



Colección VINCULAR CyT
MEDICINA

Hub de I+D+i en Simulación Clínica

AUTORES:

PROTO GUTIERREZ, FERNANDO JOSÉ; GIMENEZ, JUAN MANUEL; MILIONE, HUGO
BERARDI, CLAUDIO JUAN ESTEBAN; TUÑÓN, SILVINA ANDREA; CRUZATE
PATRICIA LUCÍA; LOPEZ, MIRIAM ESTER; VERARDI, JUAN CARLOS; MOLINA, SABRINA
PALAVECINO, MATIAS DAMIAN; SAVINO, ANTONIO ANDRES; CRUZ MOLINA
CECILIA ROCÍO; ESCANDAR, ALCIRA BEATRIZ; ELMO, MARÍA EUGENIA



Universidad Nacional de La Matanza

Hub de I+D+i en Simulación Clínica

AUTORES:

PROTO GUTIERREZ, FERNANDO JOSÉ; GIMENEZ, JUAN MANUEL; MILIONE, HUGO;
BERARDI, CLAUDIO JUAN ESTEBAN; TUÑON, SILVINA ANDREA; CRUZATE, PATRICIA LUCÍA;
LOPEZ, MIRIAM ESTER; VERARDI, JUAN CARLOS; MOLINA, SABRINA; PALAVECINO, MATIAS
DAMIAN; SAVINO, ANTONIO ANDRES; CRUZ MOLINA, CECILIA ROCÍO; ESCANDAR, ALCIRA
BEATRIZ; ELMO, MARÍA EUGENIA.



Universidad Nacional de La Matanza

Proto Gutiérrez, Fernando José

Hub de I+D+i en Simulación Clínica / Fernando José Proto Gutiérrez. -
1a ed. - San Justo: Universidad Nacional de La Matanza, 2025.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-631-6611-41-3

1. Nuevas Tecnologías. 2. Desarrollo Tecnológico. 3. Anatomía. I.
Título.

CDD 611.9

© Universidad Nacional de La Matanza, 2025

Florencio Varela 1903 (B1754JEC)

San Justo, Buenos Aires, Argentina

editorial@unlam.edu.ar

www.unlam.edu.ar

Diseño: Editorial UNLaM

Hecho el depósito que marca la Ley 11.723.

Prohibida su reproducción total o parcial.

Derechos reservados.

Resumen ejecutivo

La presente investigación sintetiza el proceso de conformación del Hub de I+D+i en Simulación Clínica del Departamento en Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM), desarrollado entre 2020 y 2024, a través de las ediciones del Programa Vincular. La metodología de conformación del Hub se constituyó a partir de la integración nodal de un enfoque que yuxtapuso tanto investigación de naturaleza básica-empírica como aplicada. Los resultados evidenciaron que la efectividad de las tecnologías de simulación depende de su integración curricular, la capacitación docente y el diseño técnico adecuado. Además, se lograron producir modelos anatómicos de bajo costo por medio de impresión 3D, simuladores computacionales para la enseñanza de epidemiología, escenarios de simulación en entornos digitales abiertos y un “Código de Ética” pionero para el trato con simuladores en escenarios de simulación. De esta manera, el modelo de Hub se consolida como un ecosistema nodal-abierto, que articula investigación, docencia e innovación para el desarrollo de una educación en ciencias de la salud centrada en la calidad de las prácticas preprofesionales.

Palabras clave: Simulación clínica, Hub, impresión 3D, modelos anatómicos.

I. Introducción

En el transcurso del período 2015-2025, el Departamento de Ciencias de la Salud (DCS) de la Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM) ha construido una línea sostenida de Investigación, Desarrollo e innovación (I+D+i) centrada en la simulación clínica como estrategia pedagógica y tecnológica instrumentada para la formación de profesionales de la salud. Este trabajo sistematiza los aportes del “Área de Investigación Universitaria en Enfermería” (Disp. Departamental 01/18) de la Licenciatura en Enfermería, en el marco de las diferentes convocatorias de investigación Proince, CyTMA y, en particular, las correspondientes al Programa Vincular UNLaM (ediciones 2021 y 2024), por las que este Hub se ha estructurado, teniendo en cuenta tres etapas:

1. *Exploratorio-evaluativa*: caracterizada por la ejecución de proyectos iniciales, sucedáneos a la conformación en la UNLaM del DPC, en el año 2012: se subraya el proyecto *Uso de simuladores en la enseñanza de las Ciencias de la Salud* (Proince 2013-14), dirigido por Martín Aiello e integrado por Dolores Martigani, Miriam López, Viviana Gimenez, Marta José, Fernando Proto Gutierrez y Guillermo León. Este proyecto analizó las condiciones en las que el uso de simuladores posibilita un aprendizaje exitoso y con bajo riesgo para los pacientes. Se trabajó bajo la premisa de que “las innovaciones tecnológicas por sí mismas no actúan a favor del aprendizaje, sino que ponen en juego los conocimientos docentes para su utilización” (Aiello et al., 2014, p. 2). El estudio adoptó un enfoque cualitativo y se apoyó en observaciones directas y entrevistas a docentes y estudiantes que participaron en clases con simuladores. Los resultados subrayaron la necesidad de “una planificación, organización y gestión de los espacios curriculares y su correlato con el uso del gabinete” (Aiello et al., 2014, p. 4), así como de fortalecer la formación docente en esta estrategia y propiciar una inclusión planificada de la simulación en los planes de estudio. También se destacó que “el avance de la tecnología en la elaboración de maniqués computarizados ha posibilitado que se realicen prácticas sin tener que poner en riesgo a otro ser humano” (Aiello et al., 2014, p. 1). Este proyecto representó, en suma, el primer esfuerzo sistemático para comprender y evaluar la implementación pedagógica de la simulación clínica, abriendo una línea de trabajo que continuaría desarrollándose con mayor profundidad y articulación técnica en años posteriores.

En forma consecutiva, *Los centros de simulación para la enseñanza de las Ciencias de la Salud* (Proince 2015-16), dirigido por Martín Aiello e integrado por Dolores

Martigani, Viviana Gimenez, Fernando Proto Gutierrez y Guillermo León, trabajó sobre las estrategias de gestión académica (administrativa y curricular) en los Centros de Simulación (CS) para la enseñanza de las Ciencias de la Salud en las universidades argentinas, considerando a los CS como un recurso que apela al favorecimiento de los aprendizajes, a partir de la creación de un entorno real que sustantiva la toma de decisiones y la aplicación de diferentes prácticas técnicas y procedimientos específicos de las Ciencias de la Salud. El estudio consideró como antecedentes la construcción del Centro de Recursos para la Innovación y Simulación (SIRC) – *Keystone Simulation and Education Center* (KSEC) en Pennsylvania, también conocido como el SIRC, en 2007, en el que se definía la necesidad de integración de la simulación en Enfermería con los planes de estudio en el orden nacional.

Una publicación de relevancia para la estructuración de un enfoque teórico-práctico sobre la simulación clínica en la UNLaM lo constituyó la publicación del “Código de Ética para escenarios de enseñanza-aprendizaje de Ciencias de la Salud con simulación clínica” en la *Revista Electrónica de Didáctica en Educación Superior* (Proto Gutiérrez & Martigani, 2019). Este artículo representa la primera formulación sistemática en América Latina de un código de ética específico para contextos de simulación clínica, y surgió como derivación directa del proyecto PROINCE E-002 (2013–2014). En este trabajo se plantea una revisión de las condiciones éticas del uso de simuladores, entendidos como “vida artificial en el sentido débil” (Proto Gutiérrez & Martigani, 2019, p. 12), y se propone un marco normativo que complejiza las relaciones entre humanos y entidades artificiales, diferenciando entre *sistemas neguentrópicos autoorganizados* (como robots autónomos) y simuladores diseñados con fines didácticos.

Entre sus aportes más relevantes se encuentra la propuesta de una doble articulación normativa: por un lado, un “Código de Ética para sistemas neguentrópicos autoorganizados” y, por otro, un “Código de Ética para escenarios de enseñanza-aprendizaje de Ciencias de la Salud con simulación clínica” (Proto Gutiérrez & Martigani, 2019, p. 20). Esta distinción permite delimitar los principios aplicables a simuladores como recursos educativos frente a los que serían válidos para la interacción con entidades artificiales con capacidad de autorregulación y reproducción.

El código promueve la necesidad de cuidar éticamente del simulador como material didáctico, evitando su sobreuso y la conversión de la práctica simulada en un “modelo casuístico de tortura” (p. 17). Además, se afirma que “el proceso de enseñanza-

aprendizaje no debe desconocer los criterios éticos de cuidado del simulador, entendiéndose que los estudiantes, docentes y simuladores deben relacionarse con el simulador como si éste fuera un sistema neguentrópico auto-organizado” (p. 24). Esta publicación, por lo tanto, no solo inscribe la práctica de la simulación clínica en un marco ético-filosófico sólido, sino que también establece un precedente a nivel regional en materia de ética aplicada a la educación superior en salud, diferenciándose de los códigos internacionales por su abordaje ontológico y contextual.

2. *Institucionalización*: Desde el año 2020, el AUIE de la Licenciatura en Enfermería inició una segunda fase de indagación a partir del proyecto “Desarrollo de simuladores de baja fidelidad-alta eficiencia-bajo coste para prácticas preprofesionales y profesionales de salud” (PROINCE E-016), dirigido por Sergio Gwirc e integrado por Juan Manuel Gimenez, Fernando Proto Gutierrez, Sonia Schwarcz, Valeria Surbano, Marcela Imperiale y Miriam López.

Esta etapa estuvo marcada por una clara orientación tecnológica: el objetivo consistió en construir simuladores de punción lumbar y extracción de sangre mediante impresión 3D, con estándares de eficiencia, accesibilidad y sostenibilidad. Según consta en el informe final, “se han desarrollado ambos prototipos de simuladores en el Centro de Desarrollo e Investigaciones Tecnológicas (CeDIT) de la Universidad Nacional de La Matanza” (Gwirc et al., 2020, p. 2). Dichos simuladores fueron incorporados al Laboratorio de Habilidades Clínicas y al Laboratorio de Morfofisiología Osteoteka, siendo utilizados en asignaturas como Ciencias Biológicas, Anatomía Descriptiva Topográfica y Articulación Básico-Comunitaria. La pandemia de COVID-19 implicó una reconfiguración del cronograma inicial, pero también potenció las articulaciones del proyecto. Así, se produjo una expansión del alcance institucional del proyecto, conectando la investigación con la producción de conocimiento aplicado y el diseño de recursos abiertos como la aplicación “LumbApp”.

La sostenibilidad de la línea de investigación en simulación clínica encontró su punto de convergencia con la creación del *Hub de I+D+i en Simulación Clínica*, en el marco del Programa Vincular 2020 convocado por la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM. El Hub fue impulsado por docentes-investigadores de la Licenciatura en Enfermería, entre ellos, Miriam López, Marta José, Fernando Proto Gutierrez, Valeria Surbano Rodríguez y Juan Manuel Gimenez.

El Hub fue definido como una “red integrada de agentes (personas, organizaciones, instituciones) que se autoorganizan con la finalidad de investigar, desarrollar y proponer

soluciones innovadoras en un área específica” (Surbano Rodríguez et al., 2020, p. 13). Este espacio articuló dos líneas de trabajo preexistentes: la investigación educativa en escenarios simulados y la producción de simuladores de bajo coste mediante impresión 3D, consolidando una infraestructura científico-tecnológica al servicio de la docencia y la actualización profesional. En este sentido, la motivación inicial del Hub fue la pandemia de COVID-19, que llevó a la necesidad de elaborar escenarios de simulación realistas sobre el manejo de pacientes en contextos de crisis sanitaria. En total, se diseñaron 26 casos clínicos digitalizados y organizados según tres objetivos: manejo de casos clínicos, manejo de crisis y manejo de factores humanos. Cada escenario incluyó “una plantilla con seis ítems (objetivos, participantes, guion, roles), que cubren los puntos necesarios para llevar adelante la simulación” (Surbano Rodríguez et al., 2020, p. 9). Se utilizó la plataforma WIX.com para la publicación abierta de los contenidos, lo que permitió garantizar acceso libre a instituciones y profesionales que desearan incorporar estos materiales en sus programas de formación. La base conceptual del trabajo se inspiró en los niveles de complejidad de las *SimZones* propuestas por Roussin y Weinstock (2017), así como en las categorías de fidelidad y desempeño de instructores señaladas por Urra, Sandoval e Irribarren (2017). Como resultado, el Hub no solo actuó como un centro de producción de recursos, sino también como espacio formativo y nodo articulador del ecosistema científico-tecnológico en el área de salud.

3. *Sistematización*: En el año 2021 y en el marco del *Proyecto de Mejora de la Enseñanza para las carreras de Licenciatura en Enfermería* (PROMENF) propuesto por el Ministerio de Educación de la Nación, a través de la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU) y el Consejo Interuniversitario Nacional (CIN), la Licenciatura en Enfermería del DCS inició un proceso orientado a la tecnologización de los talleres de habilidades clínicas para la conformación de entornos VR 360° de aprendizaje con simulación clínica.

Además, en 2022 se abrió paso a proyectos vinculados con la simulación computacional, a partir de dos proyectos: *Efectividad de uso de simuladores computacionales y grado de desarrollo de competencias en estudiantes de Epidemiología*” dirigido por Fernando Proto Gutiérrez e integrado por Patricia Cruzate, Verónica Gimenez, Gonzalo Raimondo y Miriam Ecalles, aplicado a la descripción, predicción y retropredicción teórica en epidemiología. Este estudio introdujo un enfoque cuantitativo para analizar de forma experimental la eficacia del uso de simuladores digitales interactivos sobre el rendimiento académico y el desarrollo de

competencias en estudiantes de la Licenciatura en Enfermería. El diseño metodológico consistió en una comparación longitudinal entre un grupo control (sin simulador) y dos grupos experimentales que utilizaron diferentes simuladores basados en el modelo SIR (Susceptibles–Infectados–Recuperados). Se emplearon rúbricas específicas para medir las competencias de resolución de problemas y traspolación de habilidades (Proto Gutiérrez et al., 2022). Según se indica en el informe final, “el grado de competencia 1 adquirido por el grupo que no utilizó simulador fue mayor que el obtenido por los grupos que utilizaron simulador, lo cual se traduce en una mayor media y mediana” (Proto Gutiérrez et al., 2022, p. 3). Sin embargo, se observaron diferencias relevantes entre los simuladores: el simulador 2, de mayor complejidad, arrojó mejores resultados que el simulador 1, más simple. Esta comparación permitió analizar los límites y alcances del uso de tecnologías educativas interactivas. En relación a los desafíos, el estudio señaló que la competencia 2 (comunicación oral y escrita) “no pudo ser abordada en forma satisfactoria” debido a dificultades técnicas en la entrega de materiales audiovisuales por parte del estudiantado (Proto Gutiérrez et al., 2022, p. 2).

En síntesis, los resultados contribuyeron a matizar el optimismo generalizado sobre la eficacia de los simuladores, destacando que su impacto depende del diseño técnico, el contexto pedagógico y las condiciones de implementación. A la vez, el estudio reforzó la necesidad de evaluar empíricamente las herramientas tecnológicas, superando las percepciones intuitivas o exclusivamente comerciales.

A este proyecto se sumó el *Modelado de enfermedades infecciosas inmunoprevenibles para el diseño de recomendaciones de cuidado enfermero en Atención Primaria de la Salud*, dirigido por Miriam López y co-dirigido por Patricia Cruzate y cuyo objetivo consistió en simular el avance de cuatro enfermedades infecciosas e inmunoprevenibles de Argentina (varicela, parotiditis, tuberculosis, sarampión) con un modelo matemático-epidemiológico SEIRV (*susceptible-exposed-infected-removed–vaccinated*), y ajustar el modelo para cada enfermedad en base a los datos de casos notificados y eventos de vacunación de los últimos 5 años que se encontraran disponibles en los boletines epidemiológicos del Ministerio de Salud de la Nación.

En este marco, el *Hub de I+D+i en Simulación Clínica 2024* tuvo como objetivo principal integrar los aportes de la Licenciatura en Enfermería y la carrera de Medicina del DCS, en conjunto con la carrera de Odontología del Departamento de Odontología de UNLaM. Se propuso la consecución del Hub de I+D+i en Simulación Clínica, iniciado en el año 2020, para reunir de manera formal y práctica:

- a) La impresión 3d de modelos anatómicos de simulación clínica de baja fidelidad-alta demanda para prácticas preprofesionales.
- b) El diseño de escenarios de simulación clínica.
- c) El desarrollo de laboratorio de habilidades clínicas VR 360°
- d) La modelación y simulación computacional.

La articulación del Hub supuso la esquematización de mecanismos de colaboración con el Centro de Desarrollo e Investigaciones Tecnológicas (CeDIT) de la UNLaM y el Hospital Interzonal General de Agudos. Dr. Diego Paroissien, por medio de transferencia de conocimiento que justificara la relevancia del proyecto en términos de formación de recursos humanos en ciencias de la salud e ingeniería, dotación de simuladores y material didáctico sistematizado a las carreras co-integrantes del Departamento de Ciencias de la Salud y de Odontología de la UNLaM (con disponibilidad *Open Access*), así como por fortalecer las estrategias de capacitación de docentes y profesionales en simulación clínica.

La trayectoria de investigación en simulación clínica desarrollada por la Licenciatura en Enfermería de la Universidad Nacional de La Matanza entre 2013 y 2024 revela un proceso institucional sostenido, en el que convergen la investigación básica, aplicada y cuasiexperimental, así como la transferencia de los resultados obtenidos al ámbito intra y extrainstitucional. Este desarrollo puede comprenderse como una sucesión de etapas articuladas que responden a necesidades formativas, contextos críticos (como la pandemia de COVID-19) y a un proyecto académico de fortalecimiento de la formación de profesionales de la salud.

El primer proyecto de 2013–2014 introdujo un análisis pionero sobre el impacto pedagógico del uso de simuladores, partiendo de la premisa de que “la simulación clínica se reconoce como una herramienta docente con capacidades para sostener situaciones, apoyar procesos de aprendizaje y enseñanza, y mejorar las limitaciones de la docencia tradicional” (Aiello et al., 2014, p. 5). Este trabajo permitió no solo diagnosticar los factores que condicionan su uso exitoso, sino también sentar las bases para desarrollos posteriores.

En 2019–2020, el desarrollo de simuladores de bajo coste mediante impresión 3D en el CeDIT introdujo un enfoque tecnológico y aplicado, vinculado con la producción de prototipos y su integración en el equipamiento didáctico institucional. Esta etapa representó una transición hacia la autonomía productiva del DCS, con impacto tanto intra como extra-universitario, como señala el informe: “se realizó transferencia intra-institucional de los simuladores desarrollados... y se estableció un sistema de transferencia extra-institucional con el Hospital Prof. Dr. Luis Güemes” (Gwirc et al., 2020, p. 2).

El Hub de I+D+i consolidó esta trayectoria en 2020, articulando investigación educativa y desarrollo de dispositivos para responder a una situación de emergencia sanitaria sin precedentes. La creación de escenarios de simulación sobre COVID-19, el trabajo interdisciplinario y la publicación abierta de los materiales constituyeron un aporte relevante al sistema de salud local y al fortalecimiento de capacidades docentes, demostrando que “la simulación clínica resulta una estrategia pedagógica activa que ayuda a los estudiantes a consolidar los saberes, a desarrollar habilidades técnicas e interpersonales y a crear hábitos de reflexión sobre las propias actuaciones” (Surbano Rodríguez et al., 2020, p. 14).

Por último, el proyecto de 2021–2022 aportó una mirada evaluativa rigurosa al introducir métodos cuantitativos en el estudio de la efectividad de simuladores computacionales. Si bien sus resultados relativizan ciertas hipótesis optimistas sobre la superioridad automática de los entornos simulados, también permiten trazar caminos de mejora e innovación futura. Como afirma su informe final: “el grado de competencia 1 adquirido por el grupo que utilizó el simulador 2 fue mayor que aquel obtenido por el grupo que utilizó el simulador 1” (Proto Gutiérrez et al., 2022, p. 3), subrayando la importancia del diseño y la adaptabilidad tecnológica.

El Hub I+D+i 2024 no sólo sistematiza las actividades de investigación, docencia y formación en investigación, sino que también cristaliza los desarrollos realizados durante una década de trabajo en esta línea, que incorpora una perspectiva teórico-práctica sobre el papel de la tecnología en la educación superior.

II. Metodología

La simulación clínica se ha estructurado en los últimos años como una estrategia pedagógica y tecnológica, al parecer, indispensable para los procesos de enseñanza y de aprendizaje en ciencias de la salud. En contextos caracterizados por la creciente complejidad de los sistemas sanitarios, las restricciones éticas en la formación clínica y las posibilidades ofrecidas por las tecnologías emergentes, el uso de simuladores y escenarios controlados ha transformado de manera sustantiva el modo en que se realizan las prácticas pre-profesionales, así como su evaluación. En este marco, el AUIE del DCS de la UNLaM ha desarrollado un proceso sostenido y sistemático de innovación educativa en salud, cristalizado a partir de la conformación, en 2024, de un Hub de I+D+i en Simulación Clínica.

En este apartado, se pretende sintetizar la metodología del Hub, a partir de su definición, objetivos y dimensiones. Esta reconstrucción no solo permite evaluar el estado actual del

proyecto, sino también proyectar su crecimiento y consolidación como referencia académica, científica y tecnológica en el orden nacional y regional.

1. *El Hub de I+D+i en Simulación Clínica: definición y fundamentos:* El Hub de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) en Simulación Clínica de la UNLaM es definido como una estructura institucional diseñada para articular proyectos de investigación (básica y aplicada) centrados en la resolución de problemas complejos mediante la integración de capacidades científicas, tecnológicas, educativas y sociales. En el caso de la simulación clínica, este tipo de dispositivo adquiere una relevancia particular, pues permite abordar de manera transversal la mejora de la enseñanza, el desarrollo de equipamiento específico y la investigación educativa.

El Hub, por lo tanto, se configura como un nodo integrador, un espacio de convergencia de equipos de investigación, laboratorios, dispositivos de formación, desarrolladores de software, expertos en salud pública y docentes de grado y posgrado. Su creación se enmarca en las estrategias institucionales del Departamento de Ciencias de la Salud y contesta a necesidades surgidas durante la última década: el aumento de la matrícula en carreras del área, la demanda de nuevas metodologías activas de enseñanza, la necesidad de dispositivos formativos éticamente seguros y el impacto de la pandemia de COVID-19 sobre los modos tradicionales de enseñanza en ciencias de la salud.

El modelo de Hub permite superar una concepción fragmentaria de la simulación como mera técnica o recurso auxiliar, para comprenderla a partir de las cuatro dimensiones (o funciones) estructurales, ya mencionadas: la producción de simuladores, la formación continua de docentes y profesionales de la salud, el desarrollo de simuladores computacionales y modelos predictivos, y la investigación educativa sobre los procesos de simulación. Estas dimensiones no actúan de manera aislada, sino interactúan retroalimentándose de manera continua, generando sinergias entre el desarrollo tecnológico, la didáctica y pedagogía y las estrategias de evaluación.

2. *Objetivos del Hub:* Los objetivos que orientan al Hub están determinados por:
 - a) Diseñar y fabricar simuladores de bajo costo y alta fidelidad que permitan prácticas seguras y eficientes, en particular, en entornos con limitaciones presupuestarias o altos requerimientos de equipamiento. Esta línea busca democratizar el acceso a tecnologías que, tradicionalmente, han estado restringidas a instituciones con mayor capacidad financiera.

- b) Fortalecer la formación continua en simulación clínica, entendido ello como una estrategia sostenida de actualización y capacitación para docentes, estudiantes, graduados, técnicos y profesionales del sistema de salud, lo que requiere de la investigación como dispositivo indispensable para retroalimentar y evaluar las prácticas llevadas a cabo. Esta línea responde a la necesidad de garantizar la apropiación crítica de las tecnologías por parte de los actores que intervienen en los procesos formativos y asistenciales, promoviendo buenas prácticas, marcos éticos y estándares de calidad.
- c) Desarrollar modelos de simulación computacional-predictiva aplicados al campo de la salud, con el fin de reproducir curvas epidemiológicas, procedimientos clínicos o situaciones de toma de decisiones. Se trata, en este caso, de incorporar los avances de la inteligencia artificial al servicio del análisis de datos en las estrategias de enseñanza-aprendizaje, así como en el diseño de políticas públicas situadas.
- d) Finalmente, el Hub se plantea como objetivo la investigación sistemática sobre los procesos, dispositivos, efectos, limitaciones y condiciones éticas de la simulación clínica en educación superior. Esta línea implica tanto evaluaciones empíricas de impacto como el desarrollo de marcos conceptuales, epistemológicos y bioéticos.

En conjunto, estos objetivos configuran un entramado que integra docencia, investigación y transferencia, a partir de un modelo coherente y proyectivo, que no solo responde a necesidades coyunturales sino que construye un horizonte de transformación estructural en vínculo con la propia institución y con la comunidad.

3. *Dimensiones del Hub*: A continuación, se explicitan las dimensiones o funciones del Hub, con mayor detalle:

- a) *Dimensión 1 - Producción 3D de simuladores*: La primera dimensión del Hub se centra en el desarrollo, fabricación y adaptación de simuladores físicos mediante tecnologías de diseño digital e impresión tridimensional. Esta línea comenzó a consolidarse a partir del proyecto *Desarrollo de simuladores de baja fidelidad-alta eficiencia-bajo coste para prácticas preprofesionales y profesionales de salud* (PROINCE E-016), ejecutado entre 2019 y 2020. El objetivo principal de este proyecto fue construir modelos anatómicos funcionales para prácticas clínicas como la punción lumbar o la extracción de sangre, utilizando materiales accesibles y diseños reproducibles. La edición 2024 añadió la producción de modelos anatómicos para la Licenciatura en Nutrición, así como para la incipiente carrera de

Odontología. Estos simuladores fueron elaborados junto con el Centro de Desarrollo e Investigaciones Tecnológicas (CeDIT) de la UNLaM y la Unidad de Desarrollo de Materiales del DCS, y luego integrados al equipamiento del Laboratorio de Habilidades Clínicas, Laboratorio de Morfofisiología Osteoteca, Laboratorio de Procedimiento Clínicos y de Odontología.

Por ello, además del desarrollo técnico, esta línea incorporó un componente de transferencia intra e interinstitucional.

- b) *Dimensión 2 - Formación continua en simulación clínica:* La segunda dimensión del Hub de I+D+i se orienta a la formación continua en simulación clínica, entendida como una estrategia de actualización pedagógica, profesional y tecnológica, dirigida tanto al cuerpo docente de la UNLaM como a graduados, técnicos y actores del sistema sanitario regional. Esta línea reconoce que la incorporación de dispositivos de simulación no se agota en su dimensión instrumental, sino que requiere de un proceso permanente de apropiación crítica por parte de quienes los utilizan en contextos educativos, asistenciales o de práctica preprofesional. En este sentido, uno de los principales antecedentes de esta dimensión puede encontrarse en las acciones desarrolladas durante la pandemia de COVID-19, momento en el cual el equipo del Hub diseñó 26 casos clínicos simulados que fueron puestos a disposición en formato digital abierto, con guías, objetivos, criterios de evaluación y recursos complementarios. Estos escenarios fueron organizados en tres categorías —manejo clínico, manejo de crisis y manejo de factores humanos— y se estructuraron siguiendo las plantillas pedagógicas del modelo SimZones, que permite graduar la complejidad de la simulación según el perfil del participante (Surbano Rodríguez et al., 2020).

Asimismo, esta dimensión permite articular la formación interna con propuestas de capacitación externa. En articulación con hospitales, institutos de formación técnica y organizaciones del tercer sector, se han generado propuestas de extensión orientadas a capacitar a personal de salud en prácticas críticas —como RCP, atención del parto, manejo del trauma— mediante el uso de simuladores desarrollados por el Hub, promoviendo estándares éticos y pedagógicos compartidos. De este modo, el Hub se constituye como un agente dinamizador del conocimiento más allá del espacio universitario, ampliando su impacto territorial.

- c) *Dimensión 3 - Simulación computacional y modelos predictivos:* La tercera dimensión del Hub se concentra en el diseño, uso y evaluación de simuladores

computacionales y modelos matemáticos aplicados a la enseñanza y análisis de fenómenos sanitarios. Esta línea se consolidó especialmente con el proyecto *Efectividad de uso de simuladores computacionales y grado de desarrollo de competencias en estudiantes de Epidemiología* (C2SAL-048), desarrollado entre 2021 y 2022 bajo la dirección de Fernando Proto Gutiérrez. El objetivo central del proyecto consistió en evaluar el impacto de distintos simuladores digitales sobre el desarrollo de competencias en estudiantes de la Licenciatura en Enfermería, especialmente en el área de epidemiología. Para ello se diseñó un estudio cuasi-experimental con grupos control y experimentales, en los que se comparó el rendimiento académico y el desarrollo de competencias cognitivas a partir del uso de distintos tipos de simuladores basados en el modelo SIR (Susceptibles, Infectados, Recuperados).

Los resultados del estudio mostraron una diferencia significativa entre los grupos experimentales: “el grado de competencia 1 adquirido por el grupo que utilizó el simulador 2 fue mayor que aquel obtenido por el grupo que utilizó el simulador 1” (Proto Gutiérrez et al., 2022, p. 3). Este hallazgo permite inferir que no cualquier simulador genera un impacto positivo, sino que su diseño, complejidad y pertinencia con respecto a los contenidos curriculares son variables decisivas. Asimismo, se señaló que algunas competencias, como la comunicación escrita, no pudieron desarrollarse eficazmente debido a limitaciones en la implementación técnica del entorno virtual.

Esta dimensión, en síntesis, representa un salto cualitativo en el uso de la simulación, al incorporar modelos predictivos, visualización de datos y aprendizaje adaptativo como estrategias centrales para la enseñanza de procesos complejos. Su desarrollo futuro implica, entre otros desafíos, la integración de inteligencia artificial, sistemas de alerta temprana y entornos gamificados que permitan personalizar la experiencia de aprendizaje clínico y situar el diseño más satisfactorio de políticas de salud.

- d) *Dimensión 4 - Investigación en simulación clínica:* La cuarta dimensión del Hub se enfoca en la generación de conocimiento científico sobre los procesos, efectos, marcos éticos, limitaciones y potencialidades de la simulación clínica como estrategia de enseñanza-aprendizaje. Esta línea reconoce que la innovación tecnológica en salud no puede limitarse a la aplicación instrumental de dispositivos, sino que debe acompañarse de una reflexión sistemática sobre sus fundamentos epistemológicos, pedagógicos y bioéticos. Por esto mismo, esta dimensión se refiere

a la articulación sostenida de proyectos de investigación que retroalimenten, de manera transversal, las demás funciones del Hub (producción/fabricación de simuladores, formación de docentes, estudiantes y profesionales, y construcción de modelos simulacionales predictivos).

La investigación en simulación clínica constituye, por tanto, una función transversal del Hub, en tanto permite evaluar críticamente las propias prácticas institucionales, generar conocimiento original y aportar a la consolidación de un campo académico aún emergente.

III- Resultados

La estructuración del Hub de I+D+i en Simulación Clínica, en su edición 2024, es ininteligible sin la comprensión general de los resultados acumulados por las investigaciones, desarrollos y acciones formativas llevadas adelante por la Licenciatura en Enfermería del DCS durante más de una década. A través de múltiples proyectos de investigación acreditados —entre ellos los códigos PROINCE E-002, PROINCE E-016, C2SAL-048 y las producciones del equipo del Hub entre 2020 y 2022—, se ha producido una base empírica, conceptual y tecnológica que no solo justifica la relevancia del Hub, sino que constituye su andamiaje operativo. En este sentido, uno de los aportes clave del primer proyecto de investigación sistemática sobre el uso de simuladores, desarrollado entre 2013 y 2014 (Aiello et al., 2014), consistió en que el uso de tecnología de simulación, si bien necesaria en escenarios de práctica preprofesional, no garantiza por sí mismo una mejora en los procesos de aprendizaje. Por el contrario, subrayó que su eficacia depende críticamente de la planificación curricular, la formación docente, la adecuación del entorno físico y simbólico y el diseño de escenarios situados (resultado que motiva la producción de casos clínicos en el año 2020). Esta constatación dio lugar a un principio que atraviesa todas las dimensiones del Hub: la tecnología no puede concebirse como sustituto resolutor, sino como mediación pedagógica crítica, situada e intencionada. Al respecto, también el proyecto C2SAL-048 arribó a conclusiones similares, extendidas ahora al campo de la simulación computacional en epidemiología, mediante un estudio cuasiexperimental.

A esta línea inicial se suma la experiencia acumulada en el desarrollo de modelos anatómicos mediante impresión 3D. El proyecto E-016 (Gwirc et al., 2020) no solo permitió la fabricación de dispositivos funcionales para prácticas como la punción lumbar o la extracción venosa, sino que también demostró la viabilidad técnica, económica y pedagógica de una línea de producción propia. En un contexto en el que los simuladores de alta fidelidad comercializados por grandes

corporaciones suelen tener un elevado costo para muchas instituciones, este esquema de producción se consolidó como una alternativa abierta y replicable. Además, el vínculo con el CeDIT y la articulación con hospitales del conurbano permitió ampliar el impacto más allá del ámbito académico, afianzando la inserción territorial del Hub.

Otro aporte central proviene del estudio sobre simuladores computacionales desarrollado en el proyecto C2SAL-048. Los datos obtenidos permitieron identificar diferencias significativas entre tipos de simuladores, en función de su nivel de complejidad, capacidad interactiva y adecuación a las competencias específicas. A la vez, se observó que el uso de simuladores, como se ha dicho, no necesariamente mejora todos los aspectos del aprendizaje, especialmente cuando no está integrado de manera orgánica al diseño didáctico. Estos hallazgos reforzaron la necesidad de una evaluación continua de las herramientas utilizadas y de una formación docente capaz de articular el contenido disciplinar con el diseño técnico y la evaluación de resultados.

Por su parte, la publicación del “Código de Ética para escenarios de enseñanza-aprendizaje de Ciencias de la Salud con simulación clínica” (Proto Gutiérrez & Martigani, 2019) representó no solo una innovación normativa, sino también un marco regulador de los usos tecnológicos dentro de los espacios de formación. Al plantear que “el simulador no debe ser considerado una herramienta neutra, sino un viviente artificial en sentido débil, sujeto a pautas de cuidado y respeto” (p. 17), el código introdujo una perspectiva bioética pionera en América Latina. Este documento fundamenta y orienta la práctica dentro del Hub, estableciendo límites, responsabilidades y principios aplicables a todas sus dimensiones. Además, su distinción entre “sistemas neguentrópicos autoorganizados” y “simuladores de baja autonomía” permitió precisar qué tipo de vínculos éticos deben establecerse en cada caso, brindando herramientas conceptuales que superan el simple marco del consentimiento informado o del cumplimiento formal de normas institucionales.

Estos resultados, aunque provenientes de proyectos diversos y desarrollados en momentos distintos, no constituyen líneas paralelas, sino dispositivos convergentes que retroalimentan la lógica integradora del Hub. En efecto, cada una de las dimensiones del Hub interacciona con los hallazgos empíricos, las reflexiones teóricas, los desarrollos técnicos y las prácticas pedagógicas que emergieron de estos estudios.

A su vez, el modelo de Hub potencia la articulación paratáctica entre estas funciones, promoviendo una lógica de innovación continua. Así, los dispositivos producidos en impresión 3D se testean en instancias formativas; los escenarios simulados se ajustan a partir de investigaciones empíricas; las plataformas digitales incorporan criterios éticos desarrollados desde la reflexión filosófica; y la formación de estudiantes es evaluada con herramientas

derivadas de estudios previos. De esta manera, el Hub no solo centraliza recursos, sino que coordina saberes, prácticas y tecnologías en un sistema complejo, autorreflexivo y proyectivo que actualiza el plan de estudios, ajustándolo según las prácticas investigación, desarrollo e innovación.

IV- Conclusiones

El proceso de conformación, desarrollo y cristalización del Hub de I+D+i en Simulación Clínica del DCS de la UNLaM representa una experiencia institucional singular en el contexto argentino y latinoamericano. Pues, no se trata de un desarrollo exclusivamente centrado en la producción tecnológica: el Hub articula múltiples dimensiones: producción material, innovación pedagógica, investigación aplicada, análisis bioético y transferencia territorial. Su carácter integrador responde no solo a las necesidades del presente, sino a una visión estratégica que posiciona la educación en ciencias de la salud como un campo dinámico, en diálogo constante con las transformaciones sociales, científicas y culturales.

Entre los aportes más significativos de este proceso puede señalarse, en primer lugar, la capacidad del Hub para generar autonomía tecnológica en el ámbito educativo. El desarrollo de simuladores físicos mediante impresión 3D —como los modelos de punción lumbar y extracción de sangre en 2020 o los modelos anatómicos osteológicos de 2024— ha demostrado que es posible producir recursos didácticos de calidad sin depender de corporaciones internacionales ni reproducir lógicas de mercado excluyentes. Este modelo de fabricación abierta, replicable y sustentable representa una apuesta institucional por la democratización del acceso a la simulación clínica, especialmente en contextos donde el presupuesto es un factor restrictivo y la matrícula es masiva.

En segundo lugar, el Hub ha promovido una pedagogía situada, crítica y reflexiva, que supera el paradigma de la enseñanza tradicional y del entrenamiento puramente técnico o tecnificador. A través de la formación continua de docentes, el diseño de escenarios contextualizados, el uso de rúbricas de evaluación y la incorporación de perspectivas éticas, se ha construido un ecosistema educativo en el que la simulación no es un accesorio, sino una estrategia relevante para desarrollar competencias complejas como: juicio clínico, trabajo en equipo, comunicación efectiva, razonamiento ético y pensamiento crítico.

En tercer lugar, la incorporación de simuladores computacionales y modelos predictivos ha permitido extender el alcance de la simulación más allá de los límites físicos del laboratorio, generando experiencias de aprendizaje inmersivas, ubicuas y personalizables. La experiencia del proyecto C2SAL-048 muestra que simuladores computacionales adecuados no solo

permiten representar fenómenos complejos como la propagación de enfermedades, sino que también abren la posibilidad de integrar el pensamiento matemático, la modelización y el análisis de datos en la formación de profesionales de la salud.

En cuarto lugar, la dimensión investigativa ha sido una constante transversal que retroalimenta todas las acciones del Hub y le dan sentido. La producción de conocimiento empírico, normativo y teórico ha permitido evaluar el impacto real de las estrategias implementadas, identificar buenas prácticas, corregir errores y generar marcos conceptuales propios. La publicación del “Código de Ética para escenarios de enseñanza-aprendizaje con simulación clínica” representa uno de los mayores aportes en esta línea, al proponer una reflexión significativa sobre la naturaleza de la simulación como forma de vida artificial, su estatuto moral y las obligaciones éticas derivadas del trato pedagógico con simuladores.

La retroalimentación entre dimensiones no se limita a una relación funcional, sino que implica una lógica sistemática. Los desarrollos tecnológicos surgen de preguntas pedagógicas; los escenarios clínicos se rediseñan a partir de evidencias empíricas; la formación de estudiantes y docentes incorpora reflexiones bioéticas; y los estudios cuantitativos y cualitativos son utilizados como insumos para nuevas iteraciones de diseño. De este modo, el Hub se constituye como un sistema abierto, adaptativo y autorreflexivo, capaz de responder a demandas urgentes sin perder de vista los horizontes estratégicos de largo plazo.

En síntesis, el Hub de I+D+i en Simulación Clínica de la UNLaM constituye una experiencia paradigmática de innovación integral en educación en salud. Su articulación de dimensiones técnicas, pedagógicas, éticas y científicas le otorga una capacidad significativa para contestar a los desafíos de formación en prácticas preprofesionales y proyectar escenarios futuros.

Bibliografía

Aiello, M., Giménez, V., Martigani, M. D., José, M., León, M. G., Figueredo, S., & Proto Gutiérrez, F. J. (2014). *Uso de simuladores en la enseñanza de las ciencias de la salud*. Universidad Nacional de La Matanza. Programa PROINCE, Código E-002.

Gwirc, S. N., Giménez, J. M., Imperiale, M., José, M., Surbano, V., Proto Gutiérrez, F., & Schwartz, S. (2020). *Desarrollo de simuladores de baja fidelidad-alta eficiencia-bajo coste para prácticas preprofesionales y profesionales de salud*. Universidad Nacional de La Matanza. Programa PROINCE, Código E-016.

López, M. E., Cruzate, P. L., Balmaceda, N., Colombo, C., Fontau, C., Giménez, J. M., González, N., Liporace, M., Mambrin, S. A., Moreno, M. N., Palermo, J. C., Raimondo, G., Sirota, A., Aulisi, M., Cruzate, M., Fernández, A. N., & Pereyra, B. (2022). *Modelado de enfermedades infecciosas inmunoprevenibles para el diseño de recomendaciones de cuidado enfermero en Atención Primaria de la Salud* (Informe C2SAL68). Universidad Nacional de La Matanza.

Proto Gutiérrez, F., Cruzate, P., Ecalle, M., Giménez, V., Liporace, M., Martínez, F., & Raimondo, G. (2022). *Efectividad de uso de simuladores computacionales y grado de desarrollo de competencias en estudiantes de epidemiología*. Universidad Nacional de La Matanza. Proyecto C2SAL-048.

Proto Gutiérrez, F., Martigani, M. D. (2019). Código de Ética para escenarios de enseñanza-aprendizaje de Ciencias de la Salud con simulación clínica. *Revista Electrónica de Didáctica en Educación Superior*, (17). <https://ojs.cbc.uba.ar/index.php/redes/article/view/114>

Surbano Rodríguez, V. B., Albertolli, M. M., Ciccone, D., Giménez, J. M., Herrera, M. S., López, M., Mambrín, S. A., Moreira, S. K., Proto Gutiérrez, F. J., Scalioti, A., & Schwarcz, S. (2020). *Hub de I+D+i en simulación clínica*. Universidad Nacional de La Matanza. Colección Vincular CyT, Vol. 28.

Urra, C., Sandoval, G., & Irribarren, J. (2017). La simulación clínica como herramienta pedagógica. *Revista de Educación en Ciencias de la Salud*, 14(1), 23–29.

Roussin, C. J., & Weinstock, P. (2017). SimZones: An organizational innovation for simulation programs and centers. *Simulation in Healthcare*, 12(1), 10–18.