



Educación médica de pregrado con simulación en cirugía: Una revisión narrativa

Undergraduate medical education with simulation in surgery: A narrative review

Alejandro Madrigal-Montoya¹ , Raquel Cárdenas-Restrepo¹ , Valentina López-Gómez¹ ,
Elizabeth Velásquez-Ramírez¹ , Andrés Felipe Acevedo-Betancur, MD² ,
Angie Ximena Ortiz-Chamorro, MD, MSc²

1 Programa de Medicina, Universidad CES, Medellín, Colombia.

2 Facultad de Medicina, Universidad CES, Medellín, Colombia.

Resumen

Introducción. La enseñanza de cirugía en el pregrado médico ha experimentado una transformación significativa, integrando estrategias pedagógicas, como la simulación clínica, para complementar el aprendizaje tradicional. Este enfoque busca fortalecer las habilidades técnicas y las competencias transversales de los futuros médicos.

Métodos. Se realizó una revisión narrativa de las publicaciones en bases de datos como PubMed, Science Direct y SciELO, sobre el uso de la simulación en la enseñanza de cirugía general en programas de pregrado, sin restricciones de diseño o año de publicación. Tras aplicar criterios de inclusión centrados en la población estudiantil de pregrado y el uso de simulación como herramienta formativa se incluyeron 25 artículos.

Resultados. La simulación médica ha avanzado a lo largo de la historia, con la inclusión de programas de alta complejidad y realidad virtual, que son agentes transformadores para la educación médica. Aunque aún hay evidencia limitada sobre la simulación en estudiantes de pregrado de medicina, específicamente en cirugía, la literatura demuestra que ha evolucionado desde modelos anatómicos básicos hasta tecnologías de alta fidelidad y realidad virtual. El aprendizaje basado en simulación permite integrar conocimientos teóricos y prácticos, desarrollando destrezas importantes como liderazgo y toma de decisiones.

Conclusiones. La simulación es una herramienta crucial en la educación médica, especialmente en cirugía, mejorando la formación de médicos y la seguridad del paciente. A pesar de los retos en su implementación, el uso creciente de la simulación en programas educativos evidencia su relevancia en la creación de un entorno de aprendizaje efectivo y seguro.

Palabras clave: cirugía general; educación médica; ejercicio de simulación; entrenamiento simulado; educación basada en competencias; evaluación educacional.

Fecha de recibido: 27/11/2024 - Fecha de aceptación: 19/07/2025 - Publicación en línea: 11/09/2025

Correspondencia: Alejandro Madrigal-Montoya, Calle 10 A # 22 - 04, Medellín, Colombia. Teléfono: +57 3217789173.

Dirección electrónica: alejandromadrigal429@gmail.com

Citar como: Madrigal-Montoya A, Cárdenas-Restrepo R, López-Gómez V, Velásquez-Ramírez E, Acevedo-Betancur AF, Ortiz-Chamorro AX. Educación médica de pregrado con simulación en cirugía: Una revisión narrativa. Rev Colomb Cir. 2025;40:1061-9.

<https://doi.org/10.30944/20117582.2817>

Este es un artículo de acceso abierto bajo una Licencia Creative Commons - BY-NC-ND <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>

Abstract

Introduction. Teaching surgery in undergraduate medical studies has undergone a significant transformation, integrating pedagogical strategies such as clinical simulation to complement traditional learning. This approach seeks to strengthen the technical skills and transversal competencies of future physicians.

Methods. A narrative review of publications in databases such as PubMed, Science Direct, and SciELO on the use of simulation in teaching general surgery in undergraduate programs was conducted, with no restrictions on design or year of publication. After applying inclusion criteria focused on the undergraduate student population and the use of simulation as a training tool, 25 articles were included.

Results. Medical simulation has advanced throughout history, with the inclusion of highly complex programs and virtual reality, which are transformative agents for medical education. Although there is still limited evidence on simulation in undergraduate medical students, specifically in surgery, the literature shows that it has evolved from basic anatomical models to high-fidelity technologies and virtual reality. Simulation-based learning allows for the integration of theoretical and practical knowledge, developing important skills such as leadership and decision-making.

Conclusions. Simulation is a crucial tool in medical education, especially in surgery, improving physician training and patient safety. Despite the challenges of its implementation, the growing use of simulation in educational programs demonstrates its importance in creating an effective and safe learning environment.

Keywords: general surgery; medical education; simulation exercise; simulated training; competency-based education; educational assessment.

Introducción

Durante la primera década del siglo XXI, la enseñanza de la cirugía en el plan de estudios dirigido a los estudiantes de pregrado se fundamentaba en estrategias tradicionales dentro del aula a través de clases magistrales, con una distribución del contenido por sistemas orgánicos, además de rotaciones por instituciones de salud para la práctica clínica. La evaluación del desempeño estudiantil se centraba en el “saber”, con exámenes de selección. Pero este aspecto se modificó en la última década, dadas las nuevas necesidades por los cambios en los modelos de enseñanza, que llevaron a optar por otras estrategias, como el aula invertida y la simulación clínica^{1,2}.

La simulación médica, por su parte, ha evolucionado significativamente desde sus inicios en la década de 1960, con la creación de modelos como el maniquí “Resusci Anne”, diseñado para la enseñanza de la reanimación cardiopulmonar. A lo largo de las décadas, con el avance de la tecnología se han desarrollado simuladores más sofisticados de alta fidelidad, que replican funciones fisiológicas complejas,^{3,4} y se ha progresado en la simulación

centrada en técnicas quirúrgicas. Estos avances han transformado la educación médica, permitiendo a los profesionales de la salud entrenarse en un entorno controlado, reduciendo los errores y mejorando los resultados clínicos⁵.

Actualmente la simulación es aceptada a nivel mundial como una de las técnicas más importantes para impartir conocimientos, habilidades y aptitudes, a todos los niveles de profesionales de la salud en general y a estudiantes de pregrado médico en particular. Se hace necesaria la innovación para que la medicina progrese; ejemplo de ello, son los avances en simulación de laparoscopia, cirugía robótica, imagenología y los protocolos de tratamiento existentes⁶.

En el ámbito quirúrgico, la simulación ofrece a los estudiantes de medicina la oportunidad de practicar desde técnicas básicas hasta procedimientos más complejos. Aunque la evidencia en cirugía general en pregrado es aún limitada, se ha demostrado que la simulación acelera la curva de aprendizaje y fomenta habilidades técnicas y no técnicas, como la comunicación y el trabajo en equipo, fundamentales para la seguridad del paciente^{2,7}.

La formación del componente quirúrgico en el pregrado de medicina en Colombia ha comenzado un proceso de transformación necesario y acelerado. A pesar de ello, la evidencia publicada sobre estos cambios en el contexto nacional educativo en la formación de los futuros médicos es aún escasa. En instituciones de educación superior, la simulación se ha integrado en el currículo de cirugía, proporcionando a los estudiantes una experiencia de aprendizaje práctica y realista, que refuerza tanto sus competencias clínicas como sus habilidades de liderazgo y colaboración¹.

Si bien en los últimos años en la educación médica ha aumentado el interés por implementar métodos de enseñanza interactivos, se hace necesario documentar las experiencias propias de instituciones de educación superior en el país y en el exterior. Dado lo anterior, el objetivo de esta revisión fue identificar y resumir los artículos publicados en relación con la simulación como herramienta para la educación médica, especialmente en cirugía, para entender cómo estos procesos pueden complementar la formación de los futuros médicos e impactar en la seguridad de los pacientes a los cuales se enfrentarán en el mundo laboral.

Métodos

Se realizó una búsqueda de la literatura científica a través de una metodología de revisión narrativa en torno a la pregunta ¿Qué se ha documentado sobre la evolución histórica, la implementación actual, las ventajas y desventajas y los resultados del uso de la simulación en la enseñanza de cirugía general en pregrado de medicina? Se optó por una revisión narrativa debido a la necesidad de realizar una integración descriptiva de la literatura sobre simulación en cirugía general como estrategia pedagógica en la enseñanza del pregrado de medicina. Este tipo de revisión permite una comprensión más amplia y contextualizada del fenómeno, al incluir estudios con diferentes metodologías, enfoques geográficos y temporales.

Estrategia de búsqueda

Se realizó la búsqueda en bases de datos como PubMed, Science Direct y SciELO hasta septiembre de 2024. Dentro de los criterios de inclusión

se consideraron: artículos de cualquier diseño (sin restricción del tipo de estudio publicado), en inglés y español, sin restricción en el año de publicación. Como criterios de exclusión, se consideraron artículos que no abordaran el tema de simulación en cirugía como proceso formativo o que no vincularan como población objeto a estudiantes de pregrado de medicina.

Se emplearon términos de búsqueda a partir de los tesauros Medical Subject Heading (MeSH): "Simulation Training", "Education, Medical, Undergraduate", "General Surgery", "Surgery", "Clinical Competence", "History", y Descriptores en Ciencias de la Salud (DeCS): "Simulación", "Educación médica de pregrado", "Cirugía general", "Cirugía", "Competencia clínica", "Historia"; estos términos se combinaron con operadores booleanos AND y OR según cada base de datos.

Selección de los artículos

Se obtuvieron inicialmente 127 artículos, de los cuales se eligieron los relacionados con historia de la simulación, situación actual y experiencia local. Cada uno de los investigadores realizó de forma cegada a través de Rayyan, un primer tamizaje, revisando título y resumen, identificándose 3 artículos duplicados y excluyéndose 85 artículos. Posteriormente se realizó lectura completa de los restantes 39 artículos, para seleccionar un total de 25 artículos que sí cumplían con el objetivo y los criterios anteriormente mencionados para la presente revisión. En caso de discrepancia a la hora de analizar los artículos, se concilió entre los autores, para una selección objetiva de los artículos (Figura 1).

Análisis de la información

Los artículos seleccionados se almacenaron en el gestor bibliográfico Zotero, y fueron organizados y analizados en torno a los siguientes ejes: historia de la simulación en medicina, aplicación de la simulación en cirugía general en el pregrado médico, ventajas y desventajas de la simulación quirúrgica en pregrado, resultados y experiencias globales de la simulación en educación médica. Se enfatizó en los contextos locales, cuando estuvieron disponibles.

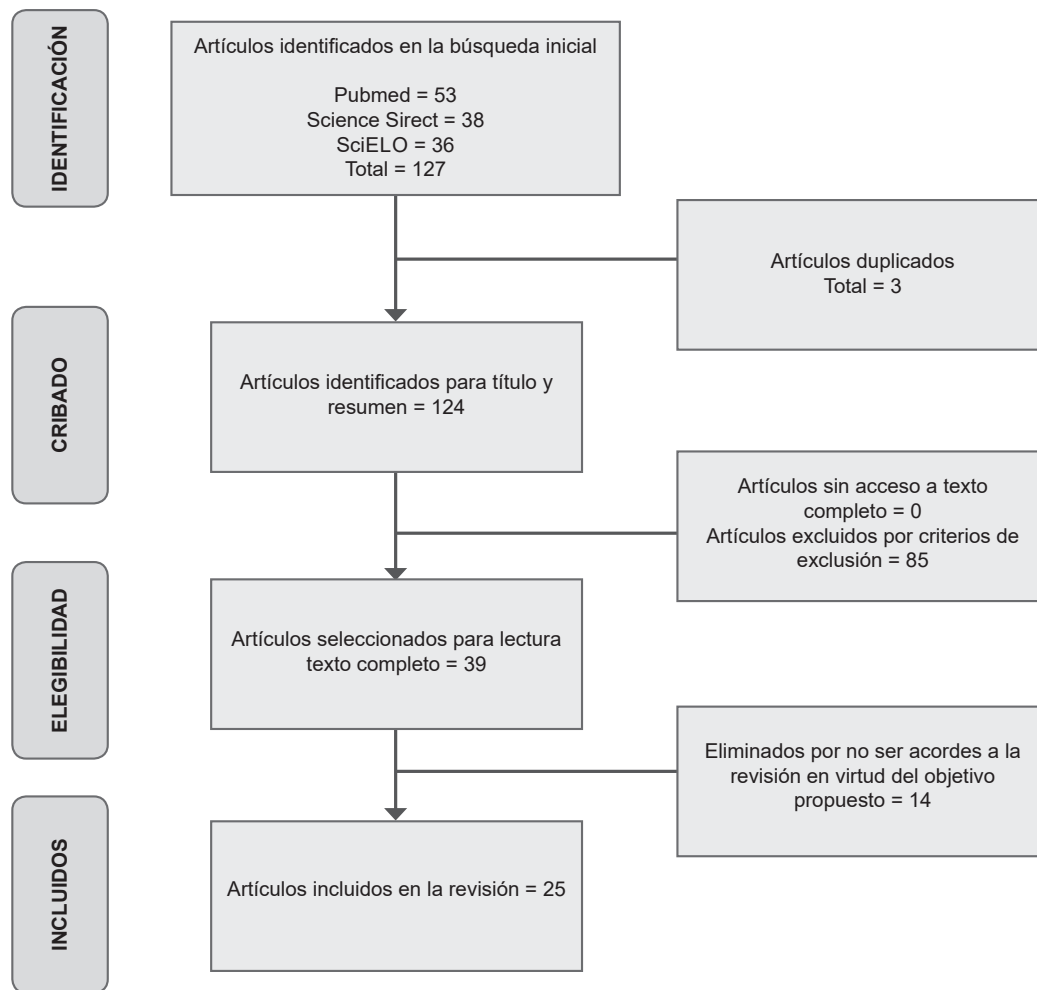


Figura 1. Diagrama de flujo explicativo sobre el proceso de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión de artículos para la revisión.

Fuente: elaboración propia.

Revisión de tema y discusión

Historia de la simulación en medicina

El origen de la simulación médica se remonta a la década de 1960, cuando se desarrollaron los primeros modelos anatómicos básicos, que fueron utilizados para la práctica de técnicas médicas simples. Uno de los más reconocidos fue el maniquí “Resusci Anne”, creado por Asmund Laerdal,

un empresario noruego dedicado a la creación de juguetes de plástico, con ayuda del anestesiólogo Bjorn Lind y el doctor Peter Safar. Con este maniquí para la enseñanza de la reanimación cardiopulmonar se podía obstruir la vía aérea y era necesario realizar hiperextensión del cuello para lograr una ventilación exitosa, además de permitir la práctica de masaje cardíaco o reanimación cardiopulmonar (RCP)^{3,4}.

Con el fin de entrenar a los anestesiólogos, un equipo liderado por Stephen Abrahamson y Judson Denson, en la Universidad de California del Sur (USC), en 1967 desarrolló el simulador “Sim One”, uno de los primeros simuladores médicos avanzados, considerado un precursor de los simuladores médicos de alta fidelidad. Estaba equipado con una variedad de sensores y capacidad de respuesta, que simulaban funciones fisiológicas como la respiración, los latidos cardíacos y las respuestas a la administración de anestesia⁷. A pesar de ser tecnológicamente avanzado para su tiempo, el alto costo y la falta de aceptación entre los profesionales de la salud limitaron su adopción generalizada².

En 1968 se presentó en la *American Heart Association* (AHA) el simulador “Harvey”, creado por el doctor Michael Gordon. Este equipo tenía funciones innovadoras, como la capacidad de obtener la presión arterial mediante la auscultación y la presencia de ruidos cardíacos ubicados en distintos focos que se sincronizaban con el pulso y variaban con la respiración⁸.

La tecnología proveniente de las computadoras permitió en la década de 1980 el desarrollo de simuladores que podían replicar signos vitales y respuestas fisiológicas más realistas. Un ejemplo de esto fue el maniquí llamado “C.A.S.E. 1.2” (*Comprehensive Anesthesia Simulation Environment*), fabricado en 1987 por el doctor David Gaba, que permitía manipular los signos vitales para simular eventos críticos. Luego el “C.A.S.E. 2.0”, que tenía un nuevo microprocesador de parámetros fisiológicos, se convirtió en el primer simulador de alta fidelidad en ambientes realistas⁹. Con su creación, se fundó el Centro para la Simulación en Anestesia y desde ese momento distintas instituciones y empresas comenzaron a producir maniqués y simuladores para capacitar a médicos, residentes y estudiantes en distintas especialidades.

Con el avance de la tecnología, la simulación médica ha evolucionado significativamente. El desarrollo de programas de simulación avanzada y la integración de la realidad virtual y aumentada han permitido recrear escenarios clínicos complejos con un alto grado de realismo. Esto ha

transformado la educación médica, ofreciendo un instrumento valioso para la formación continua y la evaluación de competencias técnicas a través de un entrenamiento sistematizado basado en situaciones clínicas¹⁰.

Simulación de cirugía general en pregrado

Al hablar de simulación en cirugía entran muchos conceptos, principalmente aplicados a los posgrados, como la simulación de laparoscopia o de cirugía robótica; pero en cuanto a simulación para estudiantes de medicina en esta área, la evidencia es limitada¹¹.

En Estados Unidos hay registro de experiencia con estudiantes de pregrado de medicina, donde dividieron la simulación en tareas abstractas (simuladores de sutura), entrenadores físico-anatómicos, réplicas humanas, pacientes simulados, modelos animales, entrenadores anatómicos virtuales y realidad virtual; mediante los cuales se pueden adquirir habilidades específicas, que van desde el examen físico básico hasta la realización de paracentesis o nudos avanzados^{12,13}.

Aunque la evidencia sobre el Examen Clínico Objetivo Estructurado (ECOE) aplicado al área de cirugía general en pregrado es escasa, se ha demostrado que estos métodos son más eficaces en su sistema de evaluación que los métodos tradicionales¹⁴, además de que es un método válido, confiable y objetivo, el cual puede ser aplicado en el contexto de la educación en cirugía general¹⁵, aunque puede no ser el método evaluativo favorito de los estudiantes¹⁶.

Ventajas y desventajas

La recreación de escenarios clínicos controlados es una herramienta útil de entrenamiento para la adquisición de habilidades prácticas y técnicas debido a que permite el desarrollo de aptitudes para el manejo de diferentes situaciones, favoreciendo el rendimiento clínico. También se ha demostrado que la curva de aprendizaje se acelera y que las habilidades adquiridas son transferibles a la realidad, disminuyendo el margen de error en el ejercicio médico y mejorando los resultados clínicos¹⁷.

El modelo tradicional de educación quirúrgica se basa en que el aprendizaje de diversas enfermedades o procedimientos es directamente proporcional al tiempo de exposición a estas, y si es deficiente, puede comprometer la adquisición de conocimientos. En este sentido, la simulación permite estandarizar el aprendizaje, reduciendo el factor “azar” y aumentando la accesibilidad a eventos para obtener las habilidades necesarias¹⁸.

Adicionalmente, este modelo de enseñanza permite el desarrollo del liderazgo, comunicación, toma de decisiones y trabajo en equipo, destrezas fundamentales para el ejercicio médico, especialmente en el ámbito quirúrgico en donde el entorno es sumamente interactivo¹⁵.

En investigaciones, los estudiantes refirieron que la experiencia promovía el pensamiento crítico, el juicio clínico, el análisis y la toma de decisiones, y que sentían que el simulador les permitía integrar las ciencias básicas y clínicas, así como integrar conocimientos para la resolución de problemas avanzados^{19,20}.

Por otro lado, en la creciente cultura de seguridad del paciente, con la disminución de la tolerancia de los pacientes hacia el aprendizaje directamente en ellos, la simulación representa una buena opción debido a que, en este entorno, el error no tiene desenlaces desfavorables, por el contrario, permite el análisis y retroalimentación de este, con el fin de corregir los fallos clínicos^{17,21}.

Un aspecto para considerar es que gran parte del éxito de la simulación recae en el profesor y en su capacidad de adaptarse a dicho modelo de enseñanza. La simulación imita, pero no reproduce la realidad, y la obtención de buenos resultados depende de la fidelidad física, conceptual y vivencial de la experiencia simulada²².

Una desventaja consiste en la necesidad de que sea un proceso repetitivo y que el grado de dificultad debe ser individualizado, lo cual es complejo por la mayor cantidad de estudiantes. Por último, entre sus desventajas es importante resaltar que la mayoría de los equipos utilizados para recrear los escenarios son costosos y, a mayor tecnología los precios aumentan, dificultando el acceso^{17,23}.

El aprendizaje basado en simulación puede considerarse como una herramienta educativa

rentable, de fácil acceso, segura, factible y prometedora, que brinda más oportunidades para que los estudiantes de medicina interactúen con “pacientes” y participen del trabajo en equipo²⁴. Sin embargo, se ha descrito que múltiples factores, incluidos los recursos o fondos limitados, la falta de acceso a adecuadas y modernas tecnologías de simulación, la baja oferta de simuladores, la falta de personal capacitado a tiempo completo, la baja motivación y la limitación de experiencia de los instructores, pueden tener efectos negativos en una implementación efectiva de la educación médica de pregrado basada en la simulación actual²⁵.

Resultados globales de la simulación

La educación o entrenamiento médico basado en simulación ha cobrado cada vez mayor importancia en los últimos años, pues no solo contribuye al fortalecimiento de los conceptos teóricos y prácticos, sino que también es parte crucial en el entrenamiento de habilidades blandas y de comunicación en el personal de salud. La adecuada evaluación del entorno clínico para la resolución de problemas de manera rápida y segura se ha convertido en uno de los objetivos principales cuando se habla de conciencia situacional y seguridad en la atención del paciente²⁶.

Siendo la cirugía una especialidad en la que los médicos se ven enfrentados a momentos en los que deben tomar decisiones acertadas en tiempo limitado, y en muchas ocasiones bajo presión, la educación basada en simulación cobra gran importancia, pues proporciona las herramientas clave para potenciar la conciencia situacional y disminuir los errores prevenibles²⁷.

Cada vez los ejercicios de simulación en la educación médica son más comunes a nivel global, pues se ha visto la diferencia que marcan, no solo en la formación de los médicos, sino en la seguridad del paciente, ya que ayudan a desarrollar herramientas y habilidades en el personal de salud, por lo cual han sido reconocidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como uno de los aspectos fundamentales para garantizar la seguridad del paciente²⁷.

Dentro de los objetivos estratégicos que incluye la OMS en el “Plan de acción mundial para la seguridad del paciente 2021-2030: Hacia la eliminación de los daños evitables en la atención de salud” están la educación, competencias y seguridad del personal de salud, en el que se hace hincapié en la importancia de identificar, fortalecer y evaluar las habilidades que debe tener cada clínico en su práctica, y que entre ellas se deben incluir habilidades no técnicas como el trabajo en equipo y la comunicación^{28,29}.

En España, por ejemplo, se implementó la orden SSI/81/2017 del Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, en la que se resalta la importancia del uso de simuladores, maniqués o pacientes estandarizados para la adquisición de habilidades técnicas, en trabajo en equipo y de comunicación²⁸. Por otro lado, en una publicación del Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos (HHS por sus siglas en inglés), acerca del entrenamiento en cirugía de estudiantes de medicina y médicos residentes y el rol que cumplen en la seguridad del paciente, se denota cómo la simulación contribuye en la formación en liderazgo y trabajo en equipo del personal, lo que llevó a la disminución de eventos adversos relacionados con procedimientos invasivos³⁰.

Conclusiones

Esta revisión narrativa evidenció que la simulación clínica se ha consolidado como una estrategia pedagógica fundamental en la formación médica, especialmente en el área quirúrgica. Desde sus inicios en la década de 1960 con modelos anatómicos básicos, hasta el desarrollo actual de simuladores de alta fidelidad y entornos virtuales, la simulación ha transformado la manera en que se enseñan y adquieren habilidades clínicas. Esta evolución ha permitido crear entornos de aprendizaje más seguros y efectivos, donde los estudiantes pueden desarrollar tanto habilidades técnicas como competencias interpersonales. A través de metodologías como la simulación de procedimientos quirúrgicos y el uso de maniqués avanzados, se ha logrado estandarizar la enseñanza y mejorar

la transferencia de habilidades al contexto clínico real, minimizando el riesgo para los pacientes.

En el contexto del pregrado en medicina, la simulación representa una oportunidad para complementar la enseñanza tradicional, especialmente en cirugía general, un área que está limitada por oportunidades clínicas reales de acuerdo con la necesidad de garantizar la seguridad del paciente. La información revisada demuestra que a través de la simulación los estudiantes pueden desarrollar habilidades técnicas, pensamiento crítico, toma de decisiones, trabajo en equipo y liderazgo, todas esenciales en el ámbito quirúrgico.

Sin embargo, la implementación de estos métodos enfrenta desafíos, como la necesidad de adaptabilidad por parte de los docentes y la alta inversión que se requiere para adquirir los equipos de simulación. A pesar de estas limitaciones, la creciente aceptación y reconocimiento de la simulación en programas de formación médica, como se evidencia en iniciativas internacionales, subraya su importancia en la mejora de la seguridad del paciente y el desarrollo de una atención médica de calidad. La experiencia documentada respalda el valor de la simulación como una herramienta educativa integral. En conclusión, la simulación no solo potencia la educación médica, sino que también se alinea con los objetivos globales de salud para garantizar un cuidado más seguro y efectivo; por lo tanto, se hace necesaria su promoción e integración sistemática en los programas de pregrado, especialmente en las áreas quirúrgicas.

Cumplimiento de normas éticas

Consentimiento informado: Debido a la naturaleza del documento, por ser una revisión narrativa, no se requirió de consentimiento informado ni de aprobación del Comité de Ética institucional.

Conflictos de interés: Ninguno declarado por los autores.

Uso de Inteligencia Artificial: Los autores declararon que no se utilizaron tecnologías asistidas por Inteligencia Artificial (IA) en la producción de este trabajo.

Fuentes de financiación: El presente artículo fue realizado con recursos propios de los autores.

Contribución de los autores:

- Diseño y concepción del estudio: Alejandro Madrigal-Montoya, Raquel Cárdenas-Restrepo, Valentina López-Gómez, Elizabeth Velásquez-Ramírez, Andrés Felipe Acevedo-Betancur.
- Ajustes metodológicos: Angie Ximena Ortiz-Chamorro.
- Adquisición de datos: Alejandro Madrigal-Montoya, Raquel Cárdenas-Restrepo, Valentina López-Gómez, Elizabeth Velásquez-Ramírez, Andrés Felipe Acevedo-Betancur.
- Análisis e interpretación de datos: Alejandro Madrigal-Montoya, Raquel Cárdenas-Restrepo, Valentina López-Gómez, Elizabeth Velásquez-Ramírez, Andrés Felipe Acevedo-Betancur, Angie Ximena Ortiz-Chamorro.
- Redacción del manuscrito: Alejandro Madrigal-Montoya, Raquel Cárdenas-Restrepo, Valentina López-Gómez, Elizabeth Velásquez-Ramírez, Andrés Felipe Acevedo-Betancur, Angie Ximena Ortiz-Chamorro.
- Revisión crítica y aprobación final: Alejandro Madrigal-Montoya, Raquel Cárdenas-Restrepo, Valentina López-Gómez, Elizabeth Velásquez-Ramírez, Andrés Felipe Acevedo-Betancur, Angie Ximena Ortiz-Chamorro.

Referencias

- 1 Domínguez-Torres LC, Vega-Peña NV, Pepín-Rubio JJ, Sierra-Barbosa DO, Lotero JD. Se hace camino al andar: Educación médica de pregrado en el Departamento de Cirugía. *Rev Colomb Cir.* 2021;36:25-34. <https://doi.org/10.30944/20117582.648>
- 2 Lewis CE, Chen DC, Relan A. Implementation of a flipped classroom approach to promote active learning in the third-year surgery clerkship. *Am J Surg.* 2018;215:298-303. <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2017.08.050>
- 3 Himmelhoch SR, Dekker A, Gazzaniga AB, Like AA. Closed-chest cardiac resuscitation — A prospective clinical and pathological study. *N Engl J Med.* 1964;270:118-22. <https://doi.org/10.1056/NEJM196401162700302>
- 4 Cooper JB, Taqueti VR. A brief history of the development of mannequin simulators for clinical education and training. *Postgrad Med J.* 2008;84:563-70. <https://doi.org/10.1136/qshc.2004.009886>
- 5 Zhang W, Qu L, Zilundu PLM, Xu Y, Chen M, Yu G, et al. Advancing surgical education: An evaluation of laparoscopic simulation training for medical students. *J Eval Clin Pract.* 2025;31:e14225. <https://doi.org/10.1111/jep.14225>
- 6 Pai D. Use of simulation for undergraduate medical education. *Int J Adv Med Health Res.* 2018;5:3-6. https://doi.org/10.4103/ijamr.ijamr_63_17
- 7 Curtis MT, DiazGranados D, Feldman M. Judicious use of simulation technology in continuing medical education. *J Contin Educ Health Prof.* 2012;32:255-60. <https://doi.org/10.1002/chp.21153>
- 8 Gordon MS, Forker AD, Gessner I, McGuire C, Mayer JW, Sajid DPA, et al. Teaching bedside cardiologic examination skills using “Harvey”, the cardiology patient simulator. *Med Clin North Am.* 1980;64:305-13. [https://doi.org/10.1016/s0025-7125\(16\)31620-0](https://doi.org/10.1016/s0025-7125(16)31620-0)
- 9 Gaba DM, Howard SK, Fish KJ, Smith BE, Sowb YA. Simulation-based training in anesthesia crisis resource management (ACRM): A decade of experience. *Simul Gaming.* 2001;32:175-93. <https://doi.org/10.1177/104687810103200206>
- 10 Amaya-Afanador A. Simulación clínica: “Aproximación pedagógica de la simulación clínica”. *Universitas Médica.* 2010;51:204-11. <https://doi.org/10.11144/javeriana.umed51-2.scap>
- 11 Corvetto M, Bravo MP, Montaña R, Utili F, Escudero E, Boza C, et al. Simulación en educación médica: Una sinopsis. *Rev Med Chil.* 2013;141:70-9. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872013000100010>
- 12 Acton RD. The evolving role of simulation in teaching surgery in undergraduate medical education. *Surg Clin North Am.* 2015;95:739-50. <https://doi.org/10.1016/j.suc.2015.04.001>
- 13 Zargarán D, Turki M, Farzaneh B, Subramaniam M, Motaharisl N, Zargarán A. Evaluating the effectiveness of plastic surgery simulation training for undergraduate medical students. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2020;73:276-7. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2019.10.005>
- 14 Eze BUN, Edeh AJ, Ugochukwu AI. Comparing objective structured clinical examinations and traditional clinical examinations in the summative evaluation of final-year medical students. *Niger J Surg.* 2020;26:117-21. https://doi.org/10.4103/njs.NJS_19_20
- 15 Joshi MK, Srivastava AK, Ranjan P, Singhal M, Dhar A, Chumber S, et al. OSCE as a summative assessment tool for undergraduate students of surgery—Our experience. *Indian J Surg.* 2017;79:534-8. <https://doi.org/10.1007/s12262-016-1521-y>
- 16 Tolsma R, Shebrain S, Berry SD, Miller L. Medical student perceptions of assessments of clinical reasoning in a general surgery clerkship. *BMC Med Educ.* 2024;24:211. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-05184-w>
- 17 López-Sánchez M, Ramos-López L, Pato-López O, López-Álvarez S. La simulación clínica como herramienta de aprendizaje. *Cirugía Mayor Ambulatoria.* 2013;18:27-31.
- 18 Moncada A, García R, Rodríguez VI, Fernández A, Varela CL, Terán AJ. La simulación como herramienta de enseñanza y aprendizaje quirúrgico. *Rev Venez Cir.* 2023;76:142-7. <https://doi.org/10.48104/rvc.2023.76.2.14>

- 19 Gordon JA, Wilkerson WM, Shaffer DW, Armstrong EG. "Practicing" medicine without risk: Students' and educators' responses to high-fidelity patient simulation. *Acad Med.* 2001;76:469-72. <https://doi.org/10.1097/00001888-200105000-00019>
- 20 Valencia-Castro JL, Tapia-Vallejo S, Olivares-Olivares SL. La simulación clínica como estrategia para el desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes de medicina. *Investig Educ Med.* 2019;8:13-22. <https://doi.org/10.1016/j.riem.2016.08.003>
- 21 Okuda Y, Bryson EO, DeMaria S, Jacobson L, Quinones J, Shen B, et al. The utility of simulation in medical education: What is the evidence? *Mt Sinai J Med.* 2009;76:330-43. <https://doi.org/10.1002/msj.20127>
- 22 Dávila-Cervantes A. Simulación en educación médica. *Investig Educ Med.* 2014;3:100-5. [https://doi.org/10.1016/s2007-5057\(14\)72733-4](https://doi.org/10.1016/s2007-5057(14)72733-4)
- 23 Toader E. Clinical simulations for learning medical skills: A work-based approach to simulators. *Procedia Soc Behav Sci.* 2015;197:2443-8. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.07.408>
- 24 Koh J, Dubrowski A. Merging problem-based learning with simulation-based learning in the medical undergraduate curriculum: The PAIRED framework for enhancing lifelong learning. *Cureus.* 2016;8:e647. <https://doi.org/10.7759/cureus.647>
- 25 Wu Q, Wang Y, Lu L, Chen Y, Long H, Wang J. Virtual simulation in undergraduate medical education: A scoping review of recent practice. *Front Med (Lausanne).* 2022;9:855403. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.855403>
- 26 Thamby H, Willert E, Ramani S. Assessing clinical reasoning: Targeting the higher levels of the pyramid. *J Gen Intern Med.* 2019;34:1631-6. <https://doi.org/10.1007/s11606-019-04953-4>
- 27 Chang AL, Dym AA, Venegas-Borsellino C, Bangar M, Kazzi M, Lisenenkov D, et al. Comparison between simulation-based training and lecture-based education in teaching situation awareness. A randomized controlled study. *Ann Am Thorac Soc.* 2017;14:529-35. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201612-950OC>
- 28 Leal-Costa C. El papel de la simulación clínica en el desarrollo de las habilidades de comunicación en los profesionales sanitarios. *Rev Esp Comun Salud.* 2022;13:6-8. <https://doi.org/10.20318/recs.2022.6962>
- 29 Astier-Peña MP, Martínez-Bianchi V, Torijano-Casalengua ML, Ares-Blanco S, Bueno-Ortiz JM, Fernández-García M. El plan de acción mundial para la seguridad del paciente 2021-2030: Identificando acciones para una atención primaria más segura. *Aten Primaria.* 2021;53(Suppl 1):102224. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2021.102224>
- 30 Bajpai S, Lindeman B. The trainee's role in patient safety: Training residents and medical students in surgical patient safety. *Surg Clin North Am.* 2021;101:149-60. <https://doi.org/10.1016/j.suc.2020.09.007>