



## **MÓDULO DE COMPONENTES DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA PARA LA DOCENCIA MÉDICA Y LA INVESTIGACIÓN PRECLÍNICA**

**Autores:** José Luis Molina Martínez<sup>1</sup>, Leticia Bequer Mendoza<sup>2</sup>, Tahiry Gómez Hernández<sup>3</sup>, Cindy Freire Gómez<sup>4</sup>, Vicente Hernández Moreno<sup>5</sup>

1 Dr. Medicina Veterinaria. Unidad Investigaciones Biomédicas. Universidad Ciencias Médicas. Villa Clara. Cuba email: [josemmm@infomed.sld.cu](mailto:josemmm@infomed.sld.cu),

2 Lic. Ciencias Biológicas. Unidad Investigaciones Biomédicas. Universidad Ciencias Médicas. Villa Clara. Cuba,

3 Lic. Química. Unidad Investigaciones Biomédicas. Universidad Ciencias Médicas. Villa Clara. Cuba,

4 Lic. Ciencias Biológicas. Unidad Investigaciones Biomédicas. Universidad Ciencias Médicas. Villa Clara. Cuba,

5 Dr. Medicina (Inmunología) Unidad Investigaciones Biomédicas. Universidad Ciencias Médicas. Villa Clara. Cuba,

### **RESUMEN**

**Introducción:** La cirugía, es una ciencia aplicada, y su progreso ineludible se fundamenta en la investigación y en la innovación. Actualmente razones éticas y económicas han estimulado la creación de laboratorios para el desarrollo de habilidades quirúrgicas. **Objetivos:** Diseñar, confeccionar e implementar cuatro modelos de simulación y un dispositivo de ventilación y reanimación artificial para recuperar componentes de equipos en desuso. Se dotó al Laboratorio de Cirugía Experimental de la Universidad Médica de Villa Clara de la tecnología necesaria para el montaje de técnicas quirúrgicas y microquirúrgicas para la docencia y la investigación preclínica. **Materiales y métodos:** A partir de la recuperación de componentes subutilizados y materiales en desuso se realizaron cinco innovaciones de gran valor. **Resultados y discusión:** Con la implementación de estas innovaciones se han desarrollado importantes proyectos de investigación, cursos internacionales, programas docentes, entrenamientos de cirugía y microcirugía experimental para estudiantes y residentes nacionales y extranjeros. **Conclusiones:** Para el Laboratorio de Cirugía Experimental de la Universidad Médica de Villa Clara estas novedosas invenciones constituyen un aporte de alternativas éticas, económicas y sanitarias



favorables en la formación de recursos humanos, así como el desarrollo de los nuevos servicios científico-técnico para la docencia y la investigación.

**Palabras clave:** Cirugía; componentes; dispositivo; docencia; innovación tecnológica; investigación preclínica; simuladores; laboratorio.

## **INTRODUCCIÓN**

El entrenamiento quirúrgico se basó por más de 200 años en el modelo de maestro-aprendiz y la doctrina de "ver uno, hacer uno, enseñar uno ". **1** En los últimos tiempos múltiples causas éticas y económicas, han estimulado la creación y aceptación de los laboratorios y simuladores inanimados para el desarrollo de habilidades quirúrgicas. Por ello, es necesario tener en mente un cambio en el modelo de aprendizaje de habilidades en cirugía, enfocado en métodos eficientes de entrenamiento, a través del uso eficaz y racional de los simuladores quirúrgicos. **2**

Los simuladores eliminan la utilización de animales vivos, y el temor de causar "daño" o generar complicaciones en pacientes reales o modelos biológicos vivos. Con los simuladores se reproducen situaciones clínicas y quirúrgicas que ayudan de manera relevante al desarrollo de habilidades en los estudiantes.**3** La simulación minimiza así la iatrogenia asociada al aprendizaje dentro de la actividad quirúrgica. **4**

El objetivo fundamental de la simulación es trasladar el entrenamiento en habilidades motoras fuera del block quirúrgico, al laboratorio de simulación. El entrenamiento en simuladores busca reforzar sobre todo las habilidades técnicas, que en cirugía se centran en la destreza manual. **5**

Sin embargo, la simulación quirúrgica ha demostrado el interés por disminuir los costos del entrenamiento y las complicaciones asociadas, **6** la misma facilita el ensayo en las etapas iniciales de la curva de aprendizaje, en un ambiente seguro y tolerable. Es vital que el alumno reciba retroalimentación sobre su desempeño, esto le permite enfocar su aprendizaje apropiadamente. **7** Dentro de las nuevas estrategias implementadas, la simulación ha cobrado relevancia, creando un ambiente ideal para el aprendizaje con actividades diseñadas para ser predecibles, consistentes, estandarizadas, seguras y reproducibles. La simulación médica ha sido empleada para facilitar la enseñanza de procedimientos diagnósticos y terapéuticos, así como conceptos médicos, toma de decisiones, aspectos éticos y trabajo en equipo con



estudiantes de pregrado, posgrado y médicos ya formados, así como en otros profesionales de la salud. **8** Los modelos simulados permiten evaluaciones estandarizadas, otorgando una metodología eficiente para la adquisición de competencias médico-quirúrgicas y transversales necesarias en la práctica clínica. **9** La simulación, puede ir más allá del mero desarrollo de una destreza facilitando un aprendizaje significativo y profundo, si dicha experiencia se diseña tomando en cuenta cómo se aplica dicha destreza en la práctica, y qué fuerzas socioculturales le dan contexto. **10** La justificación pedagógica de emplear la simulación en la enseñanza de la cirugía debe influir en un aprendizaje significativo y profundo que deje huella en el estudiante, deben ser diseñados los escenarios para reforzar lo que en la vida profesional se hace, además del contexto sociocultural al que pertenece. **11** La educación médica se podría ver beneficiada con el uso de metodologías de experiencias simuladas, al proporcionar a los estudiantes una visión más realista de la práctica médica. Una educación basada en la metodología de simulación permite realizar actividades prácticas más seguras para la atención del paciente. **12** Los programas de entrenamiento simulado permiten optimizar recursos, especialmente docente y horario, constituyendo un modo seguro, estandarizado y validado de aprendizaje para todos los entrenados. **13** No se cuenta con un método objetivo para definir un nivel de habilidad, por lo que el uso de modelos y simuladores es de gran utilidad para evaluar la capacidad de desempeño de un procedimiento quirúrgico. **14** La capacitación, el diseño, validación e investigación sobre los tipos, usos y particularidades de un simulador resulta un elemento fundamental previo al desarrollo de cursos, talleres y evaluaciones basadas en este modelo de enseñanza para poder explotar al máximo sus beneficios. **3** La práctica en los simuladores es medible en términos de tiempo del procedimiento, puntajes de error, fluidez o parámetros de desempeño propios de cada programa de entrenamiento y dispositivo de simulación, con lo que eventualmente se puede hacer transferencia de las competencias a cirugía real, con posibles beneficios para el paciente, para lo cual aún se sigue construyendo la evidencia. **15** Se ha planteado que en nuestro tiempo la simulación debería ser considerada un imperativo ético, ya que los pacientes deben ser protegidos como sea posible y no deben utilizarse como instrumento de aprendizaje. **16**



## OBJETIVOS

Por ser los simuladores una poderosa herramienta de entrenamiento y evaluación, nos propusimos como objetivo diseñar e implementar un MODULO DE COMPONENTES DE INNOVACION TECNOLOGICA PARA LA DOCENCIA MÉDICA Y LA INVESTIGACION PRECLINICA a partir de la recuperación de equipos en desuso, lo cual hizo posible en el Laboratorio de Cirugía Experimental de la Universidad de Ciencias Médicas de Villa Clara el diseño, montaje e implementación de nuevos simuladores que permitieran el equipamiento del mismo, para garantizar su más eficiente funcionabilidad durante los procedimientos experimentales, prácticas y entrenamiento de cirugía, al servicio de la docencia médica y la investigación logrando con ello un considerable ahorro de recursos y divisas al país.

## MATERIALES Y MÉTODOS

A partir de la experiencia acumulada durante 12 años de labor ininterrumpida en las actividades prácticas que dan vida y funcionabilidad al Laboratorio de Cirugía Experimental de la UCMVC, las necesidades y exigencias del trabajo cotidiano del mismo se confeccionó e implementó un **MÓDULO DE COMPONENTES DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA PARA LA DOCENCIA MÉDICA Y LA INVESTIGACIÓN PRECLÍNICA**, el cual se materializa en las siguientes innovaciones:

- **SIMULADOR DE PRÁCTICA Y ENTRENAMIENTO DE SUTURAS QUIRÚRGICAS INSTRUMENTALES EN PLANOS PROFUNDOS.** El mismo fue confeccionado a partir de materiales desechables: cilindro de acrílico (14,5 cm de diámetro) de máquina de anestesia, el cual posee un fondo de acero inoxidable marcado por muchos orificios pequeños al cual se fijó la almohadilla o cojinete de tela y poliespuma con rebordes externos de la propia tela que simulan los labios de la herida y su ubicación en la hondura del cilindro crea el escenario ideal para prácticas de anudamiento instrumental así como las técnicas de suturas más usadas a este nivel a través del uso y manejo del instrumental quirúrgico básico en la profundidad de una cavidad corporal humana o animal.
- **SIMULADOR DE PRÁCTICA Y ENTRENAMIENTO DE NUDO DOBLE Y TRANSFIXIÓN DE UN VASO SANGUINEO.** Elaborado también de materia prima de desecho con la cual se construyó una plataforma rectangular de recorte de madera, la cual sirvió de base a una pequeña y alargada pieza rectángula de porcelana refractaria



que posee cuatro orificios a los cuales se ataron dos catéteres o tubos duodenales (goma roja) de 5 mm de diámetro como elemento de simulación de arterias y venas de esta misma medida para ejercer en ellos la práctica del nudo de TRANSFIXIÓN. La pieza rectangular se fijó a la base de madera a través de 2 pivotes de apoyo (cilíndricos de duro aluminio) cada uno con un tornillo de fijación a la citada base.

- **SIMULADOR DE PARA PÁCTICA Y ENTRENAMIENTO DE ANUDADO PROFUNDO CON INSTRUMENTALES** (Ligadura Alrededor de Pinza Hemostática).

Este simulador fue creado utilizando partes y fragmentos subutilizados de materiales obsoletos: Para este fin se aprovechó una base de madera ovalada, a la cual se fijó a través de cuatro tornillos tirafondos pequeños, un cilindro de aluminio de 9 cm de diámetro y 6,5 cm de profundidad. En el punto central del fondo del cilindro a nivel del madero se insertó un cáncamo, aro o anillo de metal para practicar allí los nudos clásicos más usados: nudo cuadrado, nudo de cirujano o de fricción).

- **ATADURA POR INSTRUMENTO.** Simulador construido de fracciones y residuos de madera trabajada en carpintería, a partir de los cuales se creó una plataforma gruesa con dos columnas o pilastras de apoyo a las cuales quedaron fijas dos cuerdas o catéteres duodenales de goma de 5 mm de diámetro con cierto grado de tensión para simular los bordes o labios de una herida en la línea alba de la cavidad abdominal (laparotomía xifopubiana o suprainfraumbilical) y la tensión de la cuerda abdominal de manera simulada. Este componente se empleó para la práctica de atadura por instrumentos: nudos quirúrgicos (nudo simple, nudo cuadrado y nudo de cirujano).

- **VENTILACIÓN ASISTIDA EN LA RATA CON MÁSCARA Y BOLSA AUTOINFLABLE (BA) EN SUSTITUCIÓN DEL VENTILATOR MECÁNICO.**

La técnica de ventilación artificial o asistida en la rata se logró a través de una MÁSCARA Y BOLSA AUTOINFLABLE (BA) la cual fue diseñada y construida a partir de materiales fuera de uso de sus funciones habituales (cilindro terminal de jeringuillas plásticas desechables, una llave de tres pasos de equipo de suero y una bolsa auto inflable usada como pulmón artificial, en sustitución de la citada bolsa se utilizaron también peritas de goma de lavados intravaginales (desechables y en desuso total para sus funciones originales), además se empleó también como BA un pequeño ambú de neonatología reusable también. Para la confección de las máscaras se recurrió a la adaptación de la parte terminal de jeringuillas desechables plásticas de 5, 10, 20 y 50



ml adaptables a las variaciones y dimensiones de tamaño del hocico de ratas de diferentes pesos y tamaño, todo ello al servicio de las características de los experimentos realizados en la docencia médica, investigación biomédica y preclínica.

## **Resultados Y Discusión**

### **Beneficios económicos, sociales y ambientales**

#### **Impacto económico:**

Los costos-beneficios e impactos previstos durante la instauración de cada innovación conquistada por esfuerzo representaron poco gasto de recursos para la institución, lo que trajo consigo un ahorro considerable de divisas a partir de la recuperación de materiales y equipos en desuso total.

Por citar algunos ejemplos tangibles:

Los precios de un ventilador mecánico para pequeños animales ascienden a \$ 769,23 USD y se logró la recuperación del ventilador mecánico Ealing.

Los precios de un otoscopio utilizado para animales afectivos o de experimentación en el mercado internacional ascienden a valores que oscilan entre \$ 750 a 12 000 USD.

El costo de los simuladores de nudos y suturas en el mercado internacional de acuerdo a la complejidad de los mismos asciende a valores de hasta \$ 2,800, los simuladores nuestros fueron fabricados a partir de recursos obsoletos, fuera de uso y materia prima de desecho y subutilizada.

La bolsa-máscara auto inflable (BMA) para ventilación asistida en la rata sustituye el uso del ventilador mecánico de altos costos en el mercado internacional, los precios de diferentes ventiladores mecánicos en el mercado internacional para pequeños animales oscilan desde \$ 184,99 a \$ 769,23, la máscara-bolsa fabricada por nosotros se hizo a partir de componentes baratos y con esfuerzo propio, sin gastos de recursos, divisas, para la provincia y el país, la aplicación y funcionamiento del ventilador mecánico en roedores de laboratorio exige del uso del otoscopio para hacer la intubación. Los precios de otoscopios en el mercado internacional ascienden a valores que oscilan de 317,56 a 624,36 € y de 750 a 12,000 \$).

Con el uso de nuestros simuladores quedan abolidos los gastos (altos costos) ocasionados en prácticas de cirugía experimental y demás entrenamientos realizados en animales de laboratorio, según podemos apreciar en la siguiente tabla:



## **RATA**

Gastos por concepto de combustible \$ 98,06

Gastos por concepto de dieta \$ 210,00

Gastos por concepto de animales supuestamente utilizados en los entrenamientos \$ 3686,40

Gastos en camas de bagazo \$ 51,45

Gastos en cajas de embalaje para roedores \$ 95,25

Gastos por concepto de salario \$ 1435

Gastos por concepto de pienso \$ 23,46

Total de gastos devenidos en la utilización de la RATA como modelo biológico vivo \$ 5599,62

### ● **Beneficios sociales y ambientales.**

El uso de los simuladores del módulo de componentes de innovación tecnológica hizo posible la creación del Servicio Científico-Técnico de Cirugía Experimental en la Universidad Médica de Villa Clara, el desarrollo y perfeccionamiento de habilidades quirúrgicas manuales e instrumentales, confianza, seguridad y calidad integral del trabajo profesional, además de la ejecución de alternativas éticas, económicas y sanitarias en la investigación preclínica y la docencia médica, el estricto cumplimiento de las Buenas Prácticas de Laboratorio (BPL), las medidas de Bioseguridad establecidas en laboratorios de investigación, Ley de las Tres R (Reducción, Reemplazo y Refinamiento) en experimentos con animales de laboratorio y su contribución a la Bioética, así como los Procedimientos Normativos Operacionales (PNO) los centros de experimentación animal.

El Módulo propició y complementó la formación de: 120 estudiantes de medicina 1 residente de ortopedia, 60 residentes de neurocirugía, 150 enfermeras de salón y cuerpo de guardia. El mismo garantizó la implementación óptima de 10 programas docentes y el desarrollo de 10 Proyectos de Investigación.

La implementación de la bolsa-máscara autoinflable (BMA) en miniatura, garantizó la ventilación artificial en ratas durante la apnea de la anestesia evitar el empleo de técnicas invasivas (traqueotomía) en roedores de laboratorio, sin dañar los tejidos adyacentes, así como el mantenimiento de sus parámetros vitales, evitando, además el distress innecesario al animal de experimentación en la investigación biomédica y la calidad en los resultados finales del estudio.



## CONCLUSIONES

- 1- Se diseñaron, confeccionaron e implementaron tres modelos de simulación y un dispositivo de ventilación y reanimación artificial.
- 2- Las innovaciones realizadas constituyen una opción útil, provechosa y barata en las condiciones económicas y de trabajo actuales, a través de las cuales se alcanzaron niveles altos de racionalidad y eficiencia económica, lo cual implica un ahorro apreciable de divisas y la reducción de importaciones.
- 3- Se transformaron elementos obsoletos en verdaderas herramientas de trabajo para el normal funcionamiento de nuestra unidad quirúrgica experimental, lo cual nos permitió el cumplimiento de todos los objetivos propuestos en la prestación de servicios científico técnicos a favor de la docencia médica de estudiantes y residentes, y la investigación biomédica y preclínica.
- 4- El Módulo ha resultado de gran aceptación por parte de los usuarios del Laboratorio de Cirugía Experimental, los cuales han declarado que satisface sus aspiraciones y expectativas

## BIBLIOGRAFÍA

- 1- Arribalzaga, E. B., & Nahuel, P. L. (2019). Metodología de evaluación de programa de simulación y/o entrenamiento quirúrgico miniinvasivo. *Journal of Negative and No Positive Results*, 4(9), 862-868. doi: DOI: 10.19230/jonnpr.2972
- 2- Escaf, L. J., Valdemarin, B., Escaf, L. C., Martínez, J., Londoño, J., & Melo, L. M. (2019). Impacto del entrenamiento con simulación en el desempeño de cirujanos en entrenamiento en cirugía de catarata: experiencia de centro de entrenamiento en Colombia. *Revista Latinoamericana de Hipertensión*, 14(4), 220-224.
- 3- Méndez-Celisa, C. A., Valderrama-Treviño, A. I., Millán-Hernández, M., García-Parrad, C., Martínez-Quesada, J. M., Barrera, B., & Montalvo-Jave, E. E. (2019). Evaluación de competencias quirúrgicas con un simulador híbrido para el cierre de una herida superficial. *Investigación en Educación Médica*, 7(28), 27-34.
- 4- Hernández López, I., & Fernández Argones, L. (2015). Simulación quirúrgica mediante realidad virtual en Cuba. *Revista Cubana de Oftalmología*, 28(4). Chinelli, J., & Rodríguez, G. (2018). Simulación en laparoscopia durante la formación del cirujano general. Revisión y experiencia inicial. *Revista Médica del Uruguay*, 34(4), 234-241. doi: 10.29193/RMU.34.4.7



- 5- Chinelli, J., & Rodríguez, G. (2018). Simulación en laparoscopia durante la formación del cirujano general. Revisión y experiencia inicial. *Revista Médica del Uruguay*, 34(4), 234-241. doi: 10.29193/RMU.34.4.7
- 6-Inzunza, A., Quezada, G., Luis, J., Jarry, T., Torres, G., Tejos, S., . . . Varas, J. (2019). Impacto del primer "learning center" de cirugía mínimamente invasiva en Chile. *Revista de Cirugía*, 71(5), 405-411. doi: <http://dx.doi.org/10.35687/s2452-45492019005365>
- 7-Cuevas-López, L., & Echeverri-Gómez, C. M. (2018). Diseño y evaluación de un tejido sintético para la simulación de nudos y suturas mediante laparoscopia. *Revista Colombiana de Cirugía*, 33(4), 362-370.
- 8-Valderrama-Treviño, A. I., Granados, J. J., Méndez-Celis, C. A., Chernitzky-Camaño, J., Barrera, B., Montalvo-Javé, E., & Argüero, R. S. (2017). Comparación entre 3 modelos para el entrenamiento en el cierre de una herida superficial. *Investigación en Educación Médica*, 6(23), 147-152.
- 9-Villagrán, I., Tejos, R., Chahuan, J., Uslar, T., Pizarro, M., Varas, J., . . . Riquelme, A. (2018). Percepción de estudiantes de pregrado de Medicina de talleres de simulación de procedimientos médico-quirúrgicos. *Revista Médica de Chile*, 146(6), 786-795.
- 10-Porras-Hernández, J. D. (2016). Enseñanza y aprendizaje de la cirugía. *Investigación en Educación Médica*, 5(20), 261-267.
- 11-Vázquez-Minero, J. C., Olmos-Zúñiga, J. R., Guzmán, E., Iñiguez-García, M. A., Santillán-Doherty, P., Chávez-Tinoco, A., & Jasso-Victoria, R. (2019). La simulación con modelo biológico, como herramienta en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la residencia de Cirugía Torácica en México. *NCT Neumología y Cirugía de Tórax*, 78(1), 20-24.
- 12-Moya, P., Ruz, M., Parraguez, E., Carreño, V., Rodríguez, A. M., & Froes, 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.
- 13-Alvarado, J., Henríquez, J. P., Castillo, R., Sosa, J., León, F., Varas, J., . . . Crovari, F. (2015). Programa pionero de simulación en sutura para estudiantes de medicina de pregrado. *Revista Chilena de Cirugía*, 67(5), 480-485.



- 14-Sierra-Juárez, M. A., Cruz-Romero, C. I., Godinez-Vidal, A. R., & Durán-Padilla, M. A. (2018). Programa de entrenamiento en reparación vascular en modelo experimental para residentes de cirugía general. *Cirugia y Cirujanos*, 86(6), 481-484.
- 15-Pérez-Muñoz, A., Garzón-Martínez, M., Pineda-Gómez, A. I., Miranda-Cruz, Á. D., & Villamizar-Gómez, L. (2019). Competencias adquiridas con simuladores en programas de entrenamiento en cirugía laparoscópica ginecológica: una revisión de revisiones. *Educación Médica*, 20(5), 309-324.
- 16-Molina, J. L., Silveria, E. A., Heredia, D., Fernández, D., Béquer, L., & Gómez, T. (2012). Los simuladores y los modelos experimentales en el desarrollo de habilidades quirúrgicas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las Ciencias de la Salud. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 13(6), 1-23.

## Anexos



Simulador de práctica y entrenamiento de suturas quirúrgicas instrumentales en planos profundos



Simulador para ligadura doble y transfixion



Simulador para sutura y anudado en planos profundos con instrumental



Simulador de atadura por instrumento



Bolsa autoinflable

*Los autores certifican la autenticidad de la autoría declarada, así como la originalidad del texto.*