



## ORIGINAL

# Potenciando la competencia en reanimación cardiopulmonar: evaluación del impacto de la realidad virtual en la formación de estudiantes de Medicina

María Camila Arango-Granados<sup>a,b,\*</sup> y María Teresa Gómez Lozano<sup>c,d</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Emergencias, Fundación Valle del Lili, Cali, Colombia

<sup>b</sup> Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Icesi, Cali, Colombia

<sup>c</sup> Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia

<sup>d</sup> Facultad de Medicina, Universidad Javeriana Bogotá, Bogotá, Colombia

Recibido el 27 de noviembre de 2024; aceptado el 31 de marzo de 2025

Disponible en Internet el 6 de junio de 2025



## PALABRAS CLAVE

Realidad virtual;  
Educación médica;  
Reanimación  
cardiopulmonar;  
Urgencias médicas;  
Enseñanza mediante  
simulación de alta  
fidelidad;  
Educación basada en  
competencias

## Resumen

**Introducción:** se investigó el impacto de la realidad virtual (RV) en la formación en reanimación cardiopulmonar (RCP) de estudiantes de la Universidad Icesi, basándose en los principios del constructivismo y la práctica deliberada.

**Métodos:** estudio de investigación-acción que incluyó la validación del recurso mediante la norma UNE, rúbricas de desempeño y grupos focales. La información cualitativa se analizó en ATLAS.ti y se trianguló con categorías preestablecidas. Para datos cuantitativos, se calcularon medidas de tendencia central y dispersión según su distribución. Se empleó la prueba t de Student para comparar promedios y un ANOVA en estudiantes con 3 intentos, con significación  $p < 0,05$ .

**Resultados:** el recurso tuvo una valoración global del 93,48%, superando los criterios mínimos de validación. Los estudiantes mejoraron sus puntuaciones en la rúbrica de evaluación, con un aumento del 33% (IC 95%: 29–37;  $p = 0,00$ ) tras la repetición inmediata, y del 18% (DE 13%) a los 2 meses. En el subgrupo con 3 intentos, el ANOVA reveló diferencias significativas en las puntuaciones ( $p = 0,00$ ), con comparaciones *post hoc* consistentemente significativas entre cada par de intentos. Los estudiantes destacaron la interactividad y el realismo de la RV como factores que promovieron una mayor motivación.

**Conclusión:** la RV mejoró el desempeño de los estudiantes tras la repetición inmediata y sugiere que hay retención de habilidades a mediano plazo. La interactividad y realismo aumentaron la motivación y compromiso de los estudiantes, reforzando su aprendizaje. Se subraya el potencial de la RV como complemento a las metodologías tradicionales de enseñanza para optimizar la formación en áreas críticas como la RCP.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [maria.arango@fvl.org.co](mailto:maria.arango@fvl.org.co) (M.C. Arango-Granados).

**KEYWORDS**

Virtual reality;  
Medical education;  
Cardiopulmonary  
resuscitation;  
Emergency medicine;  
High-fidelity  
simulation-based  
teaching;  
Competency-based  
education

**Enhancing competence in cardiopulmonary resuscitation: Evaluating the impact of virtual reality in Medical students' training****Abstract**

**Introduction:** The impact of virtual reality (VR) on cardiopulmonary resuscitation (CPR) training for students at Universidad Icesi was investigated, based on the principles of constructivism and deliberate practice.

**Methods:** This research-action study included resource validation through the UNE standards, performance rubrics, and focus groups. Qualitative data were analyzed using ATLAS.ti and triangulated with predefined categories. For quantitative data, measures of central tendency and dispersion were calculated according to their distribution. A Student's *t*-test was used to compare means, and an ANOVA was performed for students with three attempts, with significance set at  $p < 0.05$ .

**Results:** The resource received an overall rating of 93.48%, exceeding the minimum validation criteria. Students improved their scores on the evaluation rubric, with a 33% increase (95% CI: 29–37%;  $p = 0.00$ ) after immediate repetition and an 18% increase (SD 13%) at two months. In the subgroup with three attempts, ANOVA revealed significant differences in scores ( $p = 0.00$ ), with consistently significant *post hoc* comparisons between each pair of attempts. Students highlighted VR's interactivity and realism as key factors in enhancing their motivation.

**Conclusion:** VR improved student performance following immediate repetition and suggests that skill retention occurs in the medium term. The interactivity and realism of VR increased student motivation and engagement, reinforcing their learning. The potential of VR as a complement to traditional teaching methodologies is emphasized to optimize training in critical areas such as CPR.

© 2025 The Authors. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

**Introducción**

En el paro cardíaco, la supervivencia de los pacientes está determinada, entre otras, por el rápido reconocimiento de la situación, pronta reanimación cardiopulmonar (RCP), desfibrilación en ritmos susceptibles y tratamiento posterior a la reanimación<sup>1</sup>. Esto subraya la importancia de estrategias efectivas de prevención, detección y manejo del paro cardíaco, así como la educación y capacitación en RCP para mejorar las tasas de supervivencia.

Los pacientes que llegan a urgencias son diversos e impredecibles, lo que limita la exposición homogénea y repetida de los estudiantes a todas las enfermedades en las que deben entrenarse<sup>2</sup>. Además, la creciente admisión de estudiantes de Medicina crea una sobredemanda para los entornos hospitalarios que dificulta mantener las proporciones estudiantes/docente y estudiante/camas recomendadas<sup>3</sup>. Esta situación requiere soluciones efectivas que aseguren la calidad educativa, especialmente en salas de reanimación.

Por otro lado, los nuevos estudiantes de Medicina, como parte de una generación nativa digital, traen consigo un enfoque distintivo hacia el aprendizaje, caracterizado por su familiaridad intrínseca con la tecnología<sup>4</sup>. Este contexto digital no solo influye en sus métodos de adquisición de conocimiento, prefiriendo escenarios educativos más interactivos y multimedia, sino que también desafía los paradigmas educativos tradicionales.

Ante esta situación, emerge la posibilidad de diseñar una estrategia educativa que utilice la realidad virtual (RV) para homogenizar la exposición de los estudiantes a diferentes situaciones clínicas, complementar el entorno hospitalario tradicional y abordar la sobredemanda de estudiantes, sin las limitaciones de tiempo y espacio de los simuladores físicos. Esta estrategia podría promover la práctica deliberada, una metodología de entrenamiento para habilidades médicas técnicas generales, que maximiza el desempeño mediante tareas bien definidas, retroalimentación y repetición reflexiva<sup>5</sup>. En la educación médica, se ha demostrado que la práctica deliberada mejora el rendimiento estudiantil<sup>6</sup>.

Por otro lado, la RV podría ofrecer un entorno enriquecido que apoye la construcción activa del conocimiento. La teoría constructivista sostiene que el conocimiento se construye activamente a través de experiencias y reflexión, destacando la interacción con el entorno y la resolución de problemas<sup>7</sup>. Tanto Piaget como Vygotsky aportaron fundamentos importantes sobre cómo los individuos adaptan su conocimiento en función de sus interacciones sociales y experiencias<sup>7</sup>. El constructivismo ha sido aplicado en la educación en salud, mejorando competencias a través de técnicas que promueven el aprendizaje autodirigido<sup>8</sup>.

Por lo anterior, este estudio pretende investigar si, a través de una estrategia educativa que integre escenarios de RV, se puede potenciar la adquisición de competencias en RCP de los estudiantes de pregrado de la Universidad Icesi.

## Materiales y métodos

En este estudio se utilizaron datos cualitativos y cuantitativos a través del enfoque metodológico investigación-acción de tipo práctico, el cual es un proceso de investigación intencionada, colaborativa y sistemática, en el que se indaga al mismo tiempo que se interviene<sup>9</sup>. Este enfoque se implementó en 4 fases: planificación, acción y observación, reflexión y replanificación.

### Fase de planificación

En la fase de planificación se evaluaron las competencias que los especialistas en medicina de urgencias, medicina crítica y cuidado intensivo, medicina interna u otros, consideraron esenciales para estudiantes de pregrado en RCP, mediante una encuesta validada por expertos en medicina de urgencias y en educación para profesionales de la salud (Anexo 1). Después, se examinaron las competencias y objetivos de aprendizaje del curso de Soporte Vital Cardíaco Avanzado de la Asociación Americana del Corazón, y del curso de Soporte Vital Cardiovascular Avanzado de la Fundación Valle del Lili.

Posteriormente, se diseñó la herramienta de RV mediante la plataforma *Unity*. El hardware seleccionado fue el Meta Quest 3. Se desarrolló una rúbrica basada en la fase de planificación para evaluar el desempeño de los estudiantes (Anexo 2). Esta rúbrica se integró al escenario de RV para ser aplicada durante la ejecución de cada repetición del caso clínico.

Por último, se realizó una prueba piloto de la herramienta, en la que un observador registró las anotaciones en tiempo real, enfocándose en aspectos técnicos y la operatividad del escenario.

### Fase acción-observación

Para el análisis de la calidad del recurso educativo, se utilizó un instrumento de evaluación basado en la norma UNE 71362:2017 de la Asociación Española de Normalización. Esta norma establece un modelo de calidad para los materiales educativos digitales, y tiene como objetivos guiar la creación de un recurso educativo digital de calidad y valorarlo de forma precisa y objetiva. Para el análisis de los resultados se utilizaron los porcentajes sugeridos por Navarrete y Toala (2022)<sup>10</sup>:

- Menor a 60%: el recurso no cumple los criterios mínimos para ser validado.
- Entre 61 y 90%: el recurso cumple los requisitos mínimos para ser validado, pero puede mejorar.
- Entre 91 y 100%: el recurso cumple los requisitos mínimos para ser validado.

El estudio contó con un tamaño muestral de 20 estudiantes de entre 20 y 25 años, seleccionados de un total de 60 estudiantes que conformaban el décimo semestre del programa de Medicina en la Universidad Icesi. La selección de los participantes se realizó por conveniencia, considerando la disponibilidad de los estudiantes dentro del

cronograma académico, así como la viabilidad logística para la implementación de la estrategia educativa basada en RV.

Dado que la simulación con RV requiere acceso a dispositivos específicos y una supervisión detallada del proceso de aprendizaje, la inclusión de la totalidad de la cohorte (60 estudiantes) no fue factible. Por esta razón, se optó por un grupo representativo dentro de los estudiantes disponibles, asegurando que el proceso de evaluación pudiera completarse sin afectar la calidad de la intervención ni la consistencia de los datos obtenidos.

Una vez realizadas las simulaciones por parte de los estudiantes, se llevó a cabo un grupo focal con al menos la mitad más uno de los participantes, con el objetivo de identificar las percepciones sobre la herramienta. Cabe aclarar que, un grupo focal es un método de recolección de datos en el que se reúne a un grupo de personas para discutir los temas de interés en el planteamiento de la investigación<sup>9</sup>. La transcripción del grupo focal está disponible en el Anexo 3.

El desempeño de los estudiantes fue estudiado a partir de la rúbrica construida en la fase de planificación. Sus puntajes se registraron en la simulación inicial y tras la repetición inmediata.

Con el propósito de evaluar la retención de habilidades a mediano plazo, se seleccionó de manera aleatoria a un subgrupo de 6 estudiantes para realizar una tercera medición 2 meses después de la intervención inicial.

Finalmente, se realizó un diario de aprendizaje del docente para registrar las introspecciones sobre el escenario de simulación.

### Análisis de la información

Los resultados cualitativos fueron analizados mediante el software ATLAS.ti, utilizando categorías predefinidas basadas en la teoría de la práctica deliberada. Se realizó una triangulación de la información, lo que implicó comparar y contrastar los hallazgos obtenidos a través de distintos instrumentos de recolección de datos, permitiendo así una interpretación más completa y precisa de los resultados<sup>9</sup>.

Para el análisis de los datos cuantitativos, se llevó a cabo un análisis descriptivo inicial. Se calcularon medidas de tendencia central y dispersión acorde a la distribución de los datos. La normalidad de las variables se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Además, se calcularon medidas de posición (cuartiles), y se presentaron gráficos de caja (*box plots*). Para las variables cualitativas, se reportaron frecuencias y porcentajes.

Para evaluar los cambios entre 2 puntajes promedio de un mismo estudiante en diferentes intentos, se utilizó la prueba *t* de Student para muestras pareadas, calculando la diferencia de medias junto con su intervalo de confianza del 95%. En el subgrupo con 3 intentos, se aplicó un análisis de variancia (ANOVA) de medidas repetidas. Se consideró una significación estadística de  $p < 0,05$  para identificar diferencias significativas entre los promedios de los puntajes en los diferentes intentos. Se realizó un análisis *post hoc* para determinar entre qué intentos ocurrieron las diferencias, evaluando su significación mediante intervalos de confianza del 95%, interpretando como significativos aquellos que no cruzaron el valor nulo. Los datos fueron analizados utilizando el software estadístico Stata 16.

## Resultados

### Fase de planificación

#### Encuesta a especialistas

Se encuestaron 80 especialistas de las ciudades principales del país, la mayoría con especialidad en medicina de urgencias (47,5%), medicina crítica y cuidado intensivo (12,5%), medicina interna (12,5%) y anestesiología (10%). Más de la mitad de los encuestados (55%) tiene alguna formación en docencia universitaria (especialización, diplomado, maestría, doctorado, etc.) (Anexo 1).

Los encuestados recibieron una lista de competencias en reanimación cardiopulmonar, y se les pidió que seleccionaran aquellas que, a su juicio, debería dominar un estudiante de pregrado antes de comenzar su año de internado (Anexo 1).

#### Revisión documental

Los resultados de la encuesta anterior fueron analizados junto con las competencias fundamentales de 2 cursos exitosos de RCP, incluyendo el reconocido curso internacional de Soporte Vital Cardiovascular Avanzado (SVCA) de la American Heart Association y el curso SVCA de la Fundación Valle del Lili. Posteriormente, estas competencias se correlacionaron con las opiniones de los especialistas, recopiladas anteriormente, para asegurar una alineación efectiva con las expectativas educativas de los estudiantes de pregrado.

Con base en lo anterior, se definieron los criterios de desempeño (competencias y habilidades específicas) establecidos como objetivos para la herramienta de RV. Estos fueron formulados para comunicar claramente a la plataforma las acciones que se espera realicen los estudiantes (Anexo 2).

#### Diseño de la herramienta

La plataforma simuló la infraestructura de un hospital completo, con especial atención en la sala de reanimación. Esta área se desarrolló meticulosamente para incluir todos los elementos esenciales, como camas de hospital, monitores médicos, equipos de reanimación y otros dispositivos críticos utilizados en situaciones de urgencia. Además, se incorporó personal asistencial (enfermería y terapia respiratoria) virtual, programado para interactuar en el escenario y proporcionar asistencia.

#### Pruebas piloto

Se llevaron a cabo 3 pruebas piloto del escenario de RV con médicos generales del servicio de urgencias de la Fundación Valle del Lili. Estas sesiones de prueba tuvieron como objetivo evaluar la funcionalidad y la eficacia de la herramienta en un entorno clínico real. Los médicos participantes utilizaron activamente la plataforma y proporcionaron retroalimentación basada en su experiencia directa.

### Fase acción-observación

De acuerdo con las categorías preestablecidas, se encontraron los siguientes resultados:

**Percepción de inmersión:** los estudiantes valoraron positivamente la inmersión en la RV (Anexo 3). Inicialmente, se sintieron nerviosos, y atribuyeron esta sensación a la autenticidad y realismo del entorno. La claridad y calidad visual mejoraron la experiencia, facilitando el aprendizaje y aumentando la confianza con la práctica repetida. La herramienta fue considerada efectiva, pero con aspectos técnicos a mejorar. Según la norma UNE, el recurso obtuvo un 93,48% de valoración global, superando los requisitos mínimos para su validación (tabla 1).

*«A mí me gustó muchísimo. Sí sentí que se sentía muy real y me puse nerviosa, las manos me sudaron ... es como lo mismo en la vida real [...]» (E1 grupo focal)*

**Usabilidad y accesibilidad:** el uso de la RV en la educación médica presentó oportunidades y desafíos. Los estudiantes experimentaron frustración inicial con la interfaz, sugiriendo la necesidad de una introducción gradual. A pesar de la valoración positiva de estabilidad técnica (65% «muy alta», 31% «alta» y 4% «aceptable»), se identificaron áreas de mejora, como la claridad de las instrucciones y la compatibilidad de dispositivos (fig. 1). En el grupo focal, los estudiantes sugirieron la necesidad de aumentar la accesibilidad a los dispositivos de RV para su práctica autónoma continua.

**Repetición:** la repetición de escenarios implicó que los estudiantes participaran en el escenario en 3 ocasiones. En primer lugar, cada estudiante realizó el escenario una vez; posteriormente, lo repitió una segunda vez, y un subgrupo específico lo repitió una tercera vez. De este modo, se asegura que todos los estudiantes tengan 2 repeticiones del escenario, mientras que un grupo seleccionado aleatoriamente participa en una tercera repetición.

Los estudiantes destacaron la utilidad de la práctica repetitiva para mejorar sus competencias clínicas. La repetición de escenarios en un entorno seguro permitió a los estudiantes ganar confianza y mejorar sus habilidades prácticas, facilitando la internalización de procedimientos y la corrección de errores, lo que les permitió actuar de manera más efectiva en situaciones críticas. Según las observaciones del grupo focal y el diario del docente, los estudiantes lograron mayor familiaridad y seguridad en los procedimientos al repetir los escenarios, lo que fortaleció su competencia. Veinte estudiantes realizaron las simulaciones del mismo escenario clínico en 2 oportunidades seguidas. Después de la primera simulación, revisaron y reflexionaron sobre sus resultados mediante la rúbrica de evaluación automática (Anexo 2), lo que les permitió identificar áreas de mejora y aplicar ese conocimiento en un segundo intento, optimizando su desempeño. En la tabla 2 se muestra el desempeño de cada estudiante en ambos intentos, junto con el cambio porcentual absoluto entre el primero y el segundo.

**Tabla 1** Porcentaje de valoración del recurso educativo por componente según la norma UNE

Componente	Porcentaje de valoración
Educativo-didáctico	95,11
Tecnológico	88,69
Accesibilidad	94,38
Promedio global	93,48

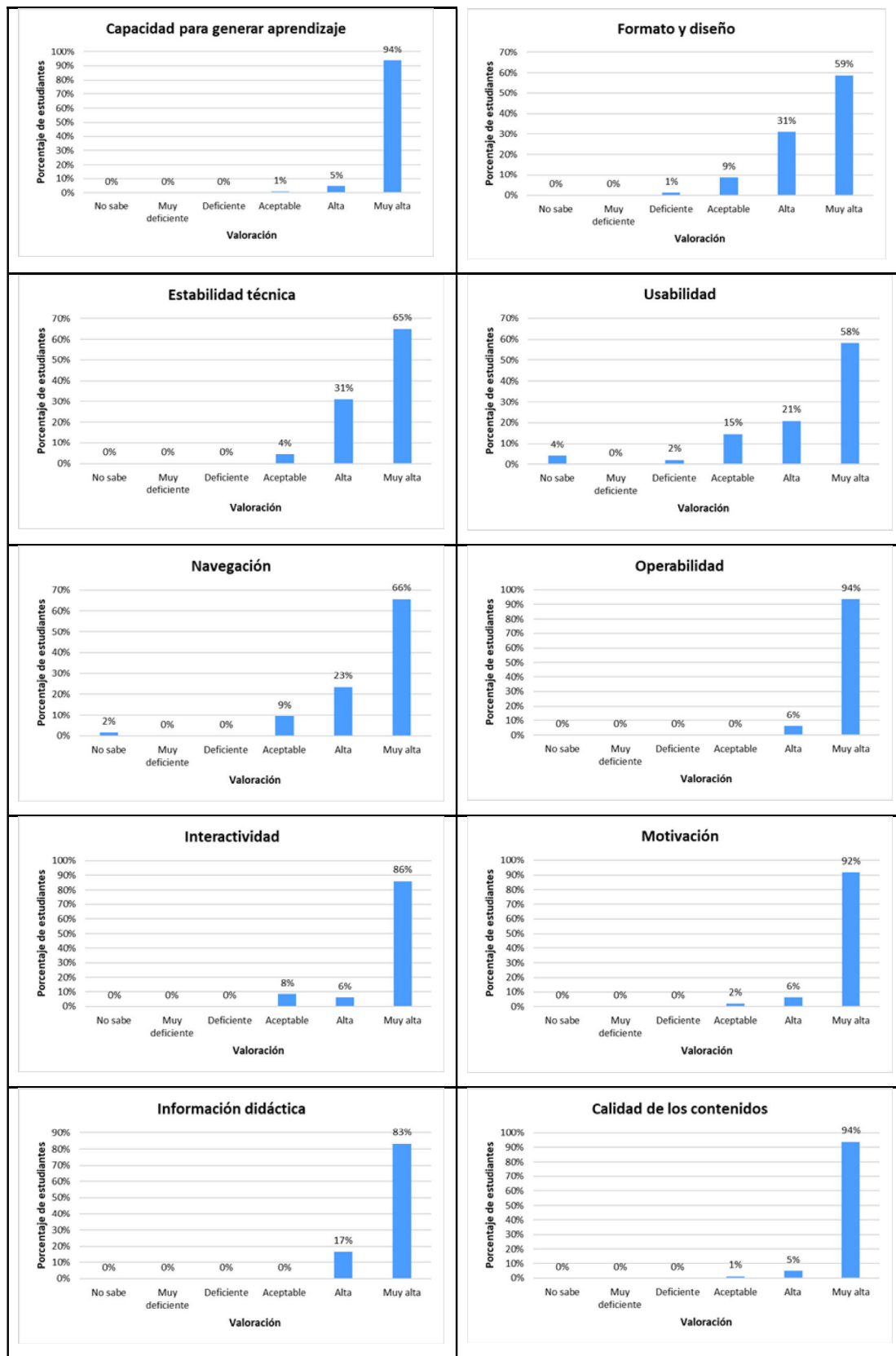


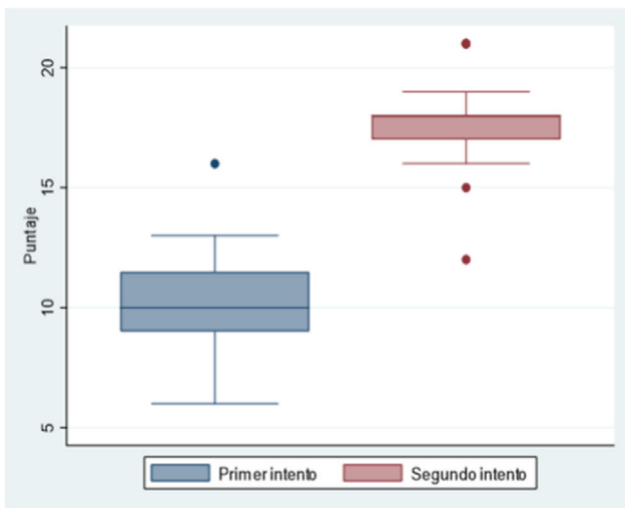
Figura 1 Resultados por componentes del recurso educativo según la norma UNE.



**Tabla 2** Desempeño de cada estudiante en 2 intentos y cambio porcentual absoluto entre ambos

Estudiante	Intento 1 (%)	Intento 2 (%)	Cambio porcentual absoluto (%)
1	35	74	39
2	30	52	22
3	52	65	13
4	52	78	26
5	26	70	43
6	48	91	43
7	39	83	43
8	48	78	30
9	48	78	30
10	43	78	35
11	30	78	48
12	39	78	39
13	43	70	26
14	43	78	35
15	57	91	35
16	70	91	22
17	52	78	26
18	43	78	35
19	43	78	35
20	43	74	30
<b>PROMEDIO (DE)</b>	<b>44 (10)</b>	<b>77 (9)</b>	<b>33; IC 95% (29-37)</b>

En promedio, se observó una mejora significativa en los resultados de la segunda simulación comparada con la primera (incremento medio del 33% [IC 95%: 29-37;  $p = 0,00$ ]) (tabla 2). Este aumento sugiere que la reflexión guiada y la práctica deliberada facilitada por la rúbrica de evaluación automática tienen un impacto positivo en la capacidad de los estudiantes para mejorar sus habilidades clínicas en simulaciones con RV (fig. 2).

**Figura 2** Puntajes obtenidos en la rúbrica de evaluación en intentos repetidos ( $n=20$ ; puntaje máximo = 23).

Seis de los 20 estudiantes fueron invitados a participar nuevamente en el escenario simulado 2 meses después de la simulación inicial, con el objetivo de evaluar la retención a mediano plazo de las competencias adquiridas. Aunque se observó una leve disminución en el porcentaje de competencias alcanzadas en comparación con la repetición inmediata, el desempeño en este tercer intento aún superó al del primero, registrando un aumento promedio del 18% (DE 13%) entre el primer y el tercer intento (fig. 3). El análisis de variancia (ANOVA) arrojó un valor de  $p = 0,00$ ; lo que confirma que las diferencias en las puntuaciones de las 3 evaluaciones para cada estudiante fueron estadísticamente significativas. Las comparaciones *post hoc* entre los intentos 2 y 1, 3 y 1, así como entre 3 y 2, se mantuvieron consistentemente significativas (tabla 3).

**Retroalimentación:** la retroalimentación inmediata, proporcionada directamente por la plataforma mediante una rúbrica integrada, mejoró el desempeño de los estudiantes y fomentó su motivación. El 86% valoró la retroalimentación como «muy alta», el 6% como «alta» y el 8% como «aceptable». Además, la retroalimentación no solo mejoró el conocimiento técnico, sino que también introdujo una gamificación al proceso educativo, fomentando una competencia sana y motivación intrínseca. Este sistema incentivó a los estudiantes a superarse y participar de manera más activa. La retroalimentación cuantificable fue clave para señalar áreas específicas que requerían mejora, y la retroalimentación continua contribuyó significativamente a su aprendizaje (fig. 1).

**Motivación.** El uso de la RV aumentó el compromiso y entusiasmo de los estudiantes, quienes encontraron las simulaciones inmersivas y dinámicas. El diario del docente resaltó un mayor interés y participación activa, mientras que la norma UNE confirmó el impacto positivo en la motivación, con un 92% de valoración «muy alta» (fig. 1).

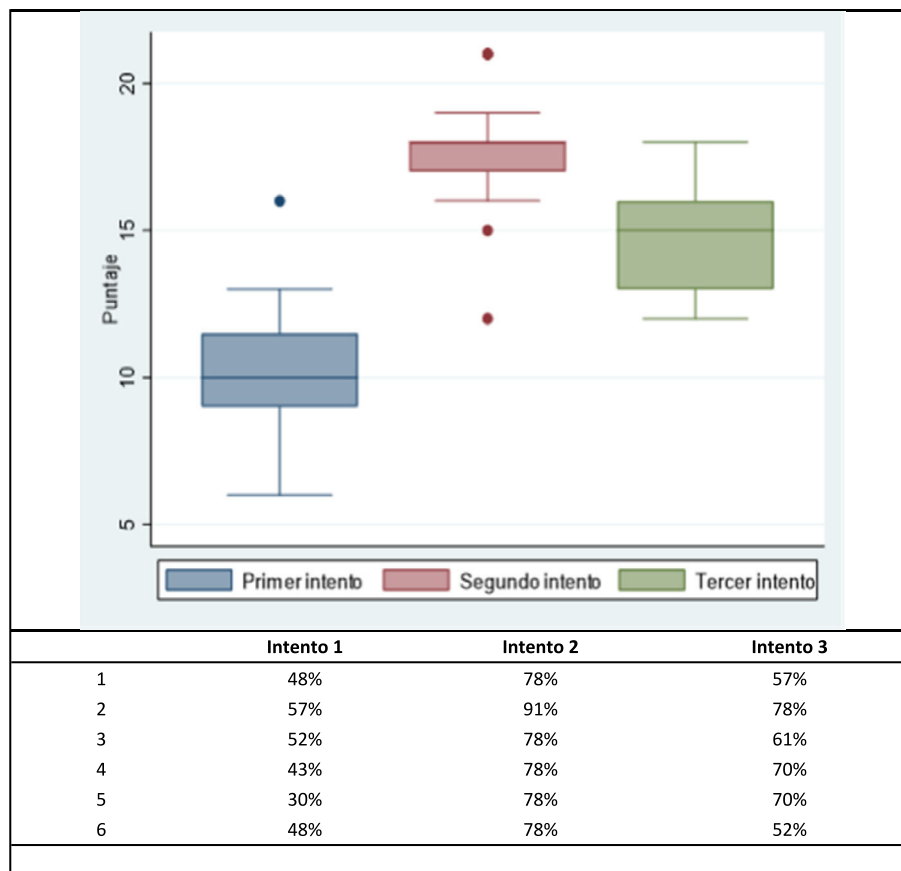
«[...] siento que no solamente es útil [...] además lo motiva a uno como aprender medicina, o sea, yo me imaginaba como en mi casa como un día diciendo voy a meterme a esa aplicación solamente a repasar, porque en serio lo engancha mucho a uno y, en serio, uno siente la adrenalina [...] es muy enganchador y muy enriquecedor» (E2 grupo focal).

**Reflexión y autoevaluación:** la repetición de escenarios permitió a los estudiantes corregir errores y mejorar su confianza, facilitando un aprendizaje profundo. El 83% valoró la información didáctica como «muy alta», lo que permitió un mejor aprovechamiento del recurso. Además, el 94% consideró que la calidad de los contenidos fue «muy alta», indicando que el recurso apoyó adecuadamente la reflexión y autoevaluación.

**Resistencia:** las barreras iniciales que los estudiantes enfrentaron al usar la RV se debieron principalmente a su falta de familiaridad con la tecnología. Se sugirió implementar casos de prueba para facilitar la adaptación. Aunque algunos estudiantes necesitaron más tiempo para superar problemas técnicos, la mayoría lo logró con la práctica continua, demostrando que la familiarización progresiva y el apoyo técnico reducen significativamente estas dificultades.

### Segundo ciclo de implementación

Para mejorar la efectividad del programa de simulación en RV, se implementó un segundo ciclo que integró la



**Figura 3** Desempeño de 6 estudiantes en 3 intentos (momento 0, repetición inmediata y repetición a 2 meses).

simulación dentro de un contexto de uso pedagógico. Este ciclo incluyó una sesión teórica con videos interactivos sobre RCP y una demostración del uso de las gafas de RV y los controladores, lo que permitió a los estudiantes familiarizarse con la tecnología antes de enfrentarse a los escenarios clínicos simulados, reduciendo la curva de aprendizaje y las resistencias iniciales.

El escenario de simulación se proyectó en una pantalla compartida, permitiendo a todos los estudiantes participar de forma colaborativa. Un estudiante controlaba las acciones médicas mientras los demás tomaban decisiones, rotando los roles. Esta dinámica mejoró la toma de decisiones y las competencias, con puntajes que subieron del 69,57 al 100% en la rúbrica incorporada a la plataforma.

Un grupo focal evaluó la experiencia de inmersión y las dificultades iniciales con las gafas, destacando que el tutorial facilitó el aprendizaje rápido del equipo, permitiendo enfocarse en los aspectos clínicos. Los estudiantes consideraron la simulación como una estrategia valiosa para mejorar la comprensión y aplicación de conocimientos, y

solicitaron la inclusión de más escenarios, como politrauma, síndrome neurovascular y emergencias obstétricas.

## Discusión

La implementación de la RV en la formación en RCP de estudiantes de Medicina ha dado resultados prometedores, desde la mejora de habilidades técnicas hasta la integración de teorías pedagógicas avanzadas, como la práctica deliberada y el constructivismo. Este enfoque ha permitido a los estudiantes participar en un aprendizaje activo y profundo, experimentando situaciones de urgencia en un entorno controlado que simula, de manera realista, las presiones y desafíos de los escenarios clínicos.

Uno de los aspectos más destacados ha sido la capacidad de la herramienta para permitir prácticas repetitivas y deliberadas, esenciales en el aprendizaje de procedimientos críticos como la RCP. La retroalimentación inmediata y la posibilidad de repetir los escenarios han facilitado una curva de aprendizaje rápida y efectiva, en la que los estudiantes pueden mejorar continuamente su desempeño y confianza.

## Aplicación de la realidad virtual en educación médica

La RV se ha aplicado en la educación médica principalmente en 2 áreas: el desarrollo de competencias técnicas, como

**Tabla 3** Comparaciones *post hoc* de las puntuaciones entre repeticiones

Intentos	Contraste	Error estándar	IC 95%	
2 vs. 1	7.8333	0.91287	5,79	9,86
3 vs. 1	4.1666	0.91287	2,13	6,20
3 vs. 2	-3.6666	0.91287	-5,70	-1,63

anatomía y procedimientos quirúrgicos, y las competencias interpersonales, como la empatía y la comunicación<sup>11-15</sup>.

A pesar de su efectividad para mejorar habilidades y satisfacción, la RV inmersiva aún enfrenta desafíos, como la necesidad de estudios de alta calidad para evaluar su impacto en la adquisición de habilidades<sup>16</sup>. Durante la pandemia de COVID-19, la RV y la realidad aumentada (RA) ayudaron a mantener la continuidad educativa, mejorando la confianza y habilidades de los estudiantes<sup>17</sup>.

En América Latina, estudios en Brasil y Chile han mostrado que la RV es percibida positivamente por los estudiantes, mejorando su desempeño en simulaciones clínicas, aunque con resultados mixtos en retención de información a largo plazo<sup>18,19</sup>.

En el entrenamiento en RCP, la RV ha mostrado ser efectiva. Estudios como el de Buttussi et al.<sup>20</sup> destacaron mejoras en conocimientos y habilidades manuales, mientras que revisiones sistemáticas demostraron que la formación en RCP mediante RV mejora tanto el conocimiento teórico como las habilidades prácticas, incluyendo el ritmo y la profundidad de las compresiones torácicas<sup>21</sup>. Sin embargo, estudios como el de Castillo et al.<sup>22</sup> señalaron que los resultados de la RV son similares a los métodos tradicionales en cuanto a la retención de competencias. Lo anterior amerita ser sujeto de investigaciones posteriores.

### Diseño instruccional de recursos educativos digitales

Los resultados del estudio resaltan la importancia de un diseño pedagógico bien estructurado, apoyado en teorías educativas consistentes y prácticas de diseño instruccional efectivas. Este análisis se vincula con las recomendaciones para la creación de recursos electrónicos exitosos<sup>23</sup>, ofreciendo un marco crítico para evaluar y mejorar continuamente la plataforma.

En primer lugar, se propone que la mediación tecnológica debe entrelazarse con otros tipos de mediación. Hay estudios que sugieren que el uso combinado de las estrategias de aprendizaje potenciadas por la tecnología, en lugar de su uso aislado, conduce a mejores resultados de aprendizaje<sup>24</sup>. La combinación del aprendizaje digital con la experiencia práctica directa en escenarios clínicos reales podría permitir a los estudiantes aplicar teóricamente lo aprendido en un contexto práctico, reforzando su comprensión y habilidades.

Lo anterior va en sintonía con los estándares para el aprendizaje a distancia en educación médica<sup>25</sup>, que incluyen:

- Un camino de aprendizaje claro y lógico.
- Interacción regular entre estudiantes y maestros, en vivo o virtual, sincrónica o asincrónica.
- Acceso a un profesor que apoye el proceso de aprendizaje.
- Materiales de aprendizaje, como ejercicios y actividades, que incluyan retroalimentación.
- Retroalimentación constante y efectiva sobre el aprendizaje.

Dentro de estos estándares se incluye también la interacción entre los estudiantes y la creación de presencia social e identidad grupal entre los estudiantes<sup>25</sup>. Esto podría potenciarse a través de escenarios de realidad virtual

«multijugador», que permitan la interacción entre diferentes actores de atención en salud para abordar un caso clínico complejo.

En cuanto a la disposición para utilizar la tecnología, se sugiere adaptar los recursos educativos digitales para acoplarlos a las diversas actitudes y habilidades tecnológicas entre los estudiantes<sup>23</sup>. Los hallazgos sugieren la necesidad de personalizar más la experiencia de aprendizaje, incluir evaluaciones iniciales de las habilidades tecnológicas de los estudiantes y realizar ajustes en la interfaz y funcionalidad de la herramienta según sea necesario.

### Evaluación de habilidades y competencias

A través de la aplicación de la rúbrica de evaluación, se observó un impacto significativo y notable en la precisión y la eficacia del entrenamiento de habilidades esenciales. La integración de una rúbrica de evaluación detallada dentro de la plataforma ofrece varios beneficios pedagógicos importantes<sup>26</sup>, como retroalimentación inmediata y objetiva, evaluación estandarizada, mejora continua y aumento en la motivación del estudiante.

Ahora bien, la evaluación exclusiva a través de la rúbrica también presenta desafíos, como la limitación en la evaluación de habilidades complejas. Mientras que la rúbrica puede evaluar efectivamente aspectos teóricos, no captura completamente las habilidades mecánicas, u otras habilidades más sutiles como el juicio clínico complejo, la interacción verbal entre los miembros del equipo, y la comunicación asertiva, entre otros. Con lo anterior, se resalta la importancia de incluir la RV como estrategia educativa complementaria a la práctica clínica tradicional.

Finalmente, aunque la rúbrica ofrece una evaluación estructurada y estandarizada de procedimientos específicos, como la profundidad y el ritmo de las compresiones torácicas, se arriesga a enfocarse más en la interacción del usuario con la interfaz virtual que en las habilidades clínicas aplicables en un entorno real. Por ejemplo, la habilidad para navegar eficientemente por la interfaz y responder adecuadamente a los estímulos virtuales puede no reflejar la capacidad de un estudiante para realizar RCP bajo la presión y las variables impredecibles de una situación médica real. Además, la naturaleza inmersiva y tecnológicamente dependiente de la herramienta podría, potencialmente, sesgar la evaluación hacia aquellos estudiantes que tienen mayor afinidad o familiaridad con las tecnologías digitales, marginando a aquellos que podrían ser competentes en habilidades clínicas, pero menos diestros en el manejo de interfaces digitales avanzadas.

Pese a la reflexión anterior, los resultados del grupo focal sugieren que los estudiantes perciben un aprendizaje significativo en las áreas clínicas, más allá de la mera adquisición de habilidades tecnológicas. Los participantes destacaron que, a través de la simulación, no solo aprendieron a manejar la interfaz, sino que también adquirieron conocimientos prácticos aplicables a escenarios reales, como el manejo efectivo de las urgencias y la aplicación de técnicas de reanimación.

Por ello, es vital que la evaluación dentro de la plataforma virtual se complemente con evaluaciones prácticas en entornos clínicos. Este enfoque híbrido permitiría verificar



que las habilidades clínicas adquiridas en el entorno virtual se traduzcan efectivamente a competencias prácticas en situaciones médicas reales, asegurando así que la formación recibida sea integral y aplicable profesionalmente. Además, este método garantizaría que todos los estudiantes, independientemente de su habilidad tecnológica, puedan demostrar su competencia clínica de manera equitativa.

### Gamificación y aprendizaje basado en juegos

Esta herramienta educativa se alinea estrechamente con los principios de aprendizaje a través de la gamificación y el aprendizaje basado en juegos. La gamificación se define como la incorporación de elementos y principios lúdicos en contextos no recreativos para abordar problemas reales y fomentar un enfoque de resolución creativa, aprovechando elementos clave como puntos, niveles y retroalimentación instantánea para enriquecer la experiencia educativa<sup>27</sup>. La implementación de la gamificación y del aprendizaje basado en juegos en la educación médica ha demostrado ser provechosa, con estudios que subrayan su capacidad para intensificar la colaboración y compromiso estudiantil, agudizar habilidades analíticas y de toma de decisiones, además de facilitar la práctica repetida en el razonamiento clínico. Varios estudios han destacado estos beneficios, los cuales están facilitando su adopción en variadas disciplinas médicas y niveles educativos, especialmente orientados a captar la atención de las nuevas generaciones de estudiantes<sup>28</sup>. Los resultados de este estudio apoyan la idea de que la gamificación transforma el aprendizaje en una experiencia desafiante y emocionante, que no solo mejora la retención de conocimientos y habilidades, sino que también estimula una competencia saludable entre los estudiantes, incentivándolos a mejorar sus puntajes y técnicas mediante prácticas repetidas.

### ¿La realidad virtual como reemplazo de la práctica clínica?

La discusión sobre si la realidad virtual puede reemplazar la práctica clínica es compleja y matizada. Cook et al.<sup>29</sup> han hecho estudios que comparan una intervención mediada por la tecnología con ninguna intervención, o una intervención mediada por tecnología con una intervención no tecnológica, ninguno de los cuales apoya sustancialmente el aprendizaje potenciado por la tecnología. Sin embargo, rara vez se tienen en cuenta otros factores pertinentes, como el costo, la sostenibilidad y las condiciones intrínsecas de los currículos y hospitales<sup>30</sup>.

La herramienta de RV diseñada no busca reemplazar la experiencia clínica tradicional, sino complementarla, abordando limitaciones y ofreciendo una plataforma adicional para desarrollar competencias. Por ejemplo, permite la simulación de situaciones críticas que pueden no ser frecuentes en la práctica clínica diaria, pero que son cruciales para la formación médica. Además, ofrece un entorno controlado, donde los estudiantes pueden cometer errores y aprender de ellos sin poner en riesgo la seguridad del paciente.

Por lo tanto, mientras que la RV por sí sola no puede reemplazar completamente la práctica clínica, especialmente en disciplinas que requieren un alto grado de interacción humana y evaluación de condiciones cambiantes, sí representa

un complemento valioso. Permite a los estudiantes prepararse mejor para los desafíos del entorno clínico real, optimizando el tiempo y los recursos, y adaptándose a las limitaciones logísticas y económicas de la educación médica moderna.

La mediación tecnológica se ha convertido en la norma en la educación médica por razones logísticas y de conveniencia, más que por la superioridad de la herramienta, y en respuesta al cambio exponencial de la tecnología digital. Lo más apropiado parece, entonces, considerar en qué situaciones específicas pueden funcionar distintos tipos de aprendizajes potenciados por la tecnología. En este contexto, la RV se establece como una herramienta de apoyo alineada con las tendencias tecnológicas actuales y las necesidades educativas futuras.

La RV puede ser efectiva en mejorar tanto las habilidades técnicas como las competencias de los estudiantes. El uso de esta tecnología ha permitido un aumento significativo del 33% (IC 95%: 29–37;  $p = 0,00$ ) en las puntuaciones de las evaluaciones tras la práctica repetida, resaltando la eficacia de la RV en el aprendizaje y retención de habilidades complejas. Aunque se registró un descenso en el desempeño a los 2 meses, este fue superior en un 18% (DE 13%) al primer intento, sugiriendo una retención de habilidades a mediano plazo ( $p = 0,00$ ). Adicionalmente, el recurso educativo obtuvo una valoración promedio global del 93,48% según la norma UNE, superando los requisitos mínimos para ser validado. El estudio resalta la importancia de integrar tecnologías avanzadas en los currículos médicos para responder a las necesidades de una generación cada vez más digitalizada. La RV, al ofrecer un entorno de aprendizaje dinámico y flexible, parece no solo mejorar la adquisición de habilidades prácticas, sino que también aumenta la motivación y el compromiso de los estudiantes hacia su formación profesional. Finalmente, se sugiere que futuras investigaciones continúen explorando y expandiendo el uso de la RV en diversos campos de la educación médica para maximizar su potencial.

### Fortalezas y limitaciones

Este estudio presenta diversas fortalezas que contribuyen al campo de la educación médica y la simulación clínica. En primer lugar, introduce un enfoque innovador al evaluar el impacto de la RV en la enseñanza de RCP, una metodología que permite mejorar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes en un entorno seguro y controlado. Además, el diseño mixto utilizado en la investigación, que combina datos cuantitativos y cualitativos, proporciona una visión integral del efecto de la intervención, fortaleciendo la validez interna del estudio. La triangulación de la información permitió contrastar los hallazgos desde diferentes perspectivas, brindando mayor solidez a las conclusiones obtenidas. Finalmente, la metodología implementada en este estudio es adaptable a otros entornos académicos y disciplinas clínicas que requieren entrenamiento en toma de decisiones y habilidades técnicas bajo presión.

Sin embargo, es importante reconocer las limitaciones del estudio. Una de las principales es el tamaño muestral reducido, ya que solo se incluyeron 20 estudiantes seleccionados por conveniencia, lo que restringe la posibilidad de generalizar los resultados a poblaciones más amplias. Asimismo, la evaluación de la retención de conocimientos a mediano plazo se llevó a cabo en un subgrupo pequeño de solo seis estudiantes, lo que dificulta extraer conclusiones definitivas sobre el impacto

sostenido de la intervención en el tiempo. No obstante, la metodología de análisis utilizada, que incluyó la triangulación de datos cualitativos y cuantitativos, fortalece la validez interna del estudio. Asimismo, los hallazgos proporcionan información preliminar relevante para futuras investigaciones con muestras más amplias, con el fin de evaluar con mayor precisión la efectividad de la RV en la enseñanza de RCP en contextos educativos diversos.

Por otro lado, la ausencia de un grupo control impide realizar comparaciones directas con otros métodos de enseñanza tradicionales, limitando la capacidad de determinar con certeza si la realidad virtual ofrece una ventaja significativa en términos de aprendizaje y retención de habilidades. Finalmente, la implementación de esta estrategia educativa requiere acceso a recursos tecnológicos específicos, como gafas de RV y software especializado, lo que podría representar una limitación en entornos con restricciones económicas o tecnológicas.

A pesar de estas limitaciones, los hallazgos obtenidos constituyen una base sólida para futuras investigaciones con muestras más amplias, así como para estudios comparativos con métodos tradicionales de enseñanza y evaluaciones longitudinales que permitan determinar con mayor precisión el impacto a largo plazo de la RV en la formación de competencias médicas.

## Responsabilidades éticas

Los autores declaran que este estudio siguió los principios éticos fundamentales para garantizar el respeto, la integridad y dignidad de los participantes. Dado el bajo riesgo, se evitó cualquier daño físico, psicológico o social, cumpliendo con las normativas locales e internacionales, como la Declaración de Helsinki y los estándares éticos de la Universidad Icesi. El comité de ética de esta institución educativa aprobó la ejecución de este estudio.

## Consentimiento informado

Los autores declaran que los participantes fueron informados sobre los objetivos, riesgos, beneficios y su derecho a retirarse en cualquier momento sin consecuencias. Se obtuvo su consentimiento informado antes de iniciar el estudio. Se garantizó la confidencialidad y el anonimato de los datos, asegurando que la información personal no fuese divulgada sin consentimiento. Los datos se almacenaron y procesaron de forma segura para proteger la privacidad.

## Financiamiento

Este estudio recibió financiamiento y apoyo logístico del Centro de Investigaciones Clínicas, Fundación Valle del Lili, Cali, Colombia. El financiador no tuvo ningún rol en el diseño y ejecución del estudio, recolección, manejo, análisis e interpretación de los datos; preparación, revisión o aprobación del manuscrito; ni en la decisión de enviarlo para su publicación.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés relacionados con este estudio.

## Agradecimientos

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a Henry Arley Táquez, de la Escuela de Ciencias de la Educación de la Universidad Icesi, por su invaluable colaboración transversal en este estudio. Su experticia en e-learning y su liderazgo en el diseño e implementación de proyectos educativos mediados por las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) fueron fundamentales para el éxito de esta investigación. Su apoyo constante y conocimiento especializado fueron claves para lograr los objetivos de este proyecto.

Adicionalmente, agradecemos profundamente a Leidy Johanna Hurtado Bermudez, del Centro de Investigaciones Clínicas de la Fundación Valle del Lili, por su valiosa colaboración en el análisis estadístico de este estudio. Su experiencia y orientación fueron fundamentales para la interpretación de los datos y la calidad de los resultados presentados.

## Anexo A. Dato suplementario

Se puede consultar material adicional a este artículo en su versión electrónica disponible en <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2025.101062>.

## Bibliografía

1. Gräsner JT, Herlitz J, Tjelmeland IBM, Wnent J, Masterson S, Lilja G, et al. European Resuscitation Council guidelines 2021: epidemiology of cardiac arrest in Europe. *Resuscitation*. 2021;161:61–79.
2. Asociación Colombiana de Empresas de Medicina Integral (Acemi). Cifras e Indicadores del Sistema de Salud 2017; 2017 [consultado 29 de enero de 2024]. Disponible en: [https://acemi.org.co/wp-content/uploads/2022/05/Informe\\_Cifras\\_2017.pdf](https://acemi.org.co/wp-content/uploads/2022/05/Informe_Cifras_2017.pdf).
3. Ortiz L. Estadísticas regionales de pregrados de medicina en Colombia. Asociación Colombiana de Facultades de Medicina Ascofame; 2020. p. 1–10. <https://ascofame.org.co/web/wp-content/uploads/2020/08/Informe-estadistico-pregrado-regional-18-de-agosto.pdf>.
4. Lerchenfeldt S, Attardi SM, Pratt RL, Sawarynski KE, Taylor TAH. Twelve tips for interfacing with the new generation of medical students. *iGen Med Teach*. 2021;43(11):1249–54.
5. Ericsson KA. Deliberate practice and acquisition of expert performance: a general overview. *Acad Emerg Med*. 2008;15(11):988–94. doi:10.1111/j.1553-2712.2008.00227.x.
6. Duvivier RJ, Van Dalen J, Muijtjens AM, Moulart VR, Van Der Vleuten CP, Scherpbier AJ. The role of deliberate practice in the acquisition of clinical skills. *BMC Med Educ*. 2011;11(1):101. doi:10.1186/1472-6920-11-101.
7. Taber KS. Constructivism in education. Early childhood development. IGI Global; 2019. p. 312–42. <https://www.igi-global.com/gateway/chapter/219584#pnlRecommendationForm>.
8. Thampinathan S. The application of the constructivism learning theory to physician assistant students in primary care. *Educ Health*. 2022;35(1):26.
9. Hernández Sampieri R, Fernández Collado C, Baptista Lucio MP. Metodología de la investigación. 6° ed. México: McGraw Hill Interamericana Editores S.A. de C.V.; 2014. p. 496–503.
10. Navarrete Mendoza WR, Toala Medina PA. Evaluación de recursos educativos digitales mediante la normativa UNE 71362 en los entornos virtuales de aprendizaje de la Universidad Técnica de Manabí. *Rev Cogn*. 2022;7(3):127–42.
11. Khan R, Plahouras J, Johnston BC, Scaffidi MA, Grover SC, Walsh CM. Virtual reality simulation training for health professions

- trainees in gastrointestinal endoscopy. *Cochrane Database System Rev.* 2018;8(8):CD008237. doi:10.1002/14651858.CD008237.pub3/full.
12. Moro C, Štromberga Z, Raikos A, Stirling A. The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy. *Anat Sci Educ.* 2017;10(6):549–59. doi:10.1002/ase.1696.
  13. Wong MAME, Chue S, Jong M, Benny HWK, Zary N. Clinical instructors' perceptions of virtual reality in health professionals' cardiopulmonary resuscitation education. *SAGE Open Med.* 2018;6: 2050312118799602. doi:10.1177/2050312118799602.
  14. Bracq MS, Michinov E, Jannin P. Virtual reality simulation in nontechnical skills training for healthcare professionals. *Simulat Healthc.* 2019;14(3):188–94.
  15. Dyer E, Swartzlander BJ, Gugliucci MR. Using virtual reality in medical education to teach empathy. *J Med Library Assoc.* 2018;106 (4):498–500.
  16. Kim HY, Kim EY. Effects of medical education program using virtual reality: a systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health.* 2023;20(5):3895.
  17. Sadek O, Baldwin F, Gray R, Khayat N, Fotis T. Impact of virtual and augmented reality on quality of medical education during the COVID-19 pandemic: a systematic review. *J Grad Med Educ.* 2023;15:328–38.
  18. Berezowsky CA, Hoyos RP, Lourenco PB. Experience using immersive virtual reality simulation during an AO trauma regional course in Latin America. *J Musculoskelet Surg Res.* 2022;6:278–82.
  19. Martinez FT, Soto JP, Valenzuela D, González N, Corsi J, Sepúlveda P. Virtual Clinical simulation for training amongst undergraduate medical students: a pilot randomised trial (VIR-TUE-Pilot). *Cureus.* 2023;15(10):e47527.
  20. Buttussi F, Chittaro L, Valent F. A virtual reality methodology for cardiopulmonary resuscitation training with and without a physical mannequin. *J Biomed Inform.* 2020;111:103590.
  21. Alcázar Artero PM, Pardo Rios M, Greif R, Ocampo Cervantes AB, Gijón-Nogueron G, Barcala-Furelos R, et al. Efficiency of virtual reality for cardiopulmonary resuscitation training of adult laypersons: a systematic review. *Medicine (Baltimore).* 2023;102 (4):e32736.
  22. Castillo J, Rodríguez-Higueras E, Belmonte R, Rodríguez C, López A, Gallart A. Efficacy of virtual reality simulation in teaching basic life support and its retention at 6 months. *Int J Environ Res Public Health.* 2023;20(5):4095.
  23. Ellaway RH. Technology-enhanced learning. En: Swanwick T, Forrest K, O'Brien BC, editores. *Understanding medical education: evidence, theory, and practice.* 3 ed. Oxford: Wiley Blackwell; 2019. p. 139–50.
  24. Means B, Toyama Y, Murphy R, Bakia M, Jones K. Evaluation of evidence-based practices in online learning: a meta-analysis and review of online learning studies. US Department of Education; 2010 [consultado 29 de enero de 2024], Disponible en: <https://www.ed.gov/sites/ed/files/rschstat/eval/tech/evidence-based-practices/finalreport.pdf>.
  25. World Federation for Medical Education. Standards for distributed and distance learning in medical education; 2021. [consultado 29 de enero de 2024], Disponible en: [https://wfme.org/wp-content/uploads/2017/05/WFME-STANDARDS-FOR-DISTRIBUTED-AND-DISTANCE-LEARNING-IN-MEDICINE\\_2021-final-3.pdf](https://wfme.org/wp-content/uploads/2017/05/WFME-STANDARDS-FOR-DISTRIBUTED-AND-DISTANCE-LEARNING-IN-MEDICINE_2021-final-3.pdf).
  26. Lee JS. Implementation and evaluation of a virtual reality simulation: intravenous injection training system. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(9):5439. doi:10.3390/ijerph19095439.
  27. Oliva HA. La gamificación como estrategia metodológica en el contexto educativo universitario. *Realid Reflex.* 2016;16(44): 29–47.
  28. Xu M, Luo Y, Zhang Y, Xia R, Qian H, Zou X. Game-based learning in medical education. *Front Public Health.* 2023;11:1113682. doi:10.3389/fpubh.2023.1113682/full.
  29. Cook DA. The failure of e-learning research to inform educational practice, and what we can do about it. *Med Teach.* 2009;31(2): 158–62. doi:10.1080/01421590802691393.
  30. Cook DA, Triola MM. What is the role of e-learning? Looking past the hype. *Med Educ.* 2014;48(9):930–7. doi:10.1111/medu.12484.