



CAJA NEGRA COMO ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE EN CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA: ESTADO DEL ARTE

BLACK BOX AS A TEACHING AND LEARNING STRATEGY IN LAPAROSCOPIC SURGERY: STATE OF THE ART

CAIXA PRETA COMO ESTRATÉGIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM EM CIRURGIA LAPAROSCÓPICA: ESTADO DA ARTE

Kristhel Vanessa Salazar Vásquez¹, Rosa Alba Cardozo Castellano², Harold Guevara Rivas³

Resumen

En la actualidad, donde todo se maneja a través de la tecnología, el área de ciencias de la salud no está exenta, y cuando se trata de educación a los sanitaristas, abarca una amplia gama de posibilidades, dentro de las cuales se encuentra el uso de la caja negra. Los modelos de simulación con la caja negra permiten evaluar las habilidades en los residentes o cirujanos que la usen, sin riesgo de mala praxis hacia el paciente y con un máximo de efectividad en los resultados, pues reproduce exactamente la logística y la comunicación en el quirófano. Además, son de bajo costo para la navegación. Su uso permite mejorar la calidad de la educación tanto entre los participantes como de los educadores, en consonancia con la implementación de las nuevas tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Se presenta una revisión del tema. El uso de simuladores en ciencias de la salud, con fines educativos, de actualización o de desarrollo de habilidades y destrezas, permite disminuir la utilización en su práctica médica, de pacientes vivos, animales o cadáveres, minimizar los errores cuando traten a un paciente real, y ejecutar más eficientemente los servicios médicos. Es decir, resume aspectos éticos, pedagógicos y económicos. No obstante, la resistencia al cambio de lo tradicional en atención y educación, los valores profundamente arraigados en los médicos docentes, y la forma de atención y relación médico-paciente, son algunas de las dificultades que debe enfrentar la inclusión de la tecnología en el plan de estudios de medicina.

Palabras Clave: Caja negra, enseñanza, aprendizaje, cirugía laparoscópica

¹ Médico Cirujano. Especialista en Cirugía General y en Docencia en Educación Superior. Ciudad Hospitalaria Dr. Enrique Tejera, Dirección Médico-Quirúrgica, Valencia, Venezuela. ORCID: [0009-0009-8113-4687](https://orcid.org/0009-0009-8113-4687). Autor de correspondencia: kristhelvsv.kvsdm@gmail.com Teléfono: 04144003427

² Médico Cirujano. Especialista en Medicina Familiar. Doctor en Patología Existencial e Intervención en Crisis. Universidad de Carabobo, Facultad de Ciencias de la Salud, Valencia, Venezuela. Profesor Titular del Departamento de Salud Pública, sede Carabobo. ORCID: 0000-0002-2393-1444

³ Médico Cirujano. Especialista en Salud Ocupacional. Doctor en Ciencias Médicas. Universidad de Carabobo, Facultad de Ciencias de la Salud, Valencia, Venezuela. Profesor Titular del Departamento de Salud Pública, sede Carabobo. Adscrito al Instituto de Investigaciones Médicas y Biotecnológicas de la Universidad de Carabobo (IIMBUC). ORCID: 0009-0002-1982-5830



Abstract

Nowadays, where everything is managed through technology, the area of health sciences is not exempt, and when it comes to education for health professionals, it covers a wide range of possibilities, among which is the use of the black box. Black box simulation models allow for the assessment of skills in residents or surgeons using them, without the risk of patient malpractice and with maximum effectiveness in results, as they accurately reproduce logistics and communication in the operating room. Furthermore, they are inexpensive to navigate. Their use allows for improved quality of education among both participants and educators, in line with the implementation of new technologies in the teaching-learning process. A review of the topic is presented. The use of simulators in health sciences for educational purposes, for updating, or for developing skills and abilities, allows for reducing the use of live patients, animals, or cadavers in medical practice, minimizing errors when treating real patients, and more efficiently providing medical services. That is, it summarizes ethical, pedagogical, and economic aspects. However, resistance to change in traditional healthcare and education, the deeply rooted values of medical teachers, and the way in which care is delivered and the doctor-patient relationship are some of the challenges that must be addressed by the inclusion of technology in the medical curriculum.

Keywords: Black box, teaching, learning, laparoscopic surgery

INTRODUCTION

En la actualidad, donde todo se maneja a través de la tecnología, el área de ciencias de la salud no es un campo exento ante esta situación; y cuando se trata de educación a los sanitaristas, abarca una amplia gama de posibilidades, dentro de las cuales se encuentra el uso de la caja negra, pues es una herramienta empleada para la ejecución de las prácticas previas a la realización de una cirugía.

Por esto, se llevó a cabo esta puesta al día a modo de artículo de revisión, como un aporte al aprendizaje de las nuevas generaciones de cirujanos generales, incluyendo el uso de las tecnologías en educación, a pesar de los obstáculos que se puedan presentar para lograr un cambio en el plan de estudio de esta carrera.



La efectividad de las intervenciones de colecistectomía, entre otras, previo entrenamiento con la caja negra como estrategia pedagógica, sienta las bases para la inserción como asignatura en el currículo de los residentes de cirugía, por lo tanto, es necesario conocer las teorías que se utilizan, con el fin de fundamentar el uso de la simulación en los currículos, junto a una propuesta de competencias susceptibles a desarrollar.

Además de novedosos, los modelos de simulación de entrenador con la caja negra, son de bajo costo para la navegación con la cámara laparoscópica y esto permite evaluar las habilidades en los residentes o cirujanos que la usen, sin riesgo de mala praxis hacia el paciente y con un máximo de efectividad en los resultados, pues reproduce exactamente la logística y la comunicación en el quirófano.

En este mismo orden de ideas, se puede decir, el uso de la caja negra permite mejorar la calidad de la educación tanto entre los participantes como en los educadores, en consonancia con la implementación de las nuevas tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

El programa de Cirugía General de la Universidad de Carabobo no cuenta con entrenamiento de cirugía laparoscópica basado en simuladores previo a la práctica clínica. Por lo cual, una vez estructurado el estado del arte en esta área, se deben establecer nuevas estrategias en la consecución del conocimiento y habilidades a través de simuladores de bajo costo y alta efectividad, como la caja negra.

De allí que el propósito de esta investigación fue realizar una revisión del episteme en relación con las estrategias de enseñanza-aprendizaje pertinentes para el especialista en cirugía, con énfasis en la caja negra como una alternativa factible de utilizar las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), con ello se lograría que los estudiantes desarrollen una serie de destrezas, las cuales permitan realizar una práctica similar a la que va a desarrollar en la realidad con el paciente.



El aprendizaje en el ser humano es progresivo y se incrementa a partir de la exposición a situaciones consecutivas, proceso en el cual puede llevar años; se basaría en la exposición a situaciones repetidas con refuerzos (positivos o negativos) cada vez que toma una decisión correcta o con desaciertos. Es entonces, a partir de estímulos similares donde existen soluciones similares, a través de nuestra experiencia y conocimientos previos, comienza la toma de decisiones¹.

En este sentido la toma de decisiones, presume un pensamiento lógico y jerárquico que puede ser transcrito a algoritmos en un lenguaje, donde las máquinas pueden interpretar y ejecutar con mucha mayor rapidez a diferencia del ser humano.

COMPETENCIAS Y PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE EN CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA

En este orden de ideas García-Sáiz², respecto a las competencias señala, que guardan relación con un “hacer” final, una acción observable y evaluable como mejor o peor ejecutada. Su definición puede centrarse en asumirlas como conductas observables con las que sea posible discriminar entre un rendimiento superior o no en un trabajo o situación determinados, plenamente integradas en la gestión humana y la formación universitaria.

Los teóricos de la educación se han ocupado de rastrear las posibles bases teóricas de las competencias y, aunque no han sido reunidas en una sola estructura, se ha difundido lo que se ha considerado pertinente. Son al menos tres corrientes ideológicas del origen de las competencias, donde la psicología cognitiva corresponde como tercera versión, con los teóricos que se consideran inscritos en ella como Jean Piaget, Jerome S. Bruner, Liev Semionóvich Vygotsky y David P. Ausubel.

En relación a la implementación del proceso de enseñanza-aprendizaje sobre el uso de la caja negra, en los últimos años ha aumentado exponencialmente la atracción por un método de evaluación objetiva de las habilidades quirúrgicas de los residentes y de los cirujanos, dando origen a propuestas de numerosos métodos de evaluación de ciertas habilidades pese a que



ha sido escasa su aplicación directa en los programas de formación quirúrgica. En este sentido, Aggarwal et al.³, Grantcharov y Reznick⁴, y ya en la década de los 90, Shimoga⁵, afirma, “en las máquinas existe una analogía similar a la estructura y el funcionamiento del cerebro, por lo que se puede establecer esta analogía fácilmente comprensible para los profesionales de la salud”.

Por otra parte, la cirugía laparoscópica fue introducida y ampliamente difundida en la década de los 90, y los cirujanos debieron ingeniárselas para adquirir nuevas habilidades y destrezas, con el fin de efectuar los procedimientos quirúrgicos con esa técnica. Tuvieron que enfrentar algunos cambios, donde la intervención realizada en dos dimensiones, pasaría a una nueva coordinación óculo-manual, en un campo exploratorio pequeño, y el uso de un instrumento largo con amplificación de movimientos finos, sin haber sido entrenado en sus años de residencia.

Así surge el uso de simuladores que permiten solventar esos retos, y a través del tiempo han ido apareciendo diferentes tipos, siendo el más común una caja cerrada con un laparoscopio estándar para iluminar el interior y adquirir la imagen⁶.

Siendo la cirugía por laparoscopia un procedimiento de elección en el abordaje de diferentes patologías quirúrgicas, por tener un menor tiempo quirúrgico, mínimo tamaño de la incisión para una mejor cicatrización con menos complicaciones, menor estancia hospitalaria y recuperación, entre otras, no deja de presentar desventajas, como el hecho de que la habilidad del cirujano debe ser óptima.

Esta se adquiere según lo mencionado anteriormente, con la exposición a situaciones repetidas, que lo llevarían a un aprendizaje, sin comprometer al paciente, lo cual sería ideal para la instrucción en el proceso de formación docente como parte del adiestramiento a los residentes de los postgrados de cirugía general.



INVESTIGACIONES PREVIAS

La realidad virtual parece ser una herramienta prometedora para reducir la ansiedad preoperatoria, pero se requieren más estudios que permitan validarla como tal. Por ello, se realiza una revisión de investigaciones previas y las teorías involucradas,

entre las cuales destaca la de Mahbub et al.⁷, quienes pretendieron desarrollar una herramienta de evaluación objetiva simulada para un asistente de cámara novato; mediante una investigación prospectiva donde evaluaron 29 estudiantes, a través del desarrollo de una herramienta de tarea de navegación de imágenes de 10 ciclos; la precisión de la tarea y el tiempo de finalización la evaluaron objetivamente a intervalos de 3 s en una grabación de video sin editar.

Los novatos lograron una curva de ganancia de competencia objetiva para las tareas de navegación con cámara laparoscópica, con mejora en la ocurrencia de errores relacionados con mantenimiento del horizonte, distancia óptima y centrado. El tiempo medio de finalización de tareas también disminuyó. Concluyen que puede ser usada esta metodología como entrenamiento de desempeño.

Por su parte Moya et al.⁸, realizaron una revisión de la evidencia de experiencias extranjeras respecto a la educación médica basada en la metodología de simulación y su asociación con la seguridad del paciente, considerando un cambio del paradigma actual en la educación médica. Los autores encontraron 1.007 artículos relacionados, eligiendo, según sus criterios de selección, 20 artículos en total.

Evidenciaron que una educación basada en la metodología de simulación permite realizar actividades prácticas más seguras para la atención del paciente. Concluyen, la atención segura centrada en el paciente está directamente influenciada por la calidad de la educación que los profesionales de la salud reciben; pues, en la medida que mejora la curva de aprendizaje con



la experiencia en ambiente simulado se minimizan los riesgos y mejora el aprendizaje en cirugía laparoscópica.

Más tarde, destaca la investigación de Medina et al.⁹, acerca de cirugía laparoscópica y la óptica de 30°, para validación de un modelo para entrenamiento y evaluación. Realizaron un estudio comparativo, transversal, basado en la validación de construcción de un modelo propuesto en cámara laparoscópica de 30°. Evaluaron 20 individuos, 10 expertos vs 10 novatos, considerando expertos a aquellos cirujanos con más de 250 cirugías laparoscópicas como asistentes de cámara, y novatos los que no tenían experiencia en la misma.

El grupo de expertos realizó la práctica en el modelo en menor tiempo y con menor cantidad de errores en comparación al de novatos ($p=0,0004$ y $0,0002$ respectivamente); donde concluyeron, que el modelo de entrenamiento propuesto demostró ser capaz de diferenciar entre diferentes niveles de experiencia, lo que le confiere validez como una herramienta útil para el entrenamiento.

Igualmente, White et al.¹⁰ realizaron una investigación cuali-cuantitativa, retrospectiva, de revisión documental, para presentar los contenidos más importantes de los programas de entrenamiento en simuladores y la metodología de enseñanza aplicada.

Como resultados, presentaron los programas de entrenamiento utilizados, incluyendo los tipos de simuladores y la metodología de enseñanza. Las unidades de análisis de dichos programas fueron: objetivos, contenidos, métodos, formas y medios de enseñanza y evaluación. Revisaron los PNI (técnica evaluativa de aspectos positivos, negativos e interesantes) aplicados a los educandos en cada entrenamiento, así como las evaluaciones teóricas y prácticas realizadas.

Un total de 1105 actividades de superación profesional (entrenamientos, cursos, talleres, diplomado, rotaciones de residentes y pasantías) fueron impartidas; se graduaron 3659 profesionales (médicos y enfermeras), en procedimientos de avanzada. Se concluyó que los



programas de entrenamiento en simuladores con una metodología de enseñanza estructurada, constituyen una herramienta muy útil en el desarrollo de la cirugía mínimamente invasiva. Su empleo en la adquisición de habilidades profesionales y con fines evaluativos deviene un elemento importante del proceso docente, con ventajas para el educando, el profesor y los pacientes.

Seguidamente se presenta el estudio de Roch et al.¹¹, acerca del impacto de la capacidad visoespacial en el entrenamiento de navegación con cámara laparoscópica (LCN), como un ensayo prospectivo monocéntrico, en tareas de diferentes niveles de complejidad. La capacidad viso-espacial (VSA) fue evaluada con una prueba de comparación de cubos antes de que los participantes se sometieran al entrenamiento con LCN.

El entrenamiento de LCN consistió en tres tareas con complejidad creciente. Cada una se realizó cuatro veces y el rendimiento se evaluó cada vez. Se utilizaron correlaciones y análisis de regresión multivariante para evaluar la influencia de VSA en las habilidades de LCN. Como resultados incluyeron 71 participantes y observaron mejoras significativas en el rendimiento y tiempos de finalización más rápidos desde la primera a la cuarta prueba de las tareas de entrenamiento LCN.

Encontraron correlaciones positivas significativas entre VSA y el rendimiento en la tarea 3 de LCN. Concluyen, todos los alumnos mejoraron el rendimiento de LCN durante el entrenamiento. VSA parece tener un impacto en el rendimiento de LCN y el progreso de la capacitación, particularmente para tareas complejas de LCN. La relación entre el rendimiento de VSA y LCN fue más fuerte para los participantes menos experimentados y al comienzo de la fase de aprendizaje.

Por otra parte, Padilla¹², tuvo como objetivo determinar si existe o no diferencia en las habilidades quirúrgicas básicas de cada grado de residentes de primero al cuarto año de Cirugía General, antes y después de realizar un programa de entrenamiento básico en un



modelo de simulación artesanal de laparoscopia. Estudio comparativo, longitudinal, experimental y prospectivo.

Se evaluaron 8 residentes, con media de tiempo de la sesión inicial $9,64 \pm 5,14$ min, y media de $2,87 \pm 1,57$ min en el tiempo final ($p=0,000$). Concluyen, que el entrenamiento en laparoscopia básica en residentes de Cirugía se puede realizar de forma óptima mediante el uso de programas estandarizados y avalados por entes competentes, con las ventajas de ser accesibles en casi todos los centros de formación de profesionales de la salud, y de poderse realizar en simuladores artesanales.

Algo semejante ocurre en el trabajo de Salas et al.¹³, referido al entrenamiento en cirugía mínimamente invasiva y validación del Sistema Virtual Quiro®, para determinar su capacidad de diferenciar individuos con niveles de experiencia disímiles. Fue un estudio comparativo, transversal, evaluaron 25 individuos divididos en dos grupos: novatos, (13 participantes), y expertos (12 participantes). El desempeño fue medido a través de las variables utilizadas por el sistema virtual Quiro® identificados como: fulcrum 1, espacial 2, espacial 3 y ángulo 1.

Demostraron la validez del constructo con una discriminación significativa entre asistentes de cámara experimentados e inexpertos para todos los revisores ($P < 0,05$). El coeficiente de correlación intraclase de 0,897 mostró la baja variabilidad entre evaluadores de la puntuación. El tiempo total de operación disminuyó con el aumento de la puntuación SALAS, sin significancia estadística.

La puntuación SALAS aplicada resulta eficaz al discriminar entre asistentes de cámara experimentados e inexpertos en un procedimiento quirúrgico gastrointestinal (GI) superior. Concluyen, el sistema Quiro® permite diferenciar entre individuos con diferentes niveles de experiencia en el manejo de óptica de 30°, y puede ser considerado como instrumento de enseñanza para su manejo.



En ese mismo año, Huettl et al.¹⁴ hacen una evaluación basada en la calidad de las habilidades de navegación de la cámara para la funduplicatura laparoscópica, para evaluar la aplicabilidad de la evaluación estructurada de la puntuación de habilidades de asistencia laparoscópica (SALAS) a la funduplicatura laparoscópica como un procedimiento GI superior laparoscópico avanzado y de uso común.

Estudio exploratorio comparativo donde veinte (20) funduplicaturas laparoscópicas

fueron seleccionadas al azar siendo evaluadas en un solo instituto. Cuatro revisores capacitados asignaron de forma independiente la puntuación de SALAS en función de grabaciones sincronizadas de video y voz.

El puntaje SALAS (5 a 25 puntos) consta de cinco aspectos clave de la navegación de la cámara laparoscópica. La experiencia en asistencia de cámara se definió como al menos 100 asistencias en procedimientos laparoscópicos complejos. Los participantes fueron residentes de cirugía, becarios y médicos adjuntos del departamento de cirugía. Se incluyeron nueve equipos quirúrgicos, compuestos por cinco residentes de cirugía, tres becarios y dos médicos tratantes. Los asistentes de cámara experimentados e inexpertos se distribuyeron por igual (10/10).

Se demostró la validez de constructo con una discriminación significativa entre asistentes de cámara experimentados e inexpertos ($P < 0,05$). El coeficiente de correlación intraclase de 0,897 demuestra la baja variabilidad entre evaluadores. El tiempo total de operación disminuye con el aumento de la puntuación SALAS, sin relevancia estadística. Se demostró la aplicabilidad de la puntuación SALAS a un procedimiento laparoscópico más avanzado, como la funduplicatura.

A su vez, Ghaderi et al.¹⁵ estudiaron acerca del efecto de la cuadrícula de navegación (NG) en el desempeño de los asistentes de cámara. Ensayo controlado aleatorio, en un hospital universitario de tercer nivel de atención, las operaciones mínimamente invasivas se



aleatorizaron (1:1) con o sin uso de cuadrícula de navegación (NG) para el asistente de cámara. Registraron 58 operaciones (30 con y 28 sin NG) e informaron el tiempo de permanencia dentro y fuera del área objetivo.

Como resultados, el tiempo pasado fuera del área objetivo fue significativamente menor con el uso de NG ($64,5 \pm 63$ segundos frente a $396 \pm 226,5$ segundos; $p < 0,0001$). Este impacto de NG en el desempeño de los asistentes de cámara fue significativo independientemente de su nivel de capacitación.

Acorde a esto, el uso de NG mejoró el rendimiento del asistente de cámara durante los procedimientos abdominales laparoscópicos. Es una herramienta factible, la cual puede ayudar a los soportes de cámaras a apoyar a los cirujanos cuando operan.

HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

La educación, ha ido sufriendo cambios hacia la modernización de las herramientas y formas de enseñanza-aprendizaje, desde el uso del pizarrón y tiza hasta la utilización de sistemas de información y simuladores, con realización de prácticas en ambientes diferentes al aula de clase o centros sanitarios, como es el caso de la educación para los estudiantes de ciencias de la salud.

Esto ha derivado en grandes beneficios y refinamiento de competencias, inherentes en el ejercicio profesional, como la causalidad recíproca a través de la interacción de factores cognitivos, conductuales y ambientales, que ocupan un papel central en el funcionamiento psicosocial. Con la irrupción de las computadoras y nuevas tecnologías, se transformaron las teorías psicológicas y la investigación.

De acuerdo con el modelo en educación según la Teoría Cognitiva Social, la vida está en un constante cambio, no permanece estática, y las novedades y rápidas renovaciones



tecnológicas y sociales requieren continuamente adaptaciones que exigen auto reevaluaciones de capacidades.

Es así como el modelo lineal con el cual se estaba educando, fue suplantado por modelos de computadoras organizados más dinámicamente, donde se aplican múltiples funciones simultánea e interactivamente para imitar mejor las funciones del cerebro humano. Muchos de los cambios en la vida social y económica son introducidos por las innovaciones de la tecnología. Las condiciones en un período dado serán distintas para las personas que se encuentren en diferentes puntos de su vida, aunque las experiencias tengan un mismo marco sociocultural¹⁶.

En la teoría cognitiva social, las personas no son impulsadas por fuerzas internas ni automáticamente moldeados y controlados por el entorno; funcionan como contribuyentes a su propia motivación, comportamiento y desarrollo dentro de una red de influencias que interactúan recíprocamente.

En consecuencia, los estudiantes deben estar motivados al estudio y el estudio de la motivación puede hacerse por planos de análisis, entre ellos el análisis social, cómo se da la influencia en la conducta por factores situacionales y ambientales del individuo en soledad o en grupo. En este grupo ubican a Bandura, Asch, Heider, Kelley, Bond y Smith; la motivación intrínseca sobre la noción de auto-eficacia y la percepción de auto-capacidad, fue un concepto desarrollado por Bandura¹⁶, incidiendo en el papel motivador que tiene la percepción de uno mismo como agente capaz de llevar a término determinadas acciones.

En relación a lo expuesto, Bandura¹⁶, quien aplica la teoría cognitiva social al cambio personal y social, expone una teoría de la difusión social, y la innovación que integra el modelado y las influencias de las redes sociales; muestra cómo los cambios tecnológicos convergentes están transformando la naturaleza y el alcance de la influencia humana. Analiza los determinantes y procesos que gobiernan el cambio personal y social; de hecho afirma desde la perspectiva cognitiva social, que los factores sociales juegan un papel influyente en el desarrollo, y hay



muchos motivadores de la búsqueda de la competencia. Los factores de maduración y la información de las experiencias exploratorias contribuyen al crecimiento cognitivo.

Albert Bandura planteó una de las teorías más trascendentales de la psicología, la cual permite conocer los procesos psicológicos que conllevan al aprendizaje, como la atención, retención, reproducción motora y motivación. Estos determinarán que una conducta sea aprendida, fijada y luego evocada para ejecutar una acción positiva o negativa, dependiendo del aprendizaje consciente o inconsciente, donde hubiera alcanzado la persona a través del aprendizaje vicario y de los reforzamientos que haya tenido a lo largo de su vida.

Según los reforzamientos, el individuo siente seguridad o duda, confianza o miedo de ejecutar determinadas tareas y mostrar ciertos comportamientos; pues están íntimamente relacionados con emociones que le ayudarán a convivir armoniosamente con los demás o ser un individuo inseguro y de errático proceder¹⁷.

La teoría de aprendizaje social de Bandura, postula la importancia de los procesos cognitivos en el cambio de conducta que se adquiere por medio de la observación e imitación y está influido por la interacción social¹⁶. El modelo de aprendizaje podría influir en la interacción entre el docente y el estudiante, relacionado al entorno político, social y personal de su tiempo, para definir el papel del facilitador a la hora de suministrar docencia a personas de todas las edades, abarcando las conductas que fomentan el aprendizaje y puedan aplicar potencialmente a lo largo de la vida.

Bandura encontró en numerosos estudios, que las personas que se perciben a sí mismas competentes en un dominio particular realizarán repetidas veces la conducta en las que ellos sobresalen. La autoeficacia es un sistema, el cual provee mecanismos de referencia que permiten percibir, regular y evaluar la conducta, dotando a los individuos de una capacidad autorreguladora sobre sus propios pensamientos, sentimientos y acciones¹⁶.



Debido a que la mayoría de las teorías psicológicas se formularon antes del advenimiento de los avances en la tecnología de la comunicación, no se le presta suficiente atención al cada vez más poderoso papel que juega el entorno simbólico en la vida humana actual. En la actualidad, el sistema de vídeo se ha convertido en el vehículo dominante para la difusión de entornos simbólicos tanto dentro como fuera a través de las sociedades¹⁶.

Este autor asegura que las personas son más propensas a exhibir un comportamiento modelado que genera resultados valiosos, y tiene efectos no gratificantes o efectos punitivos. El costo observado y los beneficios acumulados por otros influyen en el desempeño de patrones modelados de la misma manera que las consecuencias experimentadas directamente.

De allí la importancia de realizar un entrenamiento prolijo a los estudiantes de postgrado de cirugía, para que puedan desarrollar destrezas sin ocurrir accidentes o daño a los pacientes a tratar. Finalmente, el comportamiento complejo se puede aprender más rápido al observar los patrones de comportamiento que se muestran en una forma ya integrada que de intentar construirlos poco a poco probando diferentes acciones y examinando qué tan bien funcionan. Esto se debe a que, en la mayoría de los dominios de actividad, son posibles diferentes soluciones que varían en adecuación¹⁶.

Hay tres elementos centrales que definen la teoría del aprendizaje social. La primera es la idea donde la gente puede aprender a través de la observación. La siguiente es la noción de que los estados mentales internos son una parte esencial de este proceso, como la motivación, los reforzadores intrínsecos como una forma de recompensa interna. Por último, esta teoría reconoce que sólo porque algo ha sido aprendido, no significa que dará lugar a un cambio en el comportamiento¹⁸.

Hay cuatro procesos mediadores propuestos por Bandura: a) Atención: se necesita prestar atención para aprender, cualquier distractor, va a tener un efecto negativo sobre el aprendizaje observacional y es más probable haya más atención al aprendizaje, si el modelo



es interesante o posee un enfoque novedoso de la situación. b) Retención: es la capacidad para almacenar información y forma una parte significativa del proceso de aprendizaje, puede verse afectada por factores, pero la capacidad de extraer información más adelante y actuar sobre ella es vital para el aprendizaje observacional. c) Reproducción: luego el aprendiz reproduce el comportamiento que observó, cuya práctica conduce a la mejora y al adelanto de la habilidad. d) Motivación: es preciso estar motivado para imitar el comportamiento que ha sido modelado para que el aprendizaje observacional sea exitoso. La asistencia y el castigo desempeñan un papel importante en la motivación¹⁸.

La variedad de usos de la simulación tiene aplicación en casi todas las áreas del conocimiento y la industria, hace que su avance sea vertiginoso en campos como la computación y la salud. Para ello, se deben respetar una serie de etapas, cuya primera fase sería la instrucción a los docentes, quienes luego de su preparación, deben enseñar a los estudiantes según los objetivos planteados, analizando su desempeño, incluir la evaluación de los aciertos y errores para luego realizar los ajustes que permiten estimar si se cumplieron las expectativas del proceso formativo.

Es un círculo, donde, luego de realizar lo planificado, se hacen los ajustes y se inicia un nuevo ciclo de enseñanza-aprendizaje, en pos de la perfectibilidad en el dominio de la técnica¹⁹. Las etapas de las actividades, basadas en la simulación, pueden esquematizarse como: Preparación → Implementación → Aplicación → Retroalimentación → Ajustes → Nuevo ciclo, hasta considerar la finalización del proceso, lo que no ocurriría por la búsqueda perpetua de una técnica óptima.

Los cirujanos y los docentes se encontraron con el reto de adquirir destrezas en el manejo de los simuladores en el área quirúrgica en la década de los 90, cuando se inician las cirugías por laparoscopia²⁰. Esta nueva forma de cirugía, requiere adquirir destreza para coordinar en un campo operatorio pequeño, la coordinación óculo-manual. Numerosos sistemas de



inteligencia artificial (IA) intentan recrear el sistema nervioso central humano y animal que, en general, siguen siendo una caja negra.

En un artículo del año 2019, Zador²¹ argumentó que hay mucho más que aprender de los cerebros animales para desentrañar este fenómeno, y las redes neuronales artificiales (ANN), las cuales han experimentado una revolución, catalizada por mejores algoritmos de aprendizaje supervisado.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE SIMULADORES

Las ventajas de los simuladores son descritas por López²²: a) Disminuye el tiempo de aprendizaje, además es cualitativamente mejor que el método clásico, y existe posibilidad de repetir la técnica las veces que sea necesaria y en el momento, el cual se decida; b) las habilidades técnicas adquiridas mediante la simulación son transferibles a la realidad; c) se puede simular una situación clínica y llevarla hasta sus últimas consecuencias sin implicar un riesgo para el paciente, pues se trata de aprender a través del error. La observación del error multiplica la capacidad de aprendizaje; pues, permite al estudiante confrontar sus experiencias acumuladas hasta ese momento y lo desafía a una reacción constructiva.

Además, d) permite simular distintas experiencias prácticas, en distintos entornos y desde lo más simple a lo más complejo, teniendo en cuenta las necesidades del estudiante (adaptándose a su nivel); e) permite el feed-back o debriefing en tiempo real, donde los estudiantes pueden reconocer sus errores, reflexionar sobre los mismos y corregir los fallos clínicos y de coordinación; f) el estudiante tiene la percepción de que la simulación es positiva como herramienta de aprendizaje.

No obstante, la simulación posee una serie de desventajas: a) Gran parte del peso de la enseñanza con simulación recae en el profesor, quien debe cambiar su modelo docente tradicional y entrenarse en otro modo de enseñanza; b) los medios técnicos disponibles también limitan la enseñanza en esta área; c) la simulación imita pero no reproduce



exactamente la vida, y hay aspectos de la realidad que no se pueden simular; d) no se demostrado que la simulación traslada de manera fidedigna las habilidades cognitivas adquiridas a la práctica clínica, es decir, la simulación puede provocar en el estudiante un exceso de confianza; e) se puede generar estrés e intimidación en los estudiantes²².

Respecto al uso de los simuladores en ciencias de la salud, en la actualidad, cuando la tecnología gobierna el mundo, las personas desde muy temprana edad están acostumbradas al uso de estas herramientas y a través de los videojuegos, el aprendizaje es alto. Dadas las condiciones que anteceden, las necesidades de la humanidad demandan el uso de simuladores con fines educativos, de actualización o de desarrollo de habilidades y destrezas.

Gracias a ello, se puede disminuir la utilización de pacientes vivos, animales o cadáveres en su práctica médica, y con ello minimizar los errores cuando traten a un paciente real, además de la ejecución más eficiente de servicios médicos, es decir, se relaciona con aspectos éticos, pedagógicos y económicos²³.

Es así como, un grupo de investigadores evidenciaron, se aprende más a través de imágenes que por contenidos escritos; realizaron ensayos al preparar a estudiantes en diferentes roles médicos, para mejorar la toma de decisiones y destrezas. Sus resultados sugieren que la red cortical básica para procesar alcances guiados visualmente complejos se ve alterada por el uso masivo de videojuegos²⁴.

Las habilidades viso-motoras que se adquieren al emplear los videojuegos, pueden llegar a reorganizar las actividades del cerebro; inclusive, ya existe la tecnología táctil, pues se pueden enviar sensaciones como la del contacto de la piel por un dedo, escalofríos y emociones, que podrían ser usados en los invidentes²⁵.

Uno de los sistemas usados en cirugía laparoscópica, ideal para estudiantes de medicina y médicos que desean perfeccionar sus movimientos en quirófano, es el SILAPH 3D, el cual ayuda al usuario a adquirir la habilidad mano-ojo. Con ello se pueden experimentar



sensaciones en un mundo tridimensional, pero con visualización bidimensional, similar a los sistemas de video usados actualmente en las salas de cirugía²⁶.

Por otro lado, existen investigaciones que afirman, el estudiante debe realizar un aprendizaje con éxito, el factor principal está relacionado con la formación del docente, en la estrategia de enseñanza, la cual aplique cuando utiliza la simulación clínica en los programas de formación, por lo que sugiere reflexionar acerca de las fortalezas y debilidades del docente al momento de enseñar con simuladores²⁷.

Como una forma de actualizar los programas en educación, en la Universidad de Carabobo, se han ido adaptando los currículos según las competencias, definidas por Epstein y Hundert²⁸ en el campo de la medicina, como la práctica clínica basada en el uso habitual y juicioso del conocimiento médico, las habilidades técnicas y del razonamiento clínico, junto con la comunicación y la reflexión, aplicados con valores y actitudes positivas en beneficio de los pacientes y de la comunidad.

No obstante, la resistencia a cambiar la forma tradicional de atención y educación, los valores profundamente arraigados en los médicos docentes, y la forma de atención y relación médico-paciente, son algunas de los desafíos que debe enfrentar la inclusión de la tecnología en el plan de estudios de medicina.

Existen numerosos autores que resaltan el uso de la simulación como herramienta pedagógica. Entre ellos, Makasiranondh et al.²⁹ quienes consideran que, desde el punto de vista económico, el uso de simuladores abarata los costos significativamente; sin embargo, advierten, su implementación puede llegar a ser difícil, dado que muchas veces se deben hacer abstracciones de alto nivel para lograr en los estudiantes, sobre todo novatos puedan lograr las competencias, pues, el simulador pierde fidelidad y de esa manera se aleja del propósito de la actividad.



Día a día se manifiestan nuevas formas de aprendizaje para la enseñanza de las ciencias básicas, gracias al uso de las computadoras, las cuales facilitan su acercamiento a los estudiantes. Surgen como recursos didácticos las TIC a través de entornos virtuales tales como laboratorios virtuales y simuladores. Brindan la posibilidad de trabajar en un ambiente de enseñanza e investigación de tipo controlado, con prácticas de muy bajo costo a las que no se tendrían acceso de otro modo. Aun así, permite analizar los supuestos de las premisas correctas o incorrectas, pues ponen en juego los alumnos³⁰.

Con el uso de las TIC a través de programas de aplicación, se incrementa el interés de los estudiantes, usando estos complementos virtuales, que les abren nuevas opciones como el aprender haciendo, descrita por Dewey en el año 1989, vinculando la teoría con la práctica, estas permiten la aplicación y obtención de nuevos conocimientos a partir de la propia práctica. No obstante, se puede trabajar por ensayo, error, rectificación y finalmente, aprendizaje y es lo que se denomina aprendizaje natural, sin una concepción teórica³¹.

De esta manera, la asimilación de esa información nueva tiende a producir cambios en esas estructuras de conocimiento, generando conceptos más específicos por procesos de diferenciación, o principios más generales, por procesos de generalización³².

Pero si el estudiante no posee los conocimientos previos apropiados, la comprensión o asimilación de una nueva información no es posible; se necesita un verdadero cambio conceptual o reestructuración del saber previo y no solo comprensión de un conocimiento.

Otro aspecto a ser investigado es la forma de evaluación que se les debe aplicar, y las nuevas ideas al respecto, han ido conformando los métodos empleados para valorar los aprendizajes de los futuros médicos, durante su trayectoria académica³³.

En la Universidad de Carabobo se están implementando los currículos por competencias en las diferentes asignaturas que se dictan. Epstein y Hundert²⁹, las definen, en el campo de la medicina, como la práctica clínica basada en el uso tradicional del conocimiento médico, las



habilidades técnicas y del razonamiento clínico según lo evaluado en el paciente, aplicados con valores y actitudes positivas en beneficio del consultante y de la comunidad.

No obstante, es importante resaltar, el dominio de una competencia no es lineal, siendo un conjunto de conocimientos que se adquieren. Es así como se requiere de capacitación para la utilización de las TIC y esta se hace a través de estrategias sustentadas sobre los conocimientos previos y las actitudes de los mismos hacia los medios, como parte integral del currículo de educación en ciencias de la salud en otros países³⁵, especialmente cuando algunos autores estiman que dada la complejidad de la implementación de la evaluación basada en competencias, esta no ha llegado a integrarse en la operación de los sistemas de salud, ni ha impactado en la calidad de la atención médica, por lo cual ha dejado de ser sostenible como una innovación³⁶.

LA CAJA NEGRA COMO HERRAMIENTA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

El término “Caja Negra” o grabador de datos, se le ha acuñado a través del tiempo, al aparato encargado del almacenamiento de datos respecto a la actividad de los instrumentos y las conversaciones de la tripulación de una aeronave.

Pero un grupo de investigadores en el año 2017, al intentar dar respuesta a que los modelos tradicionales de análisis de videos solo daban una visión parcial del acto quirúrgico, utilizaron un principio similar, con la finalidad de responder a esto, y es cuando aparece la Caja Negra (Black Box)³⁷.

Por otra parte, Navarro et al.³⁸ afirman: “La caja negra contiene y analiza una gran cantidad de datos del quirófano como los parámetros fisiológicos del paciente, factores del medio ambiente, elementos audiovisuales y diversidad de instrumentos de grabación, que la hace ser una herramienta innovadora”.



Por su parte, en el año 2018, Medina et al.³⁹, elaboraron un modelo de caja negra artesanal, hecha a base de plástico, de 4 paredes, con techo móvil, sobre las cuales se disponían 6 objetivos con bordes angulados, con letras y números en su centro del 1 al 3, y de la “A” a la “C”, y una cruz dibujada en su centro para la orientación del objetivo, las cuales se colocaron en todas las paredes de la caja.

Se ajusta a la pantalla de la torre laparoscópica un papel de acetato con un retículo dibujado de un círculo y una cruz central. Utilizando una óptica de 30° de 10 mm, el individuo debe ubicar los objetivos utilizando los diferentes rangos de visión de la óptica, y luego alinear la cruz del número o letra con el retículo, y colocarlo dentro del círculo, manteniendo dicha alineación por 5 segundos.

Luego de que haya completado el tiempo, se le comunica al residente cuándo puede avanzar al siguiente objetivo, y ello debe ser hecho siguiendo la secuencia de números y letras. La configuración y ubicación de los blancos antes descrita, obliga al individuo a realizar cambios en la orientación de la óptica de 30° para lograr una adecuada disposición del objetivo.

Kerrigan⁴⁰ señala, “las cajas de simulación laparoscópica o endotrainers consisten en una caja plástica con puertos de entrada para instrumental laparoscópico y una cámara de video que se conecta a un monitor”; éstos permiten realizar ejercicios de entrenamiento básico y avanzado en laparoscopia a un relativo bajo costo económico, asimismo, se requiere renovación de materiales en forma periódica y de la supervisión y tutoría de un entrenador para obtener su máxima utilidad. Las describe como de bajo costo, portátiles, usos ilimitados, los cuales requieren habilidades básicas y avanzadas, con retroalimentación sensorial adecuada y requiere supervisión de entrenador.

SISTEMAS DE ENTRENAMIENTO EN CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA

La adquisición de un nuevo conjunto de habilidades con un alto grado de destreza bimanual es un aspecto fundamental para la formación del cirujano en la cirugía laparoscópica. Se



requiere que el cirujano realice un entrenamiento previo, el cual garantice el uso seguro de los instrumentos largos en un espacio limitado de trabajo, antes de realizar una cirugía *in vivo*. Con ello, se busca las condiciones de visualización, orientación espacial, y manipulación del instrumental a la que el cirujano se enfrentará, se reproduzcan de manera artificial, los cuales permitan la evaluación del desempeño del cirujano como técnicamente competente, con el fin de operar a un paciente⁴¹.

Todo ello de gran actualidad por el auge tecnológico. ha facilitado el diseño de plataformas y sistemas para el aprendizaje y entrenamiento integral de las habilidades laparoscópicas del cirujano previo a una intervención quirúrgica real.

BASE LEGALES

Es necesario considerar los documentos vigentes que contienen las leyes fundamentales en Venezuela; desde la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela⁴², según su artículo 102, que consagra la Educación como un derecho humano y un deber social fundamental, democrática, gratuita y obligatoria, siendo una función ineludible del Estado y de máximo interés en todos sus niveles y modalidades, y como instrumento de conocimiento científico, humanístico y tecnológico al servicio de la sociedad, respetando todas las corrientes del pensamiento.

Al mismo tiempo en su artículo 104, establece la educación estará a cargo de personas de reconocida moralidad y de comprobada idoneidad académica. El Estado estimulará su actualización permanente y les garantizará la estabilidad en el ejercicio de la carrera docente, bien sea pública o privada, en un régimen de trabajo y nivel de vida acorde con su elevada misión. Así mismo, en el artículo 108, se menciona: Los medios de comunicación social, públicos y privados, deben contribuir a la formación ciudadana mediante el acceso universal a



la información. Los centros educativos deben incorporar el conocimiento y aplicación de las nuevas tecnologías, de sus innovaciones, según los requisitos que establezca la ley.

Seguidamente, en la Ley Orgánica de Educación⁴³, en el artículo 14, se consagra la educación es un derecho humano y un deber social fundamental, que debe ser integral, gratuita, inclusiva y de calidad, permanente, continua e interactiva y promover la construcción social del conocimiento, la valoración ética del trabajo, la formación de nuevos republicanos y republicanas para la participación activa, consciente y solidaria en los procesos de transformación individual y social; consustanciada con los valores de la identidad nacional.

La didáctica está centrada en procesos que tienen como eje la investigación y la innovación. Esto permite adecuar las estrategias, los recursos y la organización del aula, a partir de la diversidad de intereses y necesidades de los estudiantes.

Cabe señalar lo impuesto por el artículo 1 de la Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación⁴⁴, la cual tiene por objeto dirigir la generación de una ciencia, tecnología, innovación y sus aplicaciones con base en el ejercicio pleno de la soberanía nacional, mediante la aplicación de conocimientos populares y académicos. A tales fines, el Estado venezolano formulará las políticas públicas dirigidas a la solución de problemas concretos de la sociedad, por medio de la articulación e integración de los sujetos que realizan estas actividades.

Con estos basamentos legales se puede apreciar como el Estado busca alcanzar diferentes estrategias que permitan evaluar las diversas herramientas que pueden ser utilizadas durante el proceso de enseñanza y aprendizaje, desde las aulas de clase, incorporando la tecnología en los programas de formación de los cirujanos en el país.

USOS DE LOS SIMULADORES EN CIENCIAS DE LA SALUD



En la actualidad, cuando la tecnología gobierna el mundo, las personas desde muy temprana edad están acostumbradas al uso de estas herramientas y a través de los videojuegos, el aprendizaje es alto.

Dadas las condiciones que anteceden, las necesidades de la humanidad demandan el uso de simuladores con fines educativos, de actualización o de desarrollo de habilidades y destrezas. Gracias a ello, se pueda disminuir la utilización de pacientes vivos, animales o cadáveres en su práctica médica, y con ello minimizar los errores cuando traten a un paciente real, además de la ejecución más eficiente de servicios médicos, es decir, se relaciona con aspectos éticos, pedagógicos y económicos²³.

Es así como, un grupo de investigadores evidenciaron, se aprende más a través de imágenes que por contenidos escritos; entonces, realizaron ensayos al preparar a los estudiantes en diferentes roles médicos, para mejorar la toma de decisiones y destrezas. Concluyen, sus resultados sugieren que la red cortical básica para el procesamiento de alcances guiados visualmente complejos se ve alterada por el juego extensivo de videojuegos⁴⁵.

Las habilidades viso-motoras que se adquieren al emplear los videojuegos, pueden llegar a reorganizar las actividades del cerebro; inclusive, ya existe la tecnología táctil, con la cual se pueden enviar sensaciones como la del contacto de la piel por un dedo, escalofríos y emociones, que podrían usarse en los invidentes. Este fenómeno, conocido como fenómeno de las sensaciones fantasma, fue originado desde hace más de 50 años, pero su uso en pantallas táctiles se ha visto limitado debido a una comprensión incompleta de los mecanismos de control⁴⁶.

Uno de los sistemas usados en cirugía laparoscópica, ideal para estudiantes de medicina y médicos que desean perfeccionar sus movimientos en quirófano, es el SILAPH 3D, el cual ayuda al usuario a adquirir la habilidad mano-ojo. Con ello tienen la posibilidad de experimentar sensaciones en un mundo tridimensional, pero con visualización bidimensional, similar a los sistemas de video usados actualmente en las salas de cirugía⁴⁷.



Por otro lado, existen investigaciones que afirman, el estudiante debe realizar un aprendizaje con éxito, el factor principal está relacionado con la formación del docente, en la estrategia de enseñanza, la cual aplique cuando utiliza la simulación clínica en los programas de formación, donde, sugiere reflexionar acerca de las fortalezas y debilidades del docente al momento de enseñar a través de los simuladores⁴⁸.

Como una forma de actualizar los programas en educación, en la Universidad de Carabobo, se han ido adaptando los currículos según las competencias, definidas por Epstein y Hundert²⁹ en el campo de la medicina, como la práctica clínica basada en el uso habitual y juicioso del conocimiento médico, las habilidades técnicas y del razonamiento clínico, junto con la comunicación y la reflexión, aplicados con valores y actitudes positivas en beneficio de los pacientes y de la comunidad a la que se sirve. No obstante, la resistencia a cambiar la forma tradicional de atención y educación, los valores profundamente arraigados en los médicos docentes, y la forma de atención y relación médico-paciente, son algunas de los desafíos que debe enfrentar la inclusión de la tecnología en el plan de estudios de medicina.

CIERRE ABIERTO

El adiestramiento del cirujano en procedimientos laparoscópicos siempre constituirá un reto a superar diariamente, con perseverancia, disciplina, dirección idónea y uso de herramientas como la caja negra, siendo una alternativa válida y confiable para el proceso de enseñanza y aprendizaje de dicha cirugía.

La búsqueda de la verdad debe ser un proceso virtuoso, y en tanto tal, generador de opciones más eficientes y amigables con los novatos y experimentados.



REFERENCIAS

1. Domjan M. Principios de aprendizaje y conducta. México: Editorial Thomson; 2010.
2. García S. La Validez y la Confiabilidad en la Evaluación del Aprendizaje desde la Perspectiva Hermenéutica. Rev Ped 2022; 23(67):297-318. Disponible: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-97922002000200006&lng=es&tlng=es
3. Aggarwal R, Ward J, Balasundaram I, Sains P, Athanasiou T, Darzi A. Proving the effectiveness of virtual reality simulation for training in laparoscopic surgery. Ann Surg 2007; 246(5):771–9. <https://doi.org/10.1097/SLA.0b013e3180f61b09>
4. Grantcharov TP, Reznick RK. Teaching procedural skills. Bmj 2008; 336(7653):1129-31. doi:10.1136/bmj.39517.686956.47
5. Shimoga KB. Robot Grasp Synthesis Algorithms: A Survey. The International Journal of Robotics Research 1996; 15(3):230–66. <https://doi.org/10.1177/027836499601500302>



6. Justo-Janeiro JM, Pedroza-Meléndez A, Prado E, Theurel-Vincent G, Vázquez-de Lara LG. Un nuevo simulador de laparoscopia. *Cir Ciruj* 2007; 75(1):19-23. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=11593>
7. Mahbub A, Wilson M, Tang B, Tait DS, Alijani A. Una herramienta de entrenamiento para evaluar el desempeño de tareas de navegación de imágenes laparoscópicas en asistentes de cámara novatos. *Journal of Surgical Research* 2017; 219:232-7. [https://www.journalofsurgicalresearch.com/article/S0022-4804\(17\)30350-5/fulltext](https://www.journalofsurgicalresearch.com/article/S0022-4804(17)30350-5/fulltext)
8. Moya P, Ruz M, Parraguez E, Carreño V, Rodríguez AM, Froes P. Efectividad de la simulación en la educación médica desde la perspectiva de seguridad de pacientes. *Rev Med Chile* 2017; 145:514-26. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872017000400012>
9. Medina M, Jara G, Galvis L, Rodríguez O, Sánchez A. Cirugía laparoscópica y la óptica de 30°: validación de un modelo para entrenamiento y evaluación. *Rev VITAE* 2018; 74:1-8. https://vitae.ucv.ve/pdfs/VITAE_5772.pdf
10. White L, González R, Ruíz J, Martínez M, Barreras J, González T. Simulación en cirugía mínimamente invasiva. *Revista Cubana de Cirugía* 2018; 57(2). <http://www.revcurugia.sld.cu/index.php/cir/article/view/691/336>
11. Roch PJ, Rangnick HM, Brzoska JA, Benner L, Kowalewski KF, Müller PC, et al. Impacto de la capacidad visoespacial en el entrenamiento de navegación con cámara laparoscópica. *Cirugía Endosc* 2018; 32(3):1174-1183. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28840317/>
12. Padilla CI. Comparación de las habilidades básicas en laparoscopia antes y después de la realización de un programa de entrenamiento en residentes de cirugía general del Hospital General Zona Norte de Puebla. [Tesis para optar al grado de Licenciatura], Universidad Autónoma de Puebla. Puebla de Zaragoza, México;2018. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/8990>
13. Salas-Brillembourg E, Sánchez-Ismayel A, Rodríguez O, Benítez G. Entrenamiento en cirugía mínimamente invasiva: validación del sistema virtual Quiro. *Revista Venezolana de Cirugía* 2016; 69(1):1-10. <https://www.revistavenezolanadecirugia.com/index.php/revista/article/view/55/412>



14. Huettl F, Lang H, Paschold M, Bartsch F, Hiller S, Hensel B, et al. Evaluación basada en la calidad de las habilidades de navegación de la cámara para la funduplicatura laparoscópica. *Enfermedades del esófago* 2020; 33(11),42, <https://doi.org/10.1093/dote/daaa042>
15. Ghaderi I, Hsu CH, Hines EM, Alabagi A, Galvani CC. El impacto de la superposición de la cuadrícula de navegación en el rendimiento de los asistentes de cámara durante los procedimientos abdominales laparoscópicos: un ensayo controlado aleatorio. *Journal of Surgical Education* 2021; 78(3):991-7. <https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2020.09.015>
16. Bandura A. Teoría del aprendizaje social. 2da Ed. Nueva York: Espasa-Calpe; 1987.
17. García-Sáiz M. Una revisión constructiva de la gestión por competencias. *Anales de Psicología* 2011; 27(2): 473-497. <https://revistas.um.es/analesps/article/view/123101/115731>
18. Vergara C. Bandura y la Teoría del aprendizaje. *Actualidad en Psicología*. 2024. <https://www.actualidadenpsicologia.com/bandura-teoria-aprendizaje-social/>
19. Casanovas I. La didáctica en el diseño de simuladores digitales para la formación universitaria en la toma de decisiones. *Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales* 2005; 2(6):17-34. <http://laboratorios.fi.uba.ar/lie/Revista/Articulos/020206/A3dic2005.pdf>
20. Munz Y, Kumar BD, Moorthy K, Bann S, Darzi A. Laparoscopic virtual reality and box trainers: is one superior to the other? *Surg Endosc* 2004; 18(3):485-494. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14752633/>
21. Zador AM. Una crítica del aprendizaje puro y lo que las redes neuronales artificiales pueden aprender de los cerebros de los animales. *Comunicaciones de la naturaleza* 2019; 10(1):3770. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-11786-6>
22. López M, Ramos L, Pato O, López S. La simulación clínica como herramienta de aprendizaje. *Cir May Amb* 2013; 18(1):25-29. http://www.asecma.org/Documentos/Articulos/05_18_1_FC_Lo%C2%A6%C3%BCpez.pdf



23. Marín V, Sanpedro BE. Innovando en el aula de Educación Primaria con GT 6. Innoeduca. International Journal of Technology and Educational Innovation 2016; 2(1):13-19.
<http://dx.doi.org/10.20548/innoeduca.2016.v2i1.1061>
24. Granek J, Gorbet D, Sergio L. Extensive videogame experience alters cortical networks for complex visuomotor transformations. Cortex 2010; 46(9):1165-77.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20060111/>
25. Granek J, Gorbet D, Sergio L. Extensive videogame experience alters cortical networks for complex visuomotor transformations. Cortex 2010; 46(9):1165-77.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20060111/>
26. Universidad de Carnegie Mellon. Tactile technology for video games guaranteed to send shivers down your spine. Science Daily. (2011, august 10).
<http://www.sciencedaily.com/releases/2011/08/110808152421.htm>
27. Loaiza PA, Vega MA. Simulador tridimensional para el desarrollo de la habilidad de transferencia de aros para cirugía laparoscopia usando una interfaz háptica: "Silaph 3D". Tesis Universidad Pontificia Bolivariana; 2015.
<https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/2097>
28. Giménez VM, Martigani MD, José MS, León MG, Figueredo S, Proto FJ. Uso de simuladores en la enseñanza de las ciencias de la salud. San Justo: Universidad Nacional de La Matanza; 2014. <http://repositoriocyt.unlam.edu.ar/handle/123456789/190>
29. Epstein RM, Hundert EM. Professional Competence. Jama 2002; 287(2):226-35.
<https://jamanetwork.com/journals/jama/article-abstract/194554#graphical-abstract-tab>
30. Makasiranondh M, Maj E, Ternera D. Evaluación pedagógica del uso de herramientas de simulación en la Educación en Tecnología de Redes. Transacciones mundiales sobre educación en ingeniería y tecnología 20110; 8(3):321-6.
<https://www.researchgate.net/publication/288470760> [Pedagogical evaluation of simulation tools usage in Network Technology Education](https://www.researchgate.net/publication/288470760)
31. Hidalgo M. El empleo del futuro. Un análisis del impacto de las nuevas tecnologías en el mercado laboral. Sevilla: Deusto-Planeta; 2018.



32. Rodríguez JL. El aprendizaje virtual. Enseñar y aprender en la era digital. Buenos Aires: Homo Sapiens Ediciones; 2004.
33. Nickerson R, Perkins D, Smith E. Enseñar a pensar. Aspectos de la aptitud intelectual. Barcelona: Paidós/Mec.; 1987.
34. Luna de la Luz V, González-Flores P. Transformaciones en educación médica: innovaciones en la evaluación de los aprendizajes y avances tecnológicos (parte 2). *Investigación en Educación Médica* 2020; 9(34):87-99.
<https://doi.org/10.22201/facmed.20075057e.2020.34.20220>
35. Urra E, Sandoval S, Irribarren F. El desafío y futuro de la simulación como estrategia de enseñanza en enfermería. *Investigación en Educación Médica* 2017; 6(22):119-126.
<http://www.redalyc.org/pdf/3497/349750523009.pdf>
36. Dauphinee W, Boulet J, Norcini J. Considerations that will determine if competency-based assessment is a sustainable innovation. *Adv in Health Sci Educ* 2018; 24(2):413-421.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29777463/>
37. Goldenberg MG, Jung J, Grantcharov TP. Using data to enhance performance and improve quality and safety in surgery. *JAMA Surg* 2017; 152(10):972-973.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28813552/>
38. Navarro F, Gabrielli M, Varas J. Evaluación objetiva de las habilidades técnicas en cirugía. *Revista de Ciencias Médicas* 2018; 43(3):6-14.
<http://dx.doi.org/10.11565/arsmed.v43i3.1112>
39. Medina M, Jara G, Galvis L, Rodríguez O, Sánchez A. Cirugía laparoscópica y la óptica de 30°: validación de un modelo para entrenamiento y evaluación. *Rev VITAE* 2018; 74:1-8.
<https://vitae.ucv.ve/?module=articulo&rv=139&n=5772>
40. Kerrigan N. Simulación, ¿una necesidad en el entrenamiento para la cirugía laparoscópica colorrectal? *Rev Chilena Cir* 2017; 69(6):508-512.
<http://dx.doi.org/10.1016/i.rchic.2017.06.004>
41. Sánchez-Margallo JA, Sánchez-Margallo FM, Oropesa I, Gomez EJ. Systems and technologies for objective evaluation of technical skills in laparoscopic surgery. *Minim*



- Invasive Ther Allied Technol 2014; 23(1):40-51.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23992380/>
42. Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. Gaceta Oficial No 5.453 Extraordinario del 24 de marzo de 2000.
43. Ley Orgánica de Educación. Gaceta Oficial No 5929 Extraordinario 15/08/2009.
44. Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación. Gaceta Oficial No 37291 del 26 de septiembre de dos mil uno.
45. Granek JA, Gorbet DJ, Sergio LE. Extensive video-game experience alters cortical networks for complex visuomotor transformations. *Cortex* 2010; 46(9):1165-77. doi: 10.1016/j.cortex.2009.10.009.
46. Universidad de Carnegie Mellon. Tactile technology for Video Games. guaranteed to send shivers down your spine. *Science Daily*. 10 agosto 2011.
<http://www.sciencedaily.com/releases/2011/08/110808152421.htm>
47. Loaiza PA, Vega MA. Simulador tridimensional para el desarrollo de la habilidad de transferencia de aros para cirugía laparoscópica usando una interfaz háptica: «Silaph 3D». Tesis Universidad Pontificia Bolivariana; 2015. Repositorio Institucional.
<https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/2097>
- Giménez VM, Martigani MD, José MS, León MG, Figueredo S, Proto FJ. Uso de simuladores en la enseñanza de las ciencias de la salud. San Justo: Universidad Nacional de La Matanza. Cuba, 2014. <http://repositoriocyt.unlam.edu.ar/handle/123456789/190>