



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR

CARRERA DE MEDICINA

**“REALIDAD VIRTUAL EN LA SIMULACIÓN DE
PROCEDIMIENTOS MÉDICOS”**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE MÉDICO**

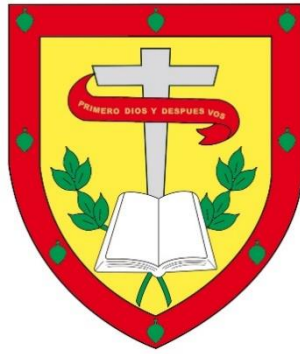
AUTOR: JOSSELYNE ADRIANA CUEVA ORDOÑEZ

DIRECTOR: ING. SILVIA XIMENA VINUEZA MORALES

CUENCA - ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR

CARRERA DE MEDICINA

**“REALIDAD VIRTUAL EN LA SIMULACIÓN DE
PROCEDIMIENTOS MÉDICOS”**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE MÉDICO**

AUTOR: JOSSELYNE ADRIANA CUEVA ORDOÑEZ

DIRECTOR: ING. SILVIA XIMENA VINUEZA MORALES

CUENCA - ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Josselyne Adriana Cueva Ordoñez portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **1900684885**. Declaro ser el autor de la obra: “**Realidad virtual en la simulación de procedimientos médicos**”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 03 de julio de 2024

F:


Josselyne Adriana Cueva Ordoñez

C.I. 1900684885

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR / TUTOR

Certifico que el presente trabajo denominado " **Realidad virtual en la simulación de procedimientos médicos** " realizado por **Josselyne Adriana Cueva Ordoñez** con documento de identidad No. **1900684885**, previo a la obtención del título profesional de Médico, ha sido asesorado, supervisado y desarrollado bajo mi tutoría en todo su proceso, cumpliendo con la reglamentación pertinente que exige la Universidad Católica de Cuenca y los requisitos que determina la investigación científica.

Cuenca, 03 de julio de 2024

F: 

Ing. Silvia Ximena Vinueza Morales

DIRECTOR / TUTOR

DEDICATORIA

Dedico mi tesis a Dios por acompañarme en cada paso y en cada una de mis decisiones, a mis padrinos Nidia y Ramiro que con su sabiduría, amor y cariño me han guiado a lo largo de este sendero, a mi hermana María por su acompañamiento incondicional a lo largo de estos años, por sus palabras de motivación en los momentos de dificultad, su paciencia sus abrazos y alegrías. Este logro es nuestro porque juntas hemos superado cada obstáculo y celebrado cada logro.

AGRADECIMIENTO

A mi directora de tesis, Ing. Silvia Vinueza por guiarme a lo largo de la elaboración de este trabajo, sus consejos e ideas fueron de gran ayuda en los momentos en que sentía fallecer. Usted forma parte de los docentes que enseña con entusiasmo y entrega. Muchas gracias por sus correcciones, sugerencias y orientación.

A cada uno de los docentes que me formaron a lo largo de estos 5 años, pero principalmente aquellos docentes que me inspiraron, gracias por su conocimiento, paciencia y carisma, sembraron en mí el espíritu del aprendizaje y la constancia.

A mis padres Marco y Sonia por su respaldo firme y su esfuerzo, gracias a su sacrificio y constancia hoy que culmino mis estudios, les dedico a ustedes este logro. A su vez quiero agradecer a lo mejor que la vida me pudo regalar mis padrinos, gracias por sus consejos, enseñanzas y por motivarme a lo largo de este camino, ustedes han sido una fuente de inspiración y coraje, me han enseñado a superar las dificultades, gracias por ayudarme a transitar la vida. Me siento afortunada por tenerlos, gracias, por tanto.

A mis hermanos María, Mafer, Diego y Carlos. Gracias por su paciencia y apoyo incondicional, por ser mis cómplices de vida y mi fuente de inspiración, por hacerme reír con sus ocurrencias y por ser un ejemplo de superación y constancia.

A los grandes amigos y colegas que me ha brindado esta carrera, hoy termina esta aventura que un día empezamos sin saber que 10 ciclos después la culminaríamos juntos, gracias por alegrar mis días, por esas tardes llenas de risas y estudio, por motivarme hacer una mejor persona y profesional. Aprendí mucho de ustedes y con orgullo puedo decir que me siento feliz de ser su amiga. Gracias por su amistad.

RESUMEN

Introducción: En la actualidad la realidad virtual desempeña un rol fundamental en la simulación de procedimientos médicos al proporcionar una experiencia inmersiva y realista, donde esta herramienta puede contribuir en la mejora continua de las habilidades del personal de la salud con la práctica activa sin poner en riesgo el bienestar del paciente. Por lo que, el objetivo del presente trabajo es, determinar las aplicaciones clínicas de la realidad virtual en la simulación de procedimientos médicos.

Revisión Bibliográfica: Con el surgimiento de la tecnología, la realidad virtual ha tenido un papel fundamental. Permite a los usuarios interactuar y adentrarse en un entorno virtual que incorpora objetos tridimensionales junto con elementos auditivos, visuales y hápticos, facilita la interacción del usuario con pacientes simulados sin poner en riesgo el bienestar de mismo, en el área médica su implementación en cursos de anatomía macroscópica, soporte vital avanzado, suturas, uso de otoscopio y ultrasonido ha mejorado significativamente la adquisición de habilidades.

Conclusiones: Las aplicaciones clínicas de la realidad virtual en la simulación de procedimientos médicos son diversas y depende del área en la cual se desarrolle. Los diversos estudios demuestran beneficios en la retención de conocimiento, dominio de habilidades y desenvolvimiento, a su vez en la práctica clínico quirúrgica donde se presencia una mejora en suturas, nudos y lectura de estudios combinado con la retroalimentación del docente han demostrado un aprendizaje significativo por ende garantiza el desarrollo de futuros médicos con un alto nivel académico y humanístico.

Palabras clave: educación médica, realidad virtual, realidad virtual didáctica, realidad virtual educativa.

ABSTRACT

Introduction: Nowadays, virtual reality plays a fundamental role in the simulation of medical procedures by providing an immersive and realistic experience. This tool can contribute to the continuous improvement of healthcare personnel's skills through active practice without compromising the patient's well-being. Thus, this work aims to determine the clinical applications of virtual reality in the simulation of medical procedures.

Literature Review: With the emergence of technology, virtual reality has played a fundamental role. It allows users to interact and immerse themselves into a virtual environment that incorporates three-dimensional objects and auditory, visual, and haptic elements, facilitating user interaction with simulated patients without risking their well-being. In the medical field, its implementation in courses on macroscopic anatomy, advanced life support, sutures, use of otoscopes, and ultrasound has significantly improved the acquisition of skills.

Conclusion: The clinical applications of virtual reality in the simulation of medical procedures are diverse and depend on the field in which they are performed. Various studies have demonstrated benefits in knowledge retention, skill mastery, and performance. In clinical surgical practice, improvements in suturing, knot tying, and study interpretation, combined with teacher feedback, have shown significant learning. Thus, ensuring the development of future physicians with a high academic and humanistic level.

Keywords: medical education, virtual reality, didactic virtual reality, educational virtual reality.

ÍNDICE

RESUMEN	7
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN	10
METODOLOGÍA.....	11
MARCO TEÓRICO.....	13
CONCEPTUALIZACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS MÉDICOS	13
CONCEPTUALIZACIÓN DE LA REALIDAD VIRTUAL (RV)	13
REALIDAD VIRTUAL Y SIMULACIÓN	14
PAPEL DE LA REALIDAD VIRTUAL EN LA FORMACIÓN MEDICA	15
VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PROGRAMAS DE SIMULACIÓN MEDICA	16
CONCLUSIONES	19
BIBLIOGRAFÍA.....	20
ANEXOS	24

INTRODUCCIÓN

La realidad virtual ha revolucionado diversos ámbitos, entre ellos, la medicina. Esta tecnología inmersiva permite crear entornos virtuales interactivos que simulan la realidad y proporcionan una experiencia sensorial completa (1). En un estudio realizado por Sultán et al. (2), las puntuaciones de retención de conocimientos y adquisición de habilidades mejoraron después de una capacitación en video. George et al. (3), en su estudio determinó que los residentes de cirugía general de Estados Unidos de América, no están preparados para realizar procedimientos básicos de forma independiente al finalizar su formación académica, para abordar este déficit el Consejo de Acreditación para la Educación Médica de Posgrado aplicó un nuevo “Sistema de Acreditación”, que incluye programas estandarizados de simulación quirúrgica con objetivos específicos.

En cuanto al progreso de la tecnología en el contexto de la medicina, un estudio realizado por Bissonnette et al. (4), concluyó que la inteligencia artificial definió nuevas métricas del rendimiento quirúrgico. Ros et al. (5), en su estudio denominado “Aplicación de un tutorial inmersivo en la realidad virtual al aprendizaje de una nueva técnica”, proporciona evidencia de que la utilización de la realidad virtual inmersiva ofrece sustancialmente un escenario que se parece mucho a la realidad.

No obstante, existen limitantes que dificultan el funcionamiento efectivo de la realidad virtual en América Latina, como por ejemplo la disparidad en la accesibilidad a internet, así como la disponibilidad de los aparatos tecnológicos apropiados. En países como Perú, se ha introducido programas y dispositivos en pro de la medicina y la biotecnología, sin embargo, se resalta la escasez de recursos y el acceso limitado. En Ecuador, los programas de simulación no han presentado un avance significativo, existe una disparidad regional y aún persisten sectores ajenos al desarrollo tecnológico aplicado a la medicina (6).

Por lo expuesto, se destaca la necesidad de abordar las brechas en la educación médica, donde la ausencia de experiencias prácticas de alta calidad representa un desafío persistente. La realidad virtual se presenta como una solución prometedora; no obstante, es imperativo evaluar su eficacia en la instrucción y adquisición de procedimientos médicos e indagar si la implementación de esta tecnología puede mejorar los resultados clínicos y garantizar la seguridad de los pacientes. Por lo cual, el estudio busca dar respuesta al siguiente cuestionamiento de investigación: ¿Cuáles son las aplicaciones clínicas de la realidad virtual en la simulación de procedimientos médicos?

METODOLOGÍA

Se realizó una búsqueda bibliográfica entre octubre y noviembre 2023 en los siguientes buscadores: SCOPUS, WoS y PubMed, las palabras clave empleadas de acuerdo a los términos de búsqueda según DeCS fueron: realidad virtual, realidad virtual didáctica, realidad virtual educativa, realidades virtuales, realidades virtuales didácticas, realidades virtuales educativas, educación médica; y los MeSH: virtual reality, educational virtual realities, educational virtual reality, instructional virtual realities, instructional virtual reality, education, medical, medical education.

A continuación, para construir las cadenas de búsqueda se emplearon los operadores booleanos “AND” y “OR” y los parámetros de búsqueda propios de cada base de datos (Tabla 1):

Tabla 1: Cadena de búsqueda

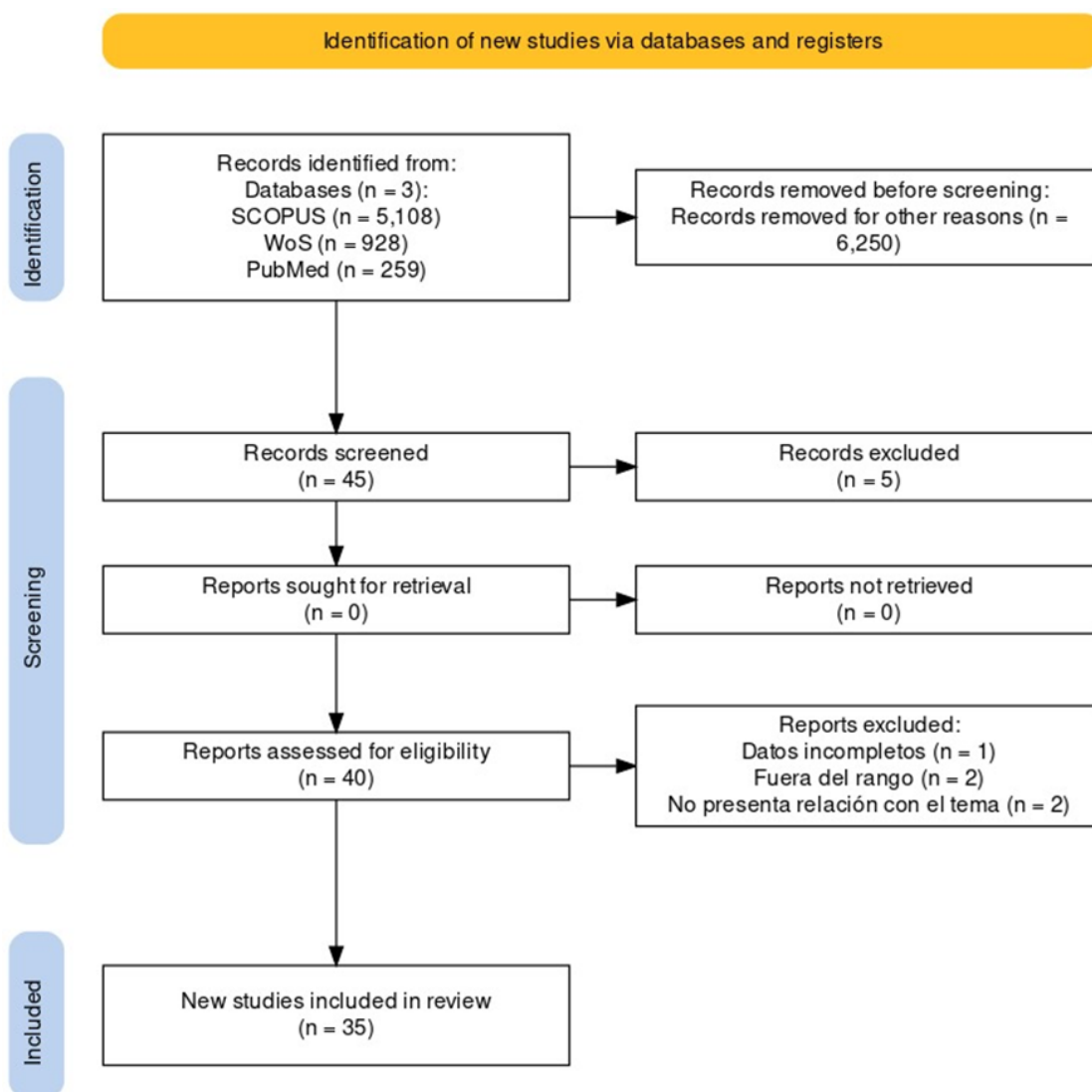
Base de datos	Cadena de búsqueda
SCOPUS	TITLE-ABS-KEY (("virtual reality" OR "educational virtual realities" OR "educational virtual reality" OR "instructional virtual realities" OR "instructional virtual reality" OR "realidad virtual") AND ("education, medical" OR "medical education"))
WoS	TS= ("virtual reality" OR "educational virtual realities" OR "educational virtual reality" OR "instructional virtual realities" OR "instructional virtual reality") AND ("education, medical" or "medical education"))
PubMed	("virtual reality"[Mesh] OR "educational virtual realities"[Mesh] OR "educational virtual reality"[Mesh] OR "instructional virtual realities"[Mesh] OR "instructional virtual reality"[Mesh] AND ("education, medical"[Mesh] OR "medical education"[Mesh])).

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvieron un total de 6295 artículos a los cuales se consideraron los siguientes criterios de inclusión: artículos completos gratuitos y de pago, artículos sin restricción de idioma, artículos publicados en los últimos 5 años, artículos tipo revisiones sistemáticas, metaanálisis, estudios aleatorios controlados.

Obteniendo un total de 45 artículos, se procedió con el análisis de los títulos y resumen de cada uno de los estudios, excluyéndose 5 artículos por no estar de acuerdo al objetivo de investigación. Consiguiendo 40 estudios, de los cuales se realizó una lectura completa y se excluyó 1 por presentar datos incompletos, 2 por encontrarse fuera de rango y 2 por no presentar relación con el tema. Incluyéndose finalmente 35 artículos de calidad en la presente revisión bibliográfica.

Figura 1: Diagrama de flujo del proceso de búsqueda



Fuente: Elaboración propia con base en: estech.shinyapps.io/prisma_flowdiagram/

MARCO TEÓRICO

CONCEPTUALIZACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS MÉDICOS

Los procedimientos médicos abarcan una variedad de intervenciones que efectúan los profesionales de la salud para diagnosticar, tratar o controlar diversas afecciones médicas, estos pueden ser mínimamente invasivas, como los procedimientos de radiología y cardiología intervencionistas, u otras que pueden resultar cirugías más complejas (7). Además, para dichos procedimientos, la implementación de protocolos y pautas juegan un pilar fundamental en la atención al paciente y el aseguramiento de calidad. Es crucial que los médicos en prácticas reciban formación procesal para adquirir la confianza y la competencia necesarias para llevar a cabo estas intervenciones (8).

Los procedimientos médico-quirúrgicos, que implican intervenciones quirúrgicas, son un subconjunto de los procedimientos médicos que se emplean en la medicina moderna para diagnosticar, tratar o controlar una amplia gama de afecciones médicas. Estos procedimientos abarcan varios campos, como la obstetricia y la ginecología, la ortopedia y la traumatología, la cirugía general, la cirugía plástica, reconstructiva y estética, así como los procedimientos menores realizados en atención primaria (8).

La selección de un procedimiento quirúrgico específico depende de diversas situaciones como de la afección a tratar, los factores que lo acompañan y el resultado deseado. Los procedimientos quirúrgicos pueden abarcar desde cirugías importantes, como las cesáreas y la apendicectomía, hasta procedimientos menores, como la extirpación de lesiones cutáneas y la punción desencadenante (9).

CONCEPTUALIZACIÓN DE LA REALIDAD VIRTUAL (RV)

La realidad virtual (VR por sus siglas en inglés) se refiere a una ciencia de simulación que utiliza ordenadores para instaurar un entorno virtual interactivo e inmersivo, al incorporar objetos tridimensionales junto con elementos auditivos y visuales, logrando generar efectos realistas, permitiendo a los usuarios tener la sensación de estar presentes en un mundo virtual (10).

En el ámbito de la educación, la realidad virtual ha demostrado ser muy eficaz, ya que permite a los usuarios observar objetos y fenómenos desde diversas perspectivas dentro de un dominio virtual (10). La realidad virtual es una “interfaz de usuario avanzada” con

propiedades que incluyen visualización y movimiento en un contexto tridimensional e interrelación con componentes de este entorno en tiempo real, permitiendo que la experiencia del usuario de interacción con el mundo real sea captada por los estímulos de los sentidos humanos (11).

En esencia, la realidad virtual (VR) es una tecnología de simulación avanzada basada en computadoras que permite a los usuarios interactuar y adentrarse en un entorno virtual que incorpora objetos tridimensionales junto con elementos auditivos, visuales y hápticos, sirve como una interfaz que facilita la interacción del usuario con entornos generados por computadora o entidades que no existen físicamente, ofreciendo así un reino tridimensional creíble e interactivo. Esto permite a los usuarios participar en experiencias que se parecen mucho a las que se encuentran en día a día en la realidad (12).

REALIDAD VIRTUAL Y SIMULACIÓN

En 1950 se pensaba que el tiempo estimado para duplicar el conocimiento médico era de aproximadamente 50 años, mientras que el 2020 dicho tiempo se reduciría a 73 días (4). Para mantener el ritmo, el crecimiento abrupto de información y los desafíos que presenta la atención sanitaria las nuevas tecnologías juegan un papel tanto en el aspecto social del profesional como los cambios en el entorno sanitario que se consideran herramientas de apoyo prometedoras (11).

El génesis de los simuladores en el ámbito sanitario empieza con el noruego Asmund Laerdal cuando elaboró un modelo de reanimación cardiopulmonar denominado “Resusci Anne” para entrenar y estimular habilidades. Las simulaciones en esta área pueden ser básicas como complejas, todo depende del contenido que se esté enseñando (13).

Los simuladores virtuales 3D o 4D son programas (software) que permiten la simulación de la realidad, permitiendo a sus usuarios explorar paulatinamente y progresivamente un escenario tecnológico, tener interacción y retroalimentación automática de la que el alumno puede mejorar su análisis para llegar a una conclusión ganando de esta manera una importante formación (14). Actualmente existen alrededor de 1.430 centros universitarios de formación con simuladores, de los cuales unos 1.000 están en Estados Unidos y Canadá, más de 200 en países europeos, entre ellos Israel (con uno de los centros más importantes), 23 en Sudamérica y 6 en África (15).

La VR y la simulación tienen varios beneficios en el cuidado de la salud. Proporcionan un entorno virtual para la terapia, rehabilitación y educación, mejorando la prestación de servicios médicos y los resultados. Las técnicas basadas en simulación ayudan a comprender los entornos de atención médica, mejorar la atención y los resultados, y probar las intervenciones y los cambios en la infraestructura. La VR en la educación sanitaria permite métodos de enseñanza y aprendizaje actualizados, visualización 3D de los datos de los pacientes y mejores resultados clínicos, también mejora la empatía, el conocimiento y la autoconciencia entre los profesionales de la salud, mejorando su comprensión y conciencia de las experiencias de los paciente (14,15).

PAPEL DE LA REALIDAD VIRTUAL EN LA FORMACIÓN MEDICA

La simulación virtual se realiza en un entorno virtual mediante la simulación de escenarios clínicos generados por una computadora en tres dimensiones, donde se visualizan, manipulan e interactúan diversos elementos. Un ejemplo es The Second Life, un software tridimensional que, a través de avatares (personas digitales creadas y asignadas), recrea cómo luce esa persona en 3-D. Este avatar puede explorar e interactuar con otros usuarios de avatar (16).

Los programas de capacitación simulados optimizan los recursos, especialmente la capacitación y los horarios, mejoran la práctica técnica y reducen el tiempo de capacitación, proporcionando una forma de aprendizaje segura, estandarizada y comprobada para todos los alumnos (17). Estudios realizados por Jeppesen et al. (18), en estudiantes de medicina y enfermería comparó el entrenamiento de equipos utilizando la VR con simulaciones en vivo, de esta manera determinó que el uso de la VR optimiza el entrenamiento mejorando la estabilidad y sostenibilidad de la capacitación.

La Academia de Cirugía (asociación de estudiantes de pregrado del área de la salud de la Pontificia Universidad Católica de Chile (EMPUC) dedicada al desarrollo científico de temas quirúrgicos, en colaboración con docentes de la misma facultad, ha desarrollado un programa innovador de entrenamiento simulado en sutura con el objetivo de adquirir habilidades en el uso de esta herramienta educativa (19).

En el área de emergencia el personal sanitario se enfrenta a diversos escenarios en los que debe realizar pruebas diagnósticas con el fin de determinar la afección del paciente. Un ejemplo de ello es la utilización de la ecografía pulmonar focalizada (FLUS) que tiene

una alta precisión diagnóstica sin embargo es operador dependiente por lo que requiere un pleno conocimiento del manejo, la realidad virtual inmersiva permite al estudiante de medicina o médico mejorar su destreza sin poner en riesgo al paciente (20,21).

Un estudio realizado por Du et al. (17), describió como la introducción de la VR en estudiantes de primer semestre de medicina mejoró significativamente los conocimientos de anatomía. Por otra parte Fazlollahi et al. (22), rescata como la realidad virtual fue una herramienta útil en la pandemia del covid-19, ya que a través de este método se logró una educación interactiva con los estudiantes.

Las enfermedades otológicas son comunes en todos grupos etarios y pueden afectar significativamente la función de este importante órgano sensorial. Para realizar un correcto diagnóstico es fundamental el correcto manejo del otoscopio y una exploración correctamente realizada. Un simulador de realidad virtual podría facilitar la enseñanza de esta habilidad difícil de enseñar (23).

Estudios realizados por Zackoff et al. (24), demuestra que la realidad virtual permite establecer estándares de desempeño objetivos y observables un paso clave para avanzar hacia una educación médica basada en competencias.

La VR desempeña un rol primordial en la educación de los estudiantes del área de salud ya que de esta manera se estimulan las habilidades, se refuerzan los conocimientos teóricos y la relación médico paciente, de esta manera el estudiante de pregrado está preparado para la atención primaria en salud lo que mejora la calidad del sistema de salud y asegura que la atención brindada a los pacientes sea de calidad (25,26).

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PROGRAMAS DE SIMULACIÓN MEDICA

Un estudio realizado por Sultán et al. (2), determinó que los videos de RV 360° para habilidades de comunicación y colaboración mostraron una mejora estadísticamente significativa para los estudiantes de medicina en su retención de conocimientos, adquisición de habilidades y niveles de satisfacción, a su vez menciona que los hallazgos obtenidos de la investigación respaldan la utilización de la realidad virtual como herramienta de aprendizaje para proporcionar un entorno educativo valioso, interactivo y atractivo, apoyando así el aprendizaje experimental. Por lo cual, un video educativo puede

ser tan beneficioso como la supervisión de expertos, lo que implica que valdría la pena desarrollar un video educativo estandarizado (26).

Tabla 2: Principales ventajas y desventajas de los programas de simulación médica

Principales ventajas y desventajas de los programas de simulación médica	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Mejora las habilidades practicas • Refuerza los conocimientos adquiridos • Mejora la autonomía • Mejorar calificaciones • Generar confianza en el estudiante • Mejora el nivel de atención 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo elevado • Problemas en la instalación • Problemas en la infraestructura • Pocas universidades cuentan con programas de simulación

Fuente: Elaboración propia en base a la referencia (26).

Las ventajas de la VR frente a la educación convencional han demostrado grandes beneficios, así lo demuestra Gan et al. (7), en su estudio los estudiantes que utilizaron la realidad virtual presentaban mejor agilidad y confianza en la práctica clínico quirúrgica, a su vez los promedios de este grupo se mantenían altas en aspectos como examen físico, suturas, nudos y lectura de estudios de imagen en relación al grupo que no había utilizado la simulación. En España se resalta el coste de las tecnologías en simulación frente a las tutorías impartidas por instructores para el aprendizaje convencional puesto que este último costaría 16 veces más que la RV (27).

La RV sirve como un instrumento de apoyo en la práctica clínica, puesto que el estudiante puede ingresar el número de veces necesarias e interactuar con el escenario y materiales donde realiza el procedimiento en primera persona de esta manera la retroalimentación es eficaz y permite maximizar la experiencia de aprendizaje (28). A su vez estudios realizados por Huri et al. (29), recomienda que los cursos de soporte vital avanzado (BLS) dictados en ciclos intermedios en capacitación del personal sanitario se considere la integración de la simulación con realidad virtual acompañado de la retroalimentación por el docente.

Por su parte, Balsam et al. (30), en su investigación denominada caracterización de la curva de aprendizaje de un simulador virtual de sutura intracorpórea VBLaST-SS© determinó que el rendimiento de los participantes en la sutura intracorpórea mejoró significativamente después del entrenamiento en ambos sistemas y se mantuvo después de dos semanas sin entrenamiento. Miltykh et al. (31), en su estudio compara el rendimiento del alumno después de entrenar con un simulador laparoscópico, de esta manera determina que los resultados indican un papel importante para la BST laparoscópica Blackbox de baja tecnología y bajo costo de estudiantes en un entorno que de otro modo sería de alta tecnología. Además, la experiencia de los procedimientos Blackbox BST se correlaciona con el desempeño de los estudiantes en el simulador MIST-VR, con algunas diferencias específicas de género (32).

Un análisis desarrollado por Dyer et al. (33), corroboró que la aplicación de disección virtual (DVS) en la instrucción de anatomía macroscópica puede enriquecer la enseñanza teórica, a su vez menciona que la enseñanza convencional complementado con DVS es una alternativa excelente al sistema tradicional por sí solo.

Respecto a las desventajas frente a la realidad virtual podemos decir que la principal limitación es el coste elevado, esto debido a que programas como la caja del entrenador FLS y los instrumentos cuestan \$2770, más \$4,50 por consumibles por prueba de práctica de sutura intracorpórea (34).

El sistema VBLaST-SS© cuesta alrededor de 6.400 dólares por la computadora y los componentes físicos. Las grandes universidades adquieren simuladores que brinda beneficios para sus estudiantes sin embargo, las universidades que se encuentran en fases de desarrollo tienen una gran desventaja frente a estas nuevas tecnologías, por ende, es importante que los gobiernos inviertan más en la educación de los ciudadanos y brinden los instrumentos oportunos para el desarrollo profesional de los estudiantes (35).

CONCLUSIONES

Las aplicaciones clínicas de la realidad virtual en la simulación de procedimientos médicos son diversas y depende del área en la cual se desarrolle. En el presente trabajo se destaca las áreas pre profesionales donde el estudiante de medicina necesita un alto grado de conocimiento teórico y reforzamiento práctico.

Los diversos estudios demuestran ventajas de la realidad virtual en la retención de conocimiento, dominio de habilidades y desenvolvimiento, a su vez en la práctica clínico quirúrgica donde se presencia una mejora en suturas, nudos y lectura de estudios.

Además, la implementación de la realidad virtual en ciclos intermedios donde se aprende anatomía macroscópica y cursos de soporte vital avanzado, han demostrado un aprendizaje significativo. Sin embargo, se debe considerar la brecha económica y tecnológica que juega un papel en contra frente a la implementación de estas nuevas tecnologías en pro del desarrollo de futuros médicos con un alto nivel académico y humanístico.

BIBLIOGRAFÍA

1. Escandell Rico FM, Pérez Fernández L. Virtual reality simulation in the training of nursing students: A systematic review. *Educ Medica*. 2024 1;25(1).
2. Sultan L, Abuznadah W, Al-Jifree H, Khan MA, Alsaywid B, Ashour F. An Experimental Study On Usefulness Of Virtual Reality 360° In Undergraduate Medical Education. *Av en la Educ y la práctica médica*. 2019;10(907–13).
3. George BC, Bohnen JD, Williams RG, Meyerson SL, Schuller MC, Clark MJ, et al. Readiness of US General Surgery Residents for Independent Practice. *Ann Surg*. 2017;266(4):582–94.
4. Bissonnette V, Mirchi N, Ledwos N, Alsidieri G, Winkler-Schwartz A, Del Maestro RF. Artificial Intelligence Distinguishes Surgical Training Levels in a Virtual Reality Spinal Task. *J Bone Joint Surg Am*. 2019;101(23):127.
5. Ros M, Debien B, Cyteval C, Molinari N, Gatto F, Lonjon N. Applying an immersive tutorial in virtual reality to learning a new technique. *Neurochirurgie*. 2020;66(4):212–8.
6. Norrell K, Marasigan J, Bogener J. New Paradigms in Post-Graduate Surgical Education. *Mo Med*. 2017;114(4):278.
7. Gan W, Mok TN, Chen J, She G, Zha Z, Wang H, et al. Researching the application of virtual reality in medical education: one-year follow-up of a randomized trial. *BMC Med Educ*. 2023;23(1):1–12.
8. Liaw SY, Ooi SW, Rusli KD Bin, Lau TC, Tam WWS, Chua WL. Nurse-Physician Communication Team Training in Virtual Reality Versus Live Simulations: Randomized Controlled Trial on Team Communication and Teamwork Attitudes. *J Med Internet Res*. 2020;22(4).
9. Schoeb DS, Schwarz J, Hein S, Schlager D, Pohlmann PF, Frankenschmidt A, et al. Mixed reality for teaching catheter placement to medical students: a randomized single-blinded, prospective trial. *BMC Med Educ*. 2020;20(1).
10. Andersen N, Jensen R, Konge L, Christian L, Falser C, Jacobsen N, et al. Original Contribution IMMERSIVE VIRTUAL REALITY IN BASIC POINT-OF-CARE ULTRASOUND TRAINING: A RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL.

- Ultrasound Med Biol. 2023;49:178–85.
11. Trampuz S. La realidad virtual como recurso educativo en las ciencias. *Econ la salud Apl y política Sanit.* 2023;8(6):634–44.
 12. Larsen JD, Jensen RO, Pietersen PI, Jacobsen N, Falster C, Nielsen AB, et al. Original Contribution EDUCATION IN FOCUSED LUNG ULTRASOUND USING GAMIFIED IMMERSIVE VIRTUAL REALITY: A RANDOMIZED CONTROLLED STUDY. *Ultrasound Med Biol.* 2023;49:841–52.
 13. Mansoor MS, Mohsen Azizi S, Mirhosseini F, Yousefi D, Moradpoor H. A three-arm single blind randomised control trial of naïve medical students performing a shoulder joint clinical examination. *BMC Med Educ.* 2022;22(457).
 14. Daud A, Matoug-Elwerfelli M, Daas H, Zahra D, Ali K. Enhancing learning experiences in pre-clinical restorative dentistry: the impact of virtual reality haptic simulators. *BMC Med Educ.* 2023;23(1):1–11.
 15. Albrecht T, Nikendei C, Praetorius M. Face, Content, and Construct Validity of a Virtual Reality Otoscopy Simulator and Applicability to Medical Training. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2022;166(4):753–9.
 16. Issleib M, Kromer A, Pinnschmidt HO, Süß-Havemann C, Kubitz JC. Virtual reality as a teaching method for resuscitation training in undergraduate first year medical students: a randomized controlled trial. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2021;29(1):1–9.
 17. Du Y-C, Fan S-C, Yang L-C. The impact of multi-person virtual reality competitive learning on anatomy education: a randomized controlled study. *Educ Médica BMC.* 2020;20(343).
 18. Jeppesen UN, Due AS, Mariegaard L, Pinkham A, Vos M, Veling W, et al. Face Your Fears: Virtual reality-based cognitive behavioral therapy (VR-CBT) versus standard CBT for paranoid ideations in patients with schizophrenia spectrum disorders: a randomized clinical trial. *Trials.* 2022;23(1):1–12.
 19. Kudhail K, Thompson J, Mathews V, Morrison B, Hemming K. Randomized controlled trials in patients with COVID-19: a systematic review and critical appraisal. *Int J Infect Dis.* 2022;122:72–80.

20. Feeley AA, Feeley IH, Merghani K, Sheehan E. Surgical Priming Improves Operative Performance in Surgical Trainees: A Crossover Randomized Control Trial. *J Surg Educ.* 2023;80(3):420–7.
21. Pickering JD, Panagiotis A, Ntakakis G, Athanassiou A, Babatsikos E, Bamidis PD. Assessing the difference in learning gain between a mixed reality application and drawing screencasts in neuroanatomy. *Anat Sci Educ.* 2022;15(3):628–35.
22. Fazlollahi AM, Bakhaidar M, Alsayegh A, Yilmaz R. Effect of Artificial Intelligence Tutoring vs Expert Instruction on Learning Simulated Surgical Skills Among Medical Students A Randomized Clinical Trial - Visual Abstract - Multimedia - Supplemental content. *JAMA Netw Open.* 2022;5(2):21.
23. Al-Saud LM, Mushtaq F, Mann RP. Early assessment with a virtual reality haptic simulator predicts performance in clinical practice. *BMJ Stel.* 2020;6:274–8.
24. Zackoff MW, Young D, Sahay RD, Fei L, Real FJ, Guiot A, et al. Establishing Objective Measures of Clinical Competence in Undergraduate Medical Education Through Immersive Virtual Reality. *Acad Pediatr.* 2021;21(3):575–9.
25. Ying Liaw S, Zhi Tan J, Dzakin Bin Rusli K, Ratan R, Zhou W, Lim S, et al. Original Paper Artificial Intelligence Versus Human-Controlled Doctor in Virtual Reality Simulation for Sepsis Team Training: Randomized Controlled Study. *J Med Internet Res.* 2023;25.
26. Lilly J, Kaneshiro KN, Misquith C, Dennett B. The Technology Team at the Ruth Lilly Medical Library, Indiana University (IU), first started exploring virtual reality (VR) in 2016. *J Med Libr Assoc.* 2019;107(4).
27. Han SG, Kim YD, Kong TY, Cho J. Virtual reality-based neurological examination teaching tool(VRNET) versus standardized patient in teaching neurological examinations for the medical students: a randomized, single-blind study. *BMC Med Educ.* 2021;21(1).
28. Umoren R, Bucher S, Hippe DS, Ezenwa BN, Fajolu IB, Okwako FM, et al. Original research: eHBB: a randomised controlled trial of virtual reality or video for neonatal resuscitation refresher training in healthcare workers in resource-scarce settings. *BMJ Open.* 2021;11(8):48.
29. Huri G, Gülşen MR, Karmış EB, Karagüven D. Cadaver versus simulator based

- arthroscopic training in shoulder surgery. *Turkish J Med Sci.* 2021;51(3):1179–90.
30. Balsam P, Borodzicz S, Malesa K, Puchta D, Tymińska A, Ozierański K, et al. OCULUS study: Virtual reality-based education in daily clinical practice. *Cardiol J.* 2019;26(3):260.
 31. Miltykh I, Kafarov ES, Covantsev S, Dadashev AS, Skarlis AA, Zenin OK. A new dimension in medical education: Virtual reality in anatomy during COVID-19 pandemic. *Clin Anat.* 2023;36(7):1007–15.
 32. Syed Abdul S, Upadhyay U, Salcedo D, Lin CW. Virtual reality enhancing medical education and practice: Brief communication. *Digit Heal.* 2022;8.
 33. Dyer E, Swartzlander BJ, Gugliucci MR. Using virtual reality in medical education to teach empathy. *J Med Libr Assoc.* 2018;106(4):498.
 34. Lee E, Baek G. Development and Effects of a Virtual Reality Simulation Nursing Education Program Combined with Clinical Practice Based on an Information Processing Model. *CIN - Comput Informatics Nurs.* 2023;41(12):1016–25.
 35. Mergen M, Meyerheim M, Graf N. PROTOCOL Open Access Reviewing the current state of virtual reality integration in medical education-a scoping review protocol. *Syst Rev.* 2023;12(97).

ANEXOS

Tabla 3. Características bibliométricas de los artículos

Numera ción	Año de publicac ión	Autor	Título del estudio	Nombre de la revista	Cuar til	Inclui do	Exclui do	Motiv os de exclusi ón
1	2023	Escandel l F, Pérez L	Simulación de realidad virtual en la formación de los estudiantes de Enfermería : una revisión sistemática	Educación Médica Elsevier España	Q3	si		
2	2019	Sultan L, Abuznad ah W, Al- Jifree H, Anwar M, Alsaywid B, Ashour F	An experiment al study on usefulness of virtual reality 360° in undergradu ate medical education	Avances en la educación y la práctica médica Reino Unido Dove Medical Press Ltd	Q2	si		
3	2017	George B, Bohnen J, Williams R, Meyerso n S, Shuller M, Clark et al.	Readiness of US General Surgery Residents for Independen t Practice	Anales de cirugía Estados Unidos Lippincott Williams	Q1	si		
4	2019	Bissonntt e V, Mirchi N, Ledwos N	Artificial Intelligence Distinguish es Surgical Training Levels in a Virtual Reality Spinal Task	Journal of Bone and Joint Surgery	Q1	si		
5	2020	Ros M, Debien B, cCyteval C	Applying an immersive tutorial in virtual reality to learning a	Neurochirurgi e France Elsevier Masson	Q2	Si		

			new technique.			
6	2017	Norrel K	New Paradigms in Post- Graduate Surgical Education	Missouri Medicine	Q4	si
7	2020	Liaw S, Ooi S, Rusli K, Lau T, Tam W	Nurse- Physician Communi- cation Team Training in Virtual Reality Versus Live Simulation s: Randomize d Controlled Trial on Team Communi- cation and Teamwork Attitudes.	Revista de investigacion medica en Internet Canada JMIR Publications Inc	Q1	Si
8	2023	Gan W, Monk T, Chen J, Ella G	Investigand o la aplicación de la realidad virtual en la educación médica: seguimient o de un año de un ensayo aleatorizad o	Educación Médica BMC Reino Unido BioMed Central Ltd	Q1	Si
9	2022	Andersen N, Jensen R, Konge L, Laursen C	Realidad virtual inmersiva en el entrenamie nto básico de ultrasonido en el lugar de atención: un ensayo controlado aleatorio	Ultrasonido en Medicina y Biología Estados Unidos	Q1	Si

10	2023	Trampuz, Shirley	La realidad virtual como recurso educativo en las ciencias	Economía de la salud aplicada y política sanitaria	Q1	SI
11	2022	Mansoor y M, Azizi S, Mirhosseini F	Un estudio para investigar la eficacia de la aplicación de la tecnología de realidad virtual en la educación dental	Educación Médica BMC Reino Unido BioMed Central Ltd	Q1	SI
12	2023	Daud A, Elwerfelli M, Dass H	Enhancing learning experiences in pre-clinical restorative dentistry: the impact of virtual reality haptic simulators	Educación Médica BMC Reino Unido BioMed Central Ltd	Q1	Si
13	2021	Issleib M, Kromer A, Pinnschmidt H	La realidad virtual como método de enseñanza para el entrenamiento en reanimación en estudiantes de primer año de medicina: un ensayo controlado aleatorio	Revista escandinava de traumatología, reanimación y medicina de emergencia Reino Unido BioMed Central Ltd	Q1	Si
14	2022	Albrecht T, Nikendei C, Pretorio M	Validez facial, de contenido y de construcción de un simulador	Otorrinolaringología - Cirugía de Cabeza y Cuello Estados Unidos	Q1	Si

			de otoscopia de realidad virtual y aplicabilidad a la formación médica	John Wiley and Sons Inc		
15	2020	Du Y, Chen F, Yang L	El impacto del aprendizaje competitivo de realidad virtual de varias personas en la educación de anatomía: un estudio controlado aleatorio	Educación Médica BMC Reino Unido BioMed Central Ltd	Q1	Si
16	2022	Kudhail K, Thompson J, Mathews V, Morrison B,	La realidad virtual como método de enseñanza para el entrenamiento en reanimación en estudiantes de primer año de medicina durante la pandemia de COVID- 19: un ensayo controlado aleatorio	Educación Médica BMC Reino Unido BioMed Central Ltd	Q1	Si
17	2023	Liaw S, Tan J, Bin K, Ratan R	Inteligencia artificial versus médico controlado por humanos en simulación de realidad virtual para el entrenamiento	Journal of Medical Internet Research Canada JMIR Publication INC	Q1	si

			nto de equipos de sepsis: estudio controlado aleatorio			
18	2022	Mugheed K, Bayraktar N, Bsheish A	Eficacia de la aplicación telefónica de realidad virtual basada en juegos y la educación en línea sobre el conocimiento, la actitud y el cumplimiento de las precauciones estándar entre estudiantes de enfermería	PLOS ONE Biblioteca Pública de Ciencias de los Estados Unidos	Q1	Si
19	2021	Han S, Kong T, Cho J	Herramienta de enseñanza de exámenes neurológicos basada en realidad virtual (VRNET) versus paciente estandarizado en la enseñanza de exámenes neurológicos para estudiantes de medicina: un estudio aleatorizado, simple ciego	Educación Médica BMC Reino Unido BioMed Central Ltd	Q1	Si
20	2020	Umoren R, Bucher	eHBB: un ensayo controlado	Abierto BMJ Reino Unido	Q1	Si

		S, Hippe D, Nkolika B, Bamikepelu I	aleatorio de realidad virtual o vídeo para la capacitación de actualización en reanimación neonatal en trabajadores de la salud en entornos con recursos escasos	Grupo Editorial BMJ		
21	2021	Huri G, Gulsen M, Karmis E, Karaguv en D	Entrenamiento artroscópico basado en cadáver versus simulador en cirugía de hombro	Revista Turca de ciencias médicas Turkey Turkey Klinikleri Journal Of Medical Scienses	Q3	Si
22	2022	Jeppesen U, Due A, Mariegaard L	Face Your Fears: Virtual reality-based cognitive behavioral therapy (VR-CBT) versus standard CBT for paranoid ideations in patients with schizophrenia spectrum disorders: a randomized clinical trial	Ensayos Reino Unido BioMed Central Ltd	Q2	Si
23	2022	Larsen J, Jensen R, Pietersen P	Educación en ultrasonido pulmonar enfocado	Ultrasonido en Medicina y Biología	Q1	Si

			mediante realidad virtual inmersiva gamificada: un estudio controlado aleatorio	Estados Unidos		
24	2023	Feeley A, Feeley I	Surgical Priming Improves Operative Performance in Surgical Trainees: A Crossover Randomized Control Trial	Journal of Surgical Education United States Elsevier Inc	Q1	Si
25	2022	Pickering J, Panagiotis A, Ntakakis G	Evaluación de la diferencia en la ganancia de aprendizaje entre una aplicación de realidad mixta y dibujos de screencasts en neuroanatomía	Educación en Ciencias Anatómicas Estados Unidos John Wiley	Q1	Si
26	2022	Fazlollahi A, Bakhaidar M, Alsayegh A	Efecto de la tutoría con inteligencia artificial frente a la instrucción de expertos en el aprendizaje de habilidades quirúrgicas simuladas entre estudiantes de medicina: un ensayo clínico aleatorizado	Red JAMA abierta Estados Unidos Asociación Médica Americana	Q1	Si

27	2020	Al- Saud L, Mushtaq F, Mann R, Mirghani I	La evaluación temprana con un simulador háptico de realidad virtual predice el desempeño en la práctica clínica	Aprendizaje mejorado de tecnología y simulación BMJ Reino Unido	Q3	Si
28	2022	Syed Abdul S, Upadhya y U, Salcedo D, Lin CW.	La realidad virtual mejora la educación y la práctica médica: breve comunicación	Digital Health United States SAGE Publications	Q2	Si
29	2019	Lilly J, Kaneshir o K, Misquith C, Dennett B	Creando una nueva "realidad" para la educación médica: el Nexus Reality Lab para realidad virtua	Revista de la Asociación de bibliotecas Médicas: JMLA	Q1	Si
30	2023	Lee E, Baek G	Desarrollo y efectos de un programa educativo de enfermería con simulación de realidad virtual combinado con la práctica clínica basado en un modelo de procesamiento de información	CIN – Computadoras Informáticas Enfermería Estados Unidos	Q2	SI

31	2023	Mergen M, Meyerheim M	Revisión del estado actual de la integración de la realidad virtual en la educación médica: un protocolo de revisión del alcance	Systematic Reviews United Kingdom BioMed Central Ltd	Q1	Si	
32	2023	Miltykh I, Kafarov E, Covantsev S	Una nueva dimensión en la educación médica: la realidad virtual en anatomía durante la pandemia de COVID-19	Anatomía Clínica Estados Unidos Wiley- Liss Inc	Q1	Si	
33	2020	Zackoff M, Young D, Sahay R, Fei L, Real F, Guiot A	Establecimiento de medidas objetivas de competencia clínica en la educación médica de pregrado a través de realidad virtual inmersiva	Academic Pediatrics United States Elsevier Inc	Q1	Si	
34	2018	Balsam P, Borodzicz S, Malesa K, Puchta D, Tymínskaja A.	OCULUS study: Virtual reality-based education in daily clinical practice	JAMA Cardiología Estados Unidos Asociación Médica Americana	Q1	Si	
35	2015	Carolan-Rees G, Ray AF	El simulador de entrenamiento de	Ultrasonido Reino Unido	Q3	No	Fuera del rango de tiempo

			realidad virtual por ultrasonido en obstetricia y ginecología ScanTrainer: un modelo de costos para determinar la viabilidad de costos de reemplazar la capacitación clínica con capacitación por simulación	SAGE Publications Ltd			
36	2004	Zito FA, Marzullo F, D'Errico D, Salvatore C, Digirolamo R, Labriola A, Pellecchia A	Tecnología de realidad virtual Quicktime en microscopía óptica para apoyar la educación médica en patología	Patología Moderna Países Bajos Elsevier BV	Q1	No	Fuera del rango de tiempo
37	2019	Cano Porras D, Sharon H, Inzelberg R, Ziv-Ner Y, Zeilig G, Plotnik M	Rehabilitación avanzada del equilibrio y la marcha basada en realidad virtual en la práctica clínica	Avances terapéuticos en enfermedades crónicas Estados Unidos SAGE Publicaciones Inc	Q1	No	No cumple Criterios
38	2016	Viera J, Teixeira MJ	Anatomía virtual y estereoscópica: cuando la realidad virtual se encuentra con la	Revista de neurocirugía Estados Unidos Asociacion Americana de Cirujanos Neurológicos	Q1	No	No cumple Criterios

			educación médica			
39	2018	Dyer E, Swartzlander BJ, Gugliucci MR	Uso de la realidad virtual en la educación médica para enseñar empatía	Revista de la Asociación de Bibliotecas Médicas: JMLA	Q1	Si
40	2020	Alharbi Y, Al- Mansour M, Al- Saffar R, Garman A, Alraddadi A	Three- dimensional Virtual Reality as an Innovative Teaching and Learning Tool for Human Anatomy Courses in Medical Education: A Mixed Methods Study	Revista de neurocirugía Estados Unidos Asociación Americana de Cirujanos Neurológicos	No	No cumple Criterios

Fuente: Elaboración propia

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL
REPOSITORIO INSTITUCIONAL**

Josselyne Adriana Cueva Ordoñez portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **1900684885**. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del Proyecto de Titulación **“Realidad virtual en la simulación de procedimientos médicos”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 03 de julio de 2024

F: 

Josselyne Adriana Cueva Ordoñez

C.I. 1900684885