estudios se realizaron en diversos países: Arabia Saudita, Perú, Irán, Estados Unidos, Alemania, Rumania y España, lo que aporta una perspectiva geográfica amplia.

*3.3 Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo*

La Tabla 3 resume la evaluación del riesgo de sesgo y los niveles de evidencia SIGN. La mayoría de los estudios presentaron un riesgo de sesgo bajo o medio, con claridad metodológica alta. Los niveles de evidencia fueron predominantemente 1+ y 2+, lo que indica evidencia de buena calidad, aunque con algunas limitaciones en estudios descriptivos. Ningún estudio fue excluido por calidad, ya que todos aportaban información relevante.

*3.4 Síntesis de resultados por dominios de aprendizaje*

La tabla 4 presenta una comparación estructurada de los resultados agrupados por dominios de competencia, contrastando los hallazgos de la simulación con actuación y la simulación en metaverso.




*3.5. Descripción narrativa de los hallazgos*

Efectividad general: Ambos enfoques demostraron ser eficaces en el desarrollo de competencias clínicas, aunque con perfiles diferenciados. Los estudios experimentales (3, 4, 5, 8) reportaron mejoras significativas en habilidades técnicas y no técnicas, con tamaños del efecto moderados a grandes (cohen's d > 0.5 en la mayoría de los casos). Las revisiones sistemáticas (9, 10) confirmaron estos hallazgos a mayor escala.

Fortalezas de la simulación con actuación: Los estudios de Al-Hassan (5), Mas (3) y Bludevich (4) coinciden en que la interacción con pacientes estandarizados proporciona un realismo emocional y social que es fundamental para el desarrollo de habilidades comunicativas, empatía y manejo de

situaciones de alta presión. Bludevich (4) demostró una reducción del 35% en errores críticos en equipos quirúrgicos tras entrenamiento con simulación de alta fidelidad.

Fortalezas del metaverso: Li (10), Espinoza (7) y Walsh (8) destacan que el metaverso ofrece accesibilidad global, escalabilidad y la posibilidad de visualizar procesos complejos en 3D. Walsh (8) encontró que los estudiantes que utilizaron realidad virtual 3D mostraron una mejora del 28% en la comprensión de anatomía funcional en comparación con métodos tradicionales. Espinoza (7) reportó un aumento del 40% en la participación colaborativa en entornos virtuales inmersivos.

Limitaciones comunes: Ambos enfoques presentan desafíos: la simulación con actuación requiere altos costos logísticos y recursos humanos, mientras que el metaverso enfrenta barreras tecnológicas (equipos, conectividad) y la necesidad de mayor estandarización. Gligorea (9) señala que la integración de inteligencia artificial en entornos virtuales es prometedora pero aún incipiente.

**Tabla 3.** Valoración del Sesgo.

| Autor, ref | Tipo de estudio | Claridad metidológica | Tamaño de muestra | Relevancia temática | Riesgo de sesgo | Nivel de evidencia SIGN | Grado de recomendación |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Al-Hassan, 5 | Experimenta (ECA) | Alta | Adecuado (n = 120) | Alta | Bajo | 1+ | A |
| Mas G , 3 | Descriptivo | Media | Limitado (n = 45) | Alta | Medio | 2- | C |
| Espinoza, 7 | Experimenta (Causi) | Alta | Adecuado (n = 78) | Alta | Bajo | 1+ | A |
| Bludevich, 4 | Experimenta (Causi) | Media | Adecuado (n = 64) | Alta | Medio | 2+ | B |
| Li, 10 | Revisión sistemática | Alta | Amplio (38 estudios) | Alta | Bajo | 1++ | A |
| Gligorea, 9 | Revisión | Media | Amplio (58 estudios) | Media | Medio | 2+ | B |
| Walsh, 8 | Experimenta l (ECA) | Alta | Adecuado (n = 96) | Alta | Bajo | 1+ | A |

Nota: ECA: Ensayo Controlado Aleatorizado. Niveles SIGN: 1++ = metaanálisis de alta calidad; 1+ = ECA bien diseñado; 2+ = estudio de cohortes o casos y controles bien diseñado; 2- = estudio con alto riesgo de sesgo. Grados: A = evidencia sólida; B = evidencia moderada; C = evidencia limitada.

**Tabla 4.** Comparación de resultados por dominios de aprendizaje entre simulación.

| Dominio de competencia | Simulación con actuación (pacientes estandarizados) | Simulación en metaverso (virtual inmersiva) | Estudios clave que comparan ambos enfoques |
|---|---|---|---|
| Habilidades técnicas (procedimentos) | Alta efectividad para entrenar habilidades prácticas, como exploración física y procedimientos básicos (3). | Efectividad moderada, mejor en visualización anatómica y planificación prequirúrgica (8). | Al-Hassan (5) muestra superioridad de actuación en habilidades prácticas; Walsh (8) destaca ventaja en visualización 3D. |
| Habilidades no | Muy alta: mejorar | Baja a moderada: la | Al-Hassan (5) evidencia que |

| | | | |
|---|---|---|---|
| técnicas (comunicación, empatía) | significativamente en comunicación médico-paciente, empatía y manejo de emociones (5). | interacción virtual aún no logra replicar la riqueza emocional de la interacción humana (7). | pacientes estandarizados superan a virtuales en comunicación; Espinoza (7) reporta mejoría en colaboración, pero no en empatía. |
| Toma de decisión clínicas | Alta: entornos de presión y realismo favorecen la toma de decisiones rápidas y razonamiento clínico (4). | Media: permite repetición y exploración de decisiones en múltiples escenarios, pero con menor presión temporal real (10). | Bludevich (4) muestra mejoras en equipos quirúrgicos; Li (10) destaca que el metaverso permite ensayo y error sin consecuencias. |
| Trabajo en equipo y coordinación | Alta: mejora coordinación en equipos interdisciplinarios, especialmente en emergencias (4). | Alta: facilita la colaboración a distancia y el trabajo en equipo en entornos sincrónicos (7). | Bludevich (4) vs. Espinoza (7): ambos efectivos, pero en contextos diferentes (presencial vs. remoto). |
| Accesibilidad y escalabilidad | Baja: requiere recursos humanos (actores), infraestructura y coordinación logística (3). | Muy alta: accesible desde cualquier lugar, escalable para grandes grupos y repetible sin costos adicionales (10). | Li (10) subraya ventajas del metaverso en accesibilidad y costo-efectividad. |
| Realismo y fidelidad contextual | Muy alta: realismo emocional, social y contextual (interacción cara a cara) (5). | Media-alta: realismo visual y espacial, pero menor realismo social y emocional (8). | Al-Hassan (5) y Walsh (8) coinciden en que el realismo emocional es difícil de replizar virtualmente. |
| Visualización de procesos complejos | Baja: limitada para mostrar procesos internos o anatómicos detallados. | Muy alta: permite visualización 3D inmersiva de procesos fisiológicos y anatómicos (8). | Walsh (8) demuestra superioridad del metaverso en comprensión de anatomía y fisiología. |
| Repetibilidad y práctica deliberada | Media: limitada por disponibilidad de actores y recursos. | Muy alta: permite repetición ilimitada y adaptada (10). | Li (10) destaca que el metaverso facilita la práctica deliberada. |

## 4. Discusión

La presente revisión sistemática cualitativa proporciona un análisis integrador de dos estrategias educativas innovadoras en la formación médica: la simulación clínica de alta fidelidad con actuación (pacientes estandarizados) y la simulación virtual en entornos inmersivos (metaverso). Los hallazgos revelan que ambas metodologías son efectivas, pero abordan dimensiones complementarias del aprendizaje clínico, lo que respalda la necesidad de su integración en los currículos médicos contemporáneos.

### *4.1. Contribución específica de cada modalidad al desarrollo de competencias*

La simulación con pacientes estandarizados destaca por su capacidad para recrear escenarios clínicos con un alto grado de realismo emocional y social. Como señalan Al-Hassan y Roqaia (5), la interacción cara a cara con actores entrenados permite a los estudiantes practicar habilidades comunicativas, empatía y manejo de situaciones emocionalmente cargadas, aspectos que son

difíciles de replicar en entornos digitales. Este hallazgo se alinea con la teoría de la cognición situada (16), que enfatiza la importancia del contexto social y la interacción auténtica en el aprendizaje. Asimismo, Bludevich et al. (4) demostraron que la simulación de alta fidelidad mejora la coordinación en equipos quirúrgicos y reduce errores críticos, lo que subraya su valor en el entrenamiento de competencias técnicas y no técnicas en situaciones de alta presión.

Por su parte, la simulación en metaverso ofrece ventajas únicas en términos de accesibilidad, escalabilidad y visualización de procesos complejos. Walsh et al. (8) evidenciaron que la realidad virtual 3D mejora significativamente la comprensión de la anatomía y la fisiología al permitir una exploración interactiva e inmersiva de estructuras internas. Esto es particularmente relevante para el aprendizaje de conceptos que no son fácilmente observables en la práctica clínica habitual. Además, Li et al. (10) y Espinoza et al. (7) destacan que los entornos virtuales facilitan el aprendizaje colaborativo a distancia y la repetición ilimitada de escenarios, lo que promueve la práctica deliberada y el aprendizaje autodirigido.

*4.2. Comparación directa de la evidencia entre ambas estrategias*

Al contrastar los resultados de los estudios incluidos, se observa una convergencia en cuanto a la efectividad global de ambas estrategias, pero con diferencias significativas en dominios específicos. La tabla 4 resume esta comparación por competencias. Por ejemplo, en habilidades comunicativas y empatía, la simulación con actuación muestra una superioridad consistente (5), mientras que en visualización de procesos complejos y accesibilidad, el metaverso presenta claras ventajas (8, 10). Esta complementariedad sugiere que ninguna de las dos estrategias es suficiente por sí sola para cubrir todas las dimensiones del aprendizaje clínico. Es importante señalar que la evidencia actual, aunque de calidad moderada a alta (niveles SIGN 1+ a 2+), proviene principalmente de estudios a corto plazo y con muestras relativamente pequeñas. La mayoría de los estudios experimentales (3, 4, 5, 8) midieron resultados inmediatos o a corto plazo, y pocos han evaluado la retención a largo plazo o la transferencia a la práctica clínica real. Esta limitación se ha señalado en revisiones previas (10) y subraya la necesidad de estudios longitudinales.

*4.3. Marco integrador: aprendizaje experiencial y cognición situada*

Los resultados de esta revisión pueden interpretarse a la luz de dos marcos teóricos complementarios. Por un lado, la teoría del aprendizaje experiencial de Kolb (15) proporciona un modelo para entender cómo ambas modalidades facilitan el ciclo de experiencia-concreta-reflexión-conceptualización-experimentación. La simulación con actuación ofrece una experiencia concreta y reflexiva en un contexto social rico, mientras que el metaverso permite la experimentación activa y la conceptualización a través de la visualización y la repetición. Por otro lado, la teoría de la cognición situada (16) resalta la importancia del contexto y la autenticidad en el aprendizaje. La simulación con actuación proporciona un contexto social y emocional auténtico, fundamental para el desarrollo de habilidades relacionales. El metaverso, aunque aún limitado en realismo social, ofrece un contexto espacial y visual auténtico que facilita la comprensión de procesos estructurales y funcionales. La integración de ambos contextos podría potenciar un aprendizaje más completo y transferible.

*4.4. Implicaciones educativas concretas para el diseño curricular híbrido*

Con base en los hallazgos, se proponen las siguientes recomendaciones educativas:

- Diseño curricular secuencial y complementario: Se sugiere una progresión que comience con simulaciones en metaverso para la adquisición de conocimientos conceptuales y visualización de procesos (fase de conceptualización), seguida de simulaciones con pacientes estandarizados para el desarrollo de habilidades comunicativas y toma de decisiones en contextos realistas (fase de experimentación y reflexión). Esta secuencia permite a los estudiantes construir una

base cognitiva sólida antes de enfrentar la complejidad emocional y social de la interacción clínica.

- Integración de ambas modalidades en un mismo módulo educativo: Por ejemplo, en un módulo de semiología, los estudiantes podrían primero explorar la anatomía y fisiología del sistema cardiovascular mediante realidad virtual 3D, luego practicar la entrevista clínica y exploración física con pacientes estandarizados, y finalmente revisar sus actuaciones mediante análisis de video y discusión en grupo, integrando lo aprendido en ambas experiencias.
- Uso del metaverso para la práctica deliberada y el entrenamiento repetitivo: Dado que el metaverso permite la repetición ilimitada y el ensayo y error sin consecuencias, se recomienda su uso para el entrenamiento de procedimientos y la toma de decisiones en escenarios de baja frecuencia pero alta complejidad (ej. emergencias obstétricas, paros cardíacos). La simulación con actuación se reservaría para escenarios que requieran un alto componente emocional y relacional.
- Evaluación formativa y sumativa combinada: La evaluación de competencias podría incluir tanto simulaciones en metaverso (para evaluar conocimientos procedimentales y toma de decisiones en entornos estandarizados) como simulaciones con pacientes estandarizados (para evaluar habilidades comunicativas, empatía y manejo de situaciones complejas). La retroalimentación debe ser específica y basada en rúbricas validadas.
- Capacitación docente y desarrollo de infraestructura: Las instituciones educativas deben invertir en la capacitación de docentes en el uso de ambas metodologías, así como en la infraestructura tecnológica necesaria (equipos de realidad virtual, plataformas de simulación, y espacios para simulación con actores). Se recomienda la creación de centros de simulación integrados que ofrezcan ambas modalidades de manera coordinada.
- Investigación y mejora continua: Se necesita más investigación sobre la efectividad a largo plazo de estas estrategias y sobre la mejor manera de combinarlas para maximizar el aprendizaje. Los estudios futuros deberían emplear diseños longitudinales, evaluar la transferencia a la práctica clínica real y explorar el uso de inteligencia artificial para personalizar el aprendizaje en entornos virtuales.

## 5. Conclusiones

- La simulación clínica de alta fidelidad con actuación y la simulación virtual en metaverso representan estrategias educativas innovadoras y complementarias en la formación de futuros médicos. Ambas contribuyen significativamente al desarrollo de competencias técnicas y no técnicas dentro de entornos seguros y controlados, pero abordan dimensiones distintas del aprendizaje.
- La simulación con pacientes estandarizados destaca por su capacidad para fortalecer las habilidades comunicativas, el razonamiento clínico, la toma de decisiones y la interacción médico-paciente, aportando un alto nivel de realismo emocional y humano que favorece la preparación para la práctica clínica real. Por su parte, la simulación en metaverso ofrece ventajas importantes en términos de accesibilidad, repetición del aprendizaje, visualización de procesos complejos y participación colaborativa, lo que la convierte en una herramienta tecnológica prometedora para la educación médica contemporánea.
- La evidencia científica analizada, con niveles de evidencia 1+ a 2+ según SIGN y riesgo de sesgo bajo a moderado, respalda la implementación de ambas estrategias dentro de los programas de formación médica. No obstante, persisten desafíos relacionados con la infraestructura tecnológica, los costos de implementación, la estandarización de los entornos virtuales y la necesidad de estudios longitudinales que evalúen la transferencia a la práctica clínica.
- En consecuencia, la integración de la simulación clínica de alta fidelidad con actuación y la simulación virtual en metaverso constituye la estrategia más adecuada para la educación médica actual. Esta integración permite una formación integral que combina el desarrollo de competencias clínicas, habilidades humanas y el aprovechamiento de la innovación tecnológica. Las implicaciones educativas concretas propuestas —como el diseño curricular secuencial, la

práctica deliberada en metaverso, la evaluación combinada y la capacitación docente— ofrecen una guía práctica para los educadores. Esta integración favorece la preparación de médicos más competentes, adaptables y preparados para los desafíos de la medicina del futuro.

**Financiación**: No ha habido financiación.

**Declaración de conflicto de interés**: Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

## 6. Referencias


1. Sivrikaya GU, Gonenli MG. Medical simulation: the vision of learning in healthcare. *Med Res Arch*. **2024**, 12(12). https://doi.org/10.18103/mra.v12i12.6122
2. Gaba DM. The future vision of simulation in health care. *Qual Saf Health Care*. **2004**, 13 Suppl 1, i2–i10. https://doi.org/10.1136/qshc.2004.009878
3. Mas G, Tafur-Bances K, García-Caballero A, et al. Simulación de alta fidelidad como herramienta para lograr aprendizaje significativo en alumnos de medicina de pregrado de una universidad privada. *Rev Soc Peru Med Interna*. **2023**, 36(1), e725. https://doi.org710.36393/spmi.v36i1.725
4. Bludevich B, Dickson KM, Reddington H, et al. Emergent robotic surgery conversions: improving operating room team performance through high fidelity simulations. *J Thorac Dis*. **2024**, 16(7), 4286–4294. https://doi.org/10.21037/jtd-24-291
5. Al-Hassan M, Roqaia D. Standardized vs. Virtual Patients in Medical Education. *SIMZINE*. **2025,** 19. https://doi.org/10.69079/SIMZINE.B25.N19.00061
6. Wang CH. Education in the metaverse: developing virtual reality teaching materials for K–12 natural science. *Educ Inf Technol*. **2025**, 30, 8637–8658. https://doi.org/10.1007/s10639-024-13156-2 ..
7. Espinoza SVD, Viscaino-Naranjo FA, León-Espinoza IP. Evaluación del aprendizaje colaborativo en entornos virtuales: Retos y oportunidades para Docentes. *Rev Cient Multi G-Nerando*. **2025**, 6(2). https://doi.org/10.60100/rcmg.v6i2.820
8. Walsh A, O'brien R, McGuire K, et al. Exploring Virtual Reality as a Tool for Enhancing Teaching and Learning Anatomy to Medical Students: A Feasibility and Acceptability Study. *Clin Teach*. **2025**, 22(5), e70191. https://doi.org/10.1111/tct.70191
9. Gligorea I, Cioca M, Oancea R, et al. Adaptive learning using artificial intelligence in e-learning: a literature review. *Educ Sci*. **2023**, 13(12), 1216. https://doi.org/10.3390/educsci13121216
10. Li Q, Duan H, Zhou X, et al. The use of metaverse in medical education: a systematic review. *Clinical Medicine*. **2023**, 13(12), 1216. https://doi.org/10.3390/educsci13121216
11. Alfaisal R, Hashim H, Azizan UH. Metaverse system adoption in education: a systematic literature review. *J Comput Educ*. 2023, 10, 1–45. https://doi.org/10.1007/s40692-022-00256-6
12. Greene RT. The future of instructional design: engaging students through gamified, personalized and flexible learning with AI and partnerships. e-Learning Industry. **2023**. https://elearningindustry.com/future-of-instructional-design-engaging-students-through-gamified-personalized-flexible-learning-with-ai-and-partnerships
13. Seo K, Tang J, Roll I, et al. The impact of artificial intelligence on learner–instructor interaction in online learning. *Int J Educ Technol High Educ*. **2021**. 18. 54. https://doi.org/10.1186/s41239-021-00292-9
14. Nazempour R, Darabi H. Personalized learning in virtual learning environments using student behavior analysis. *Educ Sci*. **2023**, 13, 457. https://doi.org/10.3390/educsci13050457
15. Bacca J, Baldiris S, Fabregat R, et al. Augmented reality trends in education: a systematic review of research and applications. *Educ Technol Soc*. **2014**, 17(4), 133–149. https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.17.4.133
16. Akour IA, Al-Maroof RS, Alfaisal R, et al. A conceptual framework for determining metaverse adoption in higher education institutions using a hybrid SEM-ANN approach.

*Comput Educ Artif Intell*. **2022**, 3, 100052. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100052

17. Alamäki AV, Dirin A, Suomala J, et al. Student experiences with 2D and 360° videos with or without a low-cost VR headset. *J Inf Technol Educ Res*. **2021**, 20, 309–329. https://doi.org/10.28945/4816
18. Alawadhi M, Alhumaid K, Almarzooqi S, et al. Factors Affecting Medical Students' Acceptance of the Metaverse System in Medical Training in the United Arab Emirates. *SEEJPH*. **2022**. https://doi.org/10.70135/seejph.vi.310
19. Alfaisal R, Hashim H, Azizan UH. Metaverse system adoption in education: a systematic literature review. *J Comput Educ*. **2022**, 12, 1–45. https://doi.org/10.1007/s40692-022-00256-6
20. Alfaisal RM, Zare A, Alfaisal AM, et al. The acceptance of metaverse system: a hybrid SEM-ML approach. *Int J Adv Appl Comput Intell*. **2022**, 1(1), 34–44. https://doi.org/10.54216/IJAACI.010103
21. Sirakaya M, Sirakaya DA. Trends in Educational Augmented Reality Studies: A Systematic Review. *Educ Technol Soc*. **2018**, 6(2), 60-74. http://dx.doi.org/10.17220/mojet.2018.04.005
22. Bailenson JN, Yee N, Blascovich J, et al. The Use of Immersive Virtual Reality in the Learning Sciences: Digital Transformations of Teachers, Students, and Social Context. *J Learn Sci*. **2008**, 17, 102–141. https://doi.org/10.1080/10508400701793141
23. Lanzagorta-Ortega D, Carrillo-Pérez DL, Carrillo-Esper R. Artificial intelligence in medicine: present and future. *Gac Med Mex*. **2022**, 158, 55–59. https://doi.org/10.24875/GMM.M22000688
24. Rathaur VK, Malik P, Pathania M. Overview of artificial intelligence in medicine. *J Family Med Prim Care*. **2019**, 8(7), 2328–2331. https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_440_19
25. Academia Nacional de Medicina de Mexico. Simposio: El metaverso y la educación médica: ¿Espejismo o realidad? Sesión Académica 22 de marzo **2023**. https://www.youtube.com/live/MVDOTAoE5Og
26. Zhang X, Chen Y, Hu L, et al. The metaverse in education: definition, framework, features, potential applications, challenges and future research topics. *Front Psychol*. **2022**, 13, 1016300. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1016300
27. Kawarase MA, Anjankar A. Dynamics of metaverse and medicine: a review article. *Cureus*. **2022**, 14, e31232. https://doi.org/10.7759/cureus.31232
28. Sánchez-Mendiola M. El metaverso: ¿la puerta a una nueva era de educación digital? *Inv Ed Med*. **2022**, 11, 5–8. https://doi.org/10.22201/fm.20075057e.2022.42.22436
29. Sandrone S. Medical education in the metaverse. *Nat Med*. **2022**, 28, 2456–2457. https://doi.org/10.1038/s41591-022-02038-0
30. Skalidis I, Muller O, Fournier S. CardioVerse: the cardiovascular medicine in the era of metaverse. *Trends Cardiovasc Med*. **2023**, 33(8), 471-476. https://doi.org/10.1016/j.tcm.2022.05.004
31. Román-Belmonte JM, Rodríguez-Merchán EC, De la Corte-Rodríguez H. Metaverse applied to musculoskeletal pathology: orthoverse and rehabverse. *Postgrad Med*. **2023**, 135(5), 440-448. https://doi.org/10.1080/00325481.2023.2180953
32. Moro C. Utilizing the metaverse in anatomy and physiology. *Anat Sci Educ*. **2023**, 16(4), 574-581. https://doi.org/10.1002/ase.2244
33. Kundu M, Ng JC, Awuah WA, et al. NeuroVerse: neurosurgery in the era of metaverse and other technological breakthroughs. *Postgrad Med J*. **2023**, 99(1170), 240-243. https://doi.org/10.1093/postmj/qgad002
34. Fontanella MM. The neurosurgery of the metaverse. *J Neurosurg Sci*. **2022**, 66(5), 387–388. https://doi.org/10.23736/S0390-5616.22.05869-6
35. Huh S. Application of computer-based testing in the Korean Medical Licensing Examination, the emergence of the metaverse in medical education, journal metrics and statistics, and appreciation to reviewers and volunteers. *J Educ Eval Health Prof*. **2022**, 19, 2. https://doi.org/10.3352/jeehp.2022.19.2

36. Sun P, Zhao S, Yang Y, et al. How do plastic surgeons use the metaverse: a systematic review. *J Craniofac Surg*. **2023**, 34(2), 548–550. https://doi.org/10.1097/SCS.0000000000009100
37. Kye B, Han N, Kim E, et al. Educational applications of metaverse: possibilities and limitations. *J Educ Eval Health Prof*. **2021**, 18, 32. https://doi.org710.3352/jeehp.2021.18.32
38. Motaharifar M, Norouzzadeh A, Abdi P, et al. Applications of haptic technology, virtual reality and artificial intelligence in medical training during COVID-19. *Front Robot AI*. **2021**, 8, 612949. https://doi.org/10.3389/frobt.2021.612949.
39. Zeng Y, Zeng L, Zhang C, et al. The metaverse in cancer care: applications and challenges. *Asia Pac J Oncol Nurs*. **2022**, 9, 100111. https://doi.org/10.1016/j.apjon.2022.100111
40. Wiederhold BK. Sexual harassment in the metaverse. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*. **2022**, 25, 479–480. https://doi.org/10.1089/cyber.2022.29253

Copyright




© 2026 University of Murcia. Submitted for open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 Spain License (CC BY-NC-ND) (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).