

Simulación clínica y su aplicación a la radiología

Mario Efrén Mejía Ospina

Ing. Msc. Luis Fernando Gómez Ortega

Universidad Nacional Abierta Y A Distancia UNAD

Escuela De Ciencias De La Salud ECISA

Tecnología En Radiología E Imágenes Diagnosticas

Octubre 2021

Agradecimientos

Agradezco a Dios por ser quien guía mi camino en cada paso que doy y en cada proyecto que vivo día a día.

A mi familia por ser el apoyo en momentos difíciles y la compañía en momentos de felicidad

Y a mis tutores por mostrarme el camino y llevarme de su mano en este arduo aprendizaje.

Resumen

La educación como todos los aspectos de la vida, ha evolucionado desde el uso de tablero y tiza, hasta el uso de modernos sistemas de información en tiempo real, quizá uno de los aspectos que más ha evolucionado en ejercicio educativo es la realización de prácticas en entornos que permitan tener seguridad física y además que puedan garantizar un mínimo de adquisición y refinamiento de competencias.

La educación en ciencias de la salud ha sido un gran beneficiado de los avances en simulación y también es un área de desarrollo continuo en el campo de la simulación, dadas las complejidades inherentes a su ejercicio profesional. Por dicha razón es fácil observar programas académicos con un alto componente de prácticas simuladas.

En la literatura se encuentra una amplia variedad de recursos dirigidos a la formación en enfermería, medicina general y especialidades como ginecología y obstetricia, no obstante, existen otras especialidades donde no es tan común el uso de la simulación como es el caso de la radiología y en particular en tecnología en radiología e imágenes diagnósticas.

El presente trabajo tiene por objetivo presentar un panorama general de la simulación en ciencias de la salud, su aplicación y su desarrollo enfocándose en la especialidad de radiología que es fundamental para la formación de tecnólogos en radiología e imágenes diagnósticas.

Tabla de contenido

Resumen	3
Tabla de Figuras	4
Introducción.	5
Capítulo 1	7
Diferencias entre simulación y emulación.....	7
La simulación en educación	8
La simulación como herramienta pedagógica.	11
La simulación como herramienta didáctica.....	15
Capítulo 2.....	18
Simulación en educación y su aplicación en salud.....	18
Características de la simulación en salud.	18
La importancia del debriefing	25
Capítulo 3.....	28
Experiencias de simulación aplicada en ciencias de la salud.....	28
Capítulo 4.....	31
Simulación en radiología.....	31
Estado de la simulación en radiología.....	32
Simulación específica para radiología.....	33
Conclusiones	36
Referencias.....	39

Tabla de Figuras

Figura 1. Ciclo de una actividad basada en simulación. Fuente: Creación propia	14
Figura 2. Mapa conceptual de simulación didáctica adaptado de (Ayón-Parrales,2020)	24
Figura 3. Marco de trabajo para el modelo instruccional en simulación de ciencias de la salud. Fuente: Adaptado de (Chiniara et al., 2013)	27
Figura 4. Modalidades de simulación. Fuente: Adaptado de (Chiniara et al., 2013)	29
Figura 5. Plantilla para diseñar escenarios de simulación. Fuente: Adaptado de (Gómez-López et al., 2018)	30
Figura 6. El ambiente de simulación con sus diferentes fases conectadas. Fuente: Adaptado de (Dieckmann, s. f.)	31
Figura 7. Boceto de la primera cabeza fantasma diseñada por Oswald Fergus en 1894. Fuente: Tomada de A Review of the Use of Simulation in Dental Education	37

Lista de tablas.

Tabla 1. Características clave de orientación cognitiva de las experiencias virtuales ricas en contexto. Tomada de (Dexter et al., 2020)	19
Tabla 2. Elementos para creación de escenarios según (López et al., 2017) y (Zúñiga, 2018)	32

Introducción.

Desde tiempos inmemoriales el hombre ha tenido que lidiar con fenómenos que se alejan de su capacidad de entendimiento, tanto de la naturaleza como de sí mismo. Desde la creación misma de la vida, hasta que hay más allá del universo observable, son preguntas que requieren estructurar el pensamiento de manera tal que se pueda inferir por diferentes medios que pudo haber ocurrido para que se diera ese fenómeno.

Afortunadamente con el desarrollo de la simulación muchos de los fenómenos que dan por hechos presentan su verdadera esencia, y otros menos estudiantes pueden tener una aproximación científica.

La simulación se ha convertido en una herramienta muy importante para la industria, investigación científica y la formación de talento humano en diferentes áreas. Teniendo un hito importante cuando un piloto noruego desarrolló un simulador de vuelo llamado Link Trainer a finales de los años 20 del siglo pasado, que permitió a pilotos entrenarse en las habilidades necesarias para afrontar eventos críticos de vuelo (Nickerson & Pollard, 2010), sin embargo, existen evidencias de uso de simuladores desde antes de ese momento.

Como se observa la simulación no es un tema nuevo, sin embargo, cada vez toma mucha más fuerza en varios contextos por su flexibilidad, adaptabilidad y relativo bajo costo. Además, se centra en aspectos específicos lo que hace que se puedan hacer implementaciones en corto tiempo y se pueda focalizar en un único resultado del cual pueden derivarse otros lo que permite tener crecimiento incremental.

Existen varias definiciones diferentes para el concepto simulación. (Gaba, 2004)

afirma que “Es una técnica no una tecnología, que sirve para remplazar o complementar las experiencias reales con otras guiadas que emulan aspectos de la practica real.”

Lo que es muy importante pues abre la puerta a muchos tipos de simulación independientes de la tecnología. Por otra parte (Shannon & Johannes, 1976) la define como: “El proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias -dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos - para el funcionamiento del sistema”.

Como se observa en ambas definiciones existen un factor común y es que no se habla del sistema físico o abstracto completo, sino de una aproximación que permita dentro de sus límites tener un conjunto de resultados, que van a depender del modelamiento del sistema.

Capítulo 1

Diferencias entre simulación y emulación.

Es importante diferenciar la simulación de la emulación dado que son conceptos que se pueden confundir fácilmente, aún más cuando se utilizan indiscriminadamente en diferentes contextos a continuación se presentan las principales similitudes y diferencias presentadas en (McGregor, 2002).

Similitudes entre emulación y simulación.

Representación 3D del Sistema:

Precisión.

Elementos de cero abstracciones.

Diferencias principales.

Diferentes objetivos.

Velocidad de ejecución (Simulación).

Ejecución en tiempo real (Emulación).

Decisiones “instantáneas” (Simulación).

La importancia de la repetibilidad (Simulación).

Importancia de la robustez (Emulación).

La principal diferencia se establece en que la emulación está más orientada a la ejecución en tiempo real con los resultados que tengan lugar en el momento, no necesariamente consistentes como se busca en la simulación sobre todo en el contexto de la investigación científica.

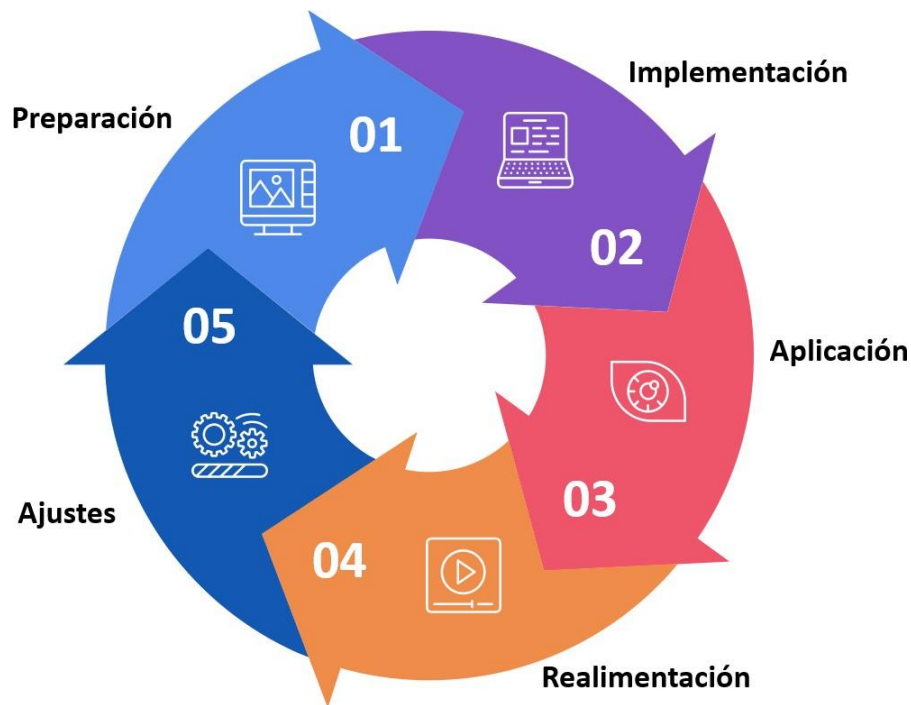
La simulación en educación

La simulación tiene aplicación en casi todas las áreas del conocimiento y la industria, desde simuladores de facturación para entrenamiento de cajeros en supermercados, hasta simulación de eventos climáticos futuros. Esa amplia variedad de usos hace que su desarrollo sea muy elevado en algunos campos como la física, ciencias de la computación, matemáticas y ciencias de la salud.

Durante la última década también fue muy utilizada en ciencias sociales.

En la Figura 1, se muestra el ciclo típico de una actividad basada en simulación, primero existe una preparación que debe hacer el docente, dicha actividad es una de las más importantes pues de allí depende que el resto del ejercicio tenga éxito. En la etapa de implementación el docente debe plasmar lo planificado en el simulador de cara a cumplir los objetivos planteados después en la aplicación el estudiante debe hacer frente al escenario de simulación que se le presente, posterior a ello el docente realimenta al estudiante analizando el desempeño durante el ejercicio mostrando los errores y aciertos, por último en la fase de ajustes el docente debe evaluar si la preparación cumplió con las expectativas del proceso formativo si existen ajustes se realizan en una nueva planificación y se inicia el ciclo nuevamente.

Figura 1.



Ciclo de una actividad basada en simulación. Fuente: Creación propia

La simulación en educación requiere que los actores involucrados docentes y estudiantes, tengan algún tipo de preparación para poder aprovechar su potencial, a ese respecto (Gelves et al., 2010) afirmó en el año 2010 que el papel del docente continuaba siendo tradicionalista aun con el uso de simuladores, sin embargo, (Cataldi, 2013) solo tres años después en 2013 afirma que el papel del docente presenta cambios orientados a la alfabetización digital.

Hoy en día se puede decir que la mayoría de los docentes son competentes en el uso de las TIC, lo que permite apropiarse recursos basados en simulación de manera más ágil que hace algunos años atrás. No obstante, una de las mayores debilidades de la simulación es el dominio sobre el tema y la herramienta que debe tener el docente para

que la implementación del ejercicio sea exitosa.

(Cataldi, 2013) presenta el uso de simuladores como herramientas que, actúan en un contexto limitado y permiten validar premisas generales y saber si son correctas o incorrectas para el propio contexto. El ambiente de aprender haciendo permite que los estudiantes tengan nuevas opciones para entender y apropiarse temas complejos de forma más simple, lo que hace que los alumnos tengan la oportunidad de aprender de sus errores en un ambiente controlado.

De acuerdo con (Gelves et al., 2010) el uso de simuladores es una herramienta pedagógica y didáctica importante para la transferencia de conocimiento, con impacto positivo en los estudiantes ya que según el autor las clases se hacen más dinámicas, hay más participación de los estudiantes, las explicaciones son más claras, existe mejor retroalimentación y se fomenta el gusto por aprender.

(Garizurieta Bernabé et al., 2018) plantean que las instituciones de educación superior se encuentran en constante crecimiento y que es necesario explorar otras dimensiones de la relación enseñanza aprendizaje, en dicho sentido la tecnología y su aplicación puede ayudar a mejorar la experiencia de los estudiantes haciendo uso de elementos como teléfonos, computadoras y otros dispositivos. Idea que también se aborda en (Gualán Lozano, 2021) agregando que la experiencia de enseñanza a aprendizaje debe buscar aprendizaje profundo y significativo a través del uso de recursos tecnológicos.

(Garizurieta Bernabé et al., 2018) concluyen que la implementación de simuladores abre una ventana de oportunidad y brinda ventajas competitivas a los egresados, pues se pueden hacer prácticas cercanas a las que se tienen en el mercado laboral. Además de poder configurar el simulador para evitar situaciones monótonas que no despiertan o mantienen el interés de los estudiantes.

La simulación como herramienta pedagógica.

La simulación en educación tiene una doble función es una herramienta didáctica y pedagógica que brinda a los estudiante y profesores nuevas e innovadoras aproximaciones en proceso enseñanza a aprendizaje, aprendizaje autónomo, aprendizaje activo y aprendizaje colaborativo.

Diferentes autores de diversas áreas del conocimiento destacan el valor de la simulación como herramienta pedagógica a continuación se citan algunos trabajos que enfatizan en dicho uso.

(Makasiranondh et al., 2010) realza el valor de los simuladores como herramienta pedagógica, sin embargo, señala que su implementación puede llegar a ser problemática, dado que muchas veces se deben hacer abstracciones de alto nivel para lograr que los estudiantes, sobre todo novatos puedan lograr las competencias, en dicho sentido el simulador pierde fidelidad y de esa manera se aleja del propósito de la actividad.

(Makasiranondh et al., 2010) hace hincapié en el beneficio que tiene el uso de simuladores desde un aspecto económico ya que como lo nombra en su trabajo un laboratorio de redes puede costar alrededor de 50.000 dólares americanos y con la implementación de simuladores el costo puede disminuir significativamente.

(Bitrián et al., 2020) afirma que se ha incrementado el uso de la simulación como herramienta pedagógica, en el ámbito de la administración los juegos se están usando como herramientas emergentes que permiten a los estudiantes ejercer una participación, a lo largo del proceso de aprendizaje.

(Sutherland & Ward, 2018) concluye que la simulación inmersiva es un excelente recurso pedagógico que permite a los estudiantes acercarse mucho más a las condiciones

que pueden tener en la práctica y entrega real de su quehacer profesional.

En (Sutherland & Ward, 2018) los estudiantes post simulación opinaron que con el uso de la simulación la experiencia se siente mucho más realista que solo la realización de la practica en clase y además se sienten más preparados para cuando se pueda presentar una situación similar en la vida real.

(Gorbanev et al., 2018) indica que en la literatura muestra un panorama optimista sobre el uso de gamificación y juegos serios en educación, sin embargo, esa línea de simulaciones no son parte del espectro principal de herramientas. Se tiene que los juegos son utilizados mayoritariamente como un vehículo complementario a las clases como elemento pedagógico de refuerzo, pero no como elemento principal en la estrategia de aprendizaje en ciencias de la salud.

(Gorbanev et al., 2018) concluye que no existe evidencia certera de la efectividad de los juegos en la formación de profesionales de ciencias de la salud, sin embargo, el reconocimiento de la simulación basada en juegos como una estrategia pedagógica utilizada permite desarrollar juegos mucho más completos y robustos.

(Dexter et al., 2020) afirma que una de las principales preocupaciones para los líderes escolares en estados unidos es brindar escenarios de ensayo y error que permitan a los estudiantes aplicar sus conocimientos y habilidades y verificar su impacto efectivo en múltiples contextos, el desafío es pasar de la teoría a la práctica.

(Dexter et al., 2020) describe el denominado (inter)active learning pedagogy, para referirse a la enseñanza con casos digitales, simulación digital y simulación clínica. Apartando de esa manera esas tres herramientas de aprendizaje activo, el aprendizaje interactivo sirve para brindar una experiencia rica en contexto con posibilidad ajustes y retroalimentación.

(Dexter et al., 2020) enumera algunas herramientas para el aprendizaje interactivo como:

Clases digitales.

Simulaciones digitales.

Simulaciones clínicas.

En la siguiente tabla tomada de (Dexter et al., 2020) se muestra el espectro relacionado con cada herramienta del aprendizaje (Inter)activo que promueven los autores.

Tabla 1.

Herramienta	Enfoque	Nivel de conocimiento necesario	Implicaciones cognitivas	Estimación con experiencia
Clases digitales	Problema enmarcado y enfocando en buscar información	Suficiente para formular una búsqueda dirigida	Constructo enmarcado en la identificación de problemas	Experiencia para el estudiante

	relevante		de posible aplicación	
Simulaciones digitales	Decisiones forzadas para aplicar el conocimiento en el contexto	Más que suficiente, para mejor seleccione la acción opciones	Acción, interacción y reacción	Experiencia del estudiante. Estructuración del autor del espacio problemático
Simulaciones clínicas	Comunicación como un líder	El mayor posible, para razonar sobre y generar una respuesta	Sintetizar y generar	Experiencia del estudiante y de otros participantes a través del espacio problemático

Características clave de orientación cognitiva de las experiencias virtuales ricas en contexto. Tomada de (Dexter et al., 2020)

Es evidente que la simulación como estrategia pedagógica es muy bien valorada en diferentes áreas del conocimiento, no obstante, por el impacto que ha tenido en la última década y con la situación actual de pandemia mundial se espera que tenga un impacto mucho más importante para las generaciones venideras.

La simulación como herramienta didáctica.

La simulación también ha sido utilizada como herramienta didáctica en el proceso enseñanza aprendizaje, a continuación, se referencian algunos autores que consideran la simulación como una herramienta didáctica de gran potencial.

(Orozco Alvarado et al., 2020) afirma que la simulación es una estrategia didáctica que proporciona un ambiente para la formación continua de los estudiantes, donde se puede tener un ambiente de realimentación continua, además es una innovación pedagógica que permite alcanzar los objetivos propuestos.

En concordancia con lo anterior (Barberán Torres et al., 2018). Afirma que en las últimas décadas la educación ha sido impactada por el desarrollo tecnológico e innovación, la simulación como estrategia didáctica en la formación viene siendo cada vez más protagonista sin embargo eso conlleva a una serie de desafíos donde se involucra el docente es fundamental pues es la persona que dirige la actividad.

De igual manera (López Tavares, 2020) afirma que las simulaciones son herramientas que permiten mejorar el aprendizaje y habilidades científicas de los estudiantes, sin embargo, dependen de la estrategia didáctica implementada por los profesores.

(López Tavares, 2020) cita las siguientes ventajas educativas en el aula.

Aceptan aportes de los usuarios.

Muestran el fenómeno a través de elementos gráficos.

Permiten observar los fenómenos investigados desde diferentes puntos de vista.

Ayudan a dotar de significado muchos aspectos teóricos.

Estimulan participación de los estudiantes.

Ayudan a fortalecer la construcción de modelos mentales con base en la experiencia

Se apoyan en herramientas digitales que permiten que el estudiante continúe con el proceso aun desde de su casa.

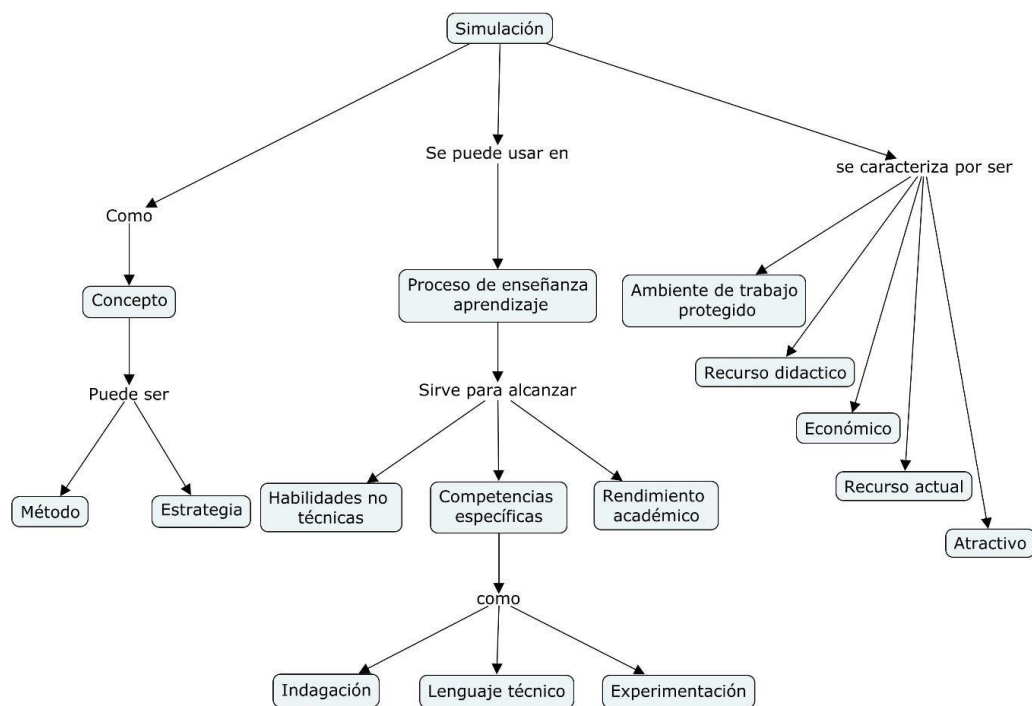
Aportan resultados rápidos en escenarios complejos.

(López Tavares, 2020) destaca la efectividad de la simulación como estrategia didáctica depende fundamentalmente del diseño de la actividad ejecutado por el docente, en dicho sentido el profesor requiere practica para implementarla de manera correcta, reflexionar sobre lo aprendido y mejorar con el paso del tiempo.

(Ayón-Parrales, 2020) reconocen el uso de las TIC como herramienta didáctica de apoyo, ofrece mejores resultados que solo las clases de los profesores, y por dicha razón los simuladores como estrategia didáctica afectan de manera positiva el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

En la figura 2. Se muestra un mapa conceptual de la simulación como herramienta didáctica adaptado de (Ayón-Parrales, 2020), como se observa puede ser utilizada como método o estrategia dependiendo de la finalidad que se le dé a su uso, también se puede usar en el proceso de enseñanza aprendizaje para alcanzar habilidades técnicas, competencias específicas y mejorar el rendimiento académico, también destacan características como tener un ambiente de trabajo protegido, ser un potente recurso didáctico, económico frente a otras soluciones, ser actual y de acuerdo a los tiempo modernos y muy atractiva para los estudiantes.

Figura 2.



Mapa conceptual de simulación didáctica adaptado de (Ayón- Parrales, 2020)

Capítulo 2.

Simulación en educación y su aplicación en salud.

Sin duda una de las áreas con mayor dinamismo en el uso de la simulación para la formación de profesionales son las ciencias de la salud, existen muchos ejemplos exitosos del uso de simuladores, sin embargo, la proporción de su uso por especialidad está lejos de ser homogénea, en enfermería y medicina de emergencias el uso de simuladores es ampliamente promovido mientras en otras especialidades como radiología su uso no es tan extenso. El presente capítulo se enfoca en mostrar la aplicación de la simulación en diferentes especialidades en ciencias de la salud.

La simulación ha venido siendo usada en la educación en ciencias de la salud desde aproximadamente finales de los años 1800, la tecnología ha evolucionado de manera vertiginosa desde entonces, con el desarrollo de las ciencias afines se ha logrado que en la actualidad se tengan simuladores en muchas especialidades, orientados a la adquisición de competencias específicas en un área determinada. Por la capacidad de adquirir, probar, retroalimentar y repetir, la simulación clínica se hace una herramienta clave para instituciones, profesores y estudiantes de todas las ciencias de la salud (Friedman, 1995).

Características de la simulación en salud.

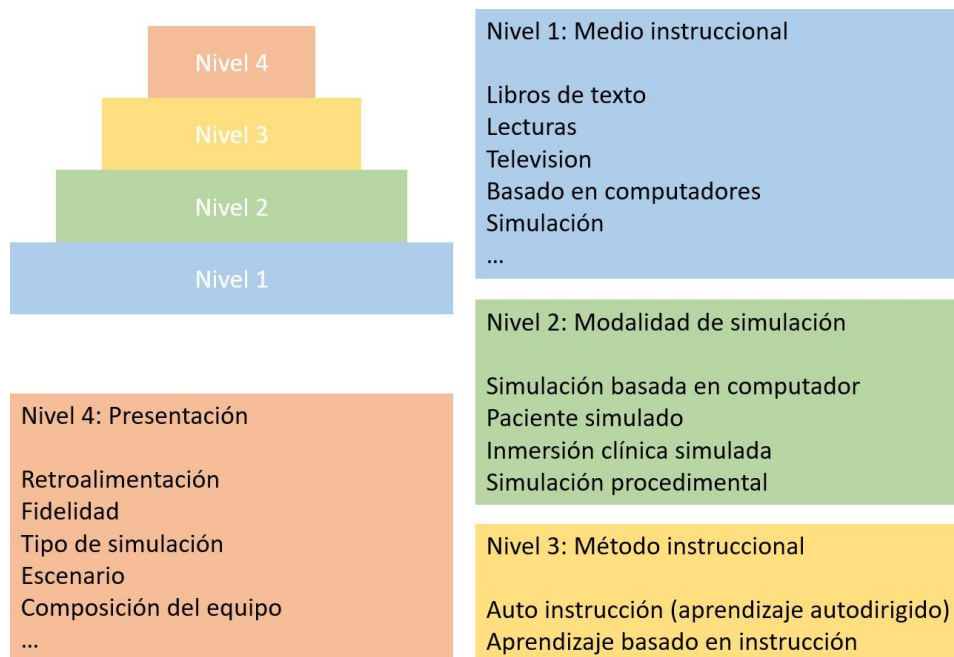
Así como la simulación ha venido siendo usada en diferentes áreas del conocimiento en las ciencias de la salud particularmente se han definido diferentes etapas y modelos que permiten implementarla en diferentes contextos dependiendo de factores como la fidelidad, capacidad del instructor, uso de tecnología entre otros. En este apartado se analizan diferentes modelos que han sido descritos en trabajos científicos con el fin de aclarar conceptos sobre los mismos.

(Campos et al., 2020) indica que la educación basada en simulación hace referencia al

uso de herramientas de simulación implementadas en software o hardware usando mecanismo como gamificación y juegos serios enriquecidos para mejorar la actividad de aprendizaje. Por otra parte (Moya R et al., 2017) hace referencia a que la simulación en salud se refiere a llevar al estudiante a un contexto que puede imitar aspectos de la realidad de la práctica clínica.

(Chiniara et al., 2013) Presenta un marco de trabajo para el modelo instruccional en simulación de ciencias de la salud, en la figura 3, adaptada del trabajo “Simulation in healthcare: A taxonomy and a conceptual frame work for instructional design and media selection”. Se muestra un marco de 4 capas que funcionan con elemento fundamental de la capa siguiente. En primer nivel se encuentra el medio instruccional, en segundo nivel la modalidad de simulación, en tercer nivel está el método instruccional y en cuarto nivel se encuentra la presentación.

Como se puede observar es un modelo de alto nivel, como todos los marcos de trabajo, pues, aunque se definen cada una de las capas no llega a ser una hoja de ruta o un algoritmo paso a paso de cómo se debe hacer la implementación. Sin embargo, es un modelo muy importante porque brinda información fundamental a la hora de realizar una implementación.

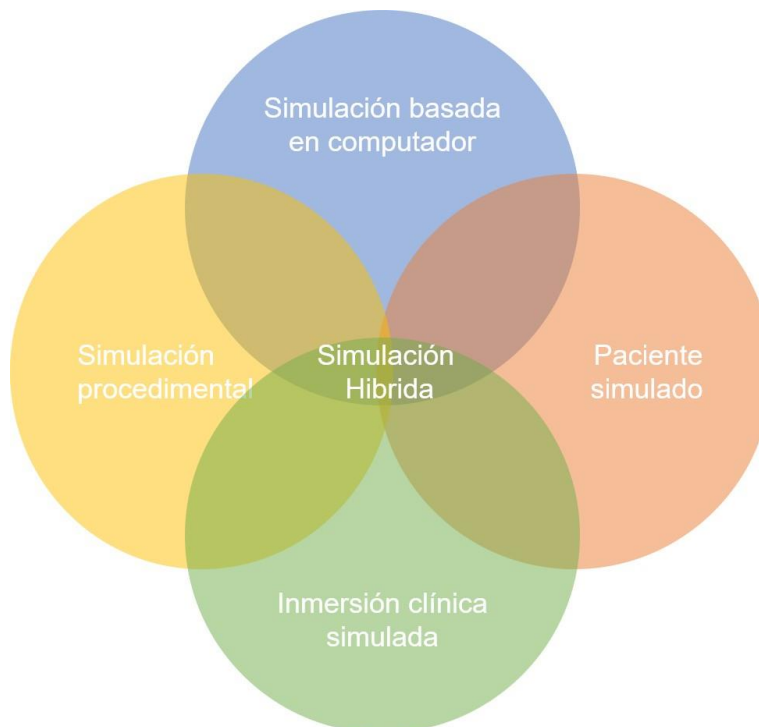
Figura 3.

Marco de trabajo para el modelo instruccional en simulación de ciencias de la salud.

Fuente: Adaptado de (Chiniara et al., 2013)

En la figura 4, se muestran las 4 modalidades de simulación que hacen parte del marco de referencia, la simulación basada en computadora está basada en interfaces que son desplegadas en pantallas, la simulación procedimental incluye habilidades psicomotoras para un procedimiento específico, en la inmersión clínica simulada el ambiente desempeña un rol fundamental, la experiencia inmersiva puede utilizar actores que representan pacientes y se enmarca en lugares específicos ambientados para la acción a desarrollar es usada principalmente en simulación de manejo de pacientes, el paciente simulado es una modalidad donde un actor o un simulador, personifican un paciente que es denominado paciente estándar y es utilizada en manejo de pacientes, objetivos clínicos y objetivos afectivos, por último la modalidad híbrida es la que combina dos o más modalidades.

Figura 4.

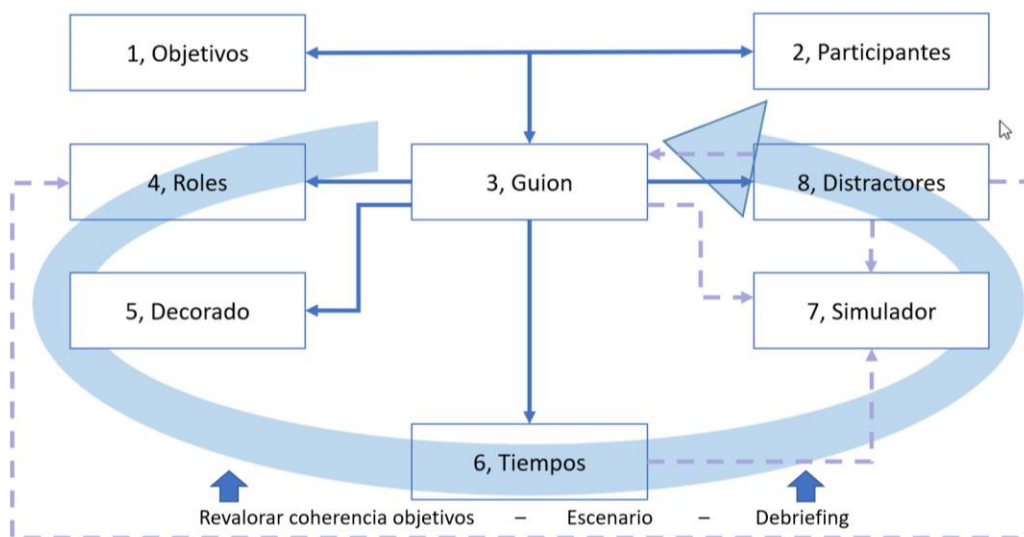


Modalidades de simulación. Fuente: Adaptado de (Chiniara et al., 2013)

En (Gómez-López et al., 2018) se expresa que la simulación es indispensable en la educación en ciencias de la salud y que todos los estudiantes deberían pasar primero por escenarios simulados antes que tratar a pacientes, sin embargo, dicha situación no se da porque muchas de las simulaciones están diseñadas para ser implementadas en simuladores sofisticados que requieren entrenamiento previo.

La figura 5, expone una plantilla para diseñar escenarios de simulación, que presenta en un solo esquema las partes esenciales para que sea mucho más fácil de implementar sobre todo por entrenadores sin experiencia.

Figura 5.

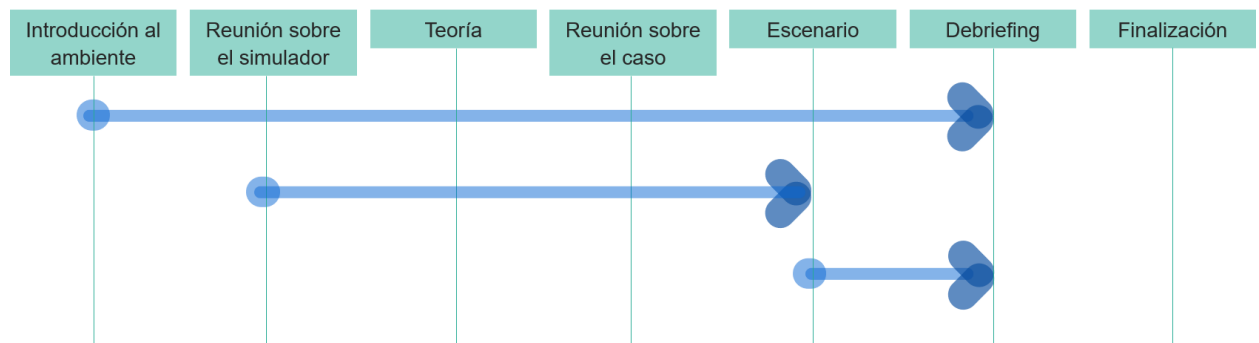


Plantilla para diseñar escenarios de simulación. Fuente: Adaptado de (Gómez-López et al., 2018)

Hasta ahora se puede observar que el modelo presentado en (Chiniara et al., 2013), es de alto nivel y define los elementos gruesos de la simulación en ciencias de la salud, por otra parte, el modelo de (Gómez-López et al., 2018) es mucho más preciso y concreto encaminado a la implementación en un nivel de abstracción bajo, sin embargo, es evidente que el segundo implementa todas las capas relacionadas en el primero.

En la figura 6, presentada en (Dieckmann, s. f.) se hace referencia a la importancia del ambiente de la simulación, que según el esquema tienen un alcance que va hasta la etapa denominada debriefing, correspondiendo a lo que se expresa en el modelo de (Chiniara et al., 2013)

Figura 6.



El ambiente de simulación con sus diferentes fases conectadas. Fuente: Adaptado de (Dieckmann, s. f.)

Para lograr el mayor impacto posible con la simulación se debe tener especial cuidado con la construcción de escenarios que estén orientados a la consecución de las competencias que se desean fortalecer, en ese sentido (López et al., 2017) y (Zúñiga, 2018) respectivamente describen una serie de elementos recomendados para la creación

de escenarios de simulación en salud que se comparan en la siguiente tabla.

Tabla 2.

Elementos creación de escenarios (López et al., 2017)	Elementos creación de escenarios (Zúñiga, 2018)
Título del escenario	Título del escenario
Objetivos	Objetivos
Índice	Recursos
Lista de insumos y materiales	Prebriefing
Puntos básicos	Logística del escenario del caso clínico
Flujograma	Debriefing
Logística del escenario de simulación	Fundamentos teóricos
Estudios	Referencias bibliográficas
Marco teórico	
Referencias bibliográficas	

Elementos para creación de escenarios según (López et al., 2017) y (Zúñiga, 2018)

Como se puede notar la simulación en ciencias de la salud tiene diferentes condiciones que son importantes de cara al éxito de la experiencia para los profesores y estudiantes, afortunadamente existen diferentes marcos de referencia y modelos que permiten que se realicen implementaciones que garantizan niveles de calidad aceptables.

La importancia del debriefing.

Una de las etapas más importantes de la simulación para la formación de talento humano en ciencias de la salud es el debriefing, que se presenta después de realizado el ejercicio por parte de los estudiantes es una etapa crítica en la que se profundizará en este apartado.

(Kasano et al., 2018) destaca características de la simulación como la practica deliberada como factor clave para la adquisición de habilidades y competencias, la retroalimentación (*debriefing*) que es el espacio de reflexión post práctica, dominio del aprendizaje donde por medio de la repetición el estudiante puede dominar el aspecto específico que está siendo aprendido, rango de dificultad que puede ser ajustado de acuerdo a las habilidades y resultados esperados, aprendizaje individualizado donde el estudiante va a su propio paso con incrementos que le permiten desarrollar mucha más seguridad.

En (Maestre & Rudolph, 2015) se define el debriefing como “la conversación entre varias personas para revisar un evento real o simulado, en la que los participantes analizan sus acciones y reflexionan sobre el papel de los procesos de pensamiento, las habilidades psicomotrices y los estados emocionales para mejorar o mantener su rendimiento en el futuro”.

El debriefing en sí mismo puede ser una actividad problemática pues por un lado se tiene a un estudiante que está dando todo su potencial para realizar de manera correcta una acción, por otra parte, se encuentra un paciente (simulador o actor) que reacciona a ciertos estímulos que vengan por parte del estudiante y como tercer elemento se encuentra el o los profesionales que observan lo que está pasando en la escena. Además

de las complejidades obvias en el proceso de la simulación existe la necesidad de comunicar al estudiante de la mejor forma posible cuales fueron sus errores, aciertos antes durante y después de la practica propiamente dicha.

(Maestre & Rudolph, 2015) nombran tres estilos de debriefing que son con juicio, sin juicio y con buen juicio, que son utilizados por los instructores. Cada estilo tiene características propias que tienen mucho que ver con los modelos mentales de los mismos.

El debriefing con juicio se enfoca en decirle al estudiante en que se equivocó, el instructor es la persona que conoce la verdad y por tanto es el único que tiene la razón, puede generar sentimientos negativos en el estudiante pues se ponen en cruda evidencia sus errores frente a sus compañeros o colegas.

El debriefing sin juicio, en este estilo se realiza la retroalimentación de manera mucho más sutil que en el enfoque con juicio, muchas veces tratando de agradar al participante con sus aciertos durante la simulación primero para después indicarle de forma indirecta porque tomó alguna decisión, el enfoque sin juicio puede ser ambiguo en la instrucción pues, aunque no realiza un juicio fuerte y directo al participante tampoco encuentra herramientas certeras para la verbalización de los errores.

El debriefing con buen juicio, se centra en compartir la opinión del instructor, del participante y de sus compañeros o colegas, brindando el mayor respeto a las observaciones de todos no cargando el peso de la verdad en una sola parte, tiene la ventaja de no hacer un juicio duro y directo con las desventajas que eso conlleva y además ser lo más franco posible en la verbalización de los puntos de vista, siendo claro que si hay algo fuera de lugar según el instructor el participante, sus compañeros o colegas pueden ser partícipes en la discusión del por qué y de ese modo enriquecer la experiencia para todos los involucrados.

En (Góes & Jackman, 2020), también se exalta la importancia del debriefing, y se propone un instrumento para realizar una etapa de debriefing holístico, donde el instructor debe cubrir las fases que para los autores son importantes en dicho proceso entrevista previa, primera, segunda y tercera etapa de la entrevista estructurada.

En la entrevista previa el instructor promueve un ambiente seguro para el ejercicio de simulación y brinda la información correspondiente a los equipos maniqués y otros elementos que se utilizarán durante la simulación, la primera etapa de la entrevista estructurada se denomina entrevista estructurada enfocada donde el instructor promueve la autorreflexión del estudiante justo después de la práctica, la segunda etapa entrevista estructurada formativa el instructor promueve la reflexión en grupos grandes, la tercera etapa entrevista estructurada resumen donde se consigna el resumen de la experiencia final de la simulación. (Góes & Jackman, 2020)

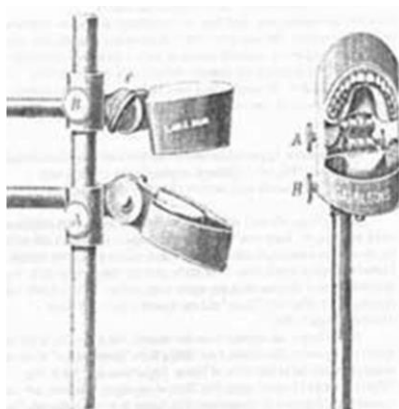
El debriefing es quizá la etapa más sensible de la simulación pues de esta depende que los estudiantes puedan capitalizar sus errores y convertirlos en experiencias positivas de aprendizaje (Góes & Jackman, 2020), a su vez presenta una gran dificultad para los instructores pues la heterogeneidad propia de las personalidades de las personas no facilita la comunicación, sin embargo resulta evidente que el estilo de debriefing con buen juicio resulta la mejor opción por su poca percepción negativa por parte de los participantes.

Capítulo 3.

Experiencias de simulación aplicada en ciencias de la salud.

Aunque la simulación como se conoce hoy en día, se atribuye al piloto noruego que desarrolló el simulador de vuelo llamado Link Trainer a finales de los años 20 del siglo pasado, que permitió a pilotos entrenarse en las habilidades necesarias para afrontar eventos críticos de vuelo (Nickerson & Pollard, 2010), existe evidencia del uso de simuladores mucho antes de dicho trabajo como se señala en (Perry et al., 2015) donde se puede observar que la simulación en odontología se ha venido usando desde 1894, con la primera cabeza fantasma diseñada por Oswald Fergus que se muestra en la figura 7.

Figura 7.



Boceto de la primera cabeza fantasma diseñada por Oswald Fergus en 1894. Fuente: Tomada de A Review of the Use of Simulation in Dental Education

En (Espinoza Zambrano et al., 2020) se muestra una recopilación bibliográfica para determinar la importancia de la aplicación de la simulación clínica en actividades de aprendizaje de las carreras nutrición y dietética. En el trabajo se concluye que la simulación es muy importante, sin embargo, se ha desarrollado incipientemente en las carreras citadas en el estudio, contrastando con el repunte que ha tenido en enfermería o medicina.

(Kasano et al., 2018) asegura que, en la enseñanza de la obstetricia y ginecología, se usan simuladores de diferentes tipos como maniqués para practicar un examen pélvico, hasta simuladores computarizados sofisticados para la formación de especialistas en procedimientos como laparoscopia e histeroscopia entre otros.

En (Rueda García et al., 2017) señala una diferencia fundamental entre el modelo tradicional de enseñanza y el modelo basado en simulación que es básicamente permitir en la simulación que se cometan errores que después son analizados y rectificados, contrario ejecutar la acción directamente en un paciente donde el error no tiene cabida y si se llega a cometer se debe resolver de inmediato.

La enseñanza basada en simulación maneja dos conceptos principalmente que son la fidelidad y capacidad del instructor. La fidelidad hace parte de la implementación y da cuenta de que tan fiel es la simulación comparada con su par real, por otra parte, la capacidad del instructor tiene que ver con el entrenamiento de este. (Rueda García et al., 2017)

En las ciencias de la salud se utilizan tanto simuladores de hardware como de software que serán explicados con mayor detenimiento más adelante, la combinación de ambos tipos de simulador puede ayudar a que los estudiantes puedan adquirir

competencias complementando su uso orientado por el contenido de la asignatura y la guía del docente.

El uso de simuladores basados en hardware tiene una larga tradición en ciencias de la salud, desde que el fabricante de maniqués Laerdal desarrolló un modelo de reanimación cardiopulmonar llamado Resusci Anne, que cubría algunas necesidades de formación de personal en momentos de crisis. (Nickerson & Pollard, 2010), hasta la actualidad han cambiado mucho las tecnologías usadas para el desarrollo de simuladores.

En Colombia se evidencio un hito, en el año 2010 cuando la Clínica de Marly adquirió el primer robot Da Vinci, para ejecutar cirugías asistidas por el robot o lo que se conoce como cirugía robótica. Desde ese momento han sido ampliamente usados en pacientes con cáncer de próstata, entre otros. Además de la Clínica el mismo Instituto Nacional de Cancerología logró incorporar uno de estos costosos equipos a sus servicios, y también lo hicieron la Fundación Santa Fe y la Clínica Shaio. (Chaparro Velasco & Vivas Albán, 2016)

En (Minnaard et al., 2019) se realiza una encuesta a 32 docentes de ciencias de la salud, de los cuales el 39.2% cuando se les preguntó. Que habilidades opina que se pueden fortalecer o desarrollar con el uso de software, respondieron transferir teoría a práctica y el 85% usa algún recurso tecnológico en su curso, lo que muestra una tendencia al uso de las Tic en salud en Latinoamérica donde es cada vez mayor la penetración de la tecnología.

Capítulo 4.

Simulación en radiología.

(Patel & Dennick, 2017) evaluaron la literatura científica para responder a la pregunta ¿Es efectiva la educación basada en simulación para el entrenamiento en radiología intervencionista? En sus hallazgos se evidencia que la educación basada en simulaciones entregó mayores beneficios para estudiantes novatos, que no habían realizado practica con pacientes. basado en la jerarquía de Kirkpatrick estos estudiantes mostraron excelentes avances en reacción y aprendizaje. Por otra parte, para los estudiantes para estudiantes que ya habían tenido contacto con pacientes en la práctica no fue tan favorable. Lo que tiene sentido si se tiene en cuenta que al momento pasar del ámbito retorico a la práctica clínica, existen otras habilidades que se solo se desarrollan con el tratamiento a pacientes.

De otro lado (Miller et al., 2019) y (Moya R et al., 2017) destacan que el uso de simuladores en radiología, promueve la seguridad de paciente siendo claves en el desarrollo de aptitudes necesarias antes de ver pacientes, pues en los simuladores se pueden recrear situaciones comunes en la práctica como errores en el procedimiento, complicaciones y demás problemas que pueden aparecer dando al estudiante la oportunidad de interiorizar las causas y sus posibles soluciones sin poner en riesgo la salud del paciente.

En los capítulos anteriores del presente documento ha quedado clara la importancia de la simulación en la educación en general y en ciencias de la salud, el presente capitulo se centra en el rol de la simulación en la educación en radiología

específicamente, para lo cual se hará el recorrido por algunos recursos bibliográficos encontrados que abordan especificidades del tema.

Estado de la simulación en radiología

Mientras algunas escuelas de medicina en el mundo están incluyendo el uso de las nuevas tecnologías para la actualización del currículo, el grueso de la educación en radiología permaneció básicamente sin cambios. Sin embargo, inimaginable emitir un diagnóstico sin algún apoyo de las tecnologías modernas de imágenes. (European Society of Radiology (ESR), 2019).

En concordancia con lo anterior en (May et al., 2019), se afirma que la simulación en radiología se ha venido utilizando recientemente comparado con la simulación en especialidades como cirugía o anestesiología que llevan usándola varias décadas y dicho sentido se encuentra una brecha incluso en las mismas ciencias de la salud.

El trabajo de la ESR (European Society of Radiology (ESR), 2019) se aproxima al uso de nuevos enfoques en la educación en radiología, siendo un hecho que la educación en ciencias de la salud cada vez está utilizando más herramientas de e-learning, la sociedad europea de radiología pone sobre la mesa la discusión del uso de algunos enfoques actuales de educación como evolución a la educación en línea, escuela inversa, educación basada en problemas, educación basada en escenarios, razonamiento de diagnósticos simulados y programas simuladores, que pueden fortalecer la educación en radiología.

Aun cuando algunos autores coinciden en que la simulación en educación en radiología no ha sido tan ampliamente utilizada como en otras especialidades pioneras en su uso como la medicina de emergencias, también se han desarrollado muchos avances en los últimos años. Algunos de los cuales se abordarán a continuación.

Simulación específica para radiología.

(May et al., 2019) indica que muchos de los dispositivos para hacer simulación en radiología son muy costosos, como posible solución de bajo costo se puede acceder a realizar simulación con cadáveres de animales o partes de estos, sin embargo, dicha práctica implica problemas de higiene más aún si los equipos y lugares de esta son usados en la atención de pacientes.

Para evitar el problema de los altos costos de simuladores (May et al., 2019) señalan algunas ideas que pueden ser útiles para realizar simulación de bajo costo sin perjuicios añadidos, como por ejemplo el uso de geles balísticos caseras desarrolladas a base de gelatina, aceite de canela y “Metamucil” fiebre. Que se pueden usar para la simulación de algunas prácticas de ultrasonido. O el uso de aceitunas y geles caseros para la simulación de biopsias guiadas por ultrasonido.

La simulación es ampliamente aceptada en la formación en ciencias de la salud sin embargo cuando se trata de estructurar programas de educación basados en ese paradigma se encuentra que se atiende a factores de conveniencia o coincidencia más que a un estudio consciente de las necesidades en formación y si es o no posible realizar dicho entrenamiento con el uso de simuladores (Nayahangan et al., 2018)

En (Nayahangan et al., 2018) se muestra el proceso de priorización de procedimientos para ser impartidos por medio de simulación, para lograr dicha priorización se utilizó el método Delphi, después de 3 rounds se logró priorizar 13 procedimientos de ultrasonido y evaluación enfocada en ecografía en trauma (FAST) por sus siglas en inglés. Los autores concluyen que los resultados del estudio pueden ser replicados para el desarrollo de programas de entrenamiento basado en simulación.

En (Restauri et al., 2018) se afirma que la educación en salud en Estados Unidos está sufriendo un cambio importante alejándose del aprendizaje pasivo y pando cada vez más al aprendizaje interactivo, donde el uso de simulación es un componente clave pues permite que los estudiantes comentan errores conservando la seguridad del paciente.

Una de las tecnologías más importantes en radiología son los sistemas PACS, sin embargo, la mayoría son productos enfocados en el usuario final es decir clínicas y hospitales y pueden ser muy costosos pues su propósito no son los fines educativos. En (Restauri et al., 2018) se expone la creación de un PACS simulado en colaboración con la compañía Philips Healthcare¹. que es una herramienta que cumple con los estándares tecnológicos actuales como plataforma Web lo que permite que se acceda vía Wi-Fi desde la facultad o lugar establecido para la práctica, además anonimiza las historias lo que permite incluir un gran número de casos donde no serán revelados los datos del paciente que sean sensibles.

De igual forma en (Shu et al., 2021) se muestra la implementación de un sistema PACS, pero esta vez no se hace en colaboración con una empresa privada, por el contrario, la estrategia en su trabajo es implementar un sistema PACS gratuito con una herramienta de anonimizar los datos y un visor de imágenes DICOM también gratuitos. De manera que se tiene un PACS para educación, que puede extraer imágenes del PACS de producción.

La impresión 3D es otra de las tecnologías que han venido siendo utilizadas en la educación clínica basada en simulación, esta es muy útil para la creación de modelo anatómicos que permiten al radiólogo tener la comprensión espacial de las diferentes estructuras que puede presentar un paciente según (Goudie et al., 2019).

¹ Philips Healthcare: Es una marca registrada

(Goudie et al., 2019) muestra como con ayuda de la impresión 3D para la generación de modelos anatómicos se pueden desarrollar procesos de educación en salud basada en simulación, en aspectos como desarrollo de habilidades procedimentales sin poner en riesgo la vida de pacientes. Además, se puede llevar mucho más profundo y tomar datos desde el mismo paciente como tomografías o resonancias magnéticas, para después modelar la estructura presente en él y de esa manera el radiólogo o cualquier otro especialista pueda saber de antemano como abordar un caso concreto con apoyo del modelo que brinda mucha información complementaria a la que se puede tener solo en una pantalla.

(Maffia Bizzozero et al., 2019) muestra la construcción de un modelo de bajo costo para realizar el procedimiento de punción o bloqueo neuro axial central guiado por ultrasonido, el cual ofrece una experiencia a los usuarios (tutores y estudiantes), muy similar a la que se encontrarían con un paciente y además de características casi idénticas a las que se encuentran con otros simuladores. El prototipo tiene un valor de un cuarto del precio de los simuladores importados lo que hace que tenga una gran ventaja según los autores.

(Gallego Londoño & Perea Moreno, 2019) se establece un algoritmo que sirve como guía para los estudiantes de tecnología en radiología e imágenes diagnosticas, de la Fundación Universitaria del Área Andina.

(Gallego Londoño & Perea Moreno, 2019) enfocan de forma novedosa el uso de las tecnologías para la formación de estudiantes apoyándose en simulaciones que son grabadas en video para que los estudiantes puedan leer e interiorizar el algoritmo y también puedan ver el dramatizado en video de los pasos para diferentes estudios.

Conclusiones

La simulación es una herramienta poderosa y tiene muchos usos uno de los más importantes está orientado a la educación, en casi todas las áreas del conocimiento se están utilizando desarrollos basados en simulación para la formación de talento humano por sus grandes ventajas y pocos perjuicios añadidos.

La simulación ha sido utilizada en ciencias de la salud desde finales de los años 1800, como se evidencio en este trabajo. Sin embargo, el hito que pone a la simulación sobre la mesa como una alternativa viable para la educación se atribuye al desarrollo del simulador Link Trainer a finales de los años 20 del siglo pasado.

La simulación se ha convertido en una herramienta clave en la formación de talento humano en ciencias de la salud, en varias especialidades como la medicina de emergencias y enfermería se ha venido utilizando desde hace varias décadas, sin embargo, en casi todas las especialidades se ha potencializado su uso en los últimos años.

En la educación de radiología se está trabajando mucho en desarrollos basados en simulación, sobre todo para el entrenamiento de estudiantes en radiología intervencionista, ecográfica y ultrasonido, se están desarrollando una variedad importante de simuladores de software y hardware que disminuyen un poco la brecha con otras especialidades.

En el desarrollo de la investigación se encontraron muchos documentos relacionados con la simulación en educación en español, sin embargo, cuando se realizó la búsqueda de documentación de simulación en radiología en español se encontraron muy pocos documentos académicos, de allí la importancia del idioma inglés para poder acceder a artículos actualizados en el mundo, pero no para la realidad de América latina.

Con el desarrollo del trabajo se encontró que una de las principales trabas para la implementación de simuladores en radiología es el alto costo que tienen muchos de los equipos disponibles en el mercado, sin embargo, existen alternativas de bajo costo que permiten tener una gran experiencia sin que las instituciones tengan que incurrir en costos exagerados y que pueden tener mucho impacto en los estudiantes.

Durante el proceso de la investigación, pude descubrir que existen muchas cosas que se pueden hacer por parte de los estudiantes de los semilleros de investigación, en dicho sentido los desarrollos de los profesores del semillero de innovación en salud son muy valiosos, pues se encuentran trabajos muy parecidos publicados en revistas internacionales.

La simulación en la educación es altamente efectiva puesto que el tutor está involucrado desde el planeamiento de la actividad simulada, en ella esta programadas las competencias necesarias para la correcta destreza del estudiante.

Las practicas estudiantiles con simuladores evitan el riesgo en la atención del paciente y en el campo de la imagenología reducen a 0 el riesgo de radiación del estudiante En equipos de simulación y practica en canalización de pacientes se puede asimilar el ejercicio de la canalización sin embargo la anatomía en todos los pacientes no es fiel al maniquí de simulación

El debriefing en simulación en imagenología seria de mucha valía puesto que con el análisis de los resultados post practica simulada se realizarían las correcciones en un paciente no vivo evitando así niveles elevados de tasa de dosis, teniendo en cuenta que los softwares de equipos actuales calculan automáticamente los niveles de tasa de dosis en cada usuario.

Los avances en simulación en radiología son muy pocos comparados con los de otras carreras del sector salud como la cirugía y la anestesiología, en comparación la ECISA tiene equipos que permiten realizar la imagen al paciente, pero con la desventaja que es un equipo emisor de radiación ionizante cosa que no se ve en los prototipos de simulación.

Referencias.

- Ayón-Parrales, E. B. (2020). *The simulation: Support strategy in the teaching of Natural Sciences in basic and high school*, Portoviejo, Ecuador. 6, 19.
- Barberán Torres, J. P., Valdés Rodríguez, Y. C., & Portalanza, A. (2018). *Instrumento para evaluar la preparación de docentes en el uso de la simulación como estrategia didáctica*.
- Bitrián, P., Buil, I., & Catalán, S. (2020). *Flow and business simulation games: A typology of students*. *The International Journal of Management Education*, 18(1), 100365.
<https://doi.org/10.1016/j.ijme.2020.100365>
- Campos, N., Nogal, M., Caliz, C., & Juan, A. A. (2020). *Simulation- based education involving online and on-campus models in different European universities*. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17(1), 8. <https://doi.org/10.1186/s41239-020-0181-y>
- Cataldi, Z. (2013). *Fundamentos para el uso de simulaciones en la enseñanza*. 10,
- Chiniara, G., Cole, G., Brisbin, K., Huffman, D., Cragg, B., Lamacchia, M., Norman, D., & Canadian Network For Simulation In Healthcare, Guidelines Working Group. (2013). *Simulation in healthcare: A taxonomy and a conceptual framework for instructional design and media selection*. *Medical Teacher*, 35(8), e1380-e1395. <https://doi.org/10.3109/0142159X.2012.733451>
- Dexter, S., Clement, D., Moraguez, D., & Watson, G. S. (2020). *(Inter)Active Learning Tools and Pedagogical Strategies in Educational Leadership Preparation*. *Journal of Research on Leadership Education*, 15(3), 173-191. <https://doi.org/10.1177/1942775120936299>
- Dieckmann, P. (s. f.). *La-simulación-es-mas-tecnología— FINAL_ESPANOL_WEB.pdf*.
 Recuperado 14 de abril de 2021, de
<http://cdn.laerdal.com/downloads/fl198/ABAQYJSM/La-simulacion-es-mas->

Tecnologia--FINAL_ESPANOL_WEB.pdf

- Espinoza Zambrano, V., Machuca Barría, C., Ahumada Soto, D., & Cresp Barría, M. (2020). *Simulación Clínica una oportunidad de Aprendizaje Competencial para asignaturas de las Ciencias del Movimiento Humano en carreras de Nutrición y Dietética*.pdf. *Revista Horizonte Ciencias de la actividad física*, 11(1), 1-11.
- European Society of Radiology (ESR). (2019). *ESR statement on new approaches to undergraduate teaching in Radiology. Insights into Imaging*, 10(1), 109.
<https://doi.org/10.1186/s13244-019-0804-9>
- Friedman, C. P. (1995). *Anatomy_of_the_clinical_simulation*. *Academic Medicine*, 70(3), 205-209. <https://doi.org/10.1097/00001888-199503000-00011>
- Gaba, D. M. (2004). *The future vision of simulation in health care*. *Quality and Safety in Health Care*, 13(suppl_1), i2-i10.
<https://doi.org/10.1136/qshc.2004.009878>
- Gallego Londoño, C., & Perea Moreno, J. E. (2019). *radiología en consenso compendio de proyecciones radiológicas para la simulación clínica (1.ª ed.)*. Fundación Universitaria del Área Andina. Bogotá.
<https://digitk.areandina.edu.co/handle/areandina/3486>
- Garizurieta Bernabé, J., Muñoz Martínez, A. Y., Otero Escobar, A. D., & González Benítez, R. Á. (2018). *Business simulators as a teaching- learning tool in higher education*. *Apertura*, 10(2), 36-49. <https://doi.org/10.32870/Ap.v10n2.1381>
- Gelves, G. A. C., Torres, R. G., & Montoya, M. S. R. (2010). *Uso de simuladores como recurso digital para la transferencia de conocimiento*. *Apertura*, 2(1), 86-100.

- Góes, F. dos S. N. de, & Jackman, D. (2020). *Development of an instructor guide tool: 'Three Stages of Holistic Debriefing'*. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 28, e3229. <https://doi.org/10.1590/1518-8345.3089.3229>
- Gómez-López, L., Tena-Blanco, B., Bergè-Ramos, R., Coca-Martínez, M., Forero-Cortés, C., & Gomar-Sancho, C. (2018). *Nueva plantilla para diseñar escenarios de simulación: Interrelación de elementos en un vistazo*. *Educación Médica*, 19, 350-359. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2017.12.001>
- Gorbanev, I., Agudelo-Londoño, S., González, R. A., Cortes, A., Pomares, A., Delgadillo, V., Yepes, F. J., & Muñoz, Ó. (2018). *A systematic review of serious games in medical education: Quality of evidence and pedagogical strategy*. *Medical Education Online*, 23(1), 1438718. <https://doi.org/10.1080/10872981.2018.1438718>
- Goudie, C., Kinnin, J., Bartellas, M., Gullipalli, R., & Dubrowski, A. (2019). *The Use of 3D Printed Vasculature for Simulation-based Medical Education Within Interventional Radiology*. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.4381>
- Gualán Lozano, Á. E. (2021). *Plataforma web de simulación de fenómenos físicos*. *REVISTA ODIGOS*, 2(1), 69-83. <https://doi.org/10.35290/ro.v2n1.2021.407>
- Kasano, J. P. M., Gamarra, H. M. L., & Crespo, G. (2018). *Simulación clínica y quirúrgica en la educación médica: Aplicación en obstetricia y ginecología*. 10.
- López, S. M., Juárez, S. A. Á., Daniel, A. B., Carrasco, F. M., Cortés, H. E. O., Sánchez, A. G. O., & Lona, K. S. (2017). *¿Cómo se construyen los escenarios para la enseñanza basada en simulación clínica?* *Facultad de Medicina UNAM*, 12.

- López Tavares, D. B. (2020). *Estrategias didácticas para el uso eficaz de simulaciones interactivas en el aula*. 13.
- Maestre, J. M., & Rudolph, J. W. (2015). *Teorías y estilos de debriefing: El método con buen juicio como herramienta de evaluación formativa en salud*. *Revista Española de Cardiología*, 68(4), 282-285. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2014.05.018>
- Maffia Bizzozero, S., Ezequiel Banti, N., & Teragni, E. (2019). *Modelo de simulación para procedimientos guiados por ultrasonografía: Bloqueos neuroaxiales de la región lumbar*. *Revista Latinoamericana de Simulación Clínica*, 1(1), 5-10. <https://doi.org/10.35366/RSC191B>
- Makasiranondh, W., Maj, S. P., & Veal, D. (2010). *Pedagogical evaluation of simulation tools usage in Network Technology Education*. 6.
- May, B. J., Khoury, J. K., & Winokur, R. S. (2019). *Tools for Simulation; Low Budget and No Budget*. *Techniques in Vascular and Interventional Radiology*, 22(1), 3-6. <https://doi.org/10.1053/j.tvir.2018.10.002>
- McGregor, I. (2002). *The relationship between simulation and emulation*. *Proceedings of the Winter Simulation Conference*, 2, 1683-1688. <https://doi.org/10.1109/WSC.2002.1166451>
- Miller, Z. A., Amin, A., Tu, J., Echenique, A., & Winokur, R. S. (2019). *Simulation-based Training for Interventional Radiology and Opportunities for Improving the Educational Paradigm*. *Techniques in Vascular and Interventional Radiology*, 22(1), 35-40. <https://doi.org/10.1053/j.tvir.2018.10.008>
- Minnaard, V. A., Rabino, M. C., Bombina, E., Nemi, S. A., Soto, G., Caprioli, I., Martín, L., Florio, V., & Dobrinin, C. (2019). *Evaluación pre y post experiencia*

Incorporación. Neuronum, 6, 41-57.

Moya R, P., Ruz A, M., Parraguez L, E., Carreño E, V., Rodríguez C,

A. M., & Froes M, P. (2017). *Efectividad de la simulación en la educación médica desde la perspectiva de seguridad de pacientes*. *Revista médica de Chile*, 145(4), 514-526. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872017000400012>

Nayahangan, L. J., Nielsen, K. R., Albrecht-Beste, E., Bachmann Nielsen, M., Paltved, C., Lindorff-Larsen, K. G., Nielsen, B. U., & Konge, L. (2018). *Determining procedures for simulation-based training in radiology: A nationwide needs assessment*. *European Radiology*, 28(6), 2319-2327. <https://doi.org/10.1007/s00330-017-5244-7>

Nickerson, M., & Pollard, M. (2010). *Mrs. Chase and Her Descendants: A Historical View of Simulation*. *Creative Nursing*, 16(3), 101- 105. <https://doi.org/10.1891/1078-4535.16.3.101>

Orozco Alvarado, J. C., Acevedo, A. A. C., & Pérez, A. A. D. (2020).

Simulación como estrategia didáctica en las prácticas de formación docente. Experiencia en la carrera Ciencias Sociales. *Revista Torreón Universitario*, 9(25), 16-28. <https://doi.org/10.5377/torreon.v9i25.9851>

Patel, R., & Dennick, R. (2017). *Simulation based teaching in interventional radiology training: Is it effective?* *Clinical Radiology*, 72(3), 266.e7-266.e14. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2016.10.014>

Perry, S., Bridges, S. M., & Burrow, M. F. (2015). *A Review of the Use of Simulation in Dental Education*. *Simulation in Healthcare*, 10(1), 31- 37. <https://doi.org/10.1097/SIH.0000000000000059>

Restauri, N., Bang, T. J., Hall, B., & Sachs, P. B. (2018).

Development and Utilization of a Simulation PACS in Undergraduate Medical Education.

Journal of the American College of Radiology, 15(2), 346-349.

<https://doi.org/10.1016/j.jacr.2017.09.006>

Rueda García, D., Arcos Aldás, M. E., & Alemán Vaquero, M. E. (2017). *Simulación*

clínica, una herramienta eficaz para el aprendizaje en ciencias de la salud.

Revista Publicando, 13(1), 225-243.

Shannon, R., & Johannes, J. D. (1976). *Systems Simulation: The Art and Science.* *IEEE*

Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, SMC- 6(10), 723-724.

<https://doi.org/10.1109/TSMC.1976.4309432>

Shu, L., Bahri, F., Mostaghni, N., Yu, G., & Javan, R. (2021). *The Time Has Come: A*

Paradigm Shift in Diagnostic Radiology Education via Simulation Training.

Journal of Digital Imaging, 34(1), 212-227. [https://doi.org/10.1007/s10278-020-](https://doi.org/10.1007/s10278-020-00405-2)

[00405-2](https://doi.org/10.1007/s10278-020-00405-2)

Sutherland, K., & Ward, A. (2018). *Immersive simulation as a public relations*

pedagogical tool. 19, 18.

Zúñiga, B. B. (2018). *Ambientes y diseño de escenarios en el aprendizaje basados en*

simulación. *Conrado | Revista*

pedagógica de la Universidad de Cienfuegos, 14(61), 7.