

CAPÍTULO 2

IMPORTANCIA DE LA SIMULACIÓN CLÍNICA EN LA FORMACIÓN DE PROFESIONALES DE LA SALUD

IMPORTANCE OF CLINICAL SIMULATION IN THE TRAINING OF HEALTH PROFESSIONALS

Olga Lucía Rodríguez Puerto

Perfil e institución: Fisioterapeuta. Especialista en Terapia Manual Ortopédica. Especialista en Terapias Alternativas. Magíster en Intervención Social en las Sociedades del Conocimiento. Docente Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Correo electrónico: olgal.rodriguez@unad.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8075-1506>

Nacionalidad: colombiana

Palabras clave: simulación clínica, práctica simulada, aprendizaje experiencial, seguridad del paciente.

Keywords: clinical simulation, simulated practice, experiential learning, patient safety.



INTRODUCCIÓN

La simulación clínica se ha consolidado como una herramienta esencial en la formación de profesionales de la salud, gracias a su capacidad para ofrecer un entorno seguro y controlado donde los estudiantes pueden desarrollar y perfeccionar sus habilidades sin poner en riesgo la vida de los pacientes. En el ámbito de la salud, la simulación consiste en situar a un estudiante en un contexto que imita algún aspecto de la realidad, con escenarios similares a aquellos que deberá enfrentar. Por tanto, se convierte en una estrategia educativa que favorece la adquisición de habilidades técnicas y competencias necesarias para el cuidado de la salud (Dávila-Cervantes, 2014).

En este capítulo se abordará la importancia de la simulación clínica como estrategia pedagógica esencial en la formación de profesionales de la salud, destacando su impacto en el desarrollo de competencias, la seguridad del paciente y la calidad asistencial. Además, se revisarán las evidencias científicas más recientes que respaldan su implementación, así como las recomendaciones para su integración curricular efectiva. La simulación clínica no es simplemente una herramienta complementaria, sino un componente fundamental de la educación moderna en salud, que responde a las necesidades actuales del sistema de salud en los territorios y a las exigencias de una atención segura y humanizada.

Fundamentos pedagógicos de la simulación

Autores como Sadith Villca (2018) la definen como un medio de enseñanza-aprendizaje que promueve el desarrollo de competencias, especialmente la adquisición de habilidades clínicas, antes del contacto real con el paciente. Esto fomenta su seguridad, pues facilita la adquisición de destrezas que disminuyen la posibilidad de errores o complicaciones durante la atención en salud.

En esta misma línea, David Gaba (2007), considerado el padre de la simulación clínica, la define como “una técnica, no una tecnología, para sustituir o ampliar las experiencias reales con experiencias guiadas, a menudo de inmersión en la naturaleza, que evocan o reproducen aspectos sustanciales del mundo real de una manera totalmente interactiva” (Ortiz Martínez, 2022, p. 38).

Por su parte, Pamela Jeffries (2009, citada en Cowperthwait, 2020) describe la simulación así:

[Es] una actividad que imita la realidad de un escenario clínico y que está diseñada para demostrar procedimientos, toma de decisiones y el pensamiento crítico a través de estrategias como el juego de roles, y el uso de videos interactivos y maniquíes (p. 124).

El uso de la práctica simulada como estrategia de enseñanza debe tener una base pedagógica sólida para complementar las prácticas existentes. Por lo tanto, es necesario respaldarla con un marco conceptual que incluya apoyos didácticos y evaluativos que orienten el proceso pedagógico y fomenten la reflexión durante el aprendizaje en el ámbito de la salud. Por ello, al desarrollar y ejecutar escenarios de simulación, es fundamental considerar algunas teorías de aprendizaje necesarias para el desarrollo del proceso. Este modelo se centra en competencias cognitivas, del hacer, del trabajo en equipo y la gestión de recursos, elementos que hacen parte del proceso enseñanza-aprendizaje (Felix y Simon, 2022).

Según Cepeda Dovala (2004), las competencias incluyen la combinación de tres tipos de conocimientos: el conceptual (saber), el metodológico (saber hacer) y el humano (saber ser). En la misma línea, Villa Leicea y Villa Sánchez (2007) las definen como la habilidad que posee el ser humano para saber qué, saber cómo y saber ser persona de manera efectiva y eficiente, con el fin de resolver las situaciones de la vida. Así, el aprendizaje mediante simulación clínica emplea un enfoque por competencias cuando se desarrolla un proceso metodológico que explicita los aspectos relativos al “qué” (contenidos, procesos y resultados) y al “cómo”, permitiendo la validez de una metodología efectiva. Cabe resaltar que este tipo de prácticas simuladas favorece las competencias del saber, saber ser y saber hacer, dado que ayudan a integrar los conocimientos adquiridos, los procesos cognoscitivos, las destrezas, las habilidades y los procesos socioafectivos en el marco de las actividades y la resolución de problemas (Medina Vidaña, 1978).

Desde una perspectiva constructivista, aprender implica comprender la realidad a partir de estructuras cognoscitivas construidas previamente, apropiarse de los contenidos para desarrollar maneras de comprender, sentir y actuar, así como diseñar, ejecutar y evaluar proyectos en equipo para alcanzar objetivos compartidos. Este enfoque plantea un reto importante en cuanto a la evaluación, ya que debemos recopilar pruebas y rúbricas de evaluación lo suficientemente significativas para comprender en qué medida, o de qué manera, se ha producido el aprendizaje (Figueroa Coronado et al., 2022).

En este marco, la simulación como método educativo debe sustentarse en principios pedagógicos que complementen las prácticas existentes, apoyarse en un marco con-

ceptual sólido para la educación en salud y valerse de diversas herramientas didácticas y evaluativas que faciliten la enseñanza y promuevan la reflexión durante el proceso de aprendizaje (Acosta Otálora et al., 2020).

El aprendizaje a través de la simulación clínica en áreas de ciencias de la salud se fundamenta en modelos educativos relacionados con el estudiante. Uno de ellos es el ciclo de aprendizaje experiencial propuesto por Kolb (1984), el cual contempla cuatro etapas: experiencia concreta, observación y reflexión, conceptualización abstracta y experimentación activa (véase figura 1).

Figura 1. *Etapas del aprendizaje experiencial de David Kolb*



Fuente: adaptada de *Experiential Learning: Experience as The Source of Learning and Development* (Kolb, 1984).

La *experiencia concreta* se refiere a la vivencia directa como punto de partida para el aprendizaje, ya que activa los procesos cognitivos y favorece la reflexión. Son los componentes emocionales y afectivos de esa experiencia los que brindan las bases y motivaciones esenciales para aprender.

Posteriormente, el proceso de *observación reflexiva* surge a partir del análisis de la experiencia vivida, mediante la revisión de las acciones realizadas y los resultados obtenidos. Es un ejercicio introspectivo que implica considerar tanto los comportamientos como las emociones del docente y de los estudiantes, lo cual permite evaluar el desempeño y orientar futuras intervenciones.

A esta fase le sigue la *conceptualización abstracta*, que permite organizar el pensamiento reflexivo con base en conocimientos previos. Esta etapa brinda la capacidad de formular conclusiones con valor general, útiles para interpretar o explicar nuevas situaciones. Finalmente, se avanza hacia la *experimentación activa*, en la que los estudiantes ponen

a prueba sus nuevas teorías y conceptos en situaciones prácticas. Esta etapa permite ajustar y mejorar las teorías en función de los resultados obtenidos, así como aplicar lo aprendido mediante la transferencia del conocimiento a otros contextos (Acosta Otálora et al., 2020).

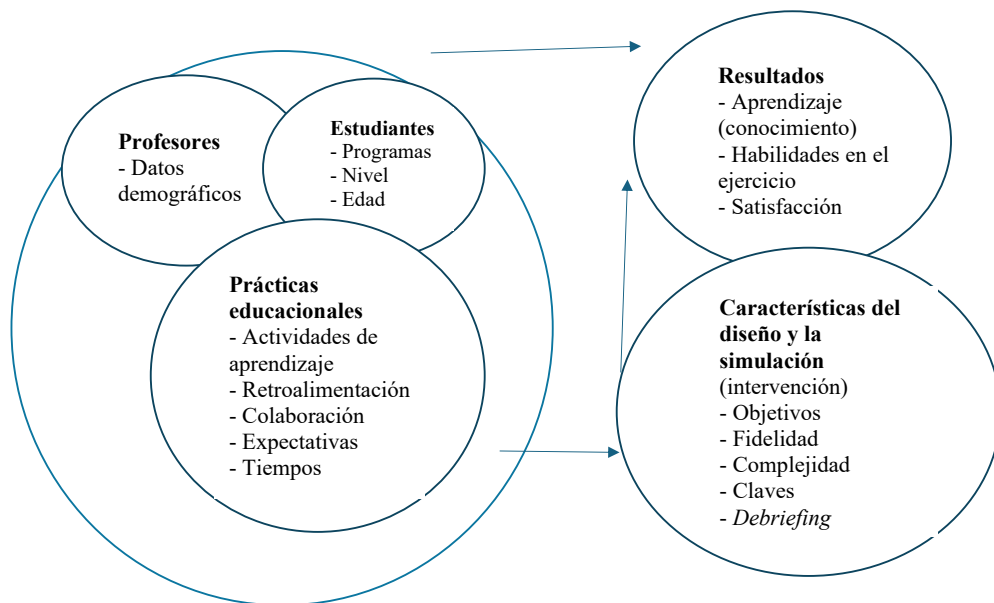
Por su parte, Jeffries (2008) desarrolló un modelo fundamentado en el currículo de enfermería, el cual establece una metodología que integra las características pedagógicas necesarias para la implementación y evaluación de programas de simulación. Este modelo se basa en cinco componentes clave: profesores, estudiantes, resultados, prácticas educativas, características del diseño y simulación (véase figura 2).

Para implementar esta metodología, es esencial que los instructores estén debidamente capacitados, utilicen un lenguaje común y desarrollen prácticas pedagógicas estandarizadas que aseguren un proceso solidario en la práctica simulada. Esto permite que los estudiantes no enfrenten escenarios de incertidumbre en su aprendizaje, lo cual redundaría en la satisfacción con el proceso y en un impacto positivo en la calidad de su formación profesional (Iribarren Navarro et al., 2017).

El estudiante debe asumir un rol activo, en coherencia con el paradigma educativo constructivista, al ser el actor principal en la construcción de su propio conocimiento en contextos cercanos a situaciones reales. Para facilitar este escenario, los docentes deben proporcionar instrucciones claras y detalladas sobre el tema, el escenario y otros aspectos de la simulación, o enviar con anticipación las guías de aprendizaje que se utilizarán para la práctica simulada. Al mismo tiempo, esta metodología incluye la evaluación, la autoevaluación y la coevaluación, lo que permite desarrollar las competencias genéricas como el pensamiento crítico y reflexivo. Los errores del estudiante no se juzgan, sino que se consideran una fuente positiva para su aprendizaje (Jeffries, 2005).

El modelo de Jeffries puede utilizarse como guía para investigaciones relacionadas con el componente de simulación y para quienes toman decisiones administrativas. Destaca la necesidad de contar con apoyos, recursos y educadores capacitados para preparar los equipos, diseñar los escenarios y acondicionar los ambientes de simulación. Asimismo, subraya la necesidad de un instructor que dirija y facilite el proceso. Finalmente, el acrónimo STEP (Simulation Take Educator Preparation), que se traduce como ‘preparación de tareas para el educador de simulación’, puede ser de gran ayuda en este proceso. STEP se desglosa en *S*, para materiales estandarizados; *T*, para capacitar al docente; *E*, para desarrollar los diseños de simulación; y *P*, para planificar y coordinar la simulación y su implementación (Jeffries, 2008).

Figura 2. Modelo de simulación de Jeffries



Fuente: adaptada de *A Framework for Designing, Implementing, and Evaluating Simulations Used as Teaching Strategies in Nursing* (Jeffries, 2005).

Es por ello que el aprendizaje a través de la simulación da la posibilidad de que los estudiantes experimenten escenarios clínicos reales y complejos, lo que facilita un aprendizaje más profundo y efectivo en comparación con los métodos tradicionales de enseñanza. Además, recrea situaciones reales de atención al paciente y posibilita la ejecución segura de los procesos de intervención. Cada estudio de caso (paciente simulado) puede adaptarse en función del contexto o las condiciones del paciente, lo que no solo permite reforzar el entrenamiento de destrezas previamente adquiridas, sino también enfrentar situaciones clínicas de alta complejidad que los estudiantes podrían no encontrar frecuentemente durante su formación. Asimismo, este enfoque promueve el desarrollo de habilidades transferibles al entorno laboral, como la toma de decisiones y el análisis eficaz de la situación, e incluye el entrenamiento precoz en habilidades clínicas que el alumno deberá dominar en el futuro. Finalmente, la simulación facilita la adaptación a las necesidades de cada estudiante en función de su nivel de competencia y ritmos de aprendizaje (McLaughlin et al., 2008).

La enseñanza y el entrenamiento mediante simulación clínica no solo ayudan a familiarizar al estudiante con el medio y los equipos, sino que también aumentan su confianza y le permiten desarrollar habilidades transferibles a su campo de trabajo, como la toma de

decisiones y el análisis eficaz de la situación. De este modo, se transforman áreas clave desde lo cognitivo, la autoconfianza y el comportamiento (Aballay Cabrera y Kempfer, 2020), lo que involucra al docente desde un rol transformador.

Además de mejorar las habilidades técnicas, la simulación clínica también fomenta el desarrollo de habilidades no técnicas cruciales, como el pensamiento crítico, la toma de decisiones bajo presión, la creatividad y el procesamiento de la información. Un estudio de Binstadt et al. (2008) destaca que la simulación clínica permite a los estudiantes practicar y mejorar estas habilidades en un entorno libre de riesgos, lo que es esencial para su desempeño futuro en situaciones reales. El estudiante aprenderá a su propio ritmo, evitando la ejecución acelerada de procedimientos debido a la presión del paciente o del entorno. La posibilidad de practicar diferentes procedimientos cuantas veces se desee implica un menor riesgo para los pacientes (Caron y Markusen, 2021).

Por otra parte, la simulación clínica ofrece la oportunidad al estudiante de entrenarse en habilidades técnicas y en el manejo emocional de las situaciones, lo que incrementa su seguridad y reduce la ansiedad al enfrentarse a contextos reales. Esta preparación contribuye a disminuir la variabilidad en sus respuestas frente a un supuesto clínico y asegura una atención de calidad al paciente simulado, sin representar riesgos para este (Alfaro et al., 2022). Este enfoque integral del aprendizaje fortalece la preparación de los estudiantes para enfrentar los desafíos de la práctica clínica.

Lo anterior evidencia que el aprendizaje a través de la simulación clínica es una herramienta poderosa en la educación de los profesionales de la salud, y su adaptabilidad a diversos estilos de aprendizaje es uno de sus principales beneficios. Según Kolb (1984), los estudiantes pueden ser clasificados en cuatro tipos de estilos de aprendizaje: convergentes, divergentes, asimiladores y acomodadores. Cada uno de estos estilos tiene características específicas que influyen en cómo los estudiantes procesan la información y adquieren habilidades.

Estilos de aprendizaje en la simulación clínica

La simulación clínica puede ser adaptada para satisfacer estas necesidades diversas, ya que proporciona experiencias prácticas y realistas que facilitan el aprendizaje. En el caso de los *estudiantes convergentes*, quienes prefieren el uso práctico de ideas y teorías, esta metodología ofrece un entorno controlado donde pueden aplicar conocimientos teóricos en escenarios clínicos simulados. Estos estudiantes suelen prosperar cuando se les presentan problemas específicos para resolver. Gaba (2007) destaca que la simulación permite a los estudiantes convergentes experimentar con diferentes soluciones en un entorno seguro, lo que refuerza su aprendizaje mediante la práctica y el método

de ensayo y error. De esta manera, la simulación no solo facilita la adquisición de conocimientos prácticos, sino que además fortalece el pensamiento crítico y la capacidad de resolución de problemas.

Los *estudiantes divergentes*, quienes se destacan en situaciones que requieren la generación de ideas y el trabajo en grupo, se benefician de las simulaciones que fomentan el trabajo colaborativo y la discusión. Jeffries (2005) señala que las simulaciones en equipo son particularmente efectivas para estos estudiantes, ya que les permiten observar diferentes perspectivas y enfoques ante un mismo problema. Durante las sesiones de *debriefing*, los estudiantes divergentes pueden reflexionar sobre sus experiencias y las de sus compañeros, lo cual enriquece su aprendizaje a través del intercambio de ideas y la evaluación conjunta de las estrategias.

Para los *estudiantes asimiladores*, que prefieren una lógica sólida y la teoría, la simulación clínica puede ser adaptada para incluir fases de planificación y reflexión profunda. Estos estudiantes valoran la estructura y el análisis detallado de los procedimientos. Al diseñar simulaciones que incluyan *pre-briefings* teóricos detallados y análisis pos-simulación, los educadores pueden satisfacer las necesidades de los asimiladores. Alinier et al. (2006) enfatizan que la integración de teoría y práctica en la simulación permite a estos aprendices entender no solo el “cómo”, sino también el “por qué” de los procedimientos clínicos, reforzando así su comprensión.

Finalmente, los *estudiantes acomodadores*, que aprenden mejor a través de la experiencia y la experimentación activa, encuentran en la simulación clínica un método ideal para su estilo de aprendizaje. Las simulaciones ofrecen la oportunidad de participar activamente en escenarios realistas, donde pueden probar diferentes enfoques y adaptarse rápidamente a nuevas situaciones. Así, Cantrell et al. (2017) sugieren que las simulaciones dinámicas y menos estructuradas son beneficiosas para estos aprendices, ya que les permiten ser flexibles y creativos en la resolución de problemas clínicos.

Autores como Gaba (2007) y Fatimah Lateef¹ (2010) coinciden en que la simulación puede combinarse con métodos de enseñanza como la instrucción dirigida, el aprendizaje colaborativo-solidario y la autoevaluación, creando así un entorno de aprendizaje multimodal. Esta versatilidad la convierte en una herramienta especialmente eficaz para estudiantes que se benefician de diferentes estilos de aprendizaje, como el visual, el auditivo y el kinestésico, lo que favorece la retención de conocimientos y el desarrollo de habilidades prácticas y asegura una formación integral y eficaz para todos los estudiantes. En consecuencia, la simulación clínica no solo se adapta a las necesidades específicas de cada estilo de aprendizaje, sino que también fomenta un entorno formativo inclusivo y coherente con la diversidad presente en las comunidades educativas.

1 Consultora sénior, directora de formación y educación del Departamento de Medicina de Urgencias del Hospital General de Singapur.

Simulación clínica: una aliada para la seguridad del paciente y la competencia profesional

La práctica simulada contribuye significativamente a mejorar la seguridad del paciente, ya que brinda a los estudiantes la oportunidad de ensayar y perfeccionar procedimientos invasivos en un entorno controlado, lo que a futuro reduce la probabilidad de errores médicos en el entorno clínico real. Un estudio de Nishisaki et al. (2007) demostró que los profesionales de la salud en anestesiología entrenados con simulación cometen menos errores y son más efectivos en el manejo de situaciones de crisis, lo cual subraya la importancia de este método en la formación de profesionales de la salud. Este hallazgo coincide con otros estudios que demostraron que los programas de simulación clínica son más efectivos que los métodos tradicionales para enseñar habilidades complejas y críticas en escenarios clínicos asistenciales.

Expertos en educación médica han estudiado ampliamente la evaluación mediante resultados de aprendizaje en simulación clínica. Esta metodología posibilita una valoración precisa y objetiva de las competencias de los estudiantes y comprobar en qué medida han logrado los aprendizajes prioritarios para su aplicación en diversos contextos. En efecto, dicha estrategia permite identificar los niveles alcanzados en el desarrollo de las capacidades y destrezas de los estudiantes, así como reflexionar sobre las principales dificultades que surgen en relación con el logro de estos aprendizajes complejos en el ámbito clínico, algo que resulta difícil de lograr en entornos clínicos tradicionales.

Según Issenberg et al. (2005), los entornos de simulación ofrecen una plataforma donde las habilidades técnicas y no técnicas pueden ser evaluadas de forma sistemática y repetida, proporcionando una medida confiable del desempeño de los estudiantes. Esto es particularmente importante en el ámbito de la educación en salud, donde la precisión y la competencia técnica son esenciales.

Un paso vital para clarificar y consolidar el aprendizaje adquirido a través de simulaciones en salud es realizar un *debriefing* de esas experiencias, que consiste en revisar metódicamente qué sucedió y por qué. Según el Debriefing Assessment for Simulation in Healthcare (DASH)©, en el contexto de la simulación en salud, el *debriefing* es un diálogo entre dos o más personas para revisar un evento simulado o una actividad. Durante este proceso, los participantes exploran y reflexionan sobre sus acciones y procesos del pensamiento, estados socioemocionales y otra información relevante, con el objetivo de optimizar su proceso académico en situaciones reales (Cowperthwait, 2020).

Cuando los instructores fomentan una alta implicación de los estudiantes, se logra una mejor retención de conocimientos y un aprendizaje más profundo, lo que a su vez incrementa las probabilidades de transferencia de conocimientos nuevos o reforzados,

así como de habilidades y actitudes hacia la práctica clínica o el desempeño en general en el campo de la salud (Centro de Simulación Médica Evaluación del Debriefing para la Simulación en Salud (EDSS) et al., 2019).

En concordancia con las prácticas óptimas en simulación clínica, la Confederación Internacional de Educación Clínica resalta la importancia fundamental de llevar a cabo una sesión de *debriefing* coordinada y guiada por facilitadores. Esta fase es crucial para fomentar el aprendizaje, ya que las simulaciones van más allá de la práctica activa en maniqués y se convierten en una actividad reflexiva que impulsa el conocimiento (Acosta Otálora et al., 2020). Es evidente que el *debriefing* formal es imprescindible para el desarrollo y la adquisición de competencias y habilidades clínicas.

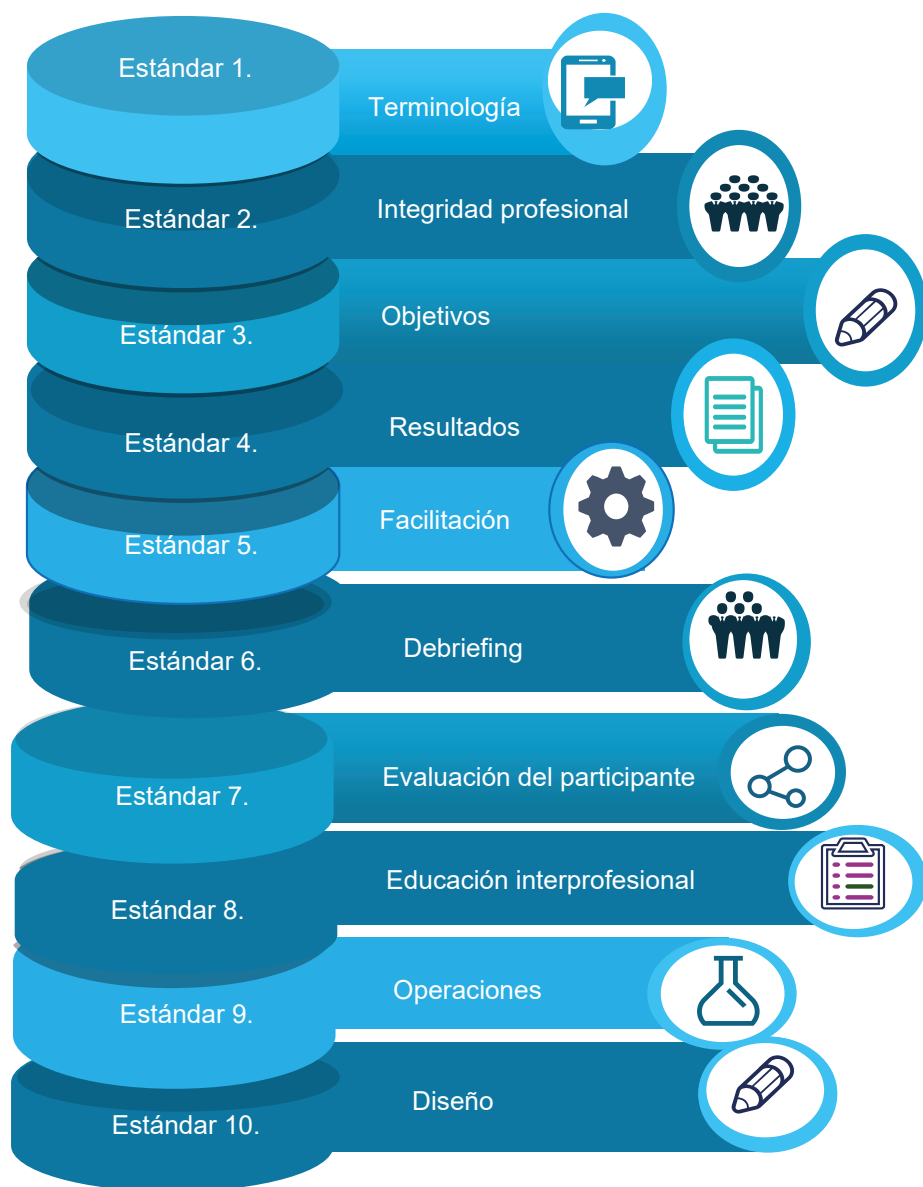
Desde esta perspectiva, Keskitalo (2015) identifica tres partes fundamentales del aprendizaje basado en simulación: la facilitación, el entrenamiento y el aprendizaje. Durante la *facilitación* se introduce la práctica simulada, se socializan con los estudiantes los temas, conceptos, objetivos y roles, y se realiza el *briefing*, en el cual se presenta el caso o problema a resolver, con el fin de contextualizarlo en el entorno.

En la fase de *entrenamiento*, a través del aprendizaje experiencial y socioemocional, se desarrolla el escenario simulado, lo cual favorece la adquisición y el fortalecimiento de habilidades que dan paso a la tercera fase: el *aprendizaje*. Esta etapa contempla la adquisición de competencias por parte de los profesionales del área de la salud, enfocadas en la evaluación, la reflexión y el pensamiento crítico, y debe estar provista de una realimentación y un acompañamiento individual a los estudiantes (Keskitalo, 2015).

Este modelo permite constatar que los conocimientos adquiridos mediante la simulación se interiorizan progresivamente a medida que los participantes avanzan en las actividades programadas. Los resultados también evidencian que el estudiante es capaz de interiorizar y autogestionar las demandas del entorno simulado, con atención a los detalles, lo que refleja su actitud y compromiso como futuros generadores de realidades. A través del desarrollo de historias y estrategias desde la simulación pedagógica o aplicada, se promueve un aprendizaje significativo que amplía su capacidad de respuesta frente a diversos contextos.

El diseño estandarizado de la simulación provee un marco sólido para desarrollar experiencias formativas efectivas. Esta planificación integra las mejores prácticas del aprendizaje, la educación, el diseño instruccional, los estándares clínicos de cuidado y seguridad, la evaluación y la pedagogía en simulación (INACSL Standards Committee, 2016). En este sentido, la International Nursing Association for Clinical Simulation (INACSL) ha propuesto los estándares de mejores prácticas en simulación, con el propósito de ser implementados a través de guías basadas en evidencia que orienten su aplicación y entrenamiento en diversas áreas formativas (véase figura 3).

Figura 3. *Los diez estándares de mejores prácticas en simulación – INASCL*



Fuente: adaptado de *INACSL Standards of Best Practice: SimulationSM, Simulation Design* (INACSL Standards Committee, 2016).

- **Estándar 1. Terminología:** este estándar se centra en el uso consistente y correcto de términos y definiciones específicos dentro del campo de la simulación en

salud. La adopción de una terminología estandarizada es fundamental para asegurar una comunicación clara, precisa y efectiva entre los profesionales, y para evitar inconsistencias. Además, establece un marco común que permite a los educadores, investigadores y profesionales de la salud comprender y aplicar correctamente los conceptos y prácticas de simulación. Una terminología coherente también facilita la colaboración y el intercambio de conocimientos entre diferentes instituciones y disciplinas, lo que promueve una mayor coherencia en la enseñanza y la práctica de la simulación (INACSL Standards Committee, 2016).

- **Estándar II. Integridad profesional:** promueve la conducta ética y profesional en todas las actividades de simulación. Esto incluye mantener la confidencialidad, respetar a todos los participantes y proporcionar evaluaciones y retroalimentaciones honestas. La integridad profesional es esencial para crear un entorno de aprendizaje seguro y respetuoso en la simulación. Fomentar un comportamiento ético no solo mantiene la confianza y la credibilidad del proceso, sino que también sirve como modelo para los estudiantes, pues les enseña la importancia de la ética y el profesionalismo en su futura práctica clínica. Este estándar garantiza que todas las interacciones y actividades dentro del entorno de simulación se realicen con el más alto nivel de honestidad y respeto (Meakim et al., 2013).
- **Estándar III. Objetivos:** se enfoca en establecer objetivos de aprendizaje claros y específicos antes de llevar a cabo la actividad de simulación. Estos objetivos deben ser específicos, medibles, alcanzables, relevantes y con un tiempo determinado (SMART). Establecer objetivos claros y específicos es fundamental para guiar el diseño, la implementación y la evaluación de las actividades de simulación. Además, permiten que los participantes comprendan lo que se espera de ellos y que enfoquen su aprendizaje en áreas clave. También constituyen un marco para evaluar el desempeño de los participantes y el éxito de la actividad de simulación en cuanto al logro de los resultados de aprendizaje esperados (International Nursing Association for Clinical Simulation and Learning, 2023).
- **Estándar IV. Resultados:** este estándar se refiere a la evaluación de los conocimientos, habilidades y actitudes adquiridos a través de la simulación. Los resultados deben ser medidos utilizando métodos de evaluación fiables y válidos. Medir los resultados de la simulación es crucial para determinar su efectividad e impacto en el aprendizaje de los estudiantes. El uso de métodos de evaluación fiables y válidos asegura que los resultados obtenidos sean precisos y reflejen verdaderamente las competencias adquiridas. Además, la

evaluación de resultados proporciona información valiosa para mejorar de manera continua el programa de simulación, lo que permite ajustes y mejoras basadas en datos concretos. Se sugiere seguir el modelo Kirkpatrick, ampliamente utilizado para evaluar la efectividad de programas de entrenamiento y desarrollo. Este modelo consta de cuatro niveles: *reacción*, que mide la percepción de los participantes sobre el programa de entrenamiento; *aprendizaje*, que evalúa el incremento de conocimientos, habilidades y actitudes de los participantes como resultado del programa de entrenamiento; *comportamiento*, que analiza la aplicación de lo aprendido en el entorno de trabajo; y *resultados*, que examina el impacto final del programa de entrenamiento en términos de beneficios organizacionales (Falletta, 1998).

- **Estándar 5. Facilitación:** hace referencia a las técnicas y métodos utilizados por los facilitadores para guiar y apoyar el aprendizaje durante la simulación. Esto incluye la creación de un entorno de aprendizaje seguro, así como la implementación de estrategias de enseñanza efectivas. Los facilitadores, mediante el uso de técnicas adecuadas, pueden maximizar el aprendizaje de los estudiantes, dado que les ayudan a explorar sus procesos mentales y a desarrollar habilidades clínicas y de pensamiento crítico. Crear un entorno seguro es particularmente importante, pues brinda a los estudiantes la posibilidad de experimentar, cometer errores y aprender de ellos sin temor a represalias (Forneris et al., 2015).
- **Estándar 6. Debriefing:** es el proceso de reflexión y análisis que sigue a una actividad de simulación. Representa una oportunidad para que los participantes analicen su desempeño, identifiquen áreas de mejora y consoliden su aprendizaje. El *debriefing* es considerado una de las fases más importantes de la simulación, dado que proporciona un espacio seguro y estructurado para que los participantes reflexionen sobre su experiencia, reciban *feedback* y discutan las lecciones aprendidas. Un *debriefing* bien conducido puede mejorar significativamente la retención del aprendizaje y promover el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas (Centro de Simulación Médica Evaluación del Debriefing para la Simulación en Salud (EDSS) et al., 2019).
- **Estándar 7. Evaluación del paciente:** implica la creación de escenarios realistas que reflejen situaciones clínicas auténticas. Esto permite a los estudiantes practicar y evaluar sus habilidades en un entorno controlado. Escenarios de simulación bien diseñados representan una oportunidad valiosa para que los estudiantes practiquen la evaluación y el manejo de pacientes en un entorno seguro y controlado. Al replicar situaciones clínicas reales, los estudiantes

pueden desarrollar y perfeccionar sus habilidades de evaluación, diagnóstico y toma de decisiones sin el riesgo de causar daño a pacientes reales. La simulación centrada en la evaluación es especialmente importante en la formación de competencias clínicas críticas (Noor et al., 2024).

- **Estándar 8. Educación interprofesional:** la educación interprofesional en simulación fomenta la colaboración y la comunicación entre diferentes profesionales de la salud. Este enfoque promueve una comprensión más clara de los roles y responsabilidades de cada integrante del equipo. La simulación interprofesional permite a los estudiantes de diferentes disciplinas de la salud trabajar en un entorno conjunto, mejorando así sus habilidades de comunicación y trabajo colaborativo. Esto es crucial para la práctica clínica, donde la atención y la seguridad del paciente a menudo dependen de una colaboración efectiva entre varios profesionales de la salud. La educación interprofesional en simulación prepara a los estudiantes para trabajar en equipos de salud interdisciplinarios, contribuyendo así a una atención de mayor calidad (Koukourikos et al., 2021).
- **Estándar 9. Operaciones:** se centra en la gestión eficiente de los recursos, la infraestructura, las personas y los procesos necesarios para implementar programas de Educación Basada en Simulación (EBS) de forma efectiva. Esto incluye la planificación, la organización y el mantenimiento de los equipos y materiales de simulación. La implementación de estos programas requiere también del apoyo de organizaciones comerciales que entrenen al personal de salud y de los docentes, todo ello dentro del marco del liderazgo efectivo que permita replicar la prestación de la educación basada en simulación (Khailaila, 2014).
- **Estándar 10. Diseño:** el diseño de las actividades de simulación debe basarse en una pedagogía sólida y estar alineado con los objetivos de aprendizaje. Esto incluye la creación de escenarios realistas, el uso de tecnología adecuada y la consideración de las necesidades de los estudiantes. Este proceso es esencial para crear experiencias de aprendizaje significativas y relevantes. Utilizando principios pedagógicos sólidos, los diseñadores pueden desarrollar escenarios que no solo sean realistas, sino que también estén alineados con los propósitos del aprendizaje. Esto asegura que los estudiantes puedan aplicar sus conocimientos y habilidades en un contexto que refleje la práctica clínica real, mejorando así su preparación para el trabajo en el campo de la salud (Cowperthwait, 2020).

Una oportunidad en la Educación Basada en Simulación (EBS)

La simulación clínica ha demostrado ser una herramienta esencial en la formación de profesionales de la salud, incluidas disciplinas especializadas como la tecnología en radiología. La investigación y la evidencia científica respaldan su uso debido a su capacidad para mejorar la competencia técnica y no técnica de los estudiantes en un entorno seguro y controlado. Según McGaghie et al. (2011), la simulación permite a los estudiantes practicar y perfeccionar habilidades sin poner en riesgo a los pacientes, lo que es crucial en campos como la radiología, donde la preparación del paciente, la precisión y la seguridad son fundamentales. Los estudios han demostrado que los estudiantes que participan en simulaciones clínicas muestran una mejora significativa en sus habilidades clínicas y técnicas, así como en su confianza y preparación para situaciones reales.

Una revisión sistemática realizada por Brydges et al. (2011) concluyó que la simulación clínica es superior a la enseñanza tradicional en varias áreas clave de la formación médica. La revisión analizó 609 estudios y encontró que la simulación mejora significativamente la adquisición de conocimientos, habilidades y actitudes en comparación con métodos educativos tradicionales. En el contexto de la radiología, la simulación permite a los estudiantes familiarizarse con los equipos y procedimientos radiológicos avanzados, lo que mejora su capacidad para manejar situaciones clínicas complejas. Esta familiarización es particularmente importante en la formación de tecnólogos en radiología, donde el uso de equipos de imagen de alta tecnología requiere una formación intensiva y práctica.

Además, la simulación clínica facilita el desarrollo de habilidades no técnicas, como la comunicación, el trabajo en equipo y la toma de decisiones. Corvetto et al. (2013) destacan que estas habilidades son esenciales para la práctica segura y efectiva de la medicina y otras profesiones de la salud. La simulación permite a los estudiantes participar en escenarios interprofesionales que replican el entorno clínico real, mejorando su capacidad para colaborar con otros profesionales de la salud. Esta experiencia interprofesional es crucial en radiología, donde los tecnólogos deben trabajar en estrecha colaboración con radiólogos, enfermeras y otros profesionales para proporcionar una atención de calidad a los pacientes.

La evidencia también sugiere que la simulación clínica puede mejorar los resultados de los pacientes al preparar mejor a los profesionales de la salud para enfrentar situaciones de emergencia. Hunt et al. (2008) encontraron que los programas de simulación que incluyen escenarios de emergencia mejoran la capacidad de los profesionales de la salud para manejar situaciones críticas de manera efectiva. En radiología, esto puede traducirse en una mejor respuesta a emergencias radiológicas y en la capacidad de manejar complicaciones que pueden surgir durante los procedimientos *in situ* de la

técnica para la toma del examen. La simulación proporciona un entorno seguro para practicar y perfeccionar estas habilidades críticas, lo que puede tener un impacto directo en la seguridad y la calidad de la atención al paciente.

A continuación, se presentan evidencias exitosas de la utilización de la simulación clínica en diversas áreas clínicas de la salud:

- **Medicina:** la simulación clínica en medicina ha demostrado ser una herramienta fundamental para mejorar las habilidades técnicas y de toma de decisiones en situaciones de emergencia. McGaghie et al. (2011) llevaron a cabo una revisión sistemática que destacó cómo la práctica deliberada en simulaciones mejora significativamente el rendimiento clínico y la confianza de los médicos en la gestión de emergencias médicas. Esta práctica permite a los médicos desarrollar y perfeccionar habilidades críticas sin poner en riesgo a los pacientes. En los programas de posgrado, la simulación se ha utilizado ampliamente y ha demostrado mejoras en el desempeño en áreas como medicina intensiva, urgencias y pediatría. En anestesiología, la evidencia indica que la simulación ha mejorado las habilidades tanto de residentes como de especialistas en situaciones complejas. La introducción de protocolos de Soporte Vital Avanzado en Cardiología (ACLS) a través de la simulación ha mejorado el trabajo en equipo y la adherencia a estos protocolos clínicos (Nishisaki et al., 2007).
- **Cirugía:** en el ámbito quirúrgico, la simulación ha tenido un amplio desarrollo, con una variedad de simuladores quirúrgicos que van desde entrenadores tipo caja hasta simuladores virtuales. Los datos avalan el uso de la simulación para desarrollar habilidades en laparoscopia y endoscopia. Específicamente, en la simulación quirúrgica laparoscópica, se ha demostrado que un entrenamiento basado en competencias, que incluye simulación virtual y programas básicos como el Fundamentals of Laparoscopic Surgery, permite a los estudiantes adquirir habilidades básicas con buenos resultados en procedimientos como la colecistectomía (Aggarwal et al., 2007). Sin embargo, aún se necesita más evidencia para demostrar que la simulación permite desarrollar habilidades quirúrgicas de punta y que estas habilidades se transfieren efectivamente a la sala de cirugía.
- **Obstetricia:** en este campo, la simulación ha realizado numerosos aportes, como en la realización de amniocentesis guiada por ultrasonido, el manejo de la distocia de hombro y la atención de emergencias obstétricas y traumas. Nackman et al. (2003) reportan que estudiantes que utilizaron simuladores tuvieron más oportunidades para practicar maniobras, especialmente aquellas de mayor dificultad, como la colocación del espéculo, el examen vaginal y el entrenamiento de residentes en la realización de maniobras como amniocen-

tesis y otros procedimientos intrauterinos. Un estudio notable de Ash et al. (2008) demostró una reducción en la incidencia de lesiones neonatales del 9,3 % al 2,3 % después del entrenamiento con un simulador de distocia de hombro. A pesar de las ventajas mencionadas, la evidencia sobre los resultados clínicos derivados de la simulación aún es limitada, lo cual representa el mayor desafío en la investigación en este campo de la ginecoobstetricia.

- **Anestesiología:** la simulación es crucial para el entrenamiento en la gestión de crisis y la prevención de errores médicos. Gaba (2007) subraya que la simulación permite a los anestesiólogos practicar escenarios de alta fidelidad que replican situaciones críticas, como reacciones adversas a medicamentos y complicaciones intraoperatorias. La posibilidad de practicar estas situaciones en un entorno controlado mejora la capacidad de respuesta y reduce el riesgo de errores durante procedimientos reales.
- **Enfermería:** la simulación clínica es una herramienta esencial para desarrollar competencias tanto técnicas como no técnicas. Un estudio realizado en el Reino Unido describe la importancia de la atención sanitaria en el ictus agudo, en el cual proveedores de un hospital de Londres implementaron simulaciones para mejorar el tratamiento de pacientes en unidades hiperagudas. Allí se llevó a cabo un estudio piloto sobre simulación de ictus, que incluyó escenarios de posttrombólisis, presión intracraneal elevada, convulsiones e hipertensión acelerada. Las sesiones de *debriefing* se centraron en evaluar habilidades no técnicas, especialmente el trabajo en equipo, con el objetivo de identificar áreas de mejora. Los cuestionarios realizados antes y después de las simulaciones mostraron que seis de los siete participantes informaron una mejora en competencias como el liderazgo, las habilidades de comunicación y la confianza en el manejo de situaciones clínicas relacionadas con el ictus hiperagudo (Roots et al., 2011).

La simulación ha estado presente en la formación de profesionales de enfermería; sin embargo, en los últimos tiempos ha ido permeando a otras disciplinas del área de la salud. Este auge de la simulación en los espacios académicos de salud se relaciona con la calidad y seguridad en la atención de los pacientes.

A partir de lo mencionado, la formación de tecnólogos en radiología e imágenes diagnósticas no ha estado ajena a estos cambios, y ha incorporado escenarios de simulación para el entrenamiento en la realización de procedimientos guiados por imagen y en la interpretación de imágenes diagnósticas. Cabe señalar que la simulación permite a los profesionales en el área de radiología practicar la manipulación de equipos avanzados y la interpretación precisa de imágenes en un entorno seguro. Esto cobra aún más relevancia ante el acelerado avance de la tecnología en el campo de la radiología y la

necesidad de formación continua. Fanning y Gaba (2007) subrayan que la simulación facilita una evaluación detallada y objetiva del desempeño de los estudiantes, lo cual proporciona una base para la retroalimentación constructiva. En el ámbito de la radiología, esta retroalimentación puede centrarse en aspectos técnicos, como la calidad de las imágenes obtenidas, así como en habilidades no técnicas, como la comunicación con el paciente y el trabajo en equipo. En este sentido, es fundamental que los estudiantes adquieran habilidades prácticas que les permitan preparar adecuadamente al paciente y obtener imágenes de diagnóstico médico de calidad, indispensables para la toma de decisiones clínicas más relevantes.

Adicionalmente, la simulación clínica ha demostrado ser una herramienta efectiva para desarrollar habilidades esenciales en la asignación de recursos entre los estudiantes de tecnología en radiología. Esta modalidad educativa permite a los estudiantes practicar la gestión de equipos y materiales en un entorno controlado, mejorando así su capacidad para tomar decisiones informadas en situaciones reales. Según Gaba (2007), la simulación clínica ofrece un entorno seguro donde los estudiantes pueden aprender a priorizar recursos, manejar equipos y coordinar tareas sin el riesgo de causar daño a los pacientes.

La formación mediante simulación permite a los estudiantes de tecnología en radiología experimentar una variedad de escenarios clínicos que requieren una asignación efectiva de recursos. Por ejemplo, en situaciones de emergencia donde el tiempo y la precisión son determinantes, los estudiantes desarrollan habilidades críticas para la toma de decisiones, aprenden a optimizar el uso de equipos de imagen y a coordinar con otros profesionales de la salud para asegurar un flujo eficiente de trabajo, reduciendo así tiempos de espera. Este tipo de entrenamiento es crucial, ya que la capacidad de optimizar adecuadamente los recursos puede impactar directamente en la calidad del diagnóstico y en el tratamiento del paciente (McGaghie et al., 2010).

Adicionalmente, la simulación clínica facilita el desarrollo de habilidades interpersonales y de comunicación, esenciales para la asignación de recursos en un entorno clínico. Fernández-Quiroga et al. (2017), en su artículo sobre el uso de la simulación clínica como estrategia de aprendizaje para el desarrollo de habilidades comunicacionales en estudiantes de medicina, afirman que la simulación permite a los estudiantes practicar la comunicación efectiva con colegas y superiores. Además, presentan la Escala de Habilidades en Comunicación en Profesionales de la Salud (EHCPs), estructurada en cuatro dimensiones —empatía, comunicación informativa, respeto y habilidad social—, la cual se aplica antes de la primera sesión de simulación en los estudiantes de medicina. En el caso del técnico en radiología, resulta esencial mantener una comunicación constante con el médico especialista, así como delegar tareas de forma eficiente, lo cual impacta directamente en la gestión óptima de los recursos. Estas habilidades blandas,

trabajadas en el contexto de la simulación, son esenciales para el funcionamiento de cualquier equipo de salud, ya que favorecen la coordinación y optimizan la asignación de recursos. Asimismo, fortalecen las competencias comunicacionales, convirtiéndose en una herramienta útil, efectiva, viable y reproducible en el tiempo.

La tecnología de simulación avanzada, como los simuladores de realidad virtual y aumentada, ofrece a los estudiantes de tecnología en radiología la oportunidad de interactuar con réplicas precisas de equipos de imagen y de practicar procedimientos complejos. Según Alinier et al. (2006), estas tecnologías permiten a los estudiantes familiarizarse con el equipo y los protocolos antes de enfrentarse a situaciones reales, lo que mejora su confianza y competencia en la gestión de recursos tecnológicos. Esta familiarización también reduce el tiempo necesario para adaptarse a nuevos entornos clínicos y equipos, lo cual mejora la eficiencia operativa.

La integración de simulaciones clínicas en el currículo también permite evaluar y mejorar continuamente las habilidades de los estudiantes en la asignación de recursos. Esto es posible gracias a la retroalimentación inmediata y precisa que ofrece la simulación, lo que a su vez facilita a los estudiantes identificar y corregir errores en tiempo real. Este proceso es esencial para el desarrollo de competencias avanzadas en la gestión de recursos y para asegurar que los estudiantes estén bien preparados para enfrentar los desafíos del entorno clínico real.

Actualmente, se dispone de una amplia variedad de recursos en simulación clínica que fortalecen las prácticas durante la formación en el programa de Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnósticas. A continuación, se describen algunos de ellos:

- **Realidad virtual (VR):** la VR ha revolucionado la educación en radiología al ofrecer a los estudiantes la posibilidad de interactuar con un entorno tridimensional altamente detallado. Este tipo de simulación inmersiva ofrece la oportunidad de practicar procedimientos complejos, como la correcta colocación del paciente, su posicionamiento y la toma de imágenes, sin necesidad de intervención directa con pacientes reales. La importancia de la VR radica en su capacidad para ofrecer una experiencia práctica repetitiva y segura, lo que ayuda a los estudiantes a adquirir habilidades y confianza antes de enfrentarse a escenarios clínicos reales. Sattar et al. (2019) señalan que el uso de la realidad virtual en la educación médica, como el *hardware* y los cascos de realidad aumentada, permite sumergir al estudiante en un entorno virtual, lo que aumenta la sensación de realismo en comparación con otros sistemas. Adicionalmente, el uso de pantallas y algunos dispositivos (herramientas) amplía su potencial a través de estaciones de trabajo especializadas.

Estos sistemas posibilitan la creación de entornos tridimensionales interactivos

donde los estudiantes pueden practicar procedimientos complejos, como la interpretación de imágenes de resonancia magnética (RM) y tomografía computarizada (TC). La realidad virtual proporciona una experiencia inmersiva que mejora la comprensión anatómica y la habilidad para detectar patologías. En contextos hospitalarios, la implementación de estos simuladores ha permitido a los estudiantes la recreación de casos clínicos realistas, lo cual incrementa notablemente el nivel de preparación para afrontar situaciones clínicas reales.

- **Simuladores de pacientes con inteligencia artificial (IA):** los simuladores de pacientes con inteligencia artificial (IA) replican una amplia gama de condiciones fisiológicas y responden en tiempo real a las acciones del estudiante, lo que brinda una experiencia de aprendizaje dinámica y realista. La IA puede ajustar los signos vitales y otros parámetros clínicos en función de las intervenciones realizadas, lo que proporciona una retroalimentación inmediata y precisa. Además, permite guiar y predecir los resultados de sus procedimientos mínimamente invasivos. La IA ya se ha utilizado con éxito para evaluar la perfusión cerebral en accidentes cerebrovasculares agudos, delimitar tumores cerebrales y protocolizar estudios radiológicos (von Ende et al., 2023). Asimismo, los algoritmos de IA de Zimmermann et al. (2020), que utilizan gafas móviles de seguimiento ocular, determinaron que la cantidad de radiación evitable por procedimiento era de aproximadamente once minutos, es decir, el tiempo durante el cual los rayos X estuvieron encendidos mientras el técnico no observaba la pantalla de fluoroscopia. Por otro lado, los simuladores híbridos, que combinan elementos físicos y virtuales, también son cada vez más utilizados en la educación en radiología. Estos permiten una experiencia más completa al integrar la manipulación de equipos reales con entornos virtuales. La importancia de estos simuladores radica en la capacidad de preparar a los estudiantes para manejar situaciones clínicas diversas y complejas, mejorar su capacidad de toma de decisiones y optimizar su desempeño en situaciones críticas (Hamilton, 2024).
- **Software de simulación de imágenes diagnósticas:** el *software* avanzado de simulación de imágenes diagnósticas permite a los estudiantes trabajar con imágenes de alta calidad sin necesidad de exposición a radiación. Este *software* incluye modalidades como rayos X, tomografía computarizada (TC) y resonancia magnética (RM). La posibilidad de manipular y analizar estas imágenes virtuales permite a los estudiantes practicar la interpretación de resultados y el diagnóstico de patologías en un entorno controlado. La importancia de este *software* es crucial, ya que expone a los estudiantes a una variedad de casos clínicos que pueden no estar disponibles en la práctica diaria, lo que mejora su competencia diagnóstica. Estudios de Kengyelics et al.

(2018) revelaron que las herramientas de *software* desarrolladas son fáciles de usar, demuestran claramente principios importantes de física de rayos X e imágenes, son accesibles en un entorno universitario estándar y podrían utilizarse para mejorar la enseñanza de física de rayos X a estudiantes universitarios.

- **Plataformas de aprendizaje en línea:** ofrecen módulos interactivos, simulaciones y casos clínicos que los estudiantes pueden estudiar a su propio ritmo. Estas plataformas proporcionan flexibilidad y accesibilidad, lo que favorece un aprendizaje continuo y actualizado. Además, incluyen evaluaciones en línea para monitorear el progreso del estudiante y las áreas que requieren mejora. La importancia de estas plataformas radica en su capacidad para complementar la formación práctica con un enfoque teórico sólido, asegurando que los estudiantes estén bien preparados para enfrentar los desafíos clínicos (Chen et al., 2010).
- **Simuladores de procedimientos invasivos:** los simuladores de procedimientos invasivos permiten a los estudiantes practicar técnicas que requieren alta precisión, como la biopsia guiada por imagen, la colocación de catéteres y el paso de medios de contraste en procedimientos como las angiografías. Estos simuladores ofrecen un entorno seguro para desarrollar habilidades técnicas sin riesgo para los pacientes. La importancia de esta herramienta es significativa, ya que proporciona retroalimentación detallada sobre el desempeño del estudiante, lo que permite una mejora continua. Esto reduce el riesgo de complicaciones en pacientes reales y mejora la calidad de la atención radiológica (Miller et al., 2019).
- **Integración de simulaciones multimodales:** la integración de diferentes tecnologías de simulación en un único entorno de aprendizaje ofrece una experiencia educativa completa. En los servicios de radiología se emplea la ecografía tanto para diagnósticos como para intervenciones. Actualmente, su uso en procedimientos guiados por ecografía se ha convertido en un estándar de atención para intervenciones comunes, como la biopsia con aguja gruesa, el drenaje de abscesos, la aspiración de líquido y el acceso vascular, ya que permite observar la aguja en tiempo real durante el procedimiento. Para dominar esta técnica, los estudiantes deben practicar y perfeccionar su coordinación motriz mano-ojo y habilidades psicomotoras, lo cual es crucial para realizar los procedimientos de manera segura y efectiva. En muchos centros, los estudiantes llevan a cabo estos procedimientos guiados por ecografía en pacientes, siempre bajo la supervisión directa de un instructor. Esto ha llevado al desarrollo de maniqués diseñados específicamente para la formación en servicios de radiología (Bhatti et al., 2022). Utilizar un maniquí brinda a

los estudiantes la oportunidad de practicar procedimientos guiados por ecografía en un entorno seguro. Además, estos simuladores replican de manera precisa las respuestas fisiológicas del cuerpo humano, lo cual resulta particularmente útil para prácticas de intervenciones radiológicas y procedimientos guiados por imagen. Se ha demostrado que esta metodología no solo mejora las habilidades técnicas en la realización de procedimientos, sino que también ayuda a reducir la ansiedad, aumenta la confianza, disminuye el riesgo de complicaciones potenciales y eleva la competencia general de los principiantes en la ejecución de procedimientos guiados por ecografía.

Lo anterior evidencia que el aprendizaje basado en simulación clínica ha demostrado ser una herramienta crucial para mejorar la seguridad del paciente en el escenario clínico asistencial. Diversas investigaciones han subrayado su efectividad en la formación de profesionales de la salud, dado que proporciona experiencias prácticas y realistas sin riesgo para los pacientes. Un estudio destacado de López Sánchez et al. (2013) muestra que la práctica clínica simulada con simuladores de alta fidelidad en las áreas de medicina mejora significativamente la respuesta crítica ante situaciones de emergencia, lo que reduce en un 30 % los errores en comparación con métodos tradicionales de enseñanza. Autores como Schlairet y Pollock (2010) evaluaron la percepción de los estudiantes de enfermería sobre la simulación clínica y encontraron que el 85 % de los participantes consideraba que esta estrategia mejoraba su confianza y habilidades clínicas, con un impacto positivo en la calidad de la atención.

En otro estudio realizado con 168 estudiantes de medicina durante 2020 y 2021, se llevaron a cabo 14 sesiones de simulación clínica avanzada (SCA) en pediatría, con escenarios de bronquiolitis, RCP, taquicardia supraventricular, crisis convulsiva y exploración de centro salud. Tras la SCA, los estudiantes tuvieron la oportunidad de responder una encuesta de satisfacción de 29 preguntas, cuyos resultados mostraron que consideraban que la simulación les ayudó a priorizar actuaciones, tomar decisiones y razonar críticamente. Adicionalmente, en el estudio se midieron indicadores clave como tiempos de reacción y eventos adversos, y los resultados demostraron una mejora del 40 % en tiempos de reacción y un descenso del 20 % en eventos adversos. Además, la evaluación del estudiante frente a la SCA, en cuanto al incremento de los conocimientos prácticos en pediatría, fue elevada, lo que permitió concluir que la simulación clínica con práctica deliberada, basada en el método de aprendizaje por repetición, fue considerada por los estudiantes útil y motivadora para su formación.

Al finalizar la práctica simulada clínica en pediatría, el 87,4 % de los participantes manifestó sentirse capaz de enfrentarse a una urgencia pediátrica, el 96 % expresó poder identificar a un enfermo inestable aplicando el triángulo de evaluación pediátrica y el

94 % afirmó saber cómo informar a los padres de manera clara y comprensible (Reyes-Domínguez et al., 2024).

La investigación de Boling y Hardin-Pierce (2016) explora el impacto de las simulaciones de alta fidelidad en la mejora de procedimientos críticos en unidades de cuidados intensivos (UCI). Este estudio, que involucró simulaciones *in situ* en diez UCI, contó con la participación de 150 profesionales de enfermería. Se utilizaron herramientas de observación y encuestas antes y después del entrenamiento; los resultados evidenciaron que la precisión en los procedimientos mejoró un 25 %. En cuanto a la percepción, los participantes reportaron un aumento en la calidad asistencial en procedimientos complejos, lo cual contribuyó a la disminución de las tasas de error.

Tan y Sarker (2011), en su estudio sobre la simulación quirúrgica como herramienta para prevenir errores operatorios, entrenaron a 100 cirujanos con simulaciones avanzadas y evaluaron en tiempo real los errores cometidos durante los procedimientos simulados. Los resultados mostraron una reducción del 15 % en las complicaciones operatorias, lo que disminuyó los riesgos quirúrgicos. Los autores recomendaron incorporar la simulación como parte del entrenamiento estándar y destacaron que los simuladores quirúrgicos se pueden dividir en orgánicos e inorgánicos. Los primeros, considerados de alta fidelidad, incluyen modelos de animales vivos y cadáveres humanos frescos; los segundos comprenden simuladores de realidad virtual y modelos de banco sintéticos. Estas herramientas ofrecen la oportunidad de que los estudiantes practiquen sus habilidades quirúrgicas antes de ingresar al quirófano, con retroalimentación detallada y evaluación objetiva de su desempeño, lo cual mejora la seguridad del paciente y promueve altos estándares de atención.

En las investigaciones sobre simulación en cardiología se evidencia que los especialistas utilizan esta estrategia para perfeccionar técnicas complejas de cardiología intervencionista, manejar situaciones de urgencia y complicaciones poco frecuentes, así como fortalecer el trabajo en equipo. Los métodos de simulación en cardiología incluyen simuladores de alta fidelidad, escenarios clínicos, juegos serios, simulación híbrida y realidad virtual. La simulación abarca todos los campos de la cardiología: ecocardiografía transesofágica, cateterismo cardíaco, angioplastia coronaria y electrofisiología, angioplastia, entre otras. En el artículo de Dos Santos et al. (2021), se examina el uso de simulación en cardiología para optimizar tiempos de respuesta durante la resucitación cardiopulmonar (RCP). Para ello, se diseñaron escenarios realistas de paros cardíacos con 200 participantes. Se midió el tiempo de inicio del masaje cardíaco y de administración de medicamentos, y se reportó que los tiempos mejoraron un 18 % para el masaje cardíaco y 25 % para la administración de medicamentos, lo que refleja un impacto directo en la eficacia de la RCP en emergencias reales.

Finalmente, la simulación clínica promueve el desarrollo de habilidades críticas de pensamiento y resolución de problemas, que son esenciales para la asignación efectiva de recursos en el ámbito de la tecnología en radiología. Jeffries (2008) argumenta que la simulación permite a los estudiantes enfrentarse a situaciones imprevistas y desarrollar estrategias para manejar recursos limitados de manera eficiente. Estas experiencias los preparan para tomar decisiones rápidas y efectivas en situaciones de alta presión, mejorando así la calidad y la seguridad de la atención al paciente, lo que en el campo de la imagenología y radiología posiblemente podría llegar a reducir a cero el riesgo de radiación.

Retos y desafíos para el Aprendizaje Basado en Simulación (ABS) en programas de tecnología en radiología

Los programas universitarios de tecnología en radiología enfrentan varios desafíos cuando se trata de integrar la simulación clínica en sus currículos, especialmente en lo que respecta a los costos y la disponibilidad de equipos. Trabajos de M. K. Silva Breuer, consultora del Banco Interamericano de Desarrollo en temas de educación basados en simulación clínica, sugieren seguir un enfoque sistemático para desarrollar un proyecto de simulación efectiva (comunicación personal, 10 de julio de 2025). Este enfoque contempla pasos como: obtener el apoyo de las autoridades, definir los objetivos educativos del proyecto, identificar las necesidades de los participantes y determinar sus requerimientos formativos, diseñar el currículo, seleccionar el tipo de simulación (alta, intermedia o baja fidelidad), desarrollar contextos y escenarios de simulación, preparar materiales y recursos como maniqués, equipos y *software*, capacitar a los facilitadores y operadores, implementar la simulación piloto para identificar posibles fallos y ajustar el diseño del proyecto, ejecutar las sesiones de simulación siguiendo planes establecidos, facilitar el *debriefing* o reflexión, utilizar herramientas de evaluación, ajustar el proyecto e implementar un programa de mejora continua (Castro Serpa, 2019).

La incorporación de la simulación clínica en la educación y formación de profesionales de la salud ha experimentado un desarrollo significativo en los programas de pregrado y posgrado y ha mostrado un impacto positivo en diversos aspectos de la educación, como la estandarización de la enseñanza, la inclusión de temas previamente no abordados en los currículos, la familiarización de los estudiantes con métodos de autoevaluación y autoaprendizaje, la ética en temas de salud y la utilización del error como una herramienta de aprendizaje (Utili Ramírez, 2007).

Adicionalmente, se proyecta un aumento en el uso de la simulación para la evaluación de individuos e instituciones con fines de certificación, recertificación y acreditación (Petrusa, 2009). El principal desafío será generar más y mejores investigaciones que

validen la simulación en estos ámbitos y, especialmente, lograr que esta práctica trascienda del laboratorio a la mejora del cuidado de los pacientes. Es vital favorecer la investigación que respalde este desarrollo docente y promover la difusión e intercambio de conocimientos entre el equipo interdisciplinario.

Una vez alcanzada esta validación, el siguiente reto será integrar la simulación en los procesos de formación clínica a lo largo de toda la vida profesional, en lugar de simplemente añadirla a estos procesos de la educación superior. La capacitación docente y la integración curricular serán fundamentales para superar este desafío.

En Colombia, es necesario reducir la brecha actual en el desarrollo de la simulación clínica y adquirir tecnologías avanzadas de simulación, lo cual representa un desafío. Las instituciones deben buscar fuentes de financiamiento adicionales, como subvenciones, donaciones y colaboraciones con la industria, para poder costear estos recursos. Incorporar la simulación de manera efectiva en el currículo del programa de Tecnología en Radiología requiere una planificación cuidadosa que asegure su integración coherente con los demás componentes educativos. En este sentido, medir el impacto de la simulación en el aprendizaje y el desempeño de los estudiantes es crucial, entendiendo que las instituciones deben desarrollar métodos y métricas para evaluar la eficacia de cómo la simulación contribuye a los objetivos educativos y profesionales de los estudiantes.

REFERENCIAS

- Aballay Cabrera, T. A., & Kempfer, S. S. (2020). Clinical Simulation in Nursing Teaching: Student Experience in Chile. *Texto e Contexto Enfermagem*, 29(special issue), 1-12. <https://doi.org/10.1590/1980-265X-TCE-2019-0295>
- Acosta Otálora, M. L., Alfonso Mora, M. L., Castellanos Garrido, A. L., Castellanos Vega, R. del P., Cobo Mejía, E. A., Goyeneche Ortegón, R. L., Sandoval Cuéllar, C. y Villarraga Nieto, A. del P. (2020). *Simulación clínica: una experiencia en fisioterapia* (1.ª ed.). Universidad de La Sabana. <http://hdl.handle.net/10818/52309>
- Aggarwal, R., Athanasiou, T., Balasundaram, I., Darzi, A., Sains, P., & Ward, J. (2007). Proving the effectiveness of virtual reality simulation for training in laparoscopic surgery. *Annals of Surgery*, 246(5), 771-779. <https://doi.org/10.1097/SLA.0b013e-3180f61b09>

- Alfaro, M., Arancibia, A., Paredes, P. y Salibe, S. (2022). Propiedades psicométricas de la versión en español de un cuestionario para evaluar la simulación clínica en titulaciones de Ciencias de la Salud. *Enfermería Clínica*, 32(1), 12-20. <https://doi.org/10.1016/J.ENFCLI.2020.08.003>
- Alinier, G., Gordon, R., Harwood, C., & Hunt, B. (2006). Effectiveness of Intermediate-Fidelity Simulation Training Technology in Undergraduate Nursing Education. *Journal of Advanced Nursing*, 54(3), 359-69. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16629920/>
- Ash, J. P., Crofts, J. F., Draycott, T. J., Sibanda, T., Whitelaw, A., Wilson, L. V., & Yard, E. (2008). Improving neonatal outcome through practical shoulder dystocia training. *Obstet & Gynecol*, 112(1), 14-20. <https://doi.org/10.1097/AOG.0b013e31817bbc61>
- Bhatti, H., Clarke, C., Closs, S., Giannotti, E., James, J., Jethwa, K., & Sun, R. (2022). Promoting Simulation-Based Training in Radiology: A Homemade Phantom for the Practice of Ultrasound-Guided Procedures. *British Journal of Radiology*, 95(1137). <https://doi.org/10.1259/bjr.20220354>
- Binstadt, E., Bond, W., Dev, P., Ericsson, K. A., Kuhn, G., Quirk, M., Tews, M., & Wu, T. (2008). The use of simulation in the development of individual cognitive expertise in emergency medicine. *Academic Emergency Medicine*, 15(11), 1037-1045. <https://doi.org/10.1111/j.1553-2712.2008.00229.x>
- Boling, B., & Hardin-Pierce, M. (2016). Evaluación de un programa de entrenamiento de simulación de alta fidelidad para nuevas enfermeras de unidades de cuidados intensivos cardiotorácicos. *Seminarios de Cirugía Torácica y Cardiovascular*, 28.
- Brydges, R., Cook, D. A., Erwin, P. J., Hamstra, S. J., Hatala, R., Szostek, J. H., Wang, A. T., & Zendejas, B. (2011). Technology-enhanced simulation for health professions education: a systematic review and meta-analysis. *JAMA*, 306(9), 978-988. <https://doi.org/10.1001/jama.2011.1234>
- Cantrell, M. A., Franklin, A., Leighton, K., & Carlson, A. (2017). The Evidence in Simulation-Based Learning Experiences in Nursing Education and Practice: An Umbrella Review. *Clinical Simulation in Nursing*, 13(12), 634-667. [https://www.nursingsimulation.org/article/S1876-1399\(17\)30051-8/abstract](https://www.nursingsimulation.org/article/S1876-1399(17)30051-8/abstract)
- Caron, J. y Markusen, J. R. (2021). *Manual para la inserción curricular de simulación* (S. A. Rivera, Ed.). <https://medicina.udd.cl/files/2021/05/Manual-para-insercion-curricular-de-Simulacion-1.pdf>

- Castro Serpa, M. (2019, 4 de noviembre). *Multidisciplina e interdisciplina con simulación* [Video]. Congreso Latinoamericano Simulación Clínica. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=FWFK_kVENyc
- Centro de Simulación Médica Evaluación del Debriefing para la Simulación en Salud (EDSS), Center for Medical Simulation Harvard y Hospital Virtual Valdecilla. (2019). Evaluación del *Debriefing* para la Simulación en Salud (EDSS). *Simulation in Healthcare: Journal of the Society for Simulation in Healthcare*, 14(6), 41. <https://harvard-medsim.org/debriefing-assessment-for-simulation-in-healthcare-dash-spanish/>
- Cepeda Dovala, J. M. (2004). Metodología de la enseñanza basada en competencias. *Revista Iberoamericana de Educación*, 34(4), 1-10. <https://rieoei.org/RIE/article/view/2940/3857>
- Chen, P.-S. D., Lambert, A. D., & Guidry, K. R. (2010). Engaging Online Learners: The impact of web-based learning technology on college student engagement. *Computers & Education*, 54(4), 1222-1232. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.11.008>
- Corvetto, M., Bravo, M. P., Montaña, R., Franco Utili, F., Escudero, E., Boza, C., Varas, J. y Dagnino, J. (2013). Simulación en educación médica: una sinopsis. *Revista Médica de Chile*, 141, 70-79. <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872013000100010>
- Cowperthwait, A. (2020). NLN/Jeffries Simulation Framework for Simulated Participant Methodology. *Clinical Simulation in Nursing*, 42, 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.ecns.2019.12.009>
- Dávila-Cervantes, A. (2014). Simulación en educación médica. *Investigación en Educación Médica*, 3(10), 100-105. [https://doi.org/10.1016/s2007-5057\(14\)72733-4](https://doi.org/10.1016/s2007-5057(14)72733-4)
- Dos Santos, E. C. A., Fontes, C. J. F., D'artibale, E. F., Miravete, J. de C., Ferreira, G. E., & Ribeiro, M. R. R. (2021). Simulation for teaching cardiorespiratory resuscitation by teams: Setting and performance assessment. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 29. <https://doi.org/10.1590/1518-8345.3932.3406>
- Falletta, S. V. (1998). Evaluating Training Programs. The Four Levels: Donald L. Kirkpatrick, Berrett-Koehler Publishers, San Francisco, CA, 1996, 229 pp. *The American Journal of Evaluation*, 19(2), 259-261. [https://doi.org/10.1016/s1098-2140\(99\)80206-9](https://doi.org/10.1016/s1098-2140(99)80206-9)
- Fanning, R. M. y Gaba, D. M. (2007). The Role of Debriefing in Simulation-Based Learning. *Simulation in Healthcare: The Journal of the Society for Simulation in Healthcare*, 2(2), 115-125. <https://doi.org/10.1097/SIH.0b013e3180315539>

- Felix, H. M., & Simon, L. V. (2022). *Conceptual Frameworks in Medical Simulation*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK547741/>
- Fernández-Quiroga, M. R., Yévenes, V., Gómez, D., Villarroel, E., & Rosario Fernández Quiroga, D. M. (2017). Use of clinical simulation as a learning strategy for the development of communication skills in medical students. *FEM*, 20(6), 301-304.
- Figuerola Coronado, E. C., Muñoz Paz, V. A. y Ortecho Rodríguez, Z. C. (2022). La evaluación formativa: una oportunidad de mejora en los aprendizajes. *TecnoHumanismo*, 2(3), 1-21. <https://doi.org/10.53673/th.v2i3.168>
- Forneris, S. G., O'Neal, D., Tiffany, J., Kuehn, M. B., Meyer, H. M., Blazovich, L. M., Holland, A. E., & Smerillo, M. (2015). Enhancing Clinical Reasoning Through Simulation Debriefing: A Multisite Study. *Nursing Education Perspectives*, 36(5), 304-310. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26521499/>
- Gaba, D. M. (2007). The future vision of simulation in healthcare. *Simulation in Healthcare: Journal of the Society for Simulation in Healthcare*, 2(2), 126-135. <https://doi.org/10.1097/01.SIH.0000258411.38212.32>
- Hamilton, A. (2024). Artificial Intelligence and Healthcare Simulation: The Shifting Landscape of Medical Education. *Cureus*, 16(5). <https://doi.org/10.7759/cureus.59747>
- Hunt, E. A., Walker, A. R., Shaffner, D. H., Miller, M. R., & Pronovost, P. J. (2008). Simulation of in-Hospital Pediatric Medical Emergencies and Cardiopulmonary Arrests: Highlighting the Importance of the First 5 Minutes. *Pediatrics*, 121(1), e34–e43. <https://doi.org/10.1542/peds.2007-0029>
- INACSL Standards Committee. (2016). INACSL Standards of Best Practice: SimulationSM, Simulation Design. *Clinical Simulation in Nursing*, 12(S), S5-S12. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecns.2016.09.005>
- International Nursing Association for Clinical Simulation and Learning. (2023). *Healthcare Simulation Standards of Best Practice TM*. <https://www.inacsl.org/healthcare-simulation-standards>
- Iribarren Navarro, F., Sandoval Barrientos, S. y Urrea Medina, E. (2017). El desafío y futuro de la simulación como estrategia de enseñanza en enfermería. *Revista Investigación en Educación Médica*, 6(22), 119-125. <https://doi.org/10.1016/j.riem.2017.01.147>

- Issenberg, S. B., McGaghie, W. C., Petrusa, E. R., Lee Gordon, D., & Scalese, R. J. (2005). Features and Uses of High-Fidelity Medical Simulations that Lead to Effective Learning: A BEME Systematic Review. *Medical Teacher*, 27(1), 10-28. <https://doi.org/10.1080/01421590500046924>
- Jeffries P. R. (2008). Getting in S.T.E.P. with simulations: simulations take educator preparation. *Nursing Education Perspectives*, 29(2), 70-3. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18459620/>
- Jeffries, P. R. (2005). A Framework for Designing, Implementing, and Evaluating: Simulations Used as Teaching Strategies in Nursing. *Nursing Education Perspectives* 26(2), 96-103. https://journals.lww.com/neponline/abstract/2005/03000/a_framework_for_designing,_implementing,_and.9.aspx
- Kengyelics, S. M., Treadgold, L. A., & Davies, A. G. (2018). X-ray system simulation software tools for radiology and radiography education. *Computers in Biology and Medicine*, 93, 175-183. <https://doi.org/10.1016/J.COMPBIOMED.2017.12.005>
- Keskitalo, T. (2015). *Developing a pedagogical model for simulation-based healthcare education* (Faculty of Education of the University of Lapland, Ed.). https://lauda.ulapland.fi/bitstream/handle/10024/61885/Keskitalo_Tuulikki_ActaE167_pdfA.pdf?sequence=2
- Khalaila, R. (2014). Simulation in Nursing Education: An Evaluation of Students' Outcomes at Their First Clinical Practice Combined with Simulations. *Nurse Education Today*, 34(2), 252-258. <https://doi.org/10.1016/J.NEDT.2013.08.015>
- Kolb, D. A. (1984). Experiential Learning: Experience as The Source of Learning and Development. *Prentice Hall, Inc.*, 20-38. https://www.researchgate.net/publication/235701029_Experiential_Learning_Experience_As_The_Source_Of_Learning_And_Development
- Koukourikos, K., Tsaloglidou, A., Kourkouta, L., Papathanasiou, I. V., Iliadis, C., Fratzana, A., & Panagiotou, A. (2021). Simulation in Clinical Nursing Education. *Acta Informática Médica*, 29(1), 15-20. <https://doi.org/10.5455/AIM.2021.29.15-20>
- Lateef, F. (2010). Simulation-based learning: Just like the real thing. *Journal of Emergencies, Trauma, and Shock*, 3(4), 348-352. <https://doi.org/10.4103/0974-2700.70743>
- López Sánchez, M., Ramos López, L., Pato López, O. y López Álvarez, S. (2013). La simulación clínica como herramienta de aprendizaje. *Cirugía Mayor Ambulatoria*, 18(1), 25-29.

- McGaghie, W. C., Issenberg, S. B., Cohen, E. R., Barsuk, J. H., & Wayne, D. B. (2011). Does Simulation-Based Medical Education with Deliberate Practice Yield Better Results Than Traditional Clinical Education? A Meta-Analytic Comparative Review of the Evidence. *Academic Medicine*, 86(6), 706-711. <https://doi.org/10.1097/ACM.0b013e318217e119>
- McGaghie, W. C., Issenberg, S. B., Petrusa, E. R., & Scalese, R. J. (2010). A Critical Review of Simulation-Based Medical Education Research. *Medical Education*, 50-63. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2009.03547.x>
- McLaughlin, S., Fitch, M. T., Goyal, D. G., Hayden, E., Kauh, C. Y., Laack, T. A., Nowicki, T., Okuda, Y., Palm, K., Pozner, C. N., Vozenilek, J., Wang, E., & Gordon, J. A. (2008). Simulation in Graduate Medical Education 2008: A Review for Emergency Medicine. *Academic Emergency Medicine*, 15(11), 1117-1129. <https://doi.org/10.1111/j.1553-2712.2008.00188.x>
- Meakim, C., Boese, T., Decker, S., Franklin, A. E., Gloe, D., Lioce, L., Sando, C. R., & Borum, J. C. (2013). Standards of Best Practice: Simulation Standard I: Terminology. *Clinical Simulation in Nursing*, 9(6 SUPPL), S3-S11. <https://doi.org/10.1016/j.ecns.2013.04.001>
- Medina Vidaña, E. (1978). La imaginación pedagógica. El alfabetizador y el nuevo enfoque. *Revista Interamericana de Educación de Adultos*, 4(1), 9-23. <https://biblat.unam.mx/fr/revista/revista-interamericana-de-educacion-de-adultos/articulo/la-imaginacion-pedagogica-el-alfabetizador-y-el-nuevo-enfoque>
- Miller, Z. A., Amin, A., Tu, J., Echenique, A., & Winokur, R. S. (2019). Corrigendum to Simulation-Based Training for Interventional Radiology and Opportunities for Improving the Educational Paradigm. *Techniques in Vascular & Interventional Radiology*, 24(4), 100764. <https://doi.org/10.1016/j.tvir.2021.100764>
- Nackman, G. B., Bermann, M., & Hammond, J. (2003). Effective Use of Human Simulators in Surgical Education. *Journal of Surgical Research*, 115(2), 214-8. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14697286/>
- Nishisaki A., Keren, R. y Nadkarni, V. (2007). Does Simulation Improve Patient Safety?: Self-Efficacy, Competence, Operational Performance, and Patient Safety. *Anesthesiology Clinics*, 25(2), 225-236. <https://doi.org/10.1016/j.anclin.2007.03.009>
- Noor, H., Pirvut, V., Micu, A., Fodor, R., & Matei, C. (2024). A Review of the Role of Simulation-Based Training in the Operating Room. *Archives of Pharmacy Practice*, 14(4), 169-174. <https://doi.org/10.51847/8lixhpdwka>

- Ortiz Martínez, O. A. (2022). *Evaluación mediante la simulación clínica del desarrollo de competencias transversales en estudiantes de medicina de la Universidad Nacional de Colombia*. [Tesis de especialización, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/81812/87029202.2022.pdf;jsessionid=EB63108283B263A5CC8C307883FE9500?sequence=1>
- Petrusa, E. R. (2009). Current Challenges and Future Opportunities for Simulation in High-Stakes Assessment. *Simulation in Healthcare: The Journal of the Society for Simulation in Healthcare*, 4(1), 3-5. <https://doi.org/10.1097/SIH.0b013e3181992077>
- Reyes-Domínguez, S. B., Adánez Martínez, G., Miñambres Rodríguez, M., Gil Ortega, D., Martínez Salcedo, E., & García Marcos, L. (2024). Pediatric clinical simulation and student satisfaction survey in medical degree. *Educación Médica*, 25(5). <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2024.100938>
- Roots, A., Thomas, L., Jaye, P., & Birns, J. (2011). Simulation Training for Hyperacute Stroke Unit Nurses. *British Journal of Nursing*, 20(21). <https://doi.org/10.12968/bjon.2011.20.21.1352>
- Sattar, M. U., Palaniappan, S., Lokman, A., Hassan, A., Shah, N., & Riaz, Z. (2019). Effects of Virtual Reality Training on Medical Students' Learning Motivation and Competency. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 35(3), 852-857. <https://doi.org/10.12669/pjms.35.3.44>
- Schlairet, M. C. y Pollock, J. W. (2010). Pruebas de equivalencia de experiencias clínicas tradicionales y simuladas: adquisición de conocimientos en estudiantes de enfermería de pregrado. *Revista de Educación en Enfermería*, 49(1), 43-47.
- Tan, S. S. Y., & Sarker, S. K. (2011). Simulation in surgery: A review. *Scottish Medical Journal*, 56(2), 104-109. <https://doi.org/10.1258/smj.2011.011098>
- Utili Ramírez, F. (2007). Simulación en el aprendizaje, práctica y certificación de las competencias en medicina. *ARS MÉDICA Revista de Ciencias Médicas*, 36(2), 152-163. <https://doi.org/10.11565/arsmed.v36i2.154>
- Villa Leicea, O. y Villa Sánchez, A. (2007). El aprendizaje basado en competencias y el desarrollo de la dimensión social en las universidades. *Educare*, 40, 15-48.
- Villca, S. (2018). Simulación clínica y seguridad en los pacientes. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, 16(18), 75-88.

- Von Ende, E., Ryan, S., Crain, M. A., & Makary, M. S. (2023). Artificial Intelligence, Augmented Reality, and Virtual Reality Advances and Applications in Interventional Radiology. *Diagnostics*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/diagnostics13050892>
- Zimmermann, J. M., Vicentini, L., Van Story, D., Pozzoli, A., Taramasso, M., Lohmeyer, Q., Maisano, F., & Meboldt, M. (2020). Quantification of Avoidable Radiation Exposure in Interventional Fluoroscopy with Eye Tracking Technology. *Investigative Radiology*, 55(7), 457-462. <https://doi.org/10.1097/RLI.0000000000000658>

